Radboud Repository

Radboud University Nijmegen

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/2066/91880

Please be advised that this information was generated on 2020-09-09 and may be subject to change.

Herstel van biodiversiteit en landschapsecologische relaties in het natte zandlandschap

Herkomst van CO_2 voor hoogveengroei en basenverzadiging in hoogveentjes

Eindrapport deel 3

Hilde Tomassen
Ab Grootjans
Fons Smolders

Bosschap, bedrijfschap voor bos en natuur, juni 2011

© 2011 Directie Kennis en Innovatie, Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie

Rapport nr. 2011/OBN147-3-NZ
Den Haag, 2011

Deze publicatie is tot stand gekomen met een financiële bijdrage van het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie.

Teksten mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

Deze uitgave kan schriftelijk of per e-mail worden besteld bij het Bosschap onder vermelding van code 2011/OBN147-3-NZ en het aantal exemplaren.

Oplage	150 exemplaren
Samenstelling	H.B.M. Tomassen, A.P. Grootjans & A.J.P. Smolders
Druk	Ministerie van EL&I, directie IFZ/Bedrijfsuitgeverij
Productie	Bosschap, bedrijfschap voor bos en natuur

Bezoekadres : Princenhof Park 9, Driebergen
Postadres : Postbus 65, 3970 AB Driebergen
Telefoon : 030 693 01 30
Fax : 030 693 36 21
E-mail : algemeen@bosschap.nl

Opgedragen aan Hans Esselink
(1955-2008)

Voorwoord

Het doel van het Kennisnetwerk Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit (O+BN) is het ontwikkelen, verspreiden en benutten van kennis voor terreinbeheerders over natuurherstel, Natura 2000, leefgebiedenbenadering en ontwikkeling van nieuwe natuur.

Het onderzoek "Herstel van biodiversiteit en landschapsecologische relaties in het natte zandlandschap" is uitgevoerd in de Natura 2000 gebieden De Groote Heide, Dwingelderveld, Haaksbergerveen en in de boswachterij Gieten. Er is vooral gekeken naar de habitattypen heideveentjes en aangetast hoogveen. Daarnaast zijn er tijdens het onderzoek ook veel met uitsterven bedreigde soorten aangetroffen.

Voor een verder en duurzaam herstel van deze gebieden, habitattypen en soorten is herstel op landschapsschaal noodzakelijk. Daarom wordt in dit onderzoek achtereenvolgens de volgende vier delen besproken:

- Deel 1A: landschapsecologische systeemanalyse (LESA)
- Deel 1B: verschillende landschapsvormen
- Deel 2: dynamiek van peilen en fluxen
- Deel 3: herkomst van kooldioxide (CO_2)
- Deel 4: betekenis van milieugradiënten en waardplantenkwaliteit voor fauna

Kortom, dit rapport biedt de natuurbeheerder een groot aantal handvatten om een goed beheerplan op te stellen. Daarnaast biedt het rapport een dieper inzicht in het functioneren van hoogveensystemen.

Drs. E.H.T.M. Nijpels
Voorzitter Bosschap

Inhoudsopgave

1 Inleiding 1

1.1 Aantasting en herstel van biodiversiteit in het natte zandlandschap 1
1.2 Randvoorwaarden voor herstel biodiversiteit in het natte zandlandschap 1
1.3 Aanpak op landschapsschaal noodzakelijk 2
1.4 Onderzoeksvragen 3
1.5 Leeswijzer 3

2 Uitvoering 5

2.1 Inleiding 5
2.2 Terreinkeuze 5

3 Herkomst CO_2 voor hoogveengroei en basenverzadiging 7

3.1 Achtergrond 7
3.2 Materiaal en methoden 7
3.3 Analysemethoden 13
3.3.1 Water 13
3.3.2 (Veen)bodem 13
3.3.2 Veenmos 14
3.3.3 Chemische analyse 14

3.4 Resultaten 16
3.4.1 Vegetatie 16
3.4.2 Vergelijking veenwaterchemie bemonsterde veentjes 19
3.4.3 Hoogveenontwikkeling door toestroming CO_2-rijk grondwater 24
3.4.4 Invloed gebufferd grondwater? 27
3.4.5 Chemische samenstelling van het grondwater 32
3.4.6 Chemie veenmossen en (veen)bodem 37
3.4.7 Belangrijkste conclusies grondwaterinvloed 51
3.4.8 Vergelijking veenwater 1998-2008 51

4 Conclusies en aanbevelingen 54

4.1 Belangrijkste conclusies 54
4.2 Antwoord op de onderzoeksvragen 55
4.3 Openstaande vragen en aanbevelingen voor vervolgonderzoek 55

5 Cocnlusies, aanbevelingen en samenvatting 57

6 Referenties 59

7 Bijlagen 62

7.1 Vegetatie 62
7.2 Veenwaterchemie 65
7.3 Grondwaterchemie 69
7.4 Chemische samenstelling veenmos en veenbodem 70

Deelrapporten

De volgende andere deelrapporten zijn verschenen over de resultaten van het OBN-onderzoek 'Herstel van biodiversiteit en landschapsecologische relaties in het natte zandlandschap':

Deelrapport 1A: Landschapsanalyse
Gert Jan Baaijens, Peter van der Molen & Ab Grootjans

Deelrapport 1B: Catalogus Landschapsvormen
Gert Jan Baaijens & Peter van der Molen

Deelrapport 2: Over de dynamiek van peilen en fluxen in vennen en veentjes
Jos von Asmuth, Ab Grootjans & Sake van der Schaaf

Deelrapport 3: Herkomst van CO_2 voor hoogveengroei en basenverzadiging in hoogveentjes
Hilde Tomassen, Ab Grootjans & Fons Smolders

Deelrapport 4: Betekenis van milieugradiënten en waardplantenkwaliteit voor herstel van de fauna van het natte zandlandschap
Gert-Jan van Duinen, Hein van Kleef, Michiel Wallis de Vries & Arnold van den Burg

1 Inleiding

1.1 Aantasting en herstel van biodiversiteit in het natte zandlandschap

Natte, voedselarme en zure tot zwak gebufferde ecosystemen zijn zeer gevoelig voor verdroging, vermesting en verzuring. Veel van deze natte gebieden op de hogere zandgronden (hoogvenen, natte heiden, vennen, oorsprongen van beken met vochtige en natte schraallanden, berkenbroeken en multifunctionele bossen) verliezen teveel water naar de omgeving en/of krijgen minder grondwater toegevoerd vanuit de omgeving. Deze aantastingen en ontginningen hebben geleid tot een sterke nivellering en versnippering van ecosystemen. Karakteristieke soorten van deze ecosystemen zijn in Nederland sterk achteruitgegaan of zelfs verdwenen. Om deze ecosystemen en hun karakteristieke biodiversiteit te behouden en te herstellen, zijn in de afgelopen decennia effectgerichte maatregelen genomen, onder andere in het kader van EGM/OBN.

1.2 Randvoorwaarden voor herstel biodiversiteit in het natte zandlandschap

In de afgelopen jaren zijn verschillende onderzoeksprojecten uitgevoerd m.b.t. herstel en behoud van de verschillende onderdelen van het natte zandlandschap: o.a. EGM/OBN-onderzoek in vennen, natte heiden, vochtige en natte schraallanden, hoogvenen, landschapsecologisch onderzoek Dwingelerveld, OBN-Faunaonderzoek naar de betekenis van heterogeniteit voor ongewervelde fauna (case-study Korenburgerveen) en het Nederlands-Iers onderzoeksproject naar hoogveenherstel. Dit onderzoek in de verschillende onderdelen van het natte zandlandschap heeft bijgedragen aan het ophelderen van de randvoorwaarden voor succesvol herstel van hoogvenen, vennen, natte heide, vochtige en natte schraallanden en bronnen. Zuurbuffering en de beschikbaarheid van koolstof zijn sleutelfactoren in de vegetatieontwikkeling in vennen en hoogvenen. Voor Littorellion vegetaties is C-limitatie in de waterlaag een randvoorwaarde, terwijl voor herstel van hoogveenvormende vegetaties de beschikbaarheid van voldoende CO_2 in de waterlaag essentieel is, in combinatie met een gunstige waterhuishouding (Bobbink e.a. 2004; Smolders e.a. 2003; 2004).

Daarnaast is vastgesteld dat in hoogvenen en natte heide herstel van de voormalige diversiteit aan soorten kruidachtige planten, bladmossen, korstmossen en de fauna nog beperkt is. De belangrijkste oorzaken hiervoor zijn vermoedelijk de hoge beschikbaarheid van nutriënten, de sterke afname van de basenverzadiging van de bodem en het verdwijnen van gradiënten in het landschap. Vooronderzoek heeft laten zien dat stagnatie van hoogveenherstel en het onvoldoende herstel van de biodiversiteit mogelijk samenhangt

met te grote lekverliezen van water door de veenbasis in hoogveenrelicten of door slecht doorlatende lagen onder veentjes (B-horizonten, gyttjalagen etc.). Deze lekverliezen kunnen worden verminderd door het verhogen van de regionale of lokale waterpotentialen (vergroten van de tegendruk). In veentjes wordt daardoor ook de toevoer van lokaal grondwater vergroot, doordat minder neerslag door de omliggende B-horizonten ontsnapt. Dit lokale grondwater is doorgaans minder zuur dan regenwater, omdat het in geringe mate mineralen uit de bodem opneemt en het is rijker aan CO_2 (o.a. Verschoor e.a. 2003). In het hoogveenbeheer bestaat al langere tijd de vraag of waterverzadiging van de veenbasis een randvoorwaarde is voor duurzaam herstel van hoogvenen, zowel voor beperking van waterstandsfluctuaties door wegzijging, als voor de CO_2-voorziening. Door verhoging van het grondwaterpeil zouden ook gradiënten in zuurgraad en beschikbaarheid van mineralen rond de veentjes hersteld kunnen worden. Om deze redenen is het belangrijk te weten in hoeverre lekverliezen door de veenbasis en B-horizonten verminderd kunnen worden en in welke mate de toename van de invloed van grondwater kan bijdragen aan herstel van de biodiversiteit.

Uit vergelijkend OBN-onderzoek naar de aquatische fauna van Nederlandse hoogveenrestanten en vennen en Estlandse intacte hoogveensystemen is gebleken dat diverse soorten van zowel de voedselarme hoogveenkern, als van mesotrofe milieutypen op de gradiënt van hoogveenkern naar het omringende landschap in Nederland sterk achteruit zijn gegaan. Hiervoor zijn vermoedelijk de overmaat aan stikstof (Van Duinen e.a. 2004) en de afgenomen beschikbaarheid van mineralen in Nederlandse hoogvenen en vennen belangrijke oorzaken, naast de degradatie van lagg-zones en overgangsvenen en hun ruimtelijke heterogeniteit (Van Duinen e.a. 2006a). In het kader van het Soortenbeschermingsplan Veenvlinders is verandering van de kwaliteit van de waardplanten van Veenhooibeestje, Veenbesparelmoervlinder en Veenbesblauwtje (als gevolg van vermesting en verzuring) naar voren gekomen als een mogelijk zeer belangrijke sleutelfactor in de achteruitgang van deze herbivoren (Van Duinen e.a. 2006b). Om meer aanwijzingen te krijgen of de veranderde kwaliteit van waardplanten als gevolg van veranderingen in water- en bodemkwaliteit inderdaad een belangrijke sleutelfactor is voor het voorkomen van karakteristieke herbivoren, omvat dit OBN-onderzoek een pilotstudy aan de waardplanten van de genoemde veenvlinders.

1.3 Aanpak op landschapsschaal noodzakelijk

Herstel op landschapsschaal is noodzakelijk voor een verder en duurzaam herstel van de verschillende onderdelen van het natte zandlandschap, gradiënten en de karakteristieke flora- en faunadiversiteit. Om het herstel van condities en processen op landschapsschaal adequaat aan te pakken, zijn landschapsecologische systeemanalyses essentieel. In dit onderzoeksproject wordt een methodische systeembeschrijving opgesteld en uitgewerkt voor verschillende terreinen. In deze systeemanalyse staan de relaties tussen de (a)biotische milieucondities (o.a. waterpeil, basenverzadiging, CO_2-concentratie) en de ontwikkeling van de vegetatie en fauna in de hoogveenrestanten, vennen en de omliggende delen van het natte zandlandschap centraal. Door de verschillende disciplines wordt aan deze analyse bijgedragen. De systeemanalyse had nog geen prioriteit in het voorgaande OBN-onderzoek, dat vooral op condities en processen op micro- en mesoschaal was gericht. Deze landschapskennis en beantwoording van de

vragen over de waterverzadiging van de veenbasis en de beschikbaarheid van micronutriënten bepalen in belangrijke mate het inzicht in de herstelmogelijkheden van veentjes en hoogvenen en daarmee de koers en intensiteit van het externe beheer door terreinbeheerders. Daarom zijn deze vragen ook urgent. Ze kunnen nu met succes worden opgepakt, omdat dankzij het eerdere OBN-onderzoek aan hoogvenen (Smolders e.a. 2004; Tomassen e.a. 2002; 2006) bekend is geworden wat op operationeel en conditioneel niveau de belangrijkste sturende processen zijn. Wat nu bekend moet worden - om een effectief extern beheer te kunnen voeren en vervolgens te kunnen bepalen welke interne hydrologische herstelmaatregelen onvermijdelijk zijn - is hoe deze operationele en conditionele factoren worden aangestuurd door processen op landschapsschaal.

1.4 Onderzoeksvragen

Door de Directie Kennis en het OBN-deskundigenteam Nat Zandlandschap zijn de volgende **kennisvragen** geformuleerd:

1. Wat is de betekenis van waterverzadiging van de veenbasis op het grondwaterregime en de levensgemeenschappen van hoogvenen?
2. Is de achteruitgang van veenvlinders in Nederland te wijten aan een veranderde samenstelling van de bodem en het bodemvocht, die doorwerkt in een veranderde kwaliteit van de waardplanten?
3. Hoe worden waterpeilen, biogeochemie, vegetatie en fauna in en om hoogveenvennen, en hoogveenrestanten, andere ventypen en de omliggende delen van het natte zandlandschap beïnvloed door het lokaal en regionaal hydrologisch systeem? Geef hiervoor een methodische systeembeschrijving die in concrete gevallen kan worden toegepast en waarmee de gewenste herstelmaatregelen kunnen worden afgeleid.

Om deze kennisvragen te beantwoorden, is onderzoek opgestart gericht op het beantwoorden van de volgende **onderzoeksvragen**:

1. Welke informatie en gegevensanalyses dient een landschapsecologische systeemanalyse te omvatten op basis waarvan de perspectieven voor herstel van hoogveenvorming en milieugradiënten kunnen worden aangegeven, alsook adequate maatregelen op verschillende schaalniveaus van het landschap of het hydrologisch systeem kunnen worden geformuleerd?
2. Hoe schat je de lekverliezen in en om vennen en hoogveenrestanten, en de invloed van het locale en regionale hydrologische systeem daarop?
3. Waar komt de CO_2 vandaan die de veenvorming op gang brengt?
4. In hoeverre hangt het voorkomen van karakteristieke planten- en diersoorten samen met gradiënten in de invloed van minerotroof grondwater en de basenverzadiging in het veen?
5. Is de achteruitgang van veenvlinders in Nederland te wijten aan een veranderde samenstelling van de bodem en het bodemvocht, die doorwerkt in een veranderde kwaliteit van de waardplanten?

1.5 Leeswijzer

In deze deelrapportage staan de resultaten gepresenteerd van het onderzoek dat uitgevoerd is om een antwoord te kunnen geven op onderzoeksvragen 3

en 4 (zie paragraaf 1.4). In hoofdstuk 2 staat de uitvoering van het gehele onderzoeksproject beschreven en is een toelichting voor de terreinkeuze opgenomen. In hoofdstuk 3 volgt een uitgebreide beschrijving van de gebruikte onderzoeksmethoden en presentatie van de resultaten van het deelonderzoek. In hoofdstuk 4 staan de belangrijkste conclusies gegeven, gevolgd door de gebruikte literatuur in hoofdstuk 5 en de bijlagen in hoofdstuk 6.

2 Uitvoering

2.1 Inleiding

Om de geformuleerde onderzoeksvragen te beantwoorden is een combinatie nodig van een landschapsecologische systeemanalyse, vergelijkend veldonderzoek en laboratoriumexperimenten. Complexen van zure heidevennen in pleistoceen Nederland vormen met hun relatief kleine schaal en verschillen in bodemtype, lokale hydrologie en ontstaanswijze uitstekende modelsystemen om via een landschapsecologische benadering de relaties tussen omgeving, hydrologie, biogeochemie, vegetatieontwikkeling en faunasamenstelling te ontrafelen. Tevens vormen deze complexen in het natte zandlandschap de meest kansrijke systemen voor het herstel van hoogveenvegetaties met hun bijbehorende overgangszones naar de minerale ondergrond. Overigens is ook in de grotere hoogveenrestanten het herstel van overgangszones naar de minerale ondergrond essentieel voor het herstel van de biodiversiteit. De kennis die de landschapsecologische systeemanalyse en het vergelijkend veldonderzoek van vencomplexen oplevert, dient overdraagbaar te zijn naar andere vencomplexen en ook bruikbaar te zijn voor het herkennen van kansrijke situaties in grotere hoogveenrestanten, om vervolgens adequaat in te grijpen om herstel in gang te zetten. Daarom worden in dit onderzoeksproject de onderzoeksvragen beantwoord door vergelijkend onderzoek in drie complexen van vennen - waarbinnen hoogveenvorming wel en niet optreedt - èn in een hoogveenrestant.

2.2 Terreinkeuze

Het onderzoek is grotendeels uitgevoerd in de volgende terreinen:

1. **Dwingelerveld** (Drenthe): Van dit gebied zijn al veel gegevens beschikbaar die nodig zijn voor de landschapsecologische systeemanalyse. Het gebied omvat vennen met verschillende mate van hoogveenvorming en verschillen in watertoevoer en waterverzadiging van de veenbasis.
2. **Boswachterij Gieten** (Drenthe): Van dit gebied (met name Gasselterveld) is reeds een goede start gemaakt met de systeemanalyse in het kader van een milieueffectrapport voor een zandwinning. Door een zandwinning is het lokale grondwater diep onder de veenbodems van veentjes gezakt. Deze veentjes dienen als voorbeelden van aangetaste veentjes, waar ook milieugradiënten rond de veentjes grotendeels ontbreken.
3. **Haaksbergerveen** (Overijssel): Middelgroot hoogveenrestant, waarbinnen de mate van hoogveenvorming varieert tussen terreindelen, de veenbasis gedeeltelijk wel en gedeeltelijk niet waterverzadigd is.
4. **De Groote Heide** (Baronie Kranendonck/Boswachterij Leende) is onderzocht in het kader van het OBN-project 'Herstel van biodiversiteit en landschapsecologische relaties in het natte zandlandschap: Case-study Groote Heide, Noord-Brabant'. De in de drie genoemde Noord-Nederlandse terreinen verzamelde gegevens en ontwikkelde kennis zijn geïntegreerd

met de onderzoeksresultaten van de case-study Groote Heide. De Groote Heide is representatief voor vennencomplexen in Zuid-Nederland en omvat natte heide, vennen en veentjes met verschillende ontstaanswijze (o.a. laagten op Brabantse leem, in afgesnoerde beeklopen) en in diverse stadia van ontwikkeling, omringd door grote bossen.

De veentjes in Dwingelerveld, boswachterij Gieten, Groote Heide en de compartimenten in het Haaksbergerveen zijn zo gekozen dat zowel het onderzoek naar hydrologie/lekverliezen, als de onderzoeken naar CO_2-herkomst, variatie in milieugradiënten en basenverzadiging en biodiversiteit er in plaats kon vinden. Voor het onderzoek naar de kwaliteit van de waardplanten van de veenvlinders en het voorkomen van watermacrofauna-soorten in gradiënten is daarnaast in andere Nederlandse en buitenlandse terreinen materiaal verzameld.

In dit derde deelrapport worden de resultaten beschreven van het onderzoek naar de herkomst van CO_2 voor hoogveengroei en basenverzadiging in hoogveentjes.

3 Herkomst CO_2 voor hoogveengroei en basenverzadiging

3.1 Achtergrond

Uit het onderzoek in het kader van OBN-Hoogvenen (Tomassen e.a. 2002; 2006; Smolders e.a. 2004; Verschoor e.a 2003) is gebleken dat een voldoende hoge beschikbaarheid van kooldioxide (400 - 500 µmol CO_2 per liter) een randvoorwaarde is voor de ontwikkeling van hoogveenvegetaties. Vooral voor initiële fasen in de hoogveenvorming vanuit een open water situatie is de beschikbaarheid van CO_2 op veel locaties een probleem. Dit is met name het geval wanneer geen afbrekend organisch materiaal/restveen-pakket aanwezig is, waaruit CO_2 (of methaan) vrijkomt. Toevoer van CO_2-rijk grondwater kan de veenmosgroei op deze locaties stimuleren. Voor het nemen van adequate maatregelen voor herstel van de hoogveenvorming op plaatsen waar deze ontwikkeling niet optreedt of stagneert, is het van belang uit te zoeken waar de CO_2 voor de hoogveengroei vandaan komt en welke sturende processen daarbij een rol spelen.

Om deze onderzoeksvraag te beantwoorden, werden oppervlakte-watermonsters en bodemwatermonsters genomen in goed ontwikkelde veentjes en compartimenten, in slecht ontwikkelde veentjes en compartimenten, en uit grondwaterbuizen die in het lokaal toestromende grondwater werden geplaatst. Monsters van oppervlaktewater en bodemwater werden genomen in verschillende seizoenssituaties en hiervan werden concentraties van nutriënten en ionen (incl. opgelost anorganisch koolstof) bepaald. Daarnaast werd éénmalig de ionen- en nutriëntensamenstelling van het veen, de onderliggende bodem en de aanwezige veenmosvegetaties bepaald. Aanvullend werden ook op een subset van de veenmonsters isotopenanalyses ($\delta\ ^{12}C$ en $\delta\ ^{13}C$) aan het koolstof uitgevoerd. Met deze techniek kan mogelijk inzicht verkregen worden in de herkomst van het koolstof en de koolstofbeschikbaarheid waaronder het veen gevormd is.

3.2 Materiaal en methoden

In mei 2008 werden in de onderzoeksgebieden Dwingelerveld (Barkmansveen & Poort 2), Boswachterij Gieten (Gasselterveld), Haaksbergerveen en Groote Heide (Ronde Vlaas) de meetpunten voor het hydrochemische onderzoek geïnstalleerd. In oktober 2008 werden in het Haaksbergerveen drie aanvullende monsterpunten ingericht in de Groene plas om beter aan te sluiten op het hydrologische onderzoek. In totaal werden 27 meetpunten ingericht (zie Tabel 1). De meetpunten werden zo gekozen dat ze representatief zijn voor de in het gebied aanwezige verschillen/gradiënten: met en zonder veenmossen, zure en meer gebufferde condities, etc. In Figuur

1 t/m Figuur 4 staan de kaartjes van de vier onderzoeksgebieden met daarop de monsterpunten weergegeven (blauwe stippen).

Tabel 1. Overzicht monsterpunten voor het hydrochemische onderzoek. Weergegeven zijn de XY-coördinaten, de diepten waarop de ceramische cups staan en een beknopte omschrijving van de vegetatie. Op locaties waar het water tot boven het veen staat werd het oppervlaktewater (oppw) bemonsterd.

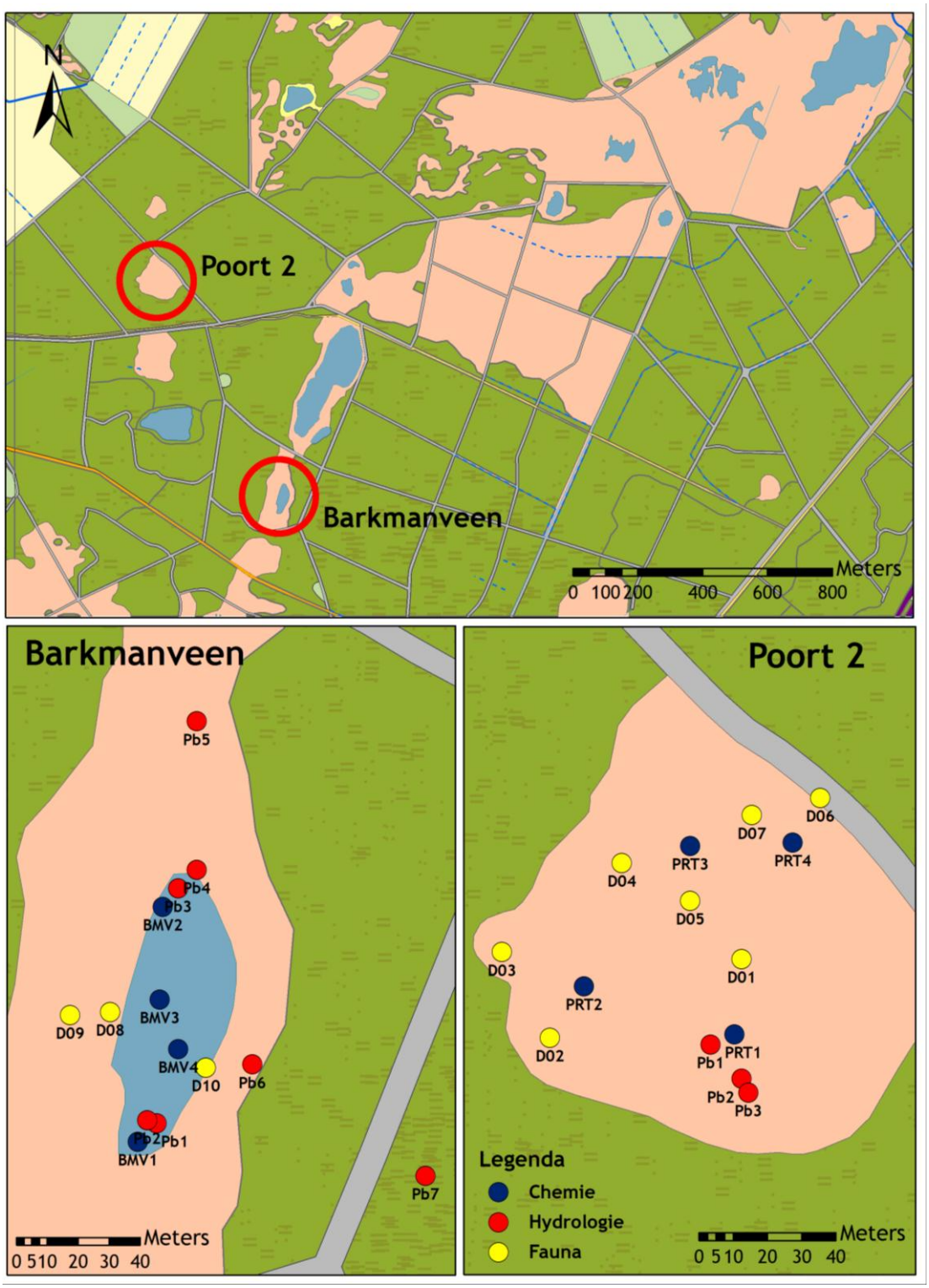
Gebied	X	Y	Diepten (m)	Omschrijving
Dwingelerveld				
Barkmansveen				
BMV1	225815	537820	0.1 - 0.5 - 1.2	*S. fallax, S. papillosum,* Veenpluis
BMV2	225823	537896	0.1 - 0.5 - 1.3	*S. fallax, S. papillosum,* Veenpluis, Kleine veenbes
BMV3	225822	537866	0.1 - 0.4 - 0.9	*S. fallax*, Veenpluis, Witte snavelbies
BMV4	225828	537850	0.1 - 0.5 - 1.0	*S. magellanicum,* Veenpluis, Witte snavelbies
Poort 2				
PRT1	225450	538511	0.1 - 0.5 - 1.5	*S. papillosum,* Veenpluis, Kleine veenbes, Zonnedauw, Lavendelhei
PRT2	225406	538525	0.1 - 0.5 - 1.3	*S. magellanicum*, Veenpluis, Kleine veenbes, Lavendelhei
PRT3	225437	538566	0.1 - 0.5 - 1.4	*S. fallax,* Snavelzegge, Waterdrieblad, Pijpenstrootje
PRT4	225467	538567	0.1 - 0.5 - 1.7	*S. papillosum, S. Magellanicum,* Veenpluis, Kleine veenbes, Gewone dophei
Gieten				
Veen 1				
GT1	245268	553124	0.1 - 0.4 - 1.1	*S. cuspidatum,* Veenpluis, Pijpenstrootje
GT2	245300	553060	oppw - 1.0	Veenput met weinig *S. cuspidatum*
GT3	245304	553074	oppw - 0.5 - 1.0	Veenput met veel *S. cuspidatum*
GT4	245246	553092	0.1 - 0.5 - 1.25	*S. cuspidatum*, Veenpluis
Veen 3				
GT5	244979	554362	0.1 - 0.5 - 1.0	*S. fimbriatum*, Eenarig wollegras
GT6	244991	554352	0.1 - 0.5 - 0.9	*S. cuspidatum,* Eenarig wollegras
GT7	245001	554321	0.1 - 0.5 - 0.8	*S. cuspidatum*, *S. fallax*
Haaksbergerveen				
HBV1A	251101	460053	0.1 - 0.5 - 1.5	*S. papillosum*, Pijpenstrootje, Gewone dophei
HBV1B	251101	460053	oppw - 0.5 - 1.3	*S. papillosum*, Duizendknoopfonteinkruid
HBV2	250923	459822	oppw - 0.9 - 1.5	Open water zonder *Sphagnum*
HBV3	250743	459831	oppw - 0.5 - 1.2	Open water met veel *S. cuspidatum*, Eenarig wollegras
HBV4	250249	459876	0.1 - 0.5 - 1.0 - 2.5	Drijftil met *S. magellanicum*, Lavendelhei, Witte snavelbies, Gewone dophei, Veenpluis, Berk
HBV5	250040	461409	0.15 – 0.5 – 0.7	Beenbreek, Pijpenstrootje, Gewone dophei, geen veenmos
HBV6	250032	461479	0.1 – 0.45	*S. magellanicum, S. papillosum,* Gewone dophei, Veenpluis, Kleine veenbes, Beenbreek
HBV7	250068	461531	oppw – 0.5	Snavelzegge, *S. cuspidatum,* Veenpluis, Pijpenstrootje
Groote heide				
Ronde Vlaas				
RV1	164256	373615	0.1 - 1.0 - 1.7	*S. fallax,* Pijpenstrootje, Veenpluis, Pitrus, Waterdrieblad
RV2	164271	373658	0.2 - 1.0 - 1.7	Rand open water, *S. denticulatum*, Duizendknoop-fonteinkruid, Waterlelie, Waterdrieblad, Riet, Loos blaasjeskruid
RV3	164247	373669	0.3 - 0.5 - 1.3	*S. fallax,* Veldrus, Waternavel, Waterdrieblad, Pitrus
RV4	164299	373670	0.2 - 0.5 - 0.9	*S. fallax,* Veldrus, Riet, Veenpluis
RV5	164306	373606	0.1 - 0.5 - 0.9	*S. fallax*, Waterdrieblad, Waternavel, Veenpluis, Riet

Op iedere locatie werden poreuze ceramische cups op verschillende dieptes geïnstalleerd waarmee het bodemwater werd bemonsterd. Op iedere locatie werd een diepe cup geplaatst direct onder de veenbasis, een cup tot ongeveer halverwege het veenpakket en een derde cup in de toplaag van het veen. Voor het plaatsen van de diepste cup werd eerst 'voorgeboord' met een lange guts, zodat de cup in of net onder de slecht doorlatende laag staat. De andere cups werden in het veen gedrukt tot de juiste diepte. Op de locaties waar het water tot boven het veen staat werd ook het oppervlaktewater bemonsterd en geanalyseerd. De exacte dieptes waarop de watermonsters genomen werden worden gegeven in Tabel 1. Ter illustratie staan een aantal foto's van de meetpunten in Figuur 5 t/m Figuur 9.

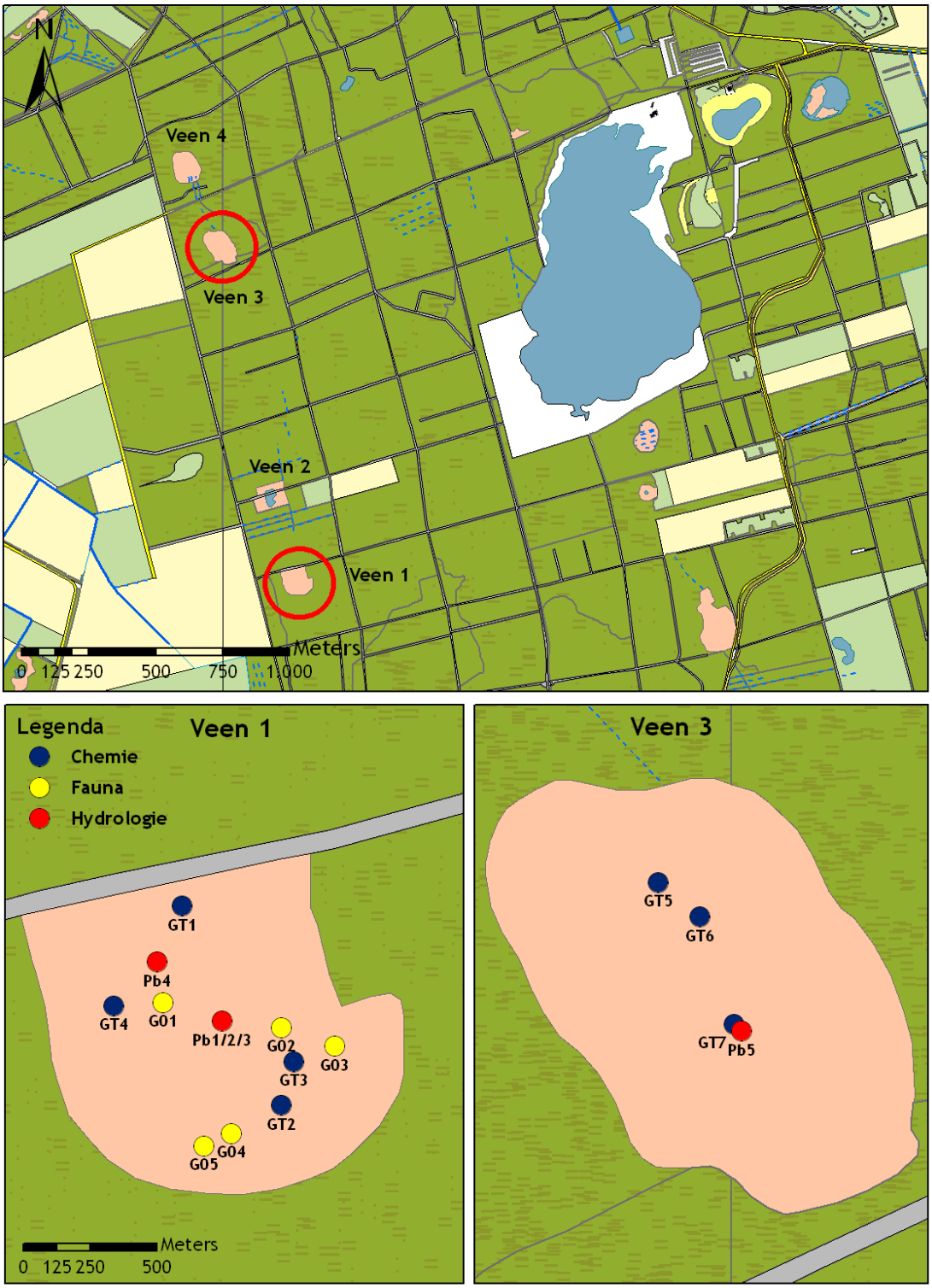
Uit het onderzoek van de eerste fase OBN hoogvenen is bekend dat analyse van het bodemwater direct na plaatsing van de cups zeer afwijkende resultaten kunnen opleveren. Daarom werd besloten om de cups eerst enkele weken in het veen te laten staan en een aantal malen voor te spoelen voordat de eerste bodemwatermonsters werden genomen. In juli 2008, september/oktober 2008, maart 2009 en juli 2009 werden op alle locaties (bodem)watermonsters genomen en geanalyseerd. In de Ronde Vlaas werden tevens in maart 2010 bodemwatermonsters verzameld.

In december 2008, maart 2009 en juli 2009 werden grondwatermonsters genomen uit de voor het hydrologische onderzoek geplaatste grondwaterbuizen (zie deelrapport 2) en geanalyseerd. Voor de ligging van de bemonsterde peilbuizen zie Figuur 1 t/m Figuur 4. Een tweetal buizen rondom het Barkmansveen en één buis in de omgeving van veen 1 in Gieten zijn in het veld niet gevonden en daardoor niet bemonsterd. In maart 2010 werden de grondwaterbuizen in de Ronde Vlaas nogmaals bemonsterd.

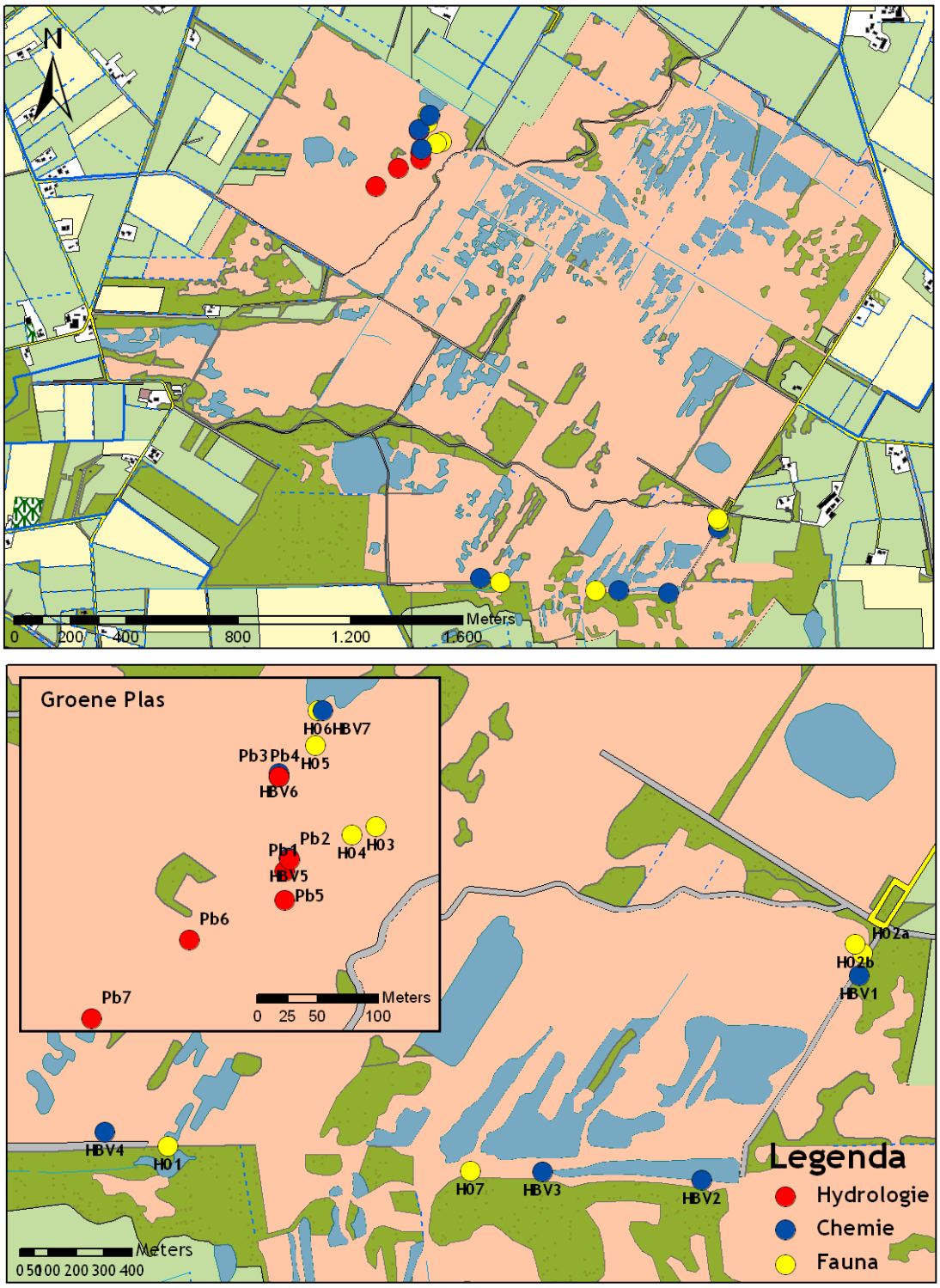
In maart 2009 werden monsters genomen van de aanwezige veenmossen, het veen (verschillende diepten) en de onderliggende bodem. Van deze monsters werden de nutriënten-, overige elementenconcentraties en de stabiele isotopenratio bepaald. In juli 2009 werd op iedere locatie de vegetatie beschreven volgens een aangepaste Braun-Blanquet methode (aanpassing volgens Barkman e.a. (1964); Tabel 7 in de bijlagen).



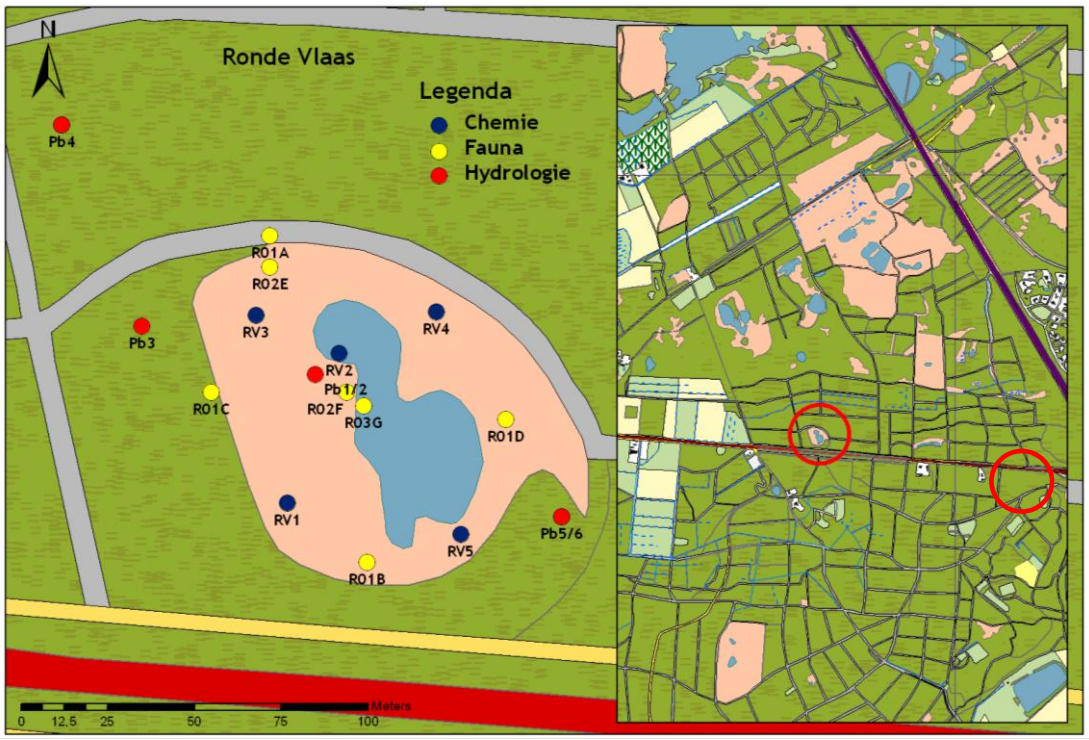
Figuur 1. Overzicht monsterpunten hydrochemische (blauw), hydrologische (rood) en fauna-onderzoek (geel) in het Dwingelerveld (Barkmansveen en Poort 2). Het met blauw aangegeven oppervlaktewater in het Barkmansveen is volledig dichtgegroeid met een drijftil.



Figuur 2. Overzicht monsterpunten hydrochemische (blauw), hydrologische (rood) en fauna-onderzoek (geel) in de Boswachterij Gieten (Gasselterveld; veen 1 en veen 3).



Figuur 3. Overzicht monsterpunten hydrologische (rood), hydrochemische (blauw) en fauna-onderzoek (geel) in het Haaksbergerveen.



Figuur 4. Overzicht monsterpunten hydrologische (rood), hydrochemische (blauw) en fauna-onderzoek (geel) in de Ronde Vlaas (Groote heide). In het overzichtskaartje zijn de Ronde Vlaas (linker cirkel) en Lange Vlaas (rechter cirkel) aangeduid.

3.3 Analysemethoden

3.3.1 Water

De ceramische cups werden bemonsterd door de cups via een luchtdicht slangetje te verbinden aan een vacuüm getrokken injectiespuit. Door de aanwezige onderdruk werd de injectiespuit volledig volgezogen met bodemwater (veenvocht). Voor de monstername werden de spuiten eerst eenmaal gevuld om de cups voor te spoelen. De grondwaterbuizen werden voor de bemonstering eerst leeggepompt waarna vers toegestroomd grondwater bemonsterd kon worden. Van de watermonsters werden de pH en concentraties van nutriënten en andere elementen (incl. anorganisch koolstof) bepaald (zie chemische analyse).

3.3.2 (Veen)bodem

De volgende extracten werden van de verzamelde veenbodemmonsters uitgevoerd:

Waterextract

Vrij in de bodem aanwezige ionen werden bepaald met behulp van een waterextract. Hiervoor werd aan 17,5 gram verse bodem 50 ml zuiver water (Milli Q) water toegevoegd. Gedurende 60 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (100 r.p.m.) waarna de pH werd gemeten. Het extract werd onder vacuüm verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars en bewaard bij 4°C tot verdere analyse.

Zoutextract
Aan het bodemadsorptiecomplex gebonden kationen werden bepaald met behulp van een natriumchloride-extract. Hiervoor werd aan 17,5 gram verse bodem 50 ml 0,2 mol l^{-1} natriumchloride (NaCl) toegevoegd. Gedurende 60 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (100 r.p.m.) waarna de pH werd gemeten. Het extract werd onder vacuüm verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars en bewaard bij 4°C tot verdere analyse.

Olsenextract
Plantenbeschikbaar fosfaat werd met behulp van een Olsen-extractie (Olsen e.a. 1954) bepaald. Hierbij werd aan 3 gram droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l^{-1} natriumbicarbonaat ($NaHCO_3$) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,5 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (100 r.p.m.), waarna het extract onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bij 4°C bewaard tot verdere analyse.

Destructie
Door de bodem te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bijna alle elementen in het materiaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen gedroogde bodem afgewogen in teflon destructievaatjes. Aan het bodemmateriaal werd 4 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3, 65%) en 1 ml waterstofperoxide (H_2O_2, 30%) toegevoegd en geplaatst in een destructiemagnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestrueerd in gesloten teflon vaatjes en na afkoelen werd het destruaat nauwkeurig overgebracht en aangevuld tot 100 ml met zuiver water (Milli Q). De monsters werden in polyethyleenpotjes bij 4°C bewaard voor verdere analyse.

CN-analyse en stabiele koolstofisotopen
Voor deze analyses werd het gedroogde materiaal heel fijn gemaald met een kogeltrilmaler (Retsch, type MM301). De totale concentratie koolstof en stikstof werden bepaald door 3 mg fijngemalen gedroogde bodem af te wegen in een tinnen container en te analyseren met een CNS-analysator (type NA1500; Carlo Erba). De stabiele koolstofisotopen (^{12}C en ^{13}C; voor achtergrondinformatie zie kader) werden bepaald door 0,25 – 8,5 mg (afhankelijk van de C-concentratie van het monster) fijngemalen gedroogde bodem af te wegen in een tinnen container. De stabiele isotoop metingen (IMRS) werden uitgevoerd met een elemental analyzer (type EA 1110, Carlo Erba), welke via een interface Conflo III gekoppeld was aan een massaspectrometer (Finnigan DeltaPlus).

3.3.2 Veenmos
Van de verzamelde veenmosmonsters werd van de capitula (0-1 cm) de volgende analyses uitgevoerd: destructie, CN-analyse en stabiele koolstofisotopen. Voor een beschrijving van de analysetechnieken zie de beschrijving bij 'bodem'.

3.3.3 Chemische analyse
De pH werd gemeten met een standaard $Ag/AgCl_2$ elektrode verbonden met een radiometer Copenhagen type PHM 82. De alkaliniteit werd bepaald door

een bepaald volume van het monster met een 0,01 M zoutzuuroplossing te titreren tot pH 4,2. Totaal anorganisch koolstof (bicarbonaat en kooldioxide) werd met behulp van een infrarood gasanalysator (IRGA; ABB Advance Optima) gemeten. De analyses van calcium, magnesium, ijzer, aluminium, silicium, zink, mangaan, totaal fosfor en totaal zwavel werden uitgevoerd met behulp van Inductief Gekoppeld Plasma - Optische Emissie Spectrometrie (ICP-OES; Techno Electron Cooperation). Natrium en kalium werden vlamfotometrisch bepaald (Technicon Flame Photometer IV Control). De volgende ionen werden colorimetrisch bepaald met behulp van een Bran+Luebbe AutoAnalyser 3: chloride met ferri-ammoniumsulfaat, nitraat met hydrazinesulfaat, ammonium met salicylaatreagens en ortho-fosfaat met ammoniummolybdaat en ascorbinezuur.

Toelichting stabiele-isotopenmethode

Isotopen zijn atomen met hetzelfde aantal protonen en elektronen, maar met een ander aantal neutronen en dus massa. In de natuur komt het stabiele isotoop koolstof (C) voornamelijk voor met de massagetallen 12 en 13. Het zwaardere isotoop (^{13}C) stelt slechts een kleine fractie (1%) voor van het totaal. Tijdens fysisch-chemische en enzymatische omzettingen van C vindt isotopische discriminatie plaats; met andere woorden het product is meestal verarmd in het zware isotoop ten opzichte van het substraat. Bij de fotosynthese (C3-weg) in bijvoorbeeld veenmossen vindt een primaire fractionering plaats doordat het enzym Rubisco bij voorkeur $^{12}CO_2$ gebruikt. Door dit proces bevat het veenmos in verhouding tot de omgeving minder $^{13}CO_2$. Ook door processen als diffusie treedt er door kinetische effecten fractionering plaats waarbij de zwaardere CO_2 moleculen gediscrimineerd worden.

De isotopische inhoud van het monster wordt uitgedrukt in 'δ' als het relatieve verschil tussen het monster en de conventionele standaard (PD-belemniet koolstof). Waarbij de volgende formule wordt gebruikt:

$$\delta^{13}C/^{12}C = [(^{13}C/^{12}C_{monster} / {}^{13}C/^{12}C_{standaard}) - 1] \times 1000$$

$\delta^{13}C$ is de afwijking (in ‰) van het monster van de isotoop standaard.

Concreet betekent dit dat planten 'de voorkeur' hebben voor het lichtere koolstofisotoop (^{12}C). Bij een hoge CO_2 beschikbaarheid wordt er relatief weinig ^{13}C wordt ingebouwd (sterke selectie/discriminatie). Dit leidt tot lagere (meer negatieve) $\delta^{13}C$ waarden. Bij een lage CO_2-beschikbaarheid wordt er minder sterk geselecteerd, waardoor er relatief veel van het zware ^{13}C wordt ingebouwd (minder negatieve $\delta^{13}C$ waarden). Door dit proces van isotopische discriminatie is de $\delta^{13}C$ waarde van atmosferisch CO_2 anders dan de $\delta^{13}C$ waarde van CO_2, dat vrijgekomen is bij de afbraak van veen (bentisch koolstof). Met deze techniek kan bepaald worden of veenmos onder CO_2-rijke of -arme omstandigheden groeit, maar ook mogelijk of het ingebouwde CO_2 van atmosferisch of bentische (vanuit het veen) afkomst is.

3.4 Resultaten

Bij de bespreking van de resultaten komt eerst de vegetatiesamenstelling van de verschillende veentjes en locaties aan bod. Daarna volgen de resultaten van de waterkwaliteit, waarbij eerst de resultaten van de chemische analyses van het oppervlaktewater en veenwater in de toplaag worden vergeleken, gevolgd door een vergelijking van de chemische samenstelling van het diepere veenwater. Hierbij staat in de tabellen een selectie (of gemiddelden) van de analysedata gegeven en in de bijlagen zijn tabellen met de volledige analysedata opgenomen. Op basis van deze data wordt ingegaan op vraag of er invloed is van (zwak) gebufferd en/of CO_2-rijk grondwater.

In aansluiting op het hydrologische onderzoek (deelrapport 2, Von Asmuth e.a. 2010) worden de resultaten van de grondwaterkwaliteit besproken. Vervolgens komt de chemische samenstelling van de veenmossen en het veen aan bod en tenslotte volgt een vergelijking van de chemische samenstelling van het veenwater tussen 1998 en 2008.

3.4.1 Vegetatie

In juli 2009 werd op iedere onderzoekslocatie de vegetatie beschreven volgens een aangepaste Braun-Blanquet schaal (Barkman e.a. 1964 & Tabel 7 in de bijlage). De vegetatieopnamen staan gegeven in Tabel 8 t/m Tabel 11 in de bijlage. Hierna volgt per gebied een korte beschrijving van de vegetatiesamenstelling.

Dwingelerveld

In het Dwingelerveld werden in totaal 8 locaties geselecteerd waarbij 4 locaties gelegen zijn in het Barkmansveen en 4 locaties in het veentje Poort 2. De geselecteerde veentjes hebben een goed ontwikkelde hoogveenvegetatie en op alle onderzoekslocaties wordt de vegetatie gedomineerd door veenmossen (80-100% bedekking; Tabel 8 & Figuur 5). Afhankelijk van de locatie is *Sphagnum fallax*, *Sphagnum papillosum* of *Sphagnum magellanicum* de dominante soort. De kruidlaag wordt gedomineerd door soorten als Veenpluis, Gewone dophei, Ronde zonnedauw en Witte snavelbies. In Poort 2 zijn lokaal soorten aanwezig van iets meer gebufferde omstandigheden zoals Waterdrieblad en Snavelzegge. In het noordwestelijke deel van Poort 2 staat veel Beenbreek, maar deze soort ontbreekt op de onderzoekslocaties waar de monsters genomen zijn.

Figuur 5. Overzichtsfoto's van twee meetpunten in het Dwingelerveld waarbij meetpunt BMV1 (Barkmansveen; links) gedomineerd wordt door S. fallax *en* S. papillosum *en meetpunt PRT2 (Poort 2; rechts) door* S. magellanicum.

Gieten
De twee veentjes in Boswachterij Gieten (Gasselterveld) zijn sterk verdroogd en de veenmosgroei is beperkt tot de aanwezige veenputjes en de randen van de veentjes (alleen veen 1). De hogere delen van beide veentjes worden vrijwel geheel gedomineerd door Pijpenstrootje. In de beide veentjes werden in totaal 7 relatief natte locaties geselecteerd met veenmossen (Figuur 6). De aanwezige veenmossen op de onderzoekslocaties zijn *Sphagnum cuspidatum, Sphagnum fallax* en *Sphagnum fimbriatum* (Tabel 9). In de lagere delen groeit verder wat Veenpluis en Eenarig wollegras.

Figuur 6. Overzichtsfoto's van twee meetpunten in het Gasselterveld van de Boswachterij Gieten (veen 1) waar bij meetpunt GT2 (links) een veenput is met weinig veenmosgroei en meetpunt GT4 (rechts) een veenput met veel veenmossen.

Haaksbergerveen
In het Haaksbergerveen werden in totaal 7 onderzoekslocaties ingericht waarbij 4 locaties gelegen zijn in het zuidoostelijke deel van het gebied en 3 locaties zijn gelegen in de Groene plas (noordwestelijke deel van het Haaksbergerveen). De vegetatie wordt op alle locaties, uitgezonderd locatie HBV 2 en 5, gedomineerd door veenmossen (*S. cuspidatum, S. papillosum* of *S. magellanicum*; Tabel 10). Op locatie HBV 1 (Figuur 7) wordt onderscheidt gemaakt tussen sublocatie A en B, waarbij sublocatie A verland is en gedomineerd wordt door *S. papillosum* en locatie B bestaat uit open water met Duizendknoopfonteinkruid en *S. papillosum.* Beide sublocaties liggen op ca. 1 meter van elkaar. HBV 2 betreft een locatie met een flink diepe waterlaag zonder veenmossen en HBV 3 is een ondiepe uitloper van dezelfde waterplas die wordt gedomineerd door *S. cuspidatum* en Eenarig wollegras. HBV 4 (Figuur 7) is een goed ontwikkelde drijftil gelegen aan de grens met Duitsland en de vegetatie wordt gedomineerd door *S. magellanicum*, Lavendelhei, Gewone dophei, Witte snavelbies, Ronde zonnedauw en Veenpluis.

Figuur 7. Overzichtsfoto's van twee meetpunten in het Haaksbergerveen waarbij meetpunt HBV1 (links) een locatie is met S. papillosum *en* Potamogeton polygonifolius *en meetpunt HBV 4 (rechts) een goed ontwikkelde drijftil met* S. magellanicum.

In de Groene plas zijn duidelijke indicaties aanwezig voor lokaal wat meer gebufferde omstandigheden. Locatie HBV 5 (Figuur 8) wordt volledig gedomineerd door Beenbreek (veenmossen ontbreken) en op locatie HBV 6 (Figuur 8) is een mooie karakteristieke hoogveenvegetatie aanwezig met *S. magellanicum*, *S. papillosum,* Gewone dophei, Veenpluis, Beenbreek en Ronde zonnedauw. Locatie HBV 7 is gelegen in een slenk (geïnundeerd veen) en de vegetatie bestaat uit Snavelzegge, *S. cuspidatum*, Veenpluis en Pijpenstrootje.

Figuur 8. Overzichtsfoto's van twee meetpunten in de Groene plas (Haaksbergerveen) waarbij meetpunt HBV5 (links) een locatie is zonder veenmossen, gedomineerd door Beenbreek en meetpunt HBV 6 (rechts) een locatie met S. magellanicum.

Ronde Vlaas

In de Ronde Vlaas (Groote heide) werden 5 onderzoekslocaties geselecteerd. Op alle locaties zijn veenmossen aanwezig: *S. fallax* of *S. denticulatum* (Figuur 9). Een deel van het vennetje is nog open (RV 2 is gelegen aan de rand hiervan; Figuur 9) en de vegetatie van het open water wordt gedomineerd door Witte waterlelie en Duizendknoopfonteinkruid, omgeven door een Rietkraag. Aan de randen van het open water groeit submers *S. denticulatum*. Uit de vegetatiesamenstelling blijkt duidelijk dat het systeem wat meer gebufferd is. De kruidlaag wordt gedomineerd door soorten als Veldrus, Waterdrieblad, Pijpenstrootje en Veenpluis.

Figuur 9. Overzichtsfoto's van twee meetpunten in de Ronde Vlaas (Groote heide) waarbij meetpunt RV2 (links) ligt aan de rand van het open water met Potamogeton polygonifolius*, Riet en Witte waterlelie en meetpunt RV4 (rechts) een locatie is met* Sphagnum fallax *en Veldrus*.

3.4.2 Vergelijking veenwaterchemie bemonsterde veentjes

Om de beschikbaarheid van CO_2 en andere nutriënten en mineralen in het veen in kaart te brengen, werden op verschillende diepten in het veen ceramische cups geïnstalleerd. Indien mogelijk werd een cup in de toplaag van het veen (op 10 cm diepte) geplaatst, één cup ongeveer halverwege het veenpakket en één cup tot onder de veenbasis (zie Tabel 1). Alle ceramische cups, uitgezonderd de later geplaatste cups in de Groene Plas (Haaksbergerveen), werden viermaal bemonsterd. De cups in de Groene Plas werden driemaal bemonsterd. Vanwege de droge omstandigheden zijn de gegevens van de bemonsteringen in Gieten mogelijk niet altijd even betrouwbaar (zeker in de zomer). De hoeveelheid opgezogen veenwater was vaak te klein om een betrouwbare analyse van de CO_2-concentratie van het water te kunnen doen. Daarnaast duurt het onder droge condities langer voordat de nieuw geplaatste ceramische cups voldoende 'geacclimatiseerd' zijn. Dit blijkt onder andere uit de te hoge pH van de watermonsters in juli 2008 (pH > 6).

Tabel 2. Vergelijking van de chemische samenstelling van het veenwater in de toplaag van het veen (op 10-15 cm diepte) van de verschillende onderzoekslocaties met een veenpakket aan het oppervlak. Weergegeven is het gemiddelde van alle locaties per gebied waarbij een ceramische cup op 10-15 cm diepte aanwezig is. De locaties met open water zijn hierbij dus niet meegenomen. Concentraties, uitgezonderd pH, zijn gegeven in µmol per liter. Achter de gebiedsnaam staat tussen haakjes het aantal onderzoekslocaties gegeven. De eerste analysedata uit Gieten (juli 2008) zijn niet in de gemiddelden van de tabel meegenomen. Van de andere locaties zijn de resultaten van alle bemonsteringsdata (juli 2008, september/oktober 2008, maart 2009, juli 2009 en maart 2010 (alleen Ronde Vlaas)) uitgemiddeld. Alk. = alkaliniteit (in µequivalenten per liter).

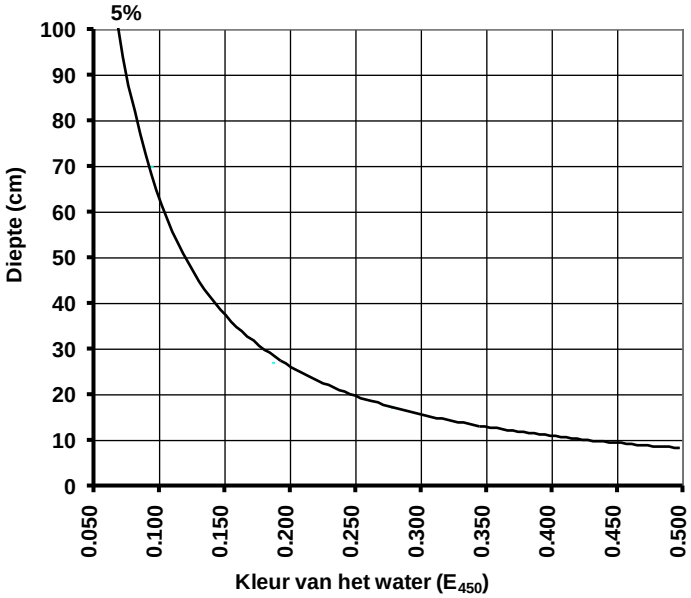
Locatie	pH	Alk.	CO_2	NO_3	NH_4	PO_4	K	Cl	Ca	Fe	Mg	S
Barkmansveen (n = 4)	4,38	168	1379	1,8	19,5	0,6	17,9	180,4	23,9	12,1	31,5	14,4
Poort 2 (n = 4)	4,20	40	980	2,4	6,3	0,6	8,5	111,2	16,2	8,8	2,3	7,5
Gieten Veen 1 (n = 2)	3,75	0	1819	1,7	13,0	0,7	10,1	192,6	26,9	25,7	6,7	42,0
Gieten Veen 3 (n = 3)	3,91	6	2131	4,0	22,4	1,3	20,4	231,5	30,3	31,1	8,4	50,1
Haaksbergerveen (n = 2)	4,62	170	1363	12,2	21,3	3,2	60,3	226,9	13,5	52,5	12,9	26,3
Groene Plas (n = 2)	4,47	117	1227	9,4	30,5	0,2	14,3	148,5	31,5	14,6	13,1	14,5
Ronde Vlaas (n = 2)	4,14	30	3850	4,0	4,6	0,6	34,3	95,1	22,0	12,2	13,7	12,3

Toplaag van het veen en oppervlaktewater

Kooldioxide (CO_2)
Bij vergelijking van de CO_2-concentraties in het veenwater in de toplaag (10 cm diepte) van het veen valt op dat de CO_2-concentraties in de Ronde Vlaas (Groote heide) veruit het hoogste zijn (3850 µmol l^{-1}; Tabel 2). De verschillen in CO_2-concentratie tussen de andere venen zijn minder groot, met de laagste CO_2-concentraties in Poort 2 (Dwingelerveld; 980 µmol l^{-1}), gevolgd door het Barkmansveen, Haaksbergerveen en de Groene Plas (rond 1300 µmol l^{-1}) en de veentjes in Gieten (rond 2000 µmol l^{-1}). De gemeten CO_2-concentraties zijn op alle locaties vele malen hoger dan de concentraties van water dat in evenwicht is met lucht (ca. 10-20 µmol l^{-1}). Dit wijst op de aanwezigheid van benthisch CO_2 (geproduceerd in het veen) en/of aanvoer van CO_2 via

oppervlakkig grondwater. Hoge CO_2-concentraties (> 400 - 500 µmol l^{-1}) zijn een randvoorwaarde voor de groei van (submerse) veenmossen (Paffen & Roelofs 1991; Smolders e.a. 2001). Op alle onderzoekslocaties met veen aan maaiveld (dus geen open water) is de CO_2-concentratie niet beperkend voor de ontwikkeling van veenmossen.

Indien aanwezig werd in alle onderzochte veentjes ook locaties geselecteerd in poelen, slenken of veenputjes. In veentje 1 in Boswachterij Gieten zijn bijvoorbeeld oppervlaktewatermonsters genomen in een veenput met weinig veenmosgroei en in een veenput met een uitbundige groei van Waterveenmos (*Sphagnum cuspidatum*). De gemiddelde CO_2-concentratie van het oppervlaktewater is lager in de veenput met weinig veenmosgroei (locatie GT2; 148 µmol CO_2 per liter) in vergelijking met het oppervlaktewater in de veenput met veel veenmos (locatie GT3; 258 µmol CO_2 per liter; Tabel 13 in de bijlagen). Eerder onderzoek heeft aangetoond dat de CO_2-concentratie hoger moet zijn dan 400 - 500 µmol per liter om een goede veenmos-ontwikkeling mogelijk te maken (Paffen & Roelofs 1991; Smolders e.a. 2003). De concentraties CO_2 die in Gieten werden gemeten, zijn lager dan deze 'grenswaarde'. De bedekking door veenmos in de veenput met een goede veenmosontwikkeling is echter vrij hoog (80%) en er vindt waarschijnlijk dan ook een flinke opname plaats van CO_2, waardoor de concentratie relatief laag blijft.



Figuur 10. Verband tussen de kleuring van het water en de diepte waarbij nog 5% van het daglicht doordringt. Bij minimaal 5 % daglicht kan veenmos nog een netto groei realiseren. Bron: Tomassen e.a. (2002).

Naast een voldoende hoge beschikbaarheid van CO_2 is het noodzakelijk voor de groei van submers veenmos dat er voldoende licht beschikbaar is (Smolders e.a. 2003). Aangezien in hoogvenen het oppervlaktewater meestal gekleurd is door humuszuren mag de waterlaag daarom niet te diep zijn (Tomassen e.a. 2002). In de winterperiode verloopt de fotosynthese slechts langzaam waardoor er onvoldoende zuurstof geproduceerd wordt om het veenmos drijvende te houden. In ondiepe veenputten kan voldoende licht tot op de bodem doordringen, zodat het afgezonken veenmos weer gaat drijven op het moment dat de temperatuur stijgt en de fotosynthese weer op gang

komt. In diepe veenputten dringt te weinig licht door tot op de bodem, zodat het afgezonken veenmos uiteindelijk zal afsterven. Een diepte van 0,5 meter is vaak de maximale diepte waarbij veenmos nog voldoende goed kan groeien (Figuur 10). De veenput van locatie GT2 is ook duidelijk dieper (+ 1,0 m) dan de veenput bij locatie GT3 (+ 0,5 m), ook lichtgebrek kan hier dus mede een rol spelen.

Op veel andere locaties in Boswachterij Gieten verloopt de veenmos-ontwikkeling slecht, maar dat lijkt meer een gevolg van de sterk schommelende en lage waterstanden dan van een ongunstige CO_2-beschikbaarheid (gemiddeld is de CO_2 concentratie > 1800 µmol l^{-1}; Tabel 2). Op de wat nattere locaties in het gebied zijn meestal veenmossen aanwezig en is meestal voldoende CO_2 beschikbaar. Op locatie HBV 2 in het Haaksbergerveen lijkt wel de lage CO_2-concentraties in de waterlaag beperkend te zijn voor de groei van veenmos (ca. 100 µmol l^{-1}; zie Tabel 14 in de bijlage), ook hier zeer waarschijnlijk in combinatie met een lichtgebrek aangezien het veen daar diep geïnundeerd is (ca. 1 meter). Samenvattend kan gezegd worden dat de concentraties CO_2 in de toplaag sterk kunnen verschillen en lokaal zeer hoog zijn. De vraag is waar het CO_2 vandaan komt. Wordt dit aangevoerd via het grondwater en/of wordt het geproduceerd in het aanwezige veen? Hier wordt in de volgende paragrafen verder op ingegaan.

Overige nutriënten en mineralen

Naast CO_2 zijn de concentraties van de belangrijkste andere nutriënten en mineralen in het veenwater bepaald. De pH van het veenwater is het laagste in de veentjes in Gieten (Tabel 2). De meest waarschijnlijke oorzaak hiervoor is verdroging. Tijdens allerlei oxidatieprocessen die in het verdroogde veen plaatsvinden, wordt zuur (H^+) gevormd. Het gevormde zuur wordt deels gebufferd via de uitwisseling met andere kationen welke aan het bodem-adsorptiecomplex zijn gebonden, waaronder calcium, en daardoor vrijkomen. De hoge calciumconcentraties lijken te indiceren dat er sprake is van buffering, maar het calcium wordt niet aangevoerd met het grondwater maar wordt gemobiliseerd door uitwisseling van zuurionen. Een andere indicatie voor verdroging is de hoge concentratie vrij zwavel (sulfaat) in het veen, welke zeer waarschijnlijk afkomstig is van de oxidatie van gereduceerde zwavelverbindingen in het veen.

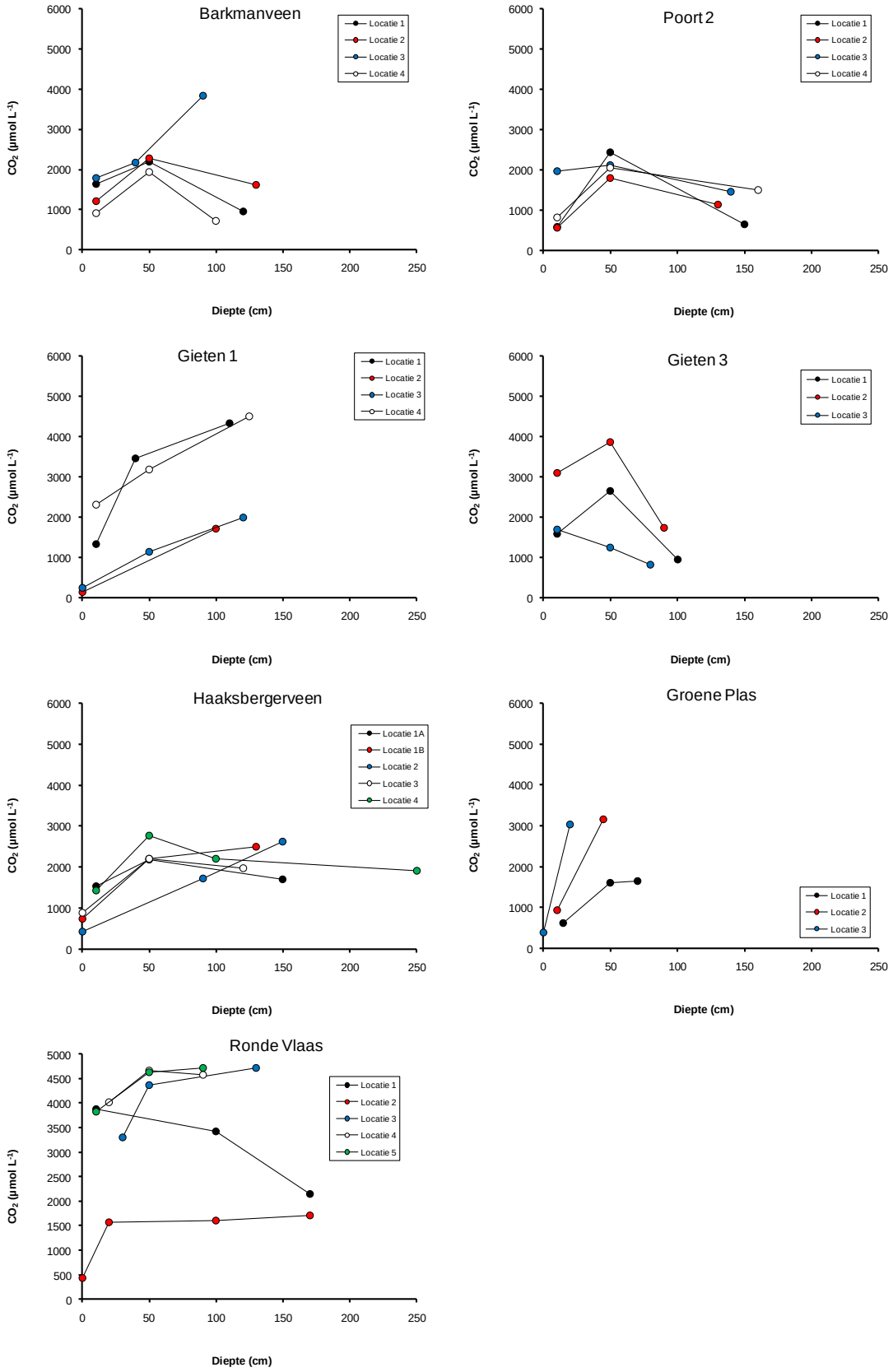
De nutriëntenconcentraties in het oppervlakkige veenwater zijn laag (Tabel 2). De laagste ammoniumconcentraties zijn gemeten in Poort 2 en de Ronde Vlaas. De ammoniumconcentratie in het veenwater ligt op deze locaties rond 5 µmol l^{-1} en dit zijn voor Nederlandse hoogvenen zeer lage concentraties (zie ook Figuur 28). De ammoniumconcentratie in de toplaag is het hoogste in de Groene Plas (31 µmol l^{-1}). In maart 2009 werden op deze locatie hoge ammoniumconcentraties gemeten. Deze toename kan veroorzaakt worden door nitraatuitspoeling vanuit het aangrenzende landbouwgebied (zie Figuur 3) tijdens natte perioden, maar hierover kan op basis van een enkele meting geen harde uitspraak gedaan worden. De fosfaatconcentratie in het ondiepe veenwater is meestal lager dan 1 µmol l^{-1}, alleen in veentje 3 in Gieten is de concentratie iets hoger (1,3 µmol l^{-1}) en in het Haaksbergerveen is de fosfaatconcentratie hoger dan verwacht (3,2 µmol l^{-1}). De hoogste fosfaatconcentraties in de toplaag van het veen werden gemeten op locatie HBV 4, maar een duidelijke verklaring hiervoor kan niet gevonden worden. Het betreft een goed ontwikkelde drijftil met een karakteristieke vegetatie gedomineerd door *S. magellanicum* (Tabel 10).

Op locatie 1 in het Haaksbergerveen zijn ceramische cups geplaatst op een locatie die wordt gedomineerd door *S. papillosum* (locatie 1A) en een naastgelegen locatie (op ca. 0,5 m) met open water en *Potamogeton polygonifolius* (Duizendknoopfonteinkruid; locatie 1B). De chemie van het diepere veenwater (0,5 en 1,3-1,5 m) op beide locaties verschilt vrijwel niet (Tabel 14 in de bijlage). In vergelijking tot de chemie van het veenwater op 10 cm diepte op de *Sphagnum*-locatie, is de pH en alkaliniteit (buffercapaciteit) van het oppervlaktewater op de *Potamogeton*-locatie hoger. Het oppervlaktewater is (zeer) zwak gebufferd (met in 2009 een alkaliniteit van circa 100 µeq per liter) en door de aanvoer van wat extra CO_2 vanuit de onderliggende veenbodem is het voor een soort als Duizendknoopfonteinkruid mogelijk hier voor te komen.

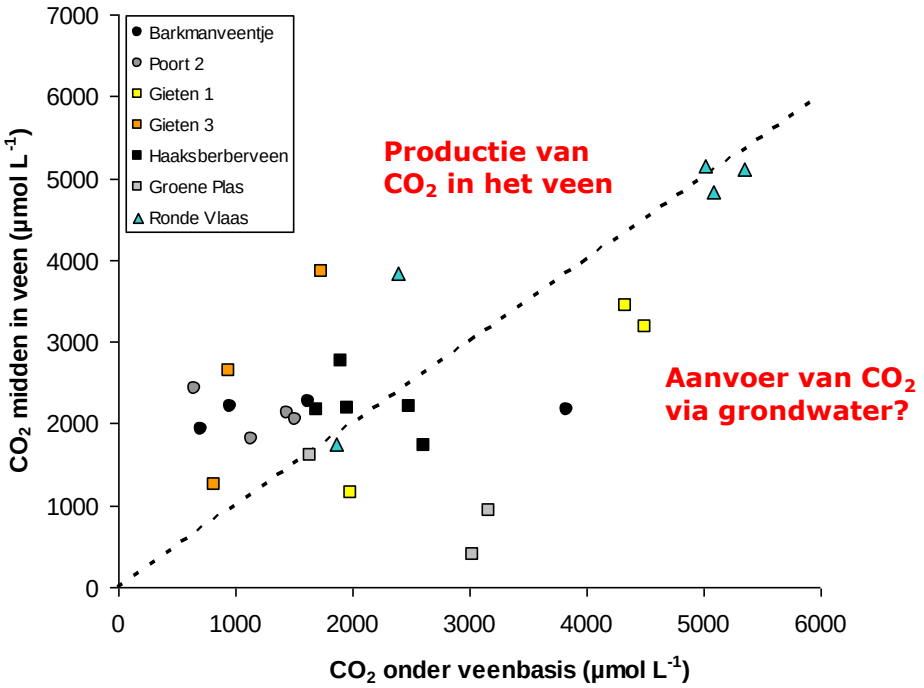
Chemie diepere veenwater
Op iedere locatie is ook het diepere veenwater bemonsterd en geanalyseerd (zie Veenwaterchemie Tabel 12 t/m Tabel 15 in de bijlage). Zoals ook gevonden bij het onderzoek in de eerste fase OBN hoogvenen (Tomassen e.a. 2002) nemen de concentraties van veel van de geanalyseerde chemische variabelen toe in de diepte. Op de meeste locaties is een duidelijke gradiënt aanwezig in bijvoorbeeld de pH, alkaliniteit, CO_2- en calciumconcentratie.

<u>Kooldioxide</u>
In Figuur 11 staan de gemiddelde CO_2-concentraties op verschillende diepten per onderzoekslocatie weergegeven. Uit de grafieken blijkt dat de CO_2-concentraties sterk variëren tussen de onderzochte veentjes en dat de hoogste concentraties vaak niet aanwezig zijn onder de veenbasis, maar in het midden van het aanwezige veenpakket. Eerdere analyses van het verloop van de CO_2-concentratie in de diepte leverde een duidelijke toename van de concentratie met de diepte (Tomassen e.a. 2002). Het onderzoek van Wouter Patberg van de Rijksuniversiteit Groningen in veentjes in het Dwingelerveld liet dat eveneens zien (Figuur 14). Tijdens het huidige onderzoeksproject werden de diepste ceramische cups echter onder de veenbasis (direct onder het diepste veen) geplaatst en bij het eerdere onderzoek tot in de veenbasis. De afname onder de veenbasis (zoals in de veentjes van het Dwingelerveld en veentje 3 in Gieten) kan verklaard worden door doorstroming van de bodem onder de veenbasis met grondwater met een lagere CO_2-concentratie (zie de resultaten van de grondwaterkwaliteit).

In Figuur 12 hebben we de gemiddelde CO_2-concentratie in het midden van het veen uitgezet tegen de gemiddelde CO_2-concentratie onder de veenbasis. Met een onderbroken lijn wordt het verband aangegeven waarbij er evenveel CO_2 onder de veenbasis aanwezig is als midden in het veen. Het Barkmansveen, Poort 2 en veentje 3 in Gieten liggen boven deze lijn. Hier is dus in ieder geval productie van CO_2 in het veen nodig om de CO_2-concentraties in het veen te kunnen verklaren. We zien dat voor de veentjes uit het Haaksbergerveen en de Ronde Vlaas de concentratie in de buurt van deze lijn liggen en de overige veentjes hieronder. Voor deze veentjes kan theoretisch de aanvoer van CO_2 via grondwater bijdragen aan de gemeten CO_2-concentraties.



Figuur 11. CO_2-concentratie in het veenwater op verschillende diepten (in cm onder maaiveld) in de zeven onderzochte veentjes. Weergegeven zijn de gemiddelden van alle bemonsteringsdata (uitgezonderd de data van juli 2008 uit Boswachterij Gieten). In de figuren betreft een diepte van 0 cm de CO_2-concentratie in het oppervlaktewater.



Figuur 12. Gemiddelde CO_2-concentratie in het midden van het veenpakket uitgezet tegen de gemiddelde CO_2-concentratie onder de veenbasis. Weergegeven zijn de gemiddelden van alle bemonsteringsdata (uitgezonderd de data van juli 2008 uit Boswachterij Gieten). Wanneer de CO_2-concentratie midden in het veen hoger is dan in de veenbasis dan duidt dit op de productie van CO_2 in het veenwater. In de omgekeerde situatie is er mogelijk sprake van de aanvoer van CO_2 via het grondwater.

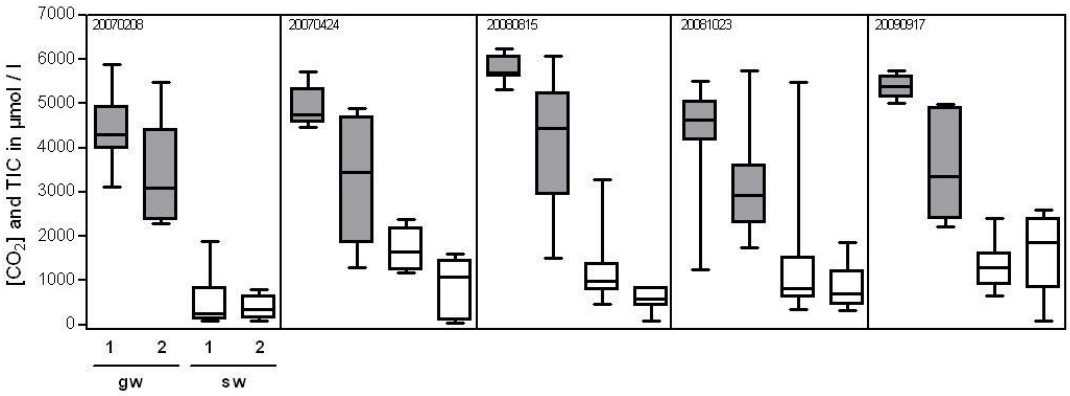
Ook is het echter heel goed mogelijk dat het grondwater stagneert onder het veen en dat het veen het grondwater aanrijkt met CO_2 of dat er accumulatie van CO_2 plaatsvindt in stagnerend grondwater onder het veen. In veentje 1 in Boswachterij Gieten zien we bijvoorbeeld een toename van de CO_2-concentratie onder de veenbasis. Mogelijk stagneert hier grondwater onder de veenbasis, doordat er geen doorstroming plaatsvindt, waardoor CO_2 zich ophoopt in het grondwater. Uit het hydrologische onderzoek (zie deelrapport 2) blijkt dat veentje 1 met zijn buik waarschijnlijk permanent in het grondwater van het omringende systeem hangt. De bodem onder de veenbasis heeft hier ook een zeer grote weerstand tegen stroming aangezien de peilbuizen na leegpompen slechts zeer langzaam weer volstromen.

3.4.3 Hoogveenontwikkeling door toestroming CO_2-rijk grondwater

Afgelopen jaren heeft Wouter Patberg in het Dwingelerveld op vijf tijdstippen gedurende drie jaren monsters van het oppervlaktewater en het inkomende grondwater genomen. Het onderzoek werd uitgevoerd in acht veentjes, met in totaal 15 bemonsteringsplekken. Van alle veentjes werd de ontwikkelings-geschiedenis en het succes van de herstelmaatregelen afgeleid uit luchtfoto's uit 1982 en 2006 (Figuur 13). De mate van succes werd afgeleid uit de afname van het oppervlak open water tussen 1982 en 2006. Twee ontwikkelingsstadia werden onderscheiden; succesvol herstel van de hoogveenvegetatie, indien het oppervlak open water met meer dan 50 % afnam, en minder succesvol indien de afname van open water minder dan 50 % was in deze periode. Er werd verondersteld dat de toename van de vegetatie door veenmosgroei werd veroorzaakt, hetgeen door veldbezoeken werd bevestigd.

Figuur 13. Luchtfoto's genomen in 1982 en 2006 van het 'Groote Veen'. De gele lijn geeft de grens van het veentje weer die gebruikt werd om de verandering in begroeid oppervlak te berekenen. In dit fotopaar was de verandering in oppervlakte open water meer dan 50 %. De vegetatieontwikkeling in het Groote Veen werd derhalve als succesvol herstel (=uitbreiding van de oppervlakte veenmos) geclassificeerd. Een analyse op basis van vegetatiesamenstelling door Everts e.a. (2002) bevestigde dit beeld.

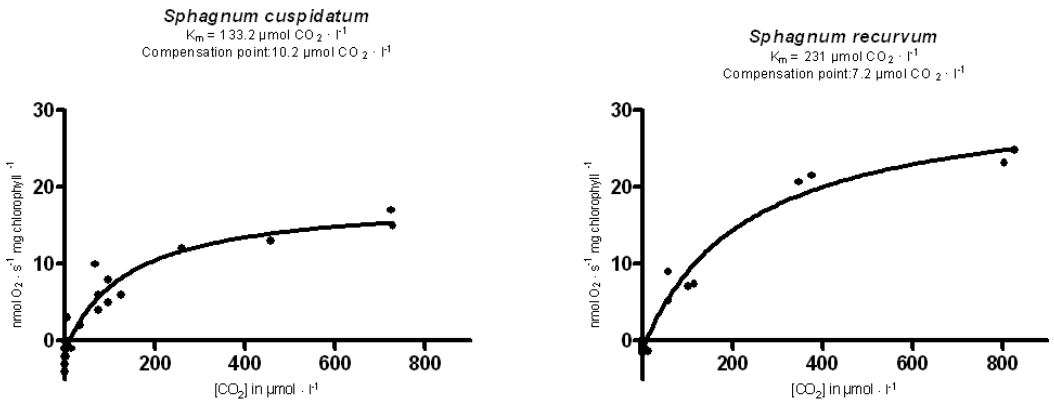
Uit de metingen komt naar voren dat het grondwater bij de acht veentjes altijd veel hogere CO_2-concentraties heeft dan het oppervlaktewater (Figuur 14). Verder is duidelijk dat de CO_2-concentraties in het grondwater rond goed ontwikkelde veentjes vrijwel steeds hoger is dan in het grondwater rond slecht ontwikkelde veentjes. In het oppervlaktewater is dat in de meeste analyseperiodes niet terug te zien. Maar in enkele periodes wel (bijvoorbeeld in het voorjaar van 2007). In de zomer en nazomer zijn er nauwelijks verschillen. Dit is goed te begrijpen, omdat grondwater in de veentjes alleen gedurende heel natte perioden kan toestromen. Als het grondwater eenmaal onder de slecht doorlatende lagen is gezakt, wordt er alleen nog maar neerslagwater aangevoerd. Uit dit onderzoek komt dus naar voren dat hoge CO_2-concentraties in het open water die nodig zijn voor een goede veenmosgroei (zie box 1) mogelijk afkomstig zijn uit het toestromende grondwater uit de omgeving, maar dat toestroming maar zo nu en dan plaatsvindt. Aangezien de veentjes goed ontwikkeld zijn, is periodieke toestroming blijkbaar voldoende om de CO_2-beschikbaarheid hoog te houden.



Figuur 14. CO_2-concentraties in grond- en oppervlaktewater van 8 verschillende veentjes in het Dwingelerveld gedurende 5 verschillende monsterperioden tussen 2007 en 2009. Grijs = grondwateranalyses, Wit= oppervlaktewateranalyses, 1 = goed ontwikkelde veentjes, 2 = slecht ontwikkelde veentjes.

Box 1: Fysiologische karakteristieken van koolstofopname door *Sphagnum*-soorten

Dat veenmossen veel beter lijken te groeien bij relatief hoge CO_2-concentraties in het oppervlaktewater wijst erop dat zee en hoge koolstofbehoefte hebben. Veenmossen gebruiken uitsluitend CO_2 voor hun koolstofbehoefte en geen (bi)carbonaat (Patberg e.a. submitted; Bain & Proctor 1980). Om de koolstofbehoefte nader uit te zoeken, zijn een aantal experimenten uitgevoerd aan twee veenmossoorten (*Sphagnum cuspidatum* en *S. recurvum*), waarbij de fotosyntheseactiviteit van de veenmossen gemeten werd bij verschillende CO_2-concentraties. Deze is in Figuur A weergegeven.



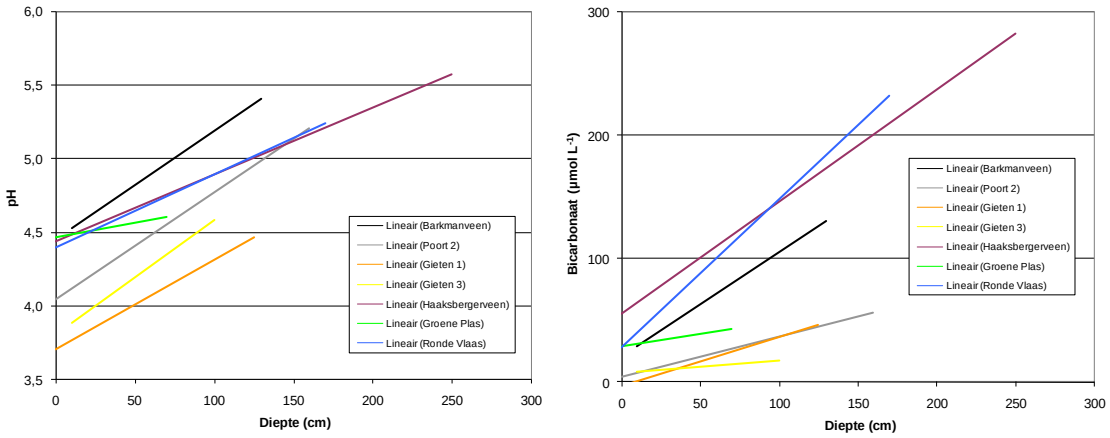
Figuur A: Dosis response curven van fotosynthetische activiteit (gemeten als zuurstof productie) als functie van CO_2-concentraties in het water voor *Sphagnum cuspidatum* (links) and *S. recurvum* (rechts). Lichtaanbod was niet beperkend voor de fotosynthese (1500 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$) en de vloeistof werd continue geroerd. Bron: Patberg e.a. (submitted)

Het CO_2 compensatiepunt (de CO_2-concentratie waarbij de CO_2-fixatie door fotosynthese in evenwicht is met het verlies van CO_2 door respiratie en de netto CO_2 uitwisseling nul is (zie o.a. Bowes 1996) van *S. cuspidatum* was 10,2 µmol CO_2 / l en 7,2 µmol CO_2 / l voor *S. recurvum*. Water in evenwicht met de lucht heeft ongeveer een concentratie van 13 µmol CO_2 / l bij 20°C. Gelet op de lage diffusie snelheid van CO_2 in water lijkt het daarom evident dat veenmossen naast de input van CO_2 uit de lucht een flinke hoeveelheid extra CO_2 uit andere bronnen nodig heeft.

Het enzym dat verantwoordelijk is voor fotosynthetische fixatie van CO_2 heet Rubisco. Voor terrestrische hogere planten met een C3-metabolisme is de Rubisco affiniteit voor CO_2 vrij hoog. De K_m-waarde is ca. 10 µM, dit betekent dat bij een CO_2-concentratie van 10 µM de activiteit van het enzym Rubisco de helft is van de maximale activiteit/snelheid (V_{max}). In water ondergedoken planten hebben een hogere waarde (ongeveer 30-70 µM). In ons experiment met veenmossen zijn de K_m waarden veel hoger (231,4 µM CO_2 voor *S. cuspidatum* en 133,2 µM CO_2 voor *S. recurvum*), hetgeen wijst op een zeer lage affiniteit voor CO_2. Het enzym Rubisco is dus niet verzadigd bij atmosferische CO_2-concentraties en de fotosyntheseactiviteit wordt dus nog gestimuleerd bij CO_2-concentraties in het oppervlaktewater van 400 - 500 µM CO_2 (zie Figuur A). Uit bovengenoemde proeven lijkt het er op dat beide veenmossen zijn aangepast aan hoge CO_2-concentraties.

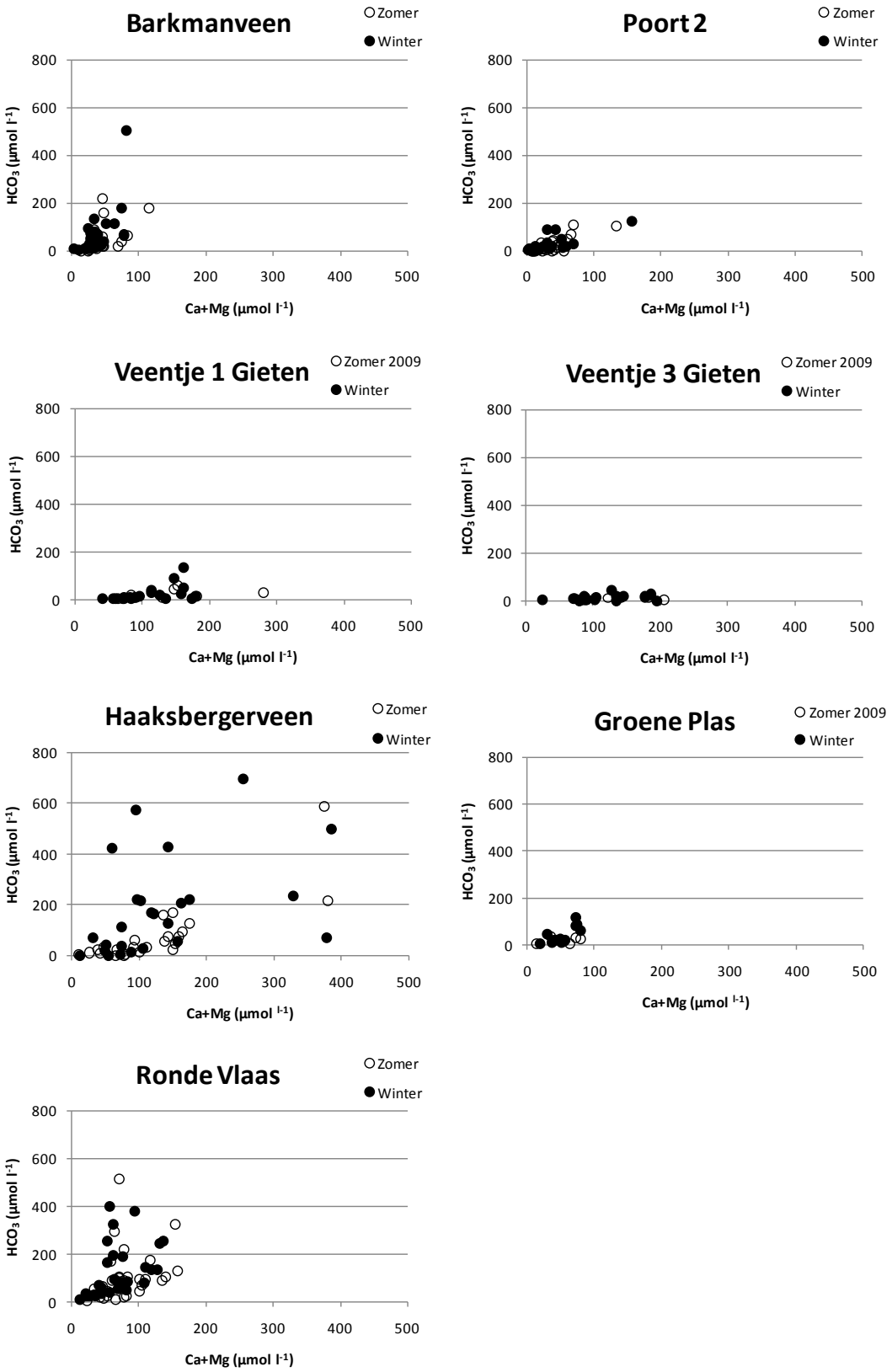
3.4.4 Invloed gebufferd grondwater?

De veenwaterchemie kan een indruk geven van de mate waarin het veen gebufferd wordt onder invloed van toestromend (regionaal) gebufferd grondwater of als gevolg van de aanwezigheid van buffercapaciteit in de veensubstraten. Wanneer er sprake is van de aanvoer van gebufferd grondwater verwacht je de sterkste beïnvloeding in de veenbasis. De pH en bicarbonaatconcentratie in het veenwater nemen op vrijwel alle locaties toe van de toplaag richting de veenbasis (Figuur 15). In de Groene Plas nemen de pH en bicarbonaatconcentratie slechts gering toe in de diepte. De sterkste toename van de pH en bicarbonaatconcentratie in de diepte vindt plaats in het Haaksbergerveen, de Ronde Vlaas en het Barkmansveen. Het veen is dieper in het profiel dus sterker gebufferd, maar we kunnen op basis van deze gegevens nog niet aangeven welk proces hiervoor verantwoordelijk is.

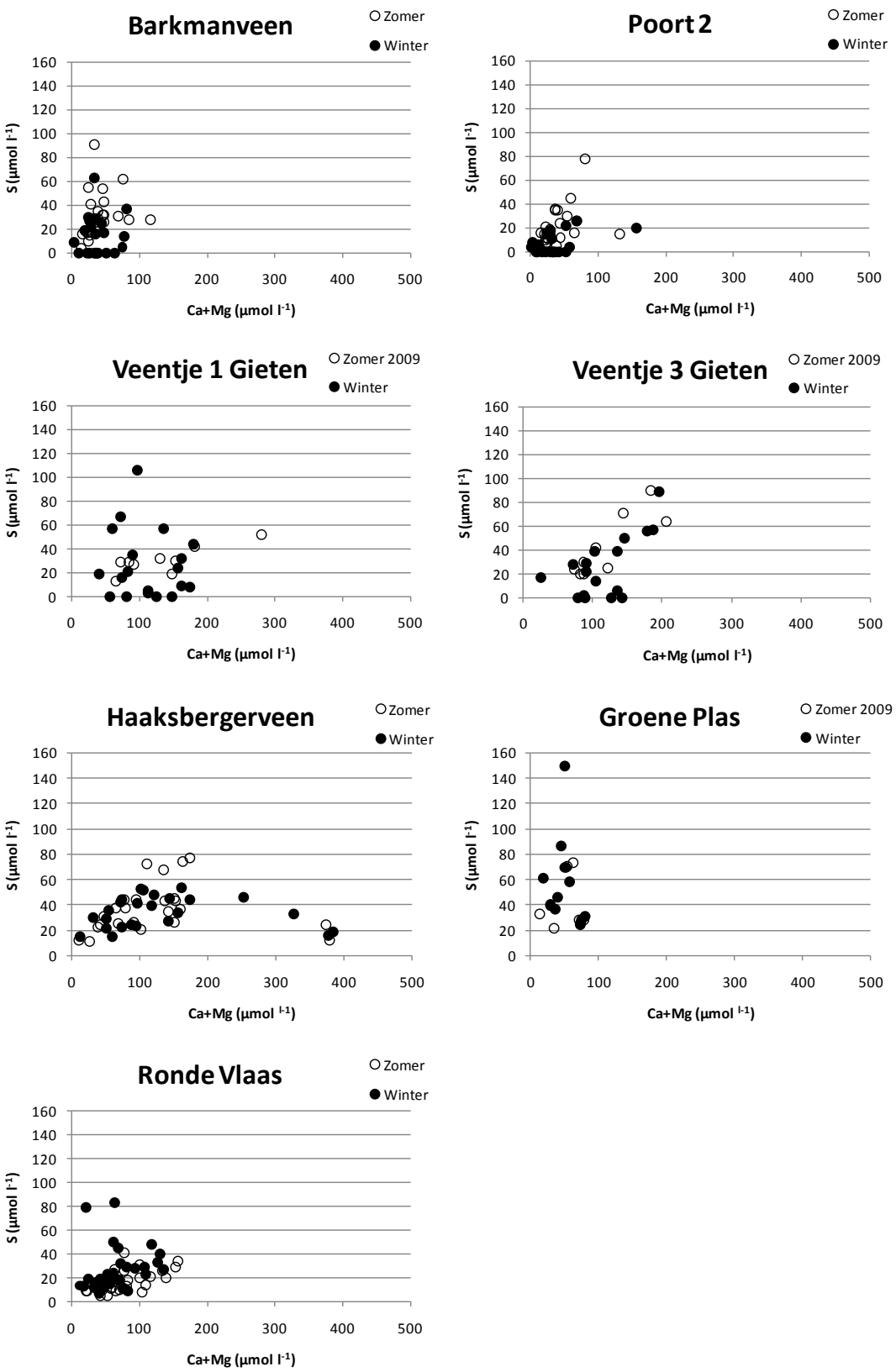


Figuur 15. Relatie tussen de pH (links) en bicarbonaatconcentratie (rechts) in het veenwater met de diepte waarop het water verzameld is. Weergegeven zijn de lineaire regressielijnen voor de verschillende onderzochte veentjes. In deze figuur zijn de gegevens van alle bemonsteringdata meegenomen (behalve juli 2008 voor Gieten).

Een toename van de bicarbonaatconcentratie welke samengaat met een toename (in equivalente concentraties) van de calcium- en/of magnesiumconcentratie kan een duidelijke aanwijzing zijn voor de aanvoer van gebufferd (kalkrijk) water uit een regionaal grondwatersysteem. In Figuur 16 is voor elk gebied de calcium+magnesiumconcentratie uitgezet tegen de bicarbonaatconcentratie. In deze figuur is geen onderscheid gemaakt tussen de diepte waarop het veenwater is verzameld. We zien dat met name voor het Haaksbergerveen en in mindere mate voor de Ronde Vlaas (Groote Heide) zowel in de zomer als de winter er een zekere buffering van het veen optreedt die gepaard gaat met een toename van zowel de calcium/magnesium-concentratie als de bicarbonaatconcentratie. In het Haaksbergerveen zijn vrijwel alle monsterpunten met een indicatie voor grondwaterinvloed afkomstig van locatie HBV 4, gelegen aan de Duitse grens (Figuur 3). De veentjes in het Dwingelerveld (Barkmansveen en Poort 2) zijn arm aan opgelost calcium en magnesium, en er wordt tevens een zeer beperkte bicarbonaatbuffering teruggemeten, in zowel de zomer als de winter. Ook de veentjes in Gieten zijn arm aan opgelost calcium en magnesium. Veentje 1 betreft een pingo met een diepte van zeker 2,60 meter (zie deelrapport 1), terwijl de diepste ceramische cup op 1,25 meter diepte staat. Dit zou een reden kunnen zijn waarom de huidige metingen geen aanwijzingen geven voor de invloed van gebufferd grondwater in veentje 1.



Figuur 16. Calcium- + magnesiumconcentratie uitgezet tegen de bicarbonaat-concentratie in het veenvocht van alle bemonsterde veentjes (op alle bemonsterde diepten). In de figuur is onderscheidt gemaakt tussen de bemonstering in de zomer (juli 2008 – juli 2009) en in de 'winter' (september/oktober 2008 – maart 2009). Voor Gieten en de Groene Plas is alleen de zomerbemonstering van 2009 opgenomen in de grafiek.



Figuur 17. Calcium- + magnesiumconcentratie uitgezet tegen de sulfaatconcentratie in het veenvocht van alle bemonsterde veentjes (op alle bemonsterde diepten). In de figuur is onderscheidt gemaakt tussen de bemonstering in de zomer (juli 2008 – juli 2009) en 'winter' (september/oktober 2008 – maart 2009). Voor Gieten en de Groene Plas is alleen de zomerbemonstering van 2009 opgenomen in de grafiek.

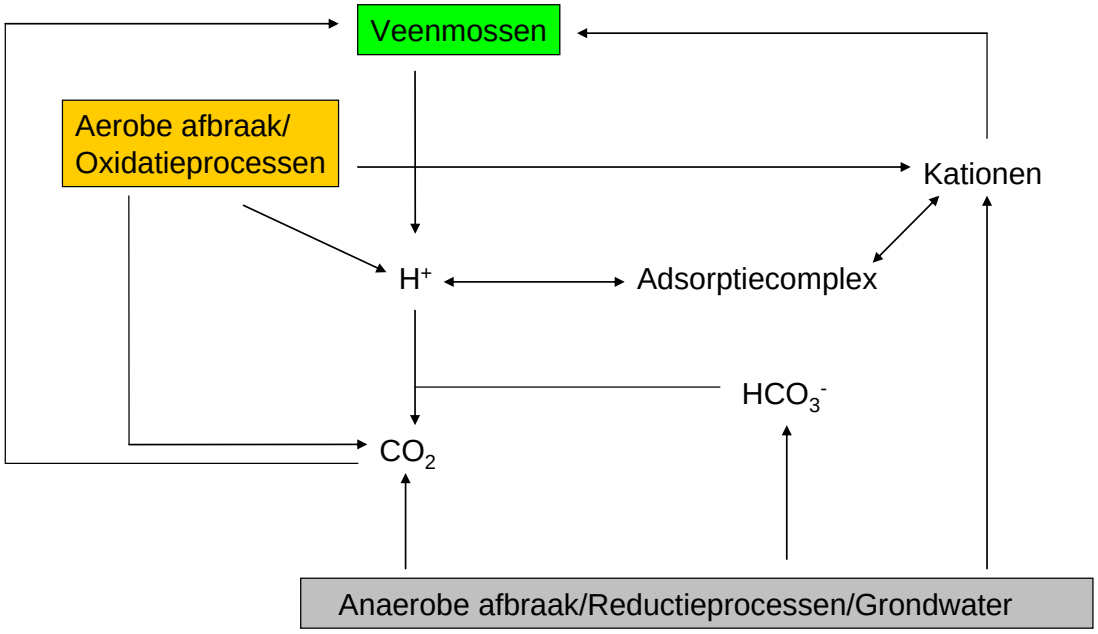
In Figuur 17 staat de calcium+magnesiumconcentratie uitgezet tegen de zwavelconcentratie in het veenwater. In veentje 3 in Boswachterij Gieten is een verband tussen de calcium+magnesium-concentratie en de zwavel-concentratie aanwezig, zowel in de winter als in de zomer. Zoals eerder gezegd kan dit erop duiden dat verdroging en een hiermee gepaard gaande oxidatie van gereduceerd zwavel of organisch zwavel, in de omgeving of in het veentje zelf, een rol speelt. Bij de oxidatie van gereduceerd zwavel wordt zuur geproduceerd die gebufferd wordt door de uitwisseling met basische kationen aan het bodemadsorptiecomplex. De pH blijft dan gelijk, maar de concentratie calcium en magnesium in het veenwater neemt toe. Er is dan, ondanks de hogere concentratie calcium en magnesium, geen sprake van de aanvoer van gebufferd grondwater.

Samenvattend kan gezegd worden dat er op basis van de chemische samenstelling van het veenwater geen sterke aanwijzingen zijn voor de invloed van regionaal gebufferd (bicarbonaathoudend) grondwater in de onderzochte veentjes in het Dwingelerveld en de Boswachterij Gieten. In het Haaksbergerveen lijkt lokaal (vooral locatie HBV 4) aanrijking plaats te vinden met zowel bicarbonaat als calcium en/of magnesium. In de Groene Vlaas zijn ook indicaties aanwezig voor aanrijking met gebufferd grondwater uit een regionaal systeem, maar dit is minder duidelijk dan in het Haaksbergerveen. De afwezigheid van invloed van regionaal bicarbonaathoudend grondwater wil niet zeggen dat er geen aanvoer van lokaal, bicarbonaat arm, grondwater plaatsvindt. Lokaal grondwater is over het algemeen niet of slechts licht gebufferd maar kan wel CO_2-rijk zijn. De chemische samenstelling van het lokale grondwater wordt besproken in paragraaf 3.4.5.

In de Ronde Vlaas (en in mindere mate het Barkmansveen) vindt wel aanrijking plaats met bicarbonaat, maar deze gaat niet duidelijk samen met een toename van calcium en/of magnesium (Figuur 16). Dit kan een indicatie zijn dat er in het systeem extra buffering wordt opgebouwd (bij reductie-processen wordt alkaliniteit gegenereerd), of dat eventueel aangevoerd calcium en magnesium hier wordt geadsorbeerd aan het bodemadsorptie-complex, waardoor het niet terug te meten is in het bodemvocht. Door deze uitwisseling van kationen neemt de concentratie aan tweewaardige kationen zoals calcium (Ca^{2+}) en magnesium (Mg^{2+}) af en neemt de concentratie van kalium (K^+), natrium (Na^+) en ammonium (NH_4^+) toe (zie Tabel 15 in de bijlage).

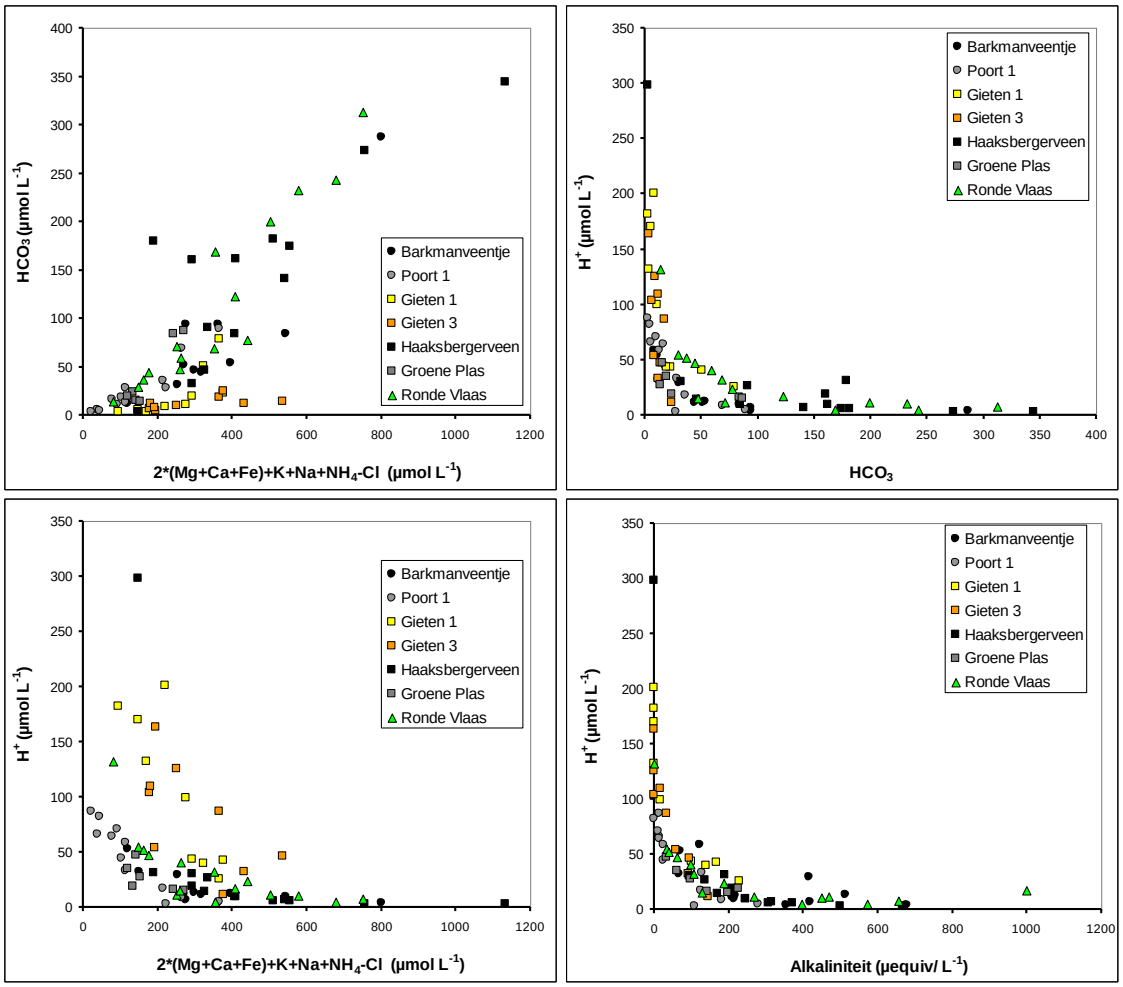
Verder kan ook de anaerobe afbraak van organisch materiaal leiden tot een netto productie van bicarbonaat. Dit soort reductieve processen zijn netto alkaliniteitsgenererend, waardoor een deel van het bij de afbraak vrijkomende koolstof in de vorm van bicarbonaat vrijkomt. Deze anaerobe afbraak kan plaatsvinden onder invloed van zogenaamde alternatieve electronen-acceptoren. Zo vinden we voor het Barkmansveen een relatie tussen de concentratie ijzer in het porievocht van de veenbodem en de bicarbonaat-concentratie. Dit duidt er op dat er hier netto alkaliniteit wordt gegenereerd door de reductie van ijzeroxides. Ondieper in het veen zal ook afbraak plaatsvinden onder invloed van zuurstof. Dit soort oxidatieve processen zijn netto zuurgenererend en alle koolstof komt hierbij vrij in de vorm van CO_2. Bij de afbraak van organisch materiaal (zowel de aerobe als de anaerobe) komen ook kationen vrij. Deze kunnen vervolgens worden opgenomen door het levende *Sphagnum*, waarbij deze zuur (protonen) uitscheiden. Ook kunnen de kationen opnieuw aan het bodemadsorptiecomplex (resterende dode organische materiaal) worden gebonden. Ook het in de bodem gevormde zuur kan adsorberen aan het bodemadsorptiecomplex, waarbij weer kationen vrij kunnen komen. Daarnaast kan het ook reageren met het bij anaerobe afbraak

geproduceerde bicarbonaat, waarbij CO_2 wordt gevormd. Tenslotte kunnen er ook CO_2, bicarbonaat en kationen worden aangevoerd via het grondwater. Deze processen worden samengevat in Figuur 18.



Figuur 18. Schematische weergave van een aantal bodemprocessen die de beschikbaarheid van onder andere CO_2 en bicarbonaat in het veen beïnvloeden. Voor een beschrijving van de weergegeven processen zie de tekst.

Het is dus moeilijk vast te stellen of er daadwerkelijk aanvoer van regionaal gebufferd grondwater plaatsvindt puur op basis van de metingen in de veenbodems. Wel kunnen we vaststellen dat de veenbodems in verschillende mate gebufferd worden door overheersende processen. Zo meten we in de verdroogde veentjes van Gieten netto weinig bicarbonaat en veel protonen (Figuur 19). In het Haaksbergerveen en de Ronde Vlaas meten we relatief hoge bicarbonaatconcentraties die samen gaan met hoge kationconcentraties (Figuur 19). In de veentjes van Gieten (uitzakkend waterpeil) speelt de aerobe afbraak waarschijnlijk een overheersende rol, terwijl in het Haaksbergerveen en de Ronde Vlaas (hoge waterstanden) de aerobe afbraak relatief een minder belangrijke rol speelt. Het Barkmansveen en Poort 2 nemen een intermediaire positie in. Alleen in het geval van het Haaksbergerveen kan op grond van de resultaten niet worden uitgesloten dat ook buffering via het regionale grondwater een rol speelt. Voor de duidelijkheid, dit wil niet zeggen dat er geen aanvoer van grondwater is maar dat het eventueel aangevoerde grondwater afkomstig is van een lokaal systeem en weinig calcium en bicarbonaat bevat (zie volgende paragraaf).



Figuur 19. Relatie tussen de totale concentratie kationen en de concentratie bicarbonaat (linksboven) en protonen (linksonder) in het veenwater uit de verschillende onderzoekslocaties. Voor de berekening van de totale kationen-concentratie is rekening gehouden met de lading van het ion (één of tweewaardig) en de concentratie is gecorrigeerd voor de chlorideconcentratie. De concentratie protonen is tevens uitgezet tegen de bicarbonaatconcentratie (rechtsboven) en alkaliniteit (rechtsonder). Weergegeven zijn de gemiddelde concentraties van alle bemonsterde diepten en tijdstippen. Alleen de eerste analysedata uit Gieten (juli 2008) zijn niet in de gemiddelden meegenomen.

3.4.5 Chemische samenstelling van het grondwater

Een groot aantal van de voor het hydrologische onderzoek geplaatste peilbuizen zijn bemonsterd voor een analyse van de chemische samenstelling van het grondwater. In Tabel 16 in de bijlage staan de analyseresultaten gegeven en in Tabel 3 staat per hoogveengebied de gemiddelde samenstelling van het grondwater gegeven. De variatie in grondwatersamenstelling gedurende het jaar is niet groot, zodat ervoor gekozen is de verschillende monsterdata te middelen. De invloed van het grondwater is natuurlijk niet over het hele jaar gelijk en zal vooral in de winter en vroege voorjaar het grootst zijn. De hydrologie van de onderzochte veentjes wordt uitgebreid besproken in deelrapport 2 (Von Asmuth e.a. 2010). Bij de bespreking van de grondwaterchemie worden per veentje kort de belangrijkste resultaten van het hydrologische onderzoek gegeven.

Tabel 3. De gemiddelde pH en de concentraties van de belangrijkste nutriënten en ionen in het grondwater van de onderzochte hoogveengebieden. Achter de gebiedsnaam staat tussenhaakjes het aantal peilbuizen gegeven. De concentraties zijn, uitgezonderd de pH, gegeven in µmol per liter. Alk. = alkaliniteit.

	pH	**Alk.**	**CO_2**	**HCO_3^-**	**NO_3**	**NH_4**	**PO_4**	**K**	**Cl**	**Ca**	**Mg**	**Fe**	**Al**	**S**
Barkmansveen (n = 6)	5,05	299	2223	137	134	119	0,4	30	294	92	106	87	29	75
Poort 2 (n = 3)	4,81	146	1445	36	33	37	0,4	26	220	65	39	16	26	54
Gieten veen 1 (n = 4)	4,19	98	1339	26	20	83	1,4	49	450	80	69	13	36	40
Gieten veen 3 (n = 1)	3,68	0	1022	2	9	8	0,7	12	83	67	56	9	29	69
Groene Plas (n = 7)	4,88	344	1182	93	11	26	0,5	26	230	59	30	93	77	98
Ronde Vlaas (n = 6)	4,68	201	1194	45	28	10	0,4	102	269	34	9	18	91	97

Dwingelerveld
De twee geselecteerde heideveentjes in het Dwingelerveld (Barkmansveen en Poort 2) zijn beiden ondiep (veenbasis op 1 a 1,5 meter onder maaiveld) en zijn waarschijnlijk gevormd in een laagte in de keileem. In die laagtes heeft zich een verkitte B-horizont en gliedelaag ontwikkelt, waardoor weerstand is opgebouwd en het veenpeil in het algemeen boven dat van de omgeving heeft doen uitstijgen. Er stagneert echter ook nu nog periodiek water bovenop de keileem, waarbij het water periodiek ook reikt tot in de veenbasis of zelfs daarboven (bij Poort 2 is dit niet helemaal zeker). Wanneer het grondwaterpeil boven het veenpeil uitstijgt, kan het direct het veen in lopen. Het lijkt voor wat betreft de buffering waarschijnlijk dat eventuele grondwaterinvloed op die manier plaatsvindt (dit vond in het voorjaar van 2010 ook plaats), en niet zozeer van onderaf. De dynamiek van de grondwaterstanden is in Poort 2 het meest constant, in het Barkmansveen zijn de schommelingen in grondwaterstand groter (Von Asmuth e.a. 2010).

Om de grondwaterkwaliteit in beeld te brengen zijn 7 peilbuizen in en rondom het Barkmansveen en 3 peilbuizen in Poort 2 bemonsterd (voor ligging zie Figuur 1). Eén van deze buizen stond permanent droog, zodat waterkwaliteitsgegevens hiervan ontbreken. De verschillen in grondwaterkwaliteit tussen de peilbuizen en de twee veentjes zijn gering. Het grondwater in beide veentjes is zwak zuur en zwak gebufferd, waarbij de pH en alkaliniteit van het grondwater in het Barkmansveen iets hoger is (Tabel 3). Het grondwater in het Barkmansveen bevat relatief veel CO_2 met een gemiddelde concentratie van ongeveer 2200 µmol CO_2 per liter en ook de concentraties nitraat, ammonium, calcium en magnesium en ijzer zijn hoger in vergelijking tot Poort 2.

Het grondwater in peilbuizen 1 t/m 4 in het Barkmansveen bevat wat meer ammonium, maar deze peilbuizen staan midden in het veentje. Van deze buizen staan er twee in het veen en twee in het zand, maar de lengte is van alle vier buizen circa 110 cm. Mogelijk staan toch alle buizen in het veen en in het zure natte veen hoopt stikstof, doordat nitrificatie niet plaats kan vinden, op in de vorm van ammonium. Ook de geplaatste ceramische cups geven aan dat dieper in het veen de concentraties ammonium vaak hoger zijn (zie Tabel 12 in de bijlage).

In het grondwater in het bos nabij het Barkmansveen (peilbuis BMV 7; Tabel 16) is de nitraatconcentratie duidelijk verhoogd. Het is bekend dat uit bossen op arme zandgronden veel nitraat kan uitspoelen naar het grondwater (bomen vangen veel stikstofdepositie in). De concentratie sulfaat (zwavel) is

in het grondwater ook hoger waarschijnlijk door de door het bos ingevangen zwaveldepositie uit het verleden. Het grondwater op deze locatie bevat ook meer calcium en magnesium, maar aangezien de concentratie bicarbonaat laag is, duidt dit niet op de aanvoer van licht gebufferd grondwater. Bij de oxidatie van ammonium wordt namelijk zuur geproduceerd die gebufferd wordt door de uitwisseling met basische kationen aan het bodemadsorptiecomplex, waardoor de concentratie calcium en magnesium in het grondwater toeneemt. Het grondwater op deze locatie in het bos bevat verder de laagste CO_2-concentratie (zie Tabel 16 in de bijlage). Het waterpeil op deze locatie staat ten opzichte van het veentje lager (Von Asmuth e.a. 2010), zodat vanuit deze zijde van het bos het water niet richting het veentje stroomt.

Uitspoeling van nitraat uit bossen leidt dus tot veel negatieve veranderingen in de grondwaterkwaliteit (hogere nitraat- en sulfaatconcentraties en een lagere CO_2-concentratie), welke grote effecten kunnen hebben op de ontwikkeling van de nabijgelegen veentjes. Daarbij komt nog het verdrogende effect van de (aangeplante) bossen, omdat naaldbomen tot wel 40% van het neerslagwater kunnen wegvangen (dit verdampt in de boomkroon). Lokale grondwaterstromen kunnen hierdoor geheel of gedeeltelijk opdrogen en leiden tot ernstige verdroging van de veentjes. De onderzochte veentjes in het Dwingelerveld worden gekarakteriseerd door relatief stabiele waterstanden (zie deelrapport 2), waardoor de effecten van het bos op de hydrologie van de veentjes gering lijken te zijn. In het Dwingelerveld zijn echter ook veel minder goed ontwikkelde, verdroogde veentjes gelegen (Verschoor e.a. 2003). De goed ontwikkelde veentjes (waaronder het Barkmansveen en Poort 2) blijken allen te liggen in geulen die in de keileem zijn uitgesleten. Vooral de veentjes die stroomafwaarts van het hoogste waterniveau in de geul liggen zijn goed ontwikkeld door de toe- of doorstroming van freatisch water door deze veentjes, waardoor de waterstanden stabieler zijn en er toevoer kan plaatsvinden van koolzuurrijk grondwater (Verschoor e.a. 2003; Patberg e.a. submitted).

Boswachterij Gieten (Gasselterveld)

Het hydrologische onderzoek in boswachterij Gieten heeft zich gericht op veentje 1. Dit diepe veentje is hoogstwaarschijnlijk ontstaan in een pingoruïne. Het veentje hangt met zijn onderkant permanent en diep in het grondwater van het omringende systeem. Van de onderzochte veentjes is de pingoruïne de enige onderzoekslocatie waar de omstandigheden niet optimaal zijn voor veenontwikkeling. De pingoruïne is sterk verdroogd en wordt gedomineerd door hoge horsten van Pijpenstrootje. Mogelijke oorzaken voor de verdroging van het veentje zijn: 1) de aanwezigheid van een diepe zandwinput stroomopwaarts van het veentje, 2) de dichte bebossing in de omgeving en 3) de aanwezigheid van diepe ontwateringsloten, zowel in het bos als in de omliggende graslanden. De waterpeildynamiek van dit veentje is het grootste en het verschil tussen de maximale en minimale gemeten stand is bijna drie keer zo groot als bij het meest stabiele veentje Poort 2 (Von Asmuth e.a. 2010).

Uit het hydrologische onderzoek blijkt dat de huidige bergingscoëfficiënt van het veentje een probleem vormt en dat dit veroorzaakt wordt doordat het waterpeil verlaagd is tot in het zwartveen na de ontwateringspoging (het graven van greppels dwars over en naast het veentje). De aldus verkleinde bergingscoëfficiënt zorgt ervoor dat het waterpeil in de zomer te ver wegzakt (Von Asmuth e.a. 2010).

Voor het hydrochemische onderzoek zijn vier peilbuizen bemonsterd in veentje 1, maar ook één peilbuis in veentje 3 (Figuur 2). Het grondwater is zuur met een gemiddelde pH van 4,2 en een alkaliniteit van 100 µmol per liter in veen 1 en een pH van 3,7 (geen alkaliniteit) in veen 3 (Tabel 3). Het grondwater bevat in vergelijking met het Dwingelerveld minder CO_2 (1000-1300 µmol l^{-1}) en meer fosfaat (rond 1 µmol l^{-1}). Het grondwater is verder arm aan ijzer, calcium en magnesium. In veentje 1 staan 3 peilbuizen (GT Pb 1 t/m 3) met het filter op verschillende diepten. De twee bovenste filters staan in het zwartveen en het onderste filter waarschijnlijk in de gyttja (Von Asmuth e.a. 2010). Het grondwater in de ondiepste buis (GT Pb 3) is het zuurst (pH 3,7 en geen alkaliniteit) en met een toenemende diepte neemt de buffering van het grondwater licht toe en neemt ook de CO_2-concentratie toe.

Groene Plas (Haaksbergerveen)
In het Haaksbergerveen heeft het hydrologische onderzoek zich gericht op de Groene Plas (zie Figuur 3). In de Groene Plas is een overstoven veenlaag aanwezig, die daar de veenbasis vormt. Deze veenlaag is doorlatender dan de veenbasis in de andere veentjes, en isoleert de Groene Plas dus minder (Von Asmuth e.a. 2010). De Groene plas verschilt van alle andere onderzochte veentjes, doordat het omringende grondwaterpeil permanent hoger ligt. Uit het hydrologische onderzoek blijkt dat kwel of zijdelingse aanvoer van water het grondwaterpeil in het veentje stabiliseert, zonder dat er sprake is van een grote weerstand.

Het grondwater in en rondom de Groene plas is zwak zuur met een gemiddelde pH van 4,9 en een alkaliniteit van 345 µeq per liter (Tabel 3). Het grondwater bevat gemiddeld 1180 µmol CO_2 per liter en de hoogste concentraties zijn aanwezig ter hoogte van peilbuis HBV Pb 5. Het grondwater is in vergelijking tot de andere gebieden wat meer gebufferd, het grondwater ter hoogte van het veentje (HBV Pb 1 t/m 4) heeft een gemiddelde alkaliniteit van bijna 500 µequiv. per liter. Het grondwater is verder arm aan nutriënten en mineralen.

Ronde Vlaas
De Ronde Vlaas is vermoedelijk een pingoruïne in de bovenloop van een door omkering van het reliëf dichtgestoven oud stromingsstelsel. Rondom het veentje de Ronde Vlaas is leem aangetroffen in de vorm van lössleembandjes en leem van fluviatiele oorsprong (afgezet door stromend water). Het veentje wordt tot bijna aan de rand omgeven door dicht naaldbos. De grondwaterstanden zijn, na Poort 2, het meest stabiel van de onderzochte veentjes (Von Asmuth e.a. 2010). Waarschijnlijk reikt het grondwater periodiek tot in de veenbasis, maar dit kan op basis van het hydrologische onderzoek niet met zekerheid bepaald worden. Het mesotrofe karakter van het veentje indiceert ook dat het nog steeds met zijn buik in het grondwater hangt.

Om de grondwaterkwaliteit in kaart te brengen zijn 6 peilbuizen bemonsterd in en rondom de Ronde Vlaas (Figuur 4). Het grondwater is zuur met een gemiddelde pH van 4,7 (waarbij het grondwater ter hoogte van peilbuis RV Pb 4 het zuurste (pH 3,9) is). Het grondwater heeft een gemiddelde alkaliniteit van 200 µeq per liter en bevat gemiddeld 1200 µmol CO_2 per liter (Tabel 3). Het grondwater bevat dus veel minder CO_2 dan het veenwater dat bemonsterd is met de ceramische cups (gemiddeld 3850 µmol l^{-1}; Tabel 15 in de bijlage). Op de meeste locaties is het grondwater voedselarm en bevat het weinig mineralen als calcium en magnesium. Het grondwater ter hoogte van peilbuis RV Pb 4 bevat relatief veel nitraat (120 µmol NO_3 l^{-1}). Net als peilbuis

BMV 7 (Dwingelerveld) is deze buis gelegen in het bos, waar door de hoge invang van atmosferische depositie veel nitraat en sulfaat (475 µmol l^{-1}; Tabel 16) uitspoelt. Wanneer dit sulfaatrijke grondwater naar het veentje stroomt, kan dit leiden tot ongewenste effecten op het veentje, alhoewel de gemeten concentratie nog relatief laag is in vergelijking met de concentraties die elders in Noord-Brabant worden gemeten (ca. 2000 µmol S per liter of hoger). Ook op deze locatie bevat het grondwater veel lagere CO_2-concentraties in vergelijking tot het grondwater elders in of rondom de Ronde Vlaas. Het grondwater op locatie RV Pb 4 bevat ook veel aluminium, dit gaat in oplossing bij lage bodem pH's (aluminiumbuffering).

Indicaties voor invloed gebufferd grondwater?
Op basis van de analyses van de grondwaterkwaliteitsgegevens zijn er geen duidelijke aanwijzingen voor de toestroom van gebufferd grondwater. De alkaliniteit van het grondwater is relatief laag (80 – 340 µeq per liter). Voornamelijk in het Haaksbergerveen en in mindere mate in de Ronde Vlaas zijn, op basis van de veenwaterchemie, indicaties voor aanrijking met gebufferd water (toename van zowel de bicarbonaat als calcium+magnesium-concentratie en toename van de pH; Figuur 16). Locatie HBV 4 is de locatie waarbij de invloed van gebufferd grondwater het sterkste lijkt, maar deze locatie ligt ter hoogte van de Duitse grens en dit deel van het gebied is niet opgenomen in het hydrologische onderzoek (alleen Groene Plas). Van het Haaksbergerveen is bekend dat, doordat de Tertiaire keileem ondiep ligt, er lokaal aanrijking plaatsvindt met gebufferd grondwater. Op basis van de beschikbare grondwaterkwaliteitsgegevens zijn er geen sterke aanwijzingen voor de aanvoer van gebufferd grondwater in het vennetje de Ronde Vlaas.

De hoogste bicarbonaatconcentraties, gecombineerd met hogere calcium/magnesiumconcentraties, zijn gemeten in het grondwater in en rondom de Groene Plas en het Barkmansveen (Tabel 16 in de bijlage). Over het algemeen zijn de concentraties anorganisch koolstof (CO_2 + HCO_3) beduidend hoger in het veen dan in het grondwater (vergelijk de data in Tabel 3 met het diepe veenwater in Tabel 12 t/m Tabel 15 in de bijlage). Een aanzienlijk deel van het CO_2 wordt waarschijnlijk in het veen geproduceerd, zodat de externe aanvoer van minder groot belang is. In de initiële fase van hoogveenontwikkeling is de externe aanvoer van CO_2 wel van groot belang. Met name voor de groei van veenmossen in het open water kan aanvoer van CO_2 via afstromend grondwater van groot belang zijn (zie ook paragraaf 3.4.3). Op basis van het huidige onderzoek kan niet aangegeven worden vanaf welk stadium in de ontwikkeling externe aanvoer van CO_2 minder belangrijk wordt. Wel kan als vuistregel gehanteerd worden dat voor een goede veenontwikkeling de CO_2-concentratie minimaal 400 - 500 µmol/l moet zijn (Tomassen e.a. 2002). Onder optimale omstandigheden (o.a. hoge aanvoer van CO_2 en stabiele waterpeilen) zal de veenopbouw sneller verlopen, zodat sneller het stadium bereikt wordt waarbij het veentje minder afhankelijk wordt van de externe aanvoer van CO_2.

Wat wel heel duidelijk naar voren komt, zijn de negatieve effecten van de aangeplante bossen in de omgeving van de veentjes (in ieder geval aangetoond bij het Barkmansveen en Ronde Vlaas). Naast de kwantitatieve effecten op eventuele lokale freatische grondwaterstromingen, leidt de aanwezigheid van bossen tot veranderingen in de chemie van het grondwater zoals een toename van de nitraat- en zwavelconcentratie en een afname van de CO_2-concentratie. Het omvormen van deze bossen naar heide zal dan ook positieve effecten hebben op zowel de kwantitatieve als kwalitatieve

hydrologie van de veentjes (vooral ook bij de sterk verdroogde veentjes in Boswachterij Gieten).

3.4.6 Chemie veenmossen en (veen)bodem

Van de veenmossen en de (veen)bodem is op de onderzoekslocaties eenmalig de chemische samenstelling bepaald. De analysegegevens zijn opgenomen in Tabel 17 t/m
Tabel 20 in de bijlage.

Veenmossen
In Tabel 4 staat de gemiddelde chemische samenstelling van de capitula (kopjes) van de veenmossen gegeven per veenmossoort en per onderzoeksgebied. Het vochtpercentage van de veenmossen varieert van 92 tot 95 % waarbij de veenmossen uit de Ronde Vlaas (*S. fallax*) het minste water bevatten. De variatie in de totale koolstofconcentratie van de veenmossen is gering en ligt tussen 44 en 45 %. De variatie in de concentraties van de andere nutriënten is groter. Waterveenmos (*S. cuspidatum*) bevat de hoogste concentraties stikstof (1235 µmol per gram droge massa) en de andere drie veenmossoorten hebben een vergelijkbare stikstofconcentratie van 800-850 µmol per gram droge massa.

Wanneer de concentraties per onderzoeksgebied gemiddeld worden dan is de stikstofconcentratie in de veenmossen uit Gieten duidelijk hoger in vergelijking tot de andere gebieden (Tabel 4). De ammoniumconcentratie in de toplaag van het veen is echter niet veel hoger in vergelijking tot het Dwingelerveld en zelfs nog iets lager in vergelijking tot het Haaksbergerveen (Tabel 2). Het lijkt erop dat in Boswachterij Gieten een ander nutriënt limiterend is voor de groei waardoor het veenmos slechts langzaam groeit en de concentratie stikstof in het weefsel toeneemt. De concentratie van andere belangrijke nutriënten (vooral P en K) zijn echter ook duidelijk hoger in Gieten. Waarschijnlijk wordt de groei van de veenmossen in deze veentjes beperkt door een gebrek aan water. De veenmossen zijn verzameld tijdens een natte periode (maart 2009) waardoor het vochtpercentage van de veenmossen vergelijkbaar is met die van de andere gebieden. In de zomer zakken de waterstanden echter ver weg (zie deelrapport 2; Von Asmuth e.a. 2010) en zal de groei van het veenmos geremd worden, waardoor de nutriëntenconcentraties in de planten fors kunnen toenemen.

De fosforconcentratie in de kopjes van de veenmossen varieert sterk, waarbij de hoogste concentraties zijn gemeten in *S. cuspidatum* en de laagste concentraties in *S. magellanicum* (Tabel 4). De meeste *S. cuspidatum* monsters zijn afkomstig uit de veentjes in Gieten en de fosforconcentraties in dit gebied zijn dan ook de hoogste. De monsters van *S. magellanicum* zijn afkomstig uit het Dwingelerveld en het Haaksbergerveen en deze gebieden worden gekarakteriseerd door lagere fosforconcentraties. In Tabel 4 staat de N/P-ratio van de veenmossen gegeven en deze ratio geeft een indicatie of stikstof of fosfor de groei limiteert (Koerselman & Meuleman 1996), waarbij een N/P-ratio hoger dan 14 aangeeft dat fosfor de groei limiteert. Op enkele uitzonderingen na, wordt de groei van de veenmossen duidelijk gelimiteerd door fosfor (ten opzichte van de stikstofbeschikbaarheid). Tijdens het onderzoek van de eerste fase OBN-Hoogvenen is al duidelijk aangetoond dat de groei van veenmossen in Nederland wordt gelimiteerd door fosfor en dat de vaatplanten meestal gelimiteerd worden door stikstof (Limpens e.a. 2003).

Tabel 4. Chemische samenstelling van de veenmossen (de capitula) op de onderzoekslocaties in de vier hoogveengebieden. Weergegeven zijn de gemiddelde concentraties per veenmossoort en per gebied. Voor de volledige chemische data zie Tabel 17 in de bijlage.

	Vocht	**C**	**δ ^{13}C**	**N**	**P**	**N/P**	**K**	**Ca**	**Mg**	**Fe**
	%	*%*		*µmol/g*	*µmol/g*	*g/g*	*µmol/g*	*µmol/g*	*µmol/g*	*µmol/g*
S. cuspidatum (n = 9)	94,6	44,7	-26,2	1235	29,8	20	213,2	37,3	80,2	4,2
S. fallax (n = 9)	91,8	43,9	-27,2	857	14,0	28	114,7	24,4	30,2	37,0
S. magellanicum (n = 5)	94,3	44,9	-27,1	844	9,9	40	61,7	37,2	28,2	4,1
S. papillosum (n = 7)	94,8	44,5	-25,2	806	10,6	36	56,5	31,7	30,6	10,8
Dwingelerveld (n = 14)	93,6	44,2	-25,8	852	11,5	34	73,1	26,4	30,0	28,8
Gieten (n = 7)	94,2	44,8	-26,4	1324	31,0	20	231,5	38,9	91,4	4,0
Haaksbergerveen (n = 5)	95,1	44,8	-26,8	885	15,5	35	93,5	42,8	33,0	5,3
Ronde vlaas (n = 4)	92,1	44,3	-27,8	771	15,6	23	136,1	26,7	31,1	2,5

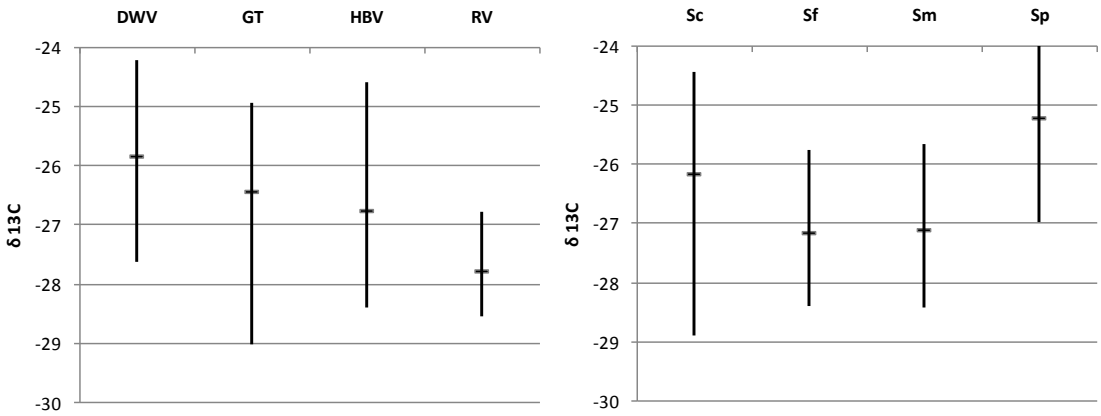
De concentratie kalium in de capitula van de veenmossen varieert sterk en de hoogste concentraties zijn gemeten in de veenmossen afkomstig uit Gieten en de Ronde Vlaas (Tabel 4). De kaliumconcentratie in het veenwater in de toplaag is in Gieten niet hoger in vergelijking tot de andere veengebieden (Tabel 2) en waarschijnlijk wordt de groei hier beperkt door water waardoor de beschikbare nutriënten niet gebruikt kunnen worden voor de groei en de concentraties in het weefsel toenemen. In de Ronde Vlaas zijn de kaliumconcentraties in het veenwater wel wat hoger (Tabel 2). De kaliumconcentraties in de slenksoorten *S. cuspidatum* en *S. fallax* zijn hoger dan de concentraties in de bultsoorten *S. magellanicum* en *S. papillosum* (Tabel 4). Deels wordt dit verklaard doordat de slenksoorten voornamelijk afkomstig zijn uit Gieten en de Ronde Vlaas, maar deze soorten bevatten ook in de andere gebieden vaak hogere concentraties in vergelijking tot de bultsoorten.

De variatie in de calciumconcentratie tussen de veenmossoorten en onderzoeksgebieden is klein met een gemiddelde concentratie van 25-40 µmol per gram droge massa (Tabel 4). De magnesiumconcentratie is sterk verhoogd in Gieten en dit komt overeen met de hogere magnesium-concentratie in het ondiepe veenwater (Tabel 2). De ijzerconcentratie is over het algemeen laag, maar op één locatie in het Dwingelerveld (BMV 3) zijn de concentraties duidelijk verhoogd (zowel in *S. fallax* als *S. papillosum*). Deze locatie BMV 3 is een slenk gelegen in het Barkmansveen en blijkbaar vindt hier enige aanrijking plaats met ijzer (of heeft hier in het verleden aanrijking met ijzer plaatsgevonden) omdat de concentraties ijzer in het veenwater hier ook wat verhoogd zijn (Tabel 12 in de bijlage). De ijzergehaltes in het veen kunnen dus zowel lokale grondwater toestroming indiceren als toestroming van meer regionaal grondwater.

Van het veenmosmateriaal is ook de samenstelling van de stabiele koolstofisotopen (δ^{13}C-waarde) bepaald (Tabel 4). Diverse milieu-omstandigheden hebben invloed op deze δ^{13}C-waarde van plantenweefsel. Planten hebben 'de voorkeur' voor het lichtere koolstofisotoop (^{12}C) en bouwen deze dan ook bij voorkeur in. Op het moment dat de beschikbaarheid van CO_2 schaarser wordt, worden planten minder selectief en neemt het aandeel van het zwaarder koolstofisotoop toe en wordt de δ^{13}C-waarde hoger (minder negatief). Bij lagere CO_2-concentraties in het veenwater verwacht je dus een hogere δ^{13}C-waarde, maar ook onder natte omstandigheden neemt de δ^{13}C-waarde toe omdat CO_2 in water veel langzamer diffundeert dan in lucht. De verwachting is dan ook dat slenksoorten, die over het algemeen natter groeien, een hogere δ^{13}C-waarde hebben dan bultsoorten. Indien de

CO_2-concentratie in het water heel hoog is zal de $\delta^{13}C$-waarde minder sterk toenemen dan wanneer het veenwater weinig CO_2 bevat.

In Figuur 20 staan de gemiddelde $\delta^{13}C$-waarden per onderzoeksgebied en per veenmossoort weergegeven samen met de 5^e en 95^e percentielen. De gemiddeld hoogste $\delta^{13}C$-waarden zijn gemeten in het Dwingelerveld en de laagste in de Ronde Vlaas. Een hogere $\delta^{13}C$-waarde betekent dat tijdens de fotosynthese het zwaardere koolstofisotoop minder gediscrimineerd is (meer ingebouwd) en dit treedt op wanneer de beschikbaarheid van CO_2 relatief laag is. De koolstofbeschikbaarheid voor veenmossen is in het Dwingelerveld dus het laagste en in de Ronde Vlaas het hoogste, met een intermediaire beschikbaarheid van CO_2 in de veentjes in Boswachterij Gieten en het Haaksbergerveen (Figuur 20). De beschikbaarheid van CO_2 is natuurlijk lager wanneer de concentratie CO_2 in het veenwater lager is, maar ook wanneer het veenmos onder nattere omstandigheden groeit (het veenmos is dan bedekt met een waterfilm die de diffusie van CO_2 beperkt). In de toplaag van het veen zijn inderdaad de CO_2-concentraties het laagste in het Dwingelerveld en het hoogste in de Ronde Vlaas (Tabel 2).

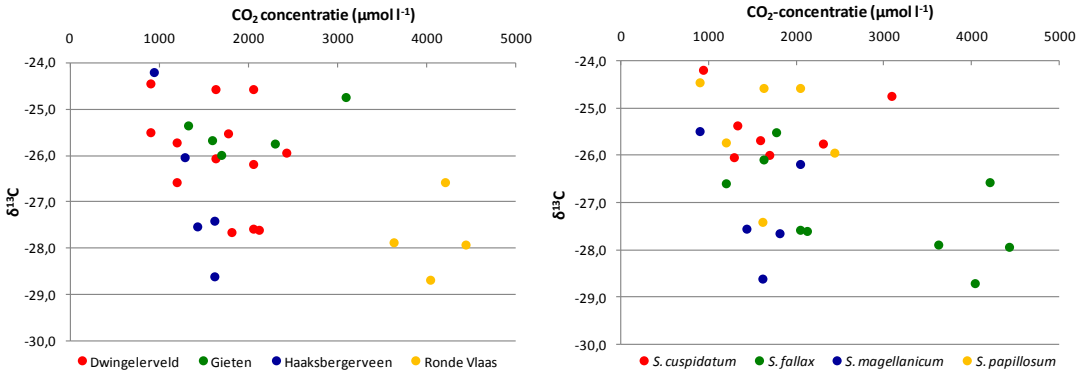


Figuur 20. De gemiddelde $\delta^{13}C$-waarde en de 5^e en 95^e percentielen (alleen de 5% hoogste en 5% laagste $\delta^{13}C$-waarden liggen niet binnen de aangegeven range) van de verschillende onderzoeksgebieden (links) en de verschillende veenmossoorten (rechts). Gebruikte codering: DWV = Dwingelerveld (n = 14), GT = Gieten (n = 7), HBV = Haaksbergerveen (n = 5), RV = Ronde Vlaas (n = 4), Sc = S. cuspidatum *(n = 9), Sf =* S. fallax *(n = 9), Sm =* S. magellanicum *(n = 9) en Sp =* S. papillosum *(n = 5).*

Zoals eerder aangegeven, hebben veenmossen die natter groeien een hogere $\delta^{13}C$-waarde dan veenmossen die droger groeien (zie ook o.a. Loisel e.a. 2009). In Figuur 20 staan de $\delta^{13}C$-waarden van de vier geanalyseerde veenmossoorten (twee slenksoorten en twee bultsoorten). De $\delta^{13}C$-waarden van de veenmossen vertonen een grote spreiding en een sterke overlap. Gemiddeld is de $\delta^{13}C$-waarde van *S. papillosum* wat hoger (minder negatief) in vergelijking tot de andere veenmossen, terwijl de verwachting was dat juist soorten als *S. cuspidatum* en *S. fallax* gekarakteriseerd zouden worden door een hogere $\delta^{13}C$-waarde. Vrijwel alle *S. papillosum* monsters zijn afkomstig uit het Dwingelerveld en de $\delta^{13}C$-waarde wordt blijkbaar sterker beïnvloed door de CO_2-concentratie in het veenwater dan door de vochttoestand van de groeiplaats.

In Figuur 21 staan de CO_2-concentratie in het veenwater en de $\delta^{13}C$ van het aanwezige veenmos tegen elkaar uitgezet. Ook uit deze figuur blijkt duidelijk dat de veenmossen in de Ronde Vlaas lagere (meer negatieve) $\delta^{13}C$-waarden

hebben. De concentratie CO_2 in de toplaag van het veen is hier zeer hoog (ca. 4000 µmol per liter) waardoor er een sterke discriminatie ten opzichte van het zware koolstofisotoop plaatsvindt en de $\delta^{13}C$-waarde afneemt. Tussen de andere 3 onderzoeksgebieden zijn de verschillen in CO_2-concentratie niet groot en is er ook geen duidelijk verband met de $\delta^{13}C$-waarden van de veenmossen.



Figuur 21. De CO_2-concentratie in het veenwater uit de toplaag van het veen uitgezet tegen de $\delta^{13}C$-waarden van het aanwezige veenmos per onderzoeksgebied (links) en per veenmossoort (rechts). In de figuur zijn alleen de $\delta^{13}C$-waarden van de veenmossen opgenomen waarvan ook data zijn van de CO_2-concentratie in de toplaag van het veen.

Uit Figuur 21 (rechts) blijkt dat alle opgenomen *S. cuspidatum* monsters een relatief hoge $\delta^{13}C$-waarde hebben. In deze figuur zijn niet de locaties opgenomen waarvan geen CO_2-concentraties in de toplaag van het veen beschikbaar zijn (zoals locatie 2 en 3 in Gieten waar het veenmos submers groeit). Blijkbaar heeft submers groeiend *S. cuspidatum* een veel lagere $\delta^{13}C$-waarde dan *S. cuspidatum* dat boven water (emers) groeit. Dit is niet goed te verklaren, omdat de beschikbaarheid van CO_2 onder water over het algemeen lager is (zeker gezien de relatief lage CO_2-concentraties op locaties GT 2 en 3; Tabel 13 in de bijlage). Wat hier waarschijnlijk een belangijke rol speelt is dat deze veenmossen sterk afhankelijk zijn van in het veen geproduceerd (benthisch) CO_2 (en ook methaan; Raghoebarsing e.a. 2005). Benthisch CO_2 heeft een andere isotopische samenstelling ($\delta^{13}C$ ca. -25‰) dan atmosferisch CO_2 ($\delta^{13}C$ = -7‰), omdat het al het proces van isotopische discriminatie heeft doorgemaakt ten tijde van de vorming van het veen. Veentje 1 betreft een pingoruïne welke in contact heeft gestaan met het grondwater. In het veenprofiel is hier een dikke laag slaapmossen, waaronder *Drepanocladus* en *Calliergon* soorten, aangetroffen welke wijzen op voeding met basenrijk grondwater (zie ook Landschapsanalyse, deelrapport 1A). Ten tijde van de veenvorming was de beschikbaarheid van CO_2 waarschijnlijk zeer hoog, waardoor het veen een lage $\delta^{13}C$-waarde heeft (zie Tabel 18 in de bijlage) en daarmee ook het CO_2 dat vrijkomt bij de mineralisatie van het veen en dus ook de huidige veenmossen die het geproduceerde benthische CO_2 weer gebruiken.

(Veen)bodem

In maart 2009 werd op iedere onderzoekslocatie het gehele veenprofiel en de onderliggende bodem bemonsterd en chemisch geanalyseerd. De belangrijkste data staan per gebied gemiddeld gegeven in Tabel 5. In deze tabel zijn de veenbodems vanaf 10-20 cm diepte (het levende veenmos is niet

meegenomen) en locaties per gebied gemiddeld en geven dus alleen een globaal beeld van de verschillen tussen de onderzoeksgebieden.

Tabel 5. Gemiddelde chemische samenstelling van de (veen)bodems (vanaf 10-20 cm diepte) op de onderzoekslocaties in de vier hoogveengebieden. Weergegeven zijn de gemiddelde diepte waarop de (veen)bodems verzameld zijn, het vochtpercentage, het massavolume, totale concentraties van een aantal belangrijke nutriënten en ionen, concentraties van enkele belangrijke water- en zoutextraheerbare ionen en de basenverzadiging. Voor de volledige chemische data zie Tabel 18 t/m Tabel 20 in de bijlage.

(Veen)bodem	Diepte	Vocht	MassaVolume	N	C	$\delta^{13}C$	totaal P	totaal K	C/N-ratio	C/P-ratio
	cm	*%*	*g DW l^{-1} FW*	*%*	*%*		*µmol g^{-1}*	*µmol g^{-1}*	*g g^{-1}*	*g g^{-1}*
Barkmanveen	42	76,2	278	0,56	19,96	-27,13	8,4	8,8	29	678
Poort 2	45	92,9	57	0,96	41,18	-25,91	8,0	8,0	47	1802
Gieten Veen 1	48	87,3	128	1,22	37,64	-27,03	16,9	26,9	33	880
Gieten Veen 3	23	94,7	45	1,35	43,35	-26,61	15,9	8,6	36	895
Haaksbergerveen	83	84,0	191	1,23	39,99	-27,08	10,3	6,7	34	1590
Groene plas	27	69,9	391	0,90	29,02	-27,68	10,8	9,4	30	826
Ronde Vlaas	52	87,2	138	1,20	34,00	-27,97	12,7	36,6	31	874

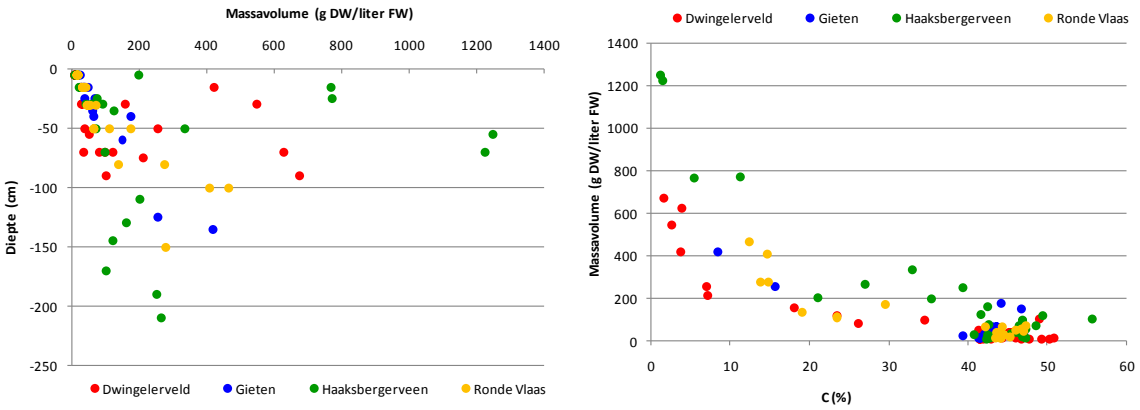
(Veen)bodem	Diepte	totaal Al	totaal Ca	totaal Fe	totaal Mg	totaal S	Water pH	Zout pH	Water NO_3	Water NH_4
	cm	*µmol g^{-1}*	*µmol g^{-1}*	*µmol g^{-1}*	*µmol g^{-1}*	*µmol g^{-1}*			*µmol g^{-1}*	*µmol g^{-1}*
Barkmanveen	42	117,3	19,0	60,5	14,8	94,9	3,82	3,82	0,11	1,0
Poort 2	45	47,2	31,7	15,4	27,3	91,0	4,14	3,37	0,64	2,8
Gieten Veen 1	48	113,9	54,8	25,2	52,3	99,2	3,72	3,68	0,15	7,8
Gieten Veen 3	23	36,0	47,4	14,7	46,6	110,1	3,55	3,53	0,37	2,1
Haaksbergerveen	83	103,5	122,3	70,7	29,9	155,5	4,42	3,89	1,16	6,2
Groene plas	27	200,7	46,0	80,3	13,5	117,6	4,30	3,89	0,22	1,5
Ronde Vlaas	52	51,2	45,6	20,0	19,4	103,0	4,36	3,73	1,05	2,1

(Veen)bodem	Diepte	Zout NH_4	Water PO_4	Water K	Zout K	Water Ca	Zout Ca	Water Mg	Zout Mg	Basenverzadiging
	cm	*µmol g^{-1}*	*µmol g^{-1}*	*µmol g^{-1}*	*µmol g^{-1}*	*µmol g^{-1}*	*µmol g^{-1}*	*µmol g^{-1}*	*µmol g^{-1}*	*%*
Barkmanveen	42	2,1	0,05	0,4	1,6	2,0	8,8	0,9	7,5	41
Poort 2	45	3,7	0,02	0,7	2,9	0,6	17,9	0,2	23,2	68
Gieten Veen 1	48	12,0	0,86	8,0	20,7	0,8	32,8	0,8	41,4	89
Gieten Veen 3	23	4,2	0,56	1,1	4,8	0,7	50,7	0,6	53,9	95
Haaksbergerveen	83	8,6	0,01	1,9	3,0	7,1	61,8	4,7	25,2	87
Groene plas	27	2,2	0,00	1,4	2,1	1,7	26,9	0,7	8,4	55
Ronde Vlaas	52	4,6	0,02	1,5	4,4	1,2	29,4	0,3	16,4	84

Het gemiddelde vochtpercentage van de veenbodem varieert van 70% in de Groene Plas (Haaksbergerveen) tot 95% in veentje 3 in de Boswachterij Gieten. Van de bodems is de soortelijke massa (gewicht per volume) bepaald omdat dit voor drijftillen een belangrijke veeneigenschap is. Uit het onderzoek uit de eerste fase OBN Hoogvenen (Tomassen e.a. 2002; 2004) blijkt dat drijvend veen een massavolume heeft lager dan 75 g DW l^{-1} FW. Op veel van de onderzoekslocaties is een drijftil aanwezig en op deze locaties is het massavolume inderdaad laag. Het veen uit de toplaag met een hogere massavolume (Figuur 22) betreft altijd vast veen (bijv. in de Groene Plas). Verder blijkt uit Figuur 22 dat het massavolume van het veen toeneemt in de diepte door de afbraak van organisch materiaal (het veen wordt compacter).

Vanwege praktische problemen is de organische stofconcentratie niet bepaald van de bodems. Het koolstofpercentage van de bodem geeft natuurlijk een zeer betrouwbare maat voor het percentage organisch stof (organisch stof bevat veel koolstof), maar ook het massavolume geeft een goed beeld. Organische bodems hebben een veel lagere massavolume dan minerale

bodems. Bodems met een hoog koolstofpercentage hebben inderdaad een lage soortelijke massa (Figuur 22).

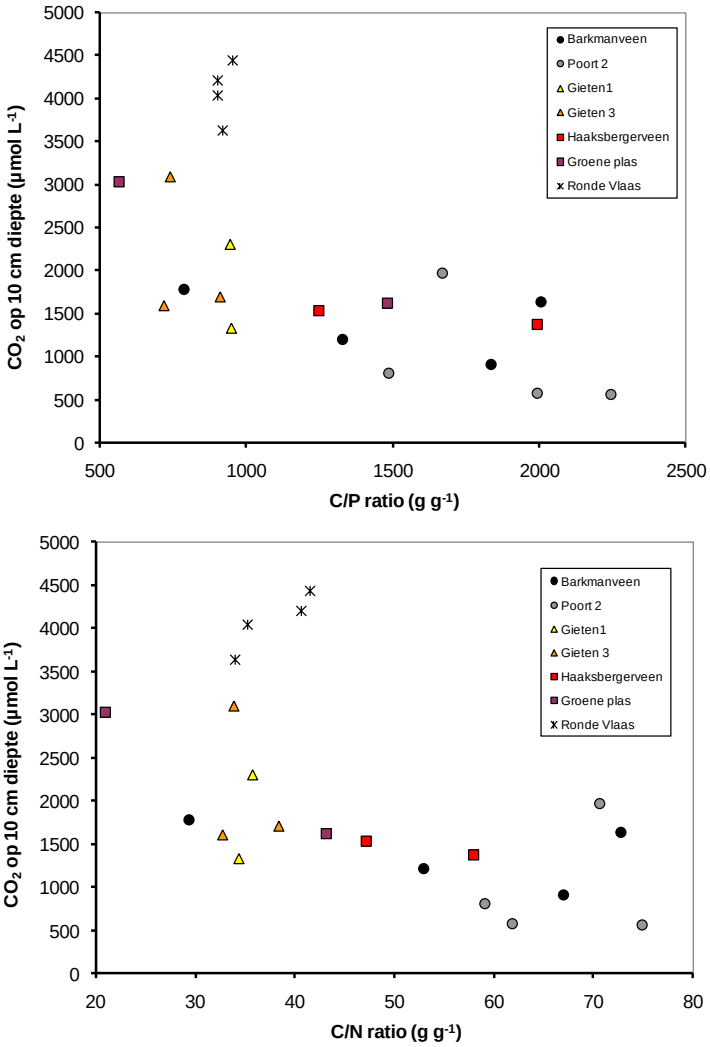


Figuur 22. Links: massavolume van het veen afkomstig uit de verschillende onderzoeksgebieden uitgezet tegen de diepte waarop het veen verzameld is. Rechts: correlatie tussen het massavolume en het koolstofpercentage van de (veen)bodem.

De (veen)bodems uit het Dwingelerveld hebben de laagste stikstof- en fosforconcentraties en de bodems uit Gieten de hoogste stikstof- en fosforconcentraties (Tabel 5). Het percentage koolstof varieert van 20% in het Barkmansveen (waar relatief veel minerale bodems zijn bemonsterd) tot ruim 43% in veen 3 in Gieten. De kaliumconcentraties zijn in veentje 1 in Gieten en de Ronde Vlaas duidelijk hoger in vergelijking tot de andere gebieden.

De C/P-ratio van het veen varieert sterk en is het hoogste in Poort 2 en het Haaksbergerveen (Tabel 5). De C/P-ratio correleert sterk met de potentiële CO_2-productie (Tomassen e.a. 2004) en in de veentjes met de laagste C/P-ratio zijn de hoogste CO_2-concentraties in het veenwater gemeten (Tabel 2). In Figuur 23 is de C/P-ratio van het gehele veenpakket (de meer minerale bodems zijn hierbij dus niet meegenomen) uitgezet tegen de CO_2-concentratie in het veenwater op 10 cm diepte. Uit deze figuur blijkt duidelijk dat bij een toename van de C/P-ratio van het veen de concentratie CO_2 afneemt. Een vergelijkbare correlatie is aanwezig tussen de C/N-ratio en de CO_2-concentratie in het veenwater (Figuur 23). Er bestaat dus een duidelijk verband tussen de chemische samenstelling van het veen en de CO_2-concentraties in het veenwater. Het lijkt erop dat de interne generatie van CO_2 een belangrijke bijdrage levert aan de totale CO_2-beschikbaarheid in het veen. Het feit dat er in het huidige onderzoek geen duidelijke indicaties zijn gevonden voor aanrijking van het veen met CO_2 via de aanvoer van grondwater, versterkt het belang van interne CO_2-generatie. Hierbij moet nogmaals de kanttekening geplaatst worden dat voor de groei van veenmossen in het open water de aanvoer van CO_2 rijk grondwater wel van belang kan zijn. Verder zijn een aantal van de veentjes in het huidige onderzoek ook niet allemaal goed ontwikkeld. De veentjes in het Gasselterveld kennen grote fluctuaties in de grondwaterstand en de verwachting is dat bij een toename van de toestroom van (lokaal) grondwater, bijvoorbeeld door het kappen van bos, de grondwaterstanden stijgen en veenontwikkeling mogelijk weer op gang kan komen.
Het veenwater in de Ronde Vlaas bevat meer CO_2 dan verwacht op basis van de C/P- en C/N-ratio (Figuur 23; vergelijk met veen uit de andere veentjes met een vergelijkbare C/P- en C/N-ratio). Mogelijk zijn in de Ronde Vlaas andere veeneigenschappen gunstiger waardoor er extra veel CO_2

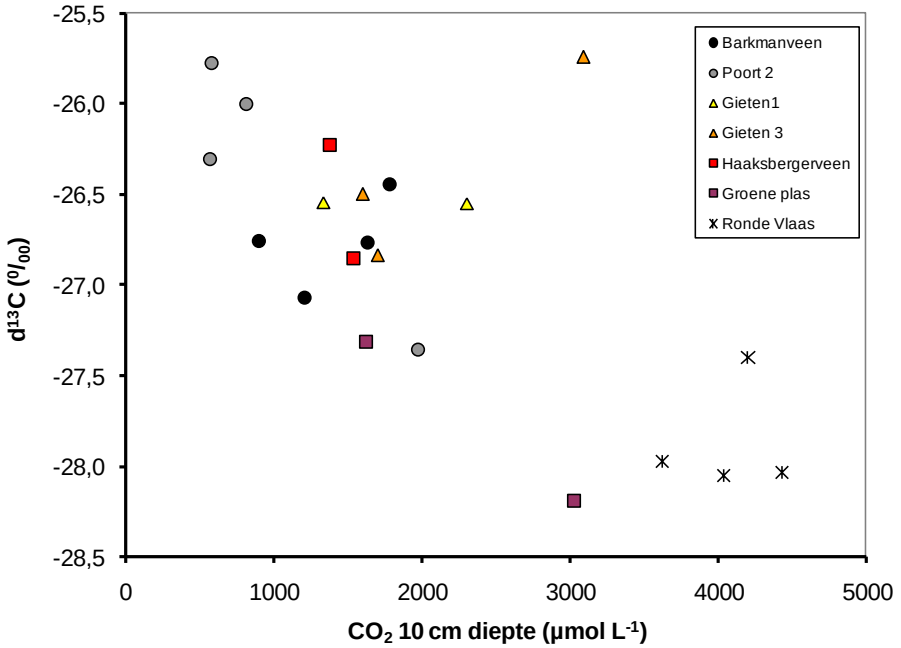
geproduceerd kan worden of dat er toch een externe CO_2-bron (grondwater?) aanwezig is. In ieder geval is de gemiddelde pH van het poriewater hoger in de Ronde Vlaas dan in de Veentjes van Gieten. Het is bekend dat zowel de aerobe als de anaerobe afbraak van organisch materiaal beter verloopt naarmate de pH hoger is (Tomassen e.a. 2004).



Figuur 23. Verband tussen de CO_2-concentratie op 10 cm diepte in het veen en de C/P- en C/N-ratio van het veen (gemiddelde van de gehele organische toplaag) op de betreffende locatie.

Van de (veen)bodems is ook de samenstelling van de stabiele koolstofisotopen bepaald. De $\delta^{13}C$-waarde van de veenbodems varieert van -26,2 tot -27,9‰ (Tabel 5). Evenals bij de veenmossen is de $\delta^{13}C$-waarde van het veen in de Ronde Vlaas het laagste, wat erop duidt dat het veen gevormd is onder een hoge CO_2-beschikbaarheid (sterke discriminatie ten opzichte van het zwaardere isotoop). Ook de relatief lage $\delta^{13}C$-waarden van het veen in de Groene Plas en veentje 1 in Gieten duiden op een hoge beschikbaarheid van CO_2 ten tijde van de vorming van het veen. In Figuur 24 staat voor de verschillende locaties de $\delta^{13}C$-waarde (alleen van de organische toplaag) uitgezet tegen de CO_2-concentratie op 10 cm diepte in het veen. Op locaties met een hoge CO_2-concentratie in het veenwater, heeft het veen een lage $\delta^{13}C$-waarde. Aangezien de $\delta^{13}C$-waarde van de gehele organische toplaag weergegeven is, lijkt het erop dat ten tijde van de vorming van het veen de CO_2-beschikbaarheid vergelijkbaar is geweest (anders zou er geen duidelijk

verband aanwezig zijn). Met andere woorden, de CO_2-concentraties die nu zijn gemeten, zijn zeer waarschijnlijk al decennia lang in dezelfde orde van grootte. Over de herkomst van het CO_2, bijvoorbeeld via toestroom van grondwater of interne productie in het veen, kan op basis van deze gegevens geen uitspraken gedaan worden.



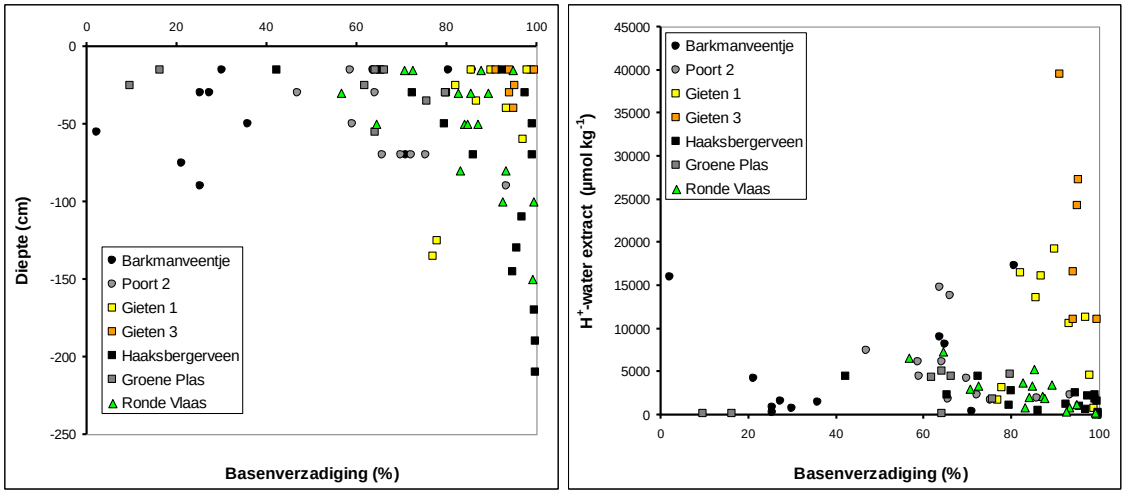
Figuur 24. Verband tussen de CO_2-concentratie op 10 cm diepte in het veen en de $\delta^{13}C$ van het veen (gemiddelde van de gehele organische toplaag) op de betreffende locatie.

Van de (veen)bodems zijn de pH_{water}, pH_{zout} en de concentraties water- en zout uitwisselbare ionen bepaald (Tabel 5). De bodems met de laagste pH zijn afkomstig uit het Dwingelerveld en met de hoogste pH uit het Haaksbergerveen (Tabel 5). Opvallend is dat in de veentjes in Gieten (vooral veentje 1) veel nutriënten en andere ionen vrij aanwezig zijn (waterextract): ammonium, fosfaat, kalium, natrium en chloride. Aan het bodemadsorptie-complex (zoutextract) van het veen uit Gieten zitten zeer grote hoeveelheden ammonium, calcium, magnesium en kalium gebonden. Op basis van de concentraties water- en zout-uitwisselbare ionen kan de basenverzadiging van de bodem berekend worden. De basenverzadiging geeft aan welk deel van het bodemadsorptiecomplex bezet is met basische kationen (calcium, magnesium en kalium).

In Figuur 25 staat de basenverzadiging van de (veen)bodems uitgezet tegen de diepte waarop het materiaal is verzameld. Uit Figuur 25 blijkt de spreiding in basenverzadiging hoog te zijn en dat de bodems met een hoge basenverzadiging voornamelijk afkomstig zijn uit de veentjes in Gieten, het Haaksbergerveen en de Ronde Vlaas. Alle diepere bodems (> 1 m diepte) hebben een hoge basenverzadiging. Het veen uit het Dwingelerveld en Haaksbergerveen heeft een zeer uiteenlopende basenverzadiging. Het diepe veen uit het Haaksbergerveen heeft een zeer hoge basenverzadiging doordat de kalkrijke keileem in het gebied zeer oppervlakkig (ca. 3-4 meter onder maaiveld) ligt en daarmee een sterke invloed heeft dieper in het veen. Het veen in de toplaag heeft een basenverzadiging variërend van 20-100% (Figuur 25). De 'echte' veenbodems (C > 40%) hebben een basenverzadiging

van minimaal 40%, zodat de bodems met een echt lage basenverzadiging meer mineraal van samenstelling zijn.

De veentjes in Gieten, vooral veentje 3, hebben ondanks de hoge basenverzadiging een hoge concentratie protonen (H^+) in het waterextract (Figuur 25). Het geanalyseerde veen bestaat uit relatief jong, intact veenmosveen (met een lage soortelijke massa; Tabel 5). Levende veenmossen binden kationen en scheiden zuur uit, waardoor aan intacte veenmossen dan ook maar weinig zuur (H^+) zal binden. Dit zuur blijft dan in oplossing in het porievocht. Wanneer er veel tweewaardige kationen (zoals calcium en magnesium) beschikbaar zijn binden deze goed aan dit veenmosveen en treedt er een sterkere verzuring op. Het gebrek aan opbouw van bufferend vermogen dieper in het veen vanwege de verdroging speelt hierbij waarschijnlijk ook een belangrijke rol. De vraag is nu waar de hoge concentraties gebonden (zout-extraheerbaar) calcium, maar vooral magnesium (Tabel 5), in de veentjes in Gieten vandaan komt. Een verklaring hiervoor kan zijn dat het veen in veentje 1, maar waarschijnlijk dus ook in veentje 3, gevormd is tijdens de aanvoer van basenrijk grondwater (zie ook box 2).

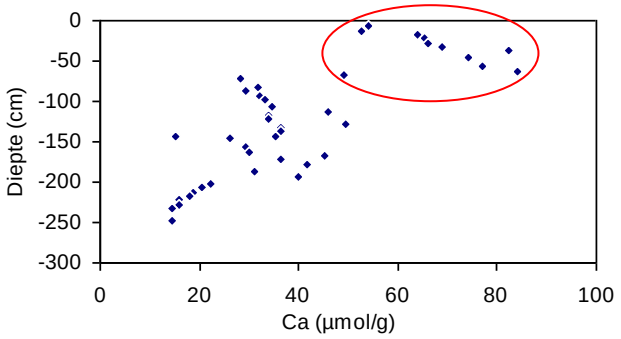


Figuur 25. De basenverzadiging van de (veen)bodems (vanaf 10-20 cm diepte) afkomstig uit de verschillende onderzoeksgebieden uitgezet tegen (links) de diepte waarop het veen verzameld is en (rechts) de concentratie protonen in het waterextract (uitgedrukt per kg droge bodem).

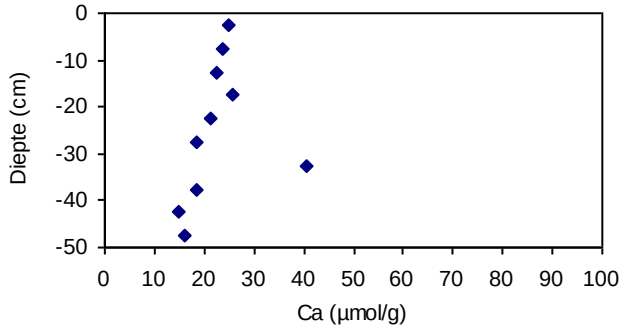
Box 2. Analyse veenontwikkeling m.b.v. totaal calciumanalyses van het veenprofiel

Om nader te onderzoeken wanneer de omslag van grondwatergevoed laagveen naar regenwatergevoed hoogveen in Veentje 1 in het Gasselterveld heeft plaatsgevonden, werd een veenprofiel gestoken en geanalyseerd op totaalgehaltes van mineralen. Als referenties werden tevens veenprofielen genomen uit het recent dichtgegroeide Barkmansveen.

Het calciumgehalte in het veenprofiel van Veentje 1 (een pingo) is bovenin het profiel veel hoger dan onderin (Figuur B), en ook veel hoger dan in het veenprofiel van het Barkmansveen (Figuur C). De lage waarden beneden 2 meter –mv in de pingo in het Gasselterveld hangen samen met lage percentages organische stof (minerale meerafzetting) onderin. De zeer hoge waarden binnen de rode cirkel hangt zeer waarschijnlijk samen met vervuiling door meststoffen (thomasslakkenmeel) of bouwafval. De Universiteit van Sczcecin heeft enige procenten $CaCO_3$ geanalyseerd in het profiel. Natuurlijke kalkafzetting in deze pingo is niet waarschijnlijk.



Figuur B. Calciumgehaltes in een veenprofiel van Veentje 1 (pingo) in het Gasselterveld.



Figuur C. Calciumgehaltes in een veenprofiel van het Barkmansveen.

Deze resultaten leiden tot de conclusie dat in vergelijking met het recent gevormde veen in het Barkmansveen, het slaapmosveen in de pingo in het Gasselterveld rijker is aan calcium. Dat het veen in de pingo eeuwenlang in contact heeft gestaan met het omliggende basenrijke grondwater is evident. Het is wel waarschijnlijk dat dit grondwater hetzelfde is als het grondwater van het Drentse Aa systeem, maar dat is op grond van de calciumwaarden in het veen niet zeker. Het kan ook sterk bijgemengd zijn geweest met lokaal grondwater vanuit het omliggende landschap.

De basenverzadiging van de bodem is belangrijk voor het voorkomen van vaak zeldzame doelsoorten (zowel flora als fauna). Dit geldt niet alleen voor gebufferde systemen, maar zeer waarschijnlijk ook voor de meer zure systemen zoals hoogvenen. Basische kationen (zoals magnesium, kalium en calcium) zijn belangrijke (micro)nutriënten voor planten en dieren. Als gevolg van verzuring, verdroging en/of stikstofdepositie kunnen deze mineralen uitspoelen (afname basenverzadiging) en kunnen veranderingen optreden in de chemische samenstelling van planten, welke consequenties hebben voor plantenetende dieren en vervolgens hun predatoren (zie ook deelrapportage 4).

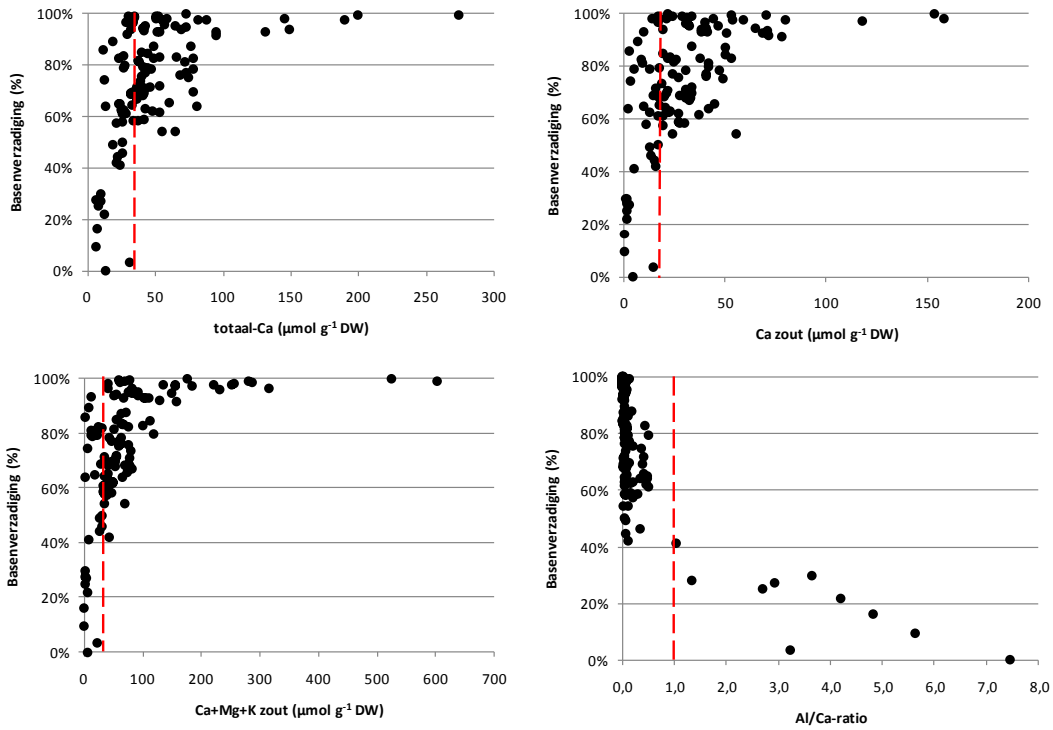
Op basis van deze resultaten kan geconcludeerd worden dat de basenverzadiging in de toplaag (10-20 cm) van het veen op een groot deel van de onderzochte locaties goed op peil is (Figuur 25). De toplaag van het veen heeft op enkele locaties in het Barkmansveen en de Groene plas een lage basenverzadiging (<40 %). In de Groene plas betreft het een locatie zonder veenmosontwikkeling (HBV 5), maar in het Barkmansveen betreft het een goed ontwikkelde locatie (BMV 3). De locaties in Gieten worden gekarakteriseerd door een zeer hoge basenverzadiging, maar de veenmos-ontwikkeling verloopt als gevolg van de sterk fluctuerende waterstanden slecht. Dit veentje heeft zich gevormd in een pingoruïne en is niet te vergelijken met ondiepe veentjes die zich onder minder gebufferde omstandigheden hebben ontwikkeld, waardoor het veen waarschijnlijk een lagere basenverzadiging heeft.

De vraag blijft in hoeverre de basenverzadiging van het veen een rol speelt bij de ontwikkeling van de vegetatie op locaties met een goede hydrologische situatie. Binnen het huidige onderzoek zijn voornamelijk locaties geselecteerd waar veenmossen voorkomen en die daarmee gekarakteriseerd worden door relatief stabiele waterstanden. Het betreffen vaak locaties met een actieve veenvorming (veelal drijftillen). Op sterk verdroogde locaties waar geen veenmosvegetatie meer aanwezig is, kunnen door verdroging en de daarmee gepaard gaande verzuring wel veel mineralen uitgespoeld zijn. Aanwijzingen hiervoor zijn gevonden op locatie HBV 5 in de Groene plas, waar geen veenmosvegetatie aanwezig is en het waterpeil vrij ver uitzakt (peilbuis H1 in Von Asmuth e.a. 2010). De basenverzadiging op 10-20 cm diepte is hier slechts 16% (Tabel 20).

Op basis van het huidige onderzoek zijn er geen aanwijzingen dat de basen-verzadiging een belangrijke rol speelt voor de aan zure omstandigheden aangepaste hoogveenvegetatie. Dit wil niet zeggen dat er voor herbivoren (zoals het Veenhooibeestje, Veenbesparelmoervlinder en Veenbesblauwtje) mogelijk wel problemen kunnen ontstaan. De stikstofconcentratie is op de meeste locaties in Nederland hoog (P limiteert hier de groei van veenmossen), waardoor de waardplanten zowel absoluut als relatief veel stikstof bevatten. Voor herbivoren kan hierdoor mogelijk tekort aan mineralen ontstaan (zie deelrapport 4).

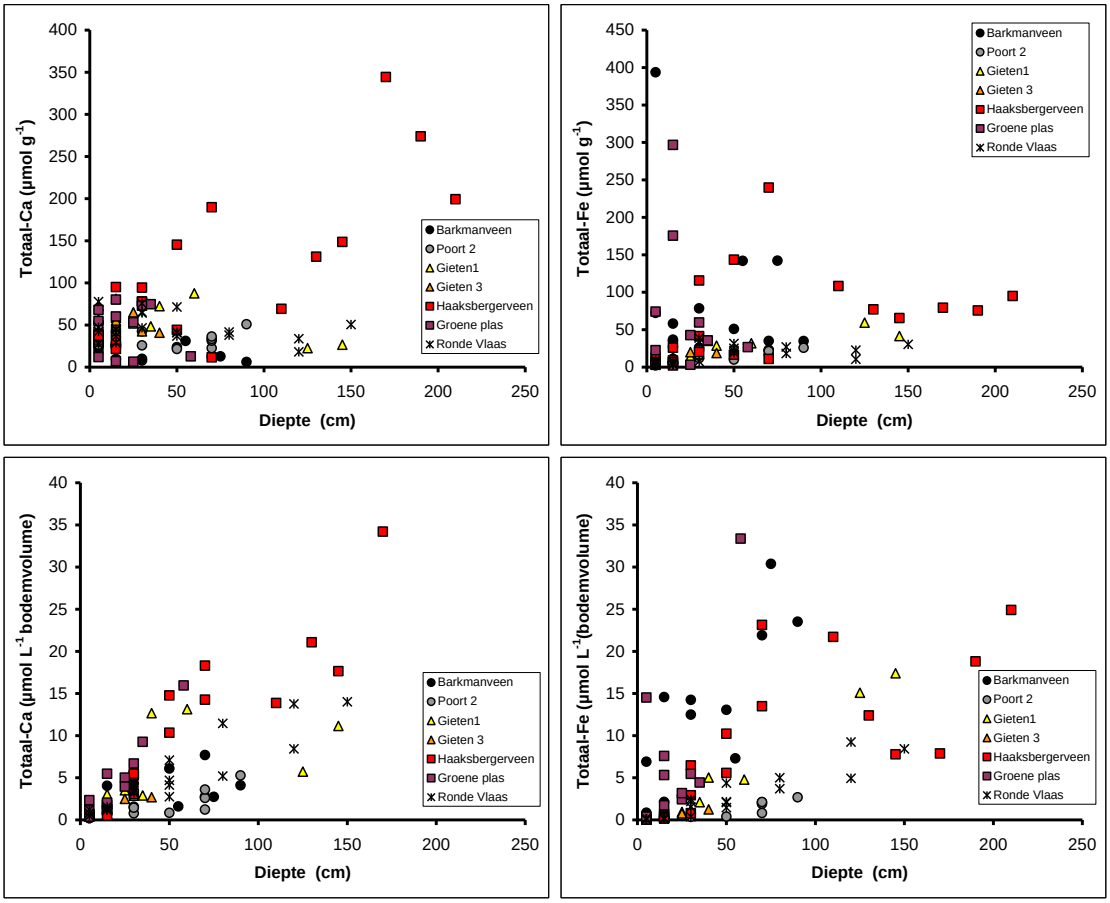
De basenverzadiging is een lastige analyse, omdat hiervoor twee verschillende bodemextracten uitgevoerd moeten worden. De vraag is of er een eenvoudige analyse van een bodemvariabele is, welke goed correleert met de basenverzadiging van de bodem. De pH_{H2O} en pH_{NaCl} van de bodem, maar ook het verschil tussen deze pH's (pH_{H2O} - pH_{NaCl}), blijken geen goede variabelen te zijn. Bij een pH van bijvoorbeeld 3,3 kan de basenverzadiging toch zeer hoog zijn (bijna 100%). Dit is eerder ook al gevonden voor sterk verdroogd, zuur veen in Clara bog (Ierland; Tomassen e.a. 2002).

De totale concentratie calcium in de bodem, de calciumconcentratie in het zoutextract en de totale concentratie basische kationen (Ca+Mg+K) blijken goed te correleren met de basenverzadiging (Figuur 26). Bij een totaal-Ca concentratie > 35 µmol per gram droge massa is de basenverzadiging altijd hoger dan 40%. Ditzelfde geldt voor een Ca_{zout}-concentratie > 20 µmol per gram droge massa en een $Ca+Mg+K_{zout}$-concentratie > 20 µmol per gram droge massa. Nadeel is echter dat beneden deze grenswaarde de basen-verzadiging ook hoger dan 40% kan zijn en dat kan niet op basis van deze drie bodemvariabelen bepaald worden. Voor zandbodems blijkt de Al/Ca-ratio (> 1) van het zoutextract ook een goede indicatie te geven van de basentoestand van de bodem. Aluminium is een indicator voor verzuring en calcium voor buffering en de ratio hiervan geeft dus een duidelijk beeld van de basentoestand van de bodem. Voor de onderzochte (veen)bodems geldt dit ook aangezien alle bodems met een lagere basenverzadiging een Al/Ca-ratio hebben hoger dan 1 (Figuur 26). Bij een Al/Ca-ratio in het zoutextract groter dan 1 is de basenverzadiging laag en is deze lager dan 1, dan is de basen-verzadiging altijd > 40%. De Al/Ca-ratio is nog wel een relatief bewerkelijke methode in vergelijking tot bijvoorbeeld de pH, maar wel een stuk minder bewerkelijk dan het bepalen van de basenverzadiging.



Figuur 26. De basenverzadiging van de veenbodems uitgezet tegen de totale calciumconcentratie, de calciumconcentratie in het zoutextract, de calcium+magnesium+kalium-concentratie (basische kationen) en de Al/Ca-ratio in het zoutextract van de bodem.

De hoogste ijzerconcentraties in het veen werden gemeten in het Barkmansveen en het Haaksbergerveen (Figuur 27). Vermoedelijk is op deze locaties in het verleden ijzer aangevoerd via het grondwater (zie ook box 3). Ook de minerale bodem onder het veen is op deze locaties relatief rijk aan ijzer.



Figuur 27. De totale concentraties van calcium (links) en ijzer (rechts) in de bodem op verschillende diepten en voor de onderzoeksgebieden. Boven worden de concentratie per gram drooggewicht gegeven. Onder per liter bodemvolume.

In Figuur 27 staan de totale calcium- en ijzerconcentraties in de bodem voor de verschillende onderzoekslocaties uitgezet in de diepte (ten opzichte van maaiveld). Een aantal diepere bodems in het Haaksbergerveen hebben hoge totaal-Ca concentraties (> 100 µmol per gram droge massa). Het betreffen hier alle locaties uit het zuidoostelijke deel van het gebied (HBV 1, 2 en 4; Tabel 18 in de bijlage). Deze hoge calciumconcentraties duiden duidelijk op de invloed van gebufferd grondwater in het verleden. De bodems afkomstig van de andere locaties hebben allen een concentratie totaal-Ca < 100 µmol per gram droge massa.

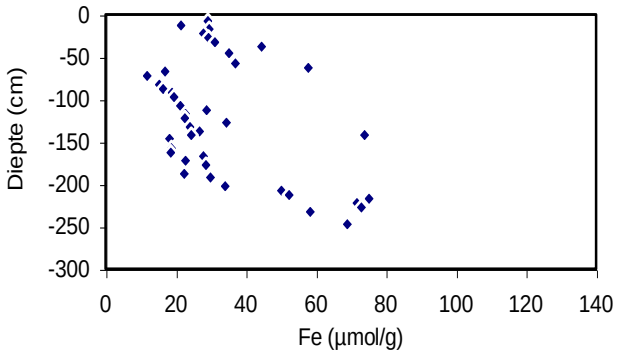
Op een aantal locaties (vooral duidelijk bij het Barkmansveen en de veentjes in Gieten) zijn de calciumconcentratie uitgedrukt op drooggewichtbasis het hoogste in de toplaag van het veen en neemt deze af in de diepte. Dit wordt veroorzaakt doordat dieper in het veen het organisch stofgehalte sterk afneemt. Veenmossen binden kationen en hiervoor scheiden ze zuur uit. Ze doen dus hun best om in een omgeving waar aanvoer van basen via grondwater doorgaans afwezig is om de kationen zoveel mogelijk te accumuleren in de toplaag. Dieper in het veen is de bodem mineraal en wordt er op drooggewichtbasis minder calcium gebonden, maar per liter bodemvolume bevat de bodem ook meer droge massa. Uitgedrukt per liter bodemvolume zien we een duidelijke afname van de calciumconcentratie in de diepte (Figuur 27 onderaan). De calciumconcentraties die gemeten zijn in veentje 1 en het Barkmansveen komen goed overeen met de concentraties gemeten voor de

landschapsecologische systeemanalyse om aan te kunnen tonen dat er vroeger beïnvloeding was door basenrijk en ijzerrijk regionaal grondwater in veentje 1 (pingo) in Gieten (zie deelrapport 1).

Box 3. Analyse veenontwikkeling m.b.v. totaal ijzeranalyses van het veenprofiel

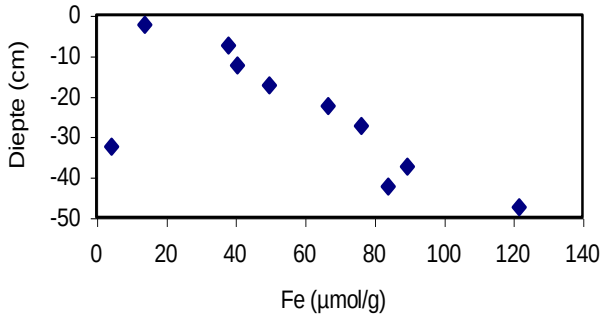
Om nader te onderzoeken wanneer de omslag van grondwatergevoed laagveen naar regenwatergevoed hoogveen in Veentje 1 in het Gasselterveld heeft plaatsgevonden, werd een veenprofiel gestoken en geanalyseerd op totaalgehaltes van mineralen. Als referenties werden tevens veenprofielen genomen uit het recent dichtgegroeide Barkmansveen.

De ijzergehaltes zijn onderin Veentje 1 veel hoger dan bovenin (Figuur D). Op 60 cm en op ongeveer 140 cm min maaiveld treffen we ook hoge waarden aan. Dit zijn sterk veraarde veenlaagjes, waar kennelijk in een verdrogingsfase grondwaterstanden sterk fluctueerden en waarbij ijzerhydroxiden zijn afgezet in het veen. In de laag tussen 30 en 35 cm is het ijzergehalte veel lager, hetgeen wijst op iets grotere toestroming van lokaal grondwater in het veen, waarbij de bodem gereduceerd bleef en er geen ijzer werd afgezet in het veen.



Figuur D. IJzergehaltes in een veenprofiel van Veentje 1 (pingo) in het Gasselterveld.

Tegen de verwachting in nemen de ijzergehaltes in het veen van het Barkmansveen (Figuur E) naar beneden sterk toe. Kennelijk is deze aanrijking van ijzer onderin het profiel een gevolg van toestroming van lokaal grondwater in het verleden dat ijzer heeft opgelost, nadat het de ijzerhoudende podsol-B-laag in de omliggende zandruggen heeft gepasseerd.



Figuur E. IJzergehaltes in een veenprofiel van het Barkmansveen.

3.4.7 Belangrijkste conclusies grondwaterinvloed

In het huidige onderzoek hebben we geprobeerd om met behulp van chemische analyses van het veenwater op verschillende diepten, de veenmossen, de (veen)bodem op verschillende diepten en het freatische grondwater, een antwoord te geven op de vraag waar het CO_2 vandaan komt dat zo essentieel is voor de groei van veenmossen. In een aantal onderzochte veentjes, zoals de Ronde Vlaas en de veentjes in Gieten, blijken de CO_2-concentraties in het veen zeer hoog te zijn. In de veentjes in het Dwingelerveld en het Haaksbergerveen zijn de concentraties wat lager, maar nog altijd hoog genoeg voor een goede veenmosontwikkeling. De CO_2-concentratie op de verschillende locaties blijkt te correleren met de C/P-ratio van het veen. Des te lager deze C/P-ratio is des te beter het veen afbreekt en des te meer CO_2 er in principe kan vrijkomen (Tomassen e.a. 2002). In het geval van de Ronde Vlaas lijkt ook de mate van buffering een rol te spelen. Aanvoer van CO_2-rijk grondwater kan voor de veenmosontwikkeling in open water wel degelijk een rol spelen. De relatie die wordt gevonden tussen de ontwikkeling van veentjes in Dwingelo en de CO_2-concentraties in het grondwater vormen hiervoor een aanwijzing. Met name voor de initiële fase van hoogveenontwikkeling in het open water is aanvoer van CO_2 via toestromend grondwater essentieel.

Analyse van het veenwater onder de veenbasis geeft geen duidelijke indicaties voor de invloed van gebufferd grondwater (toename bicarbonaat en calcium/magnesium). De sterkste indicaties zijn waargenomen in het Haaksbergerveen langs de Duitse grens, maar van deze locatie zijn geen grondwaterkwaliteitanalyses beschikbaar. Analyse van het freatische grondwater bevestigen dit beeld (het grondwater is relatief zuur en bevat weinig calcium en bicarbonaat). Uit analyse van het veen blijkt dat het veen een hoge basenverzadiging heeft en dat er lokaal (vooral in Gieten) zeer veel calcium en magnesium aan het veen gebonden is. Veentje 1 in Gieten is een pingoruïne welke in het verleden zeer waarschijnlijk gevoed werd door basenrijk grondwater. Ook veentje 3 in Gieten wordt gekenmerkt door een hoge basenverzadiging, maar dit veentje is zeker geen pingo (zie deelrapport 2).

Overigens bestaat er voor hoogvenen geen verband tussen de basenverzadiging van het veen en de zuurgraad van het bodemvocht. De mate waarin de pH van het veenvocht wordt gebufferd, wordt met name bepaald door de verhouding tussen oxidatieprocessen (droge condities) en activiteit van levende veenmossen enerzijds en reductieprocessen (natte condities) anderzijds (Figuur 18). Natte (anaerobe) condities leiden tot de opbouw van enige buffercapaciteit, droge condities tot relatieve verzuring. Daarnaast kan theoretisch ook aanrijking met kationen en bicarbonaat via het grondwater een rol spelen. In de onderzochte venen is hiervoor echter alleen een aanwijzing gevonden in het Haaksbergerveen.

3.4.8 Vergelijking veenwater 1998-2008

De bemonstering van het veenwater op verschillende diepten vond op exact dezelfde wijze plaats als tijdens het onderzoek van de eerste fase OBN-Hoogvenen (Tomassen e.a. 2002). Eén van de huidige onderzoekslocaties werd tijdens de eerste fase OBN-Hoogvenen ook al bemonsterd, locatie 4 in het Haaksbergerveen (Figuur 3 & Figuur 7). Op deze locatie, gelegen aan de Duitse grens, is een drijftil aanwezig die gedomineerd wordt door de bultvormende veenmossoort *Sphagnum magellanicum* (Hoogveenveenmos). Uit de metingen van 1998-1999 bleek duidelijk dat de veenbasis gebufferd is (hogere pH, bicarbonaat- en calciumconcentratie op 2 meter diepte; Tabel 6).

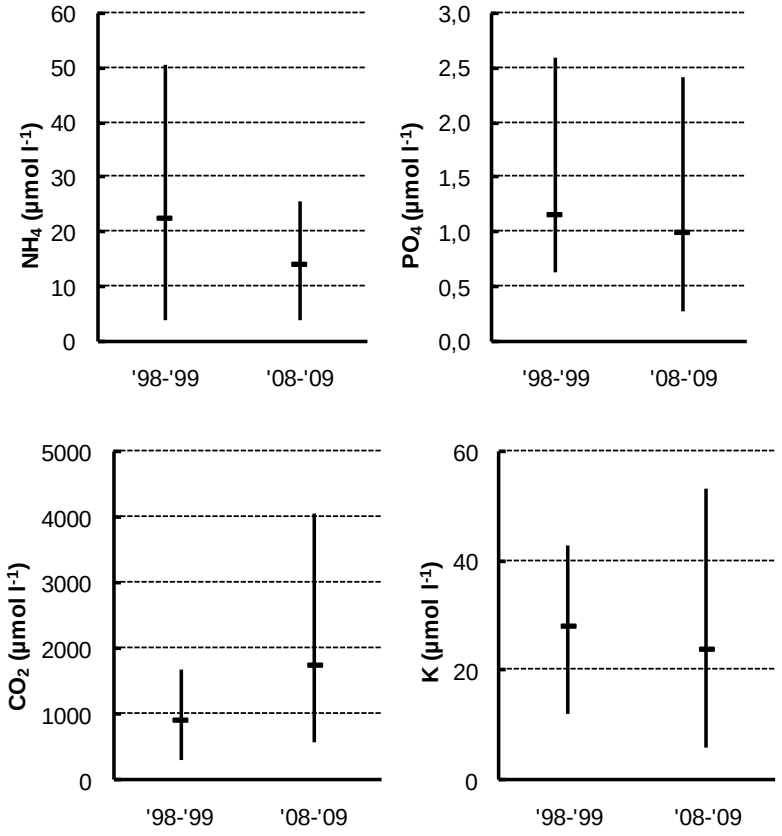
De metingen uit 2008-2009 komen goed overeen met de metingen uit 1999; de gradiënt van de toplaag naar de veenbasis (ca. 2,5 m diepte) is nog steeds aanwezig (Tabel 6).

Tabel 6. pH en de concentraties van de belangrijkste nutriënten en ionen in het veenvocht op verschillende diepten op locatie 4 in het Haaksbergerveen (voor ligging zie Figuur 3). In de tabel zijn gegevens opgenomen van 1998-1999 (uit het onderzoek 1e fase OBN-hoogvenen; Tomassen e.a. 2002) en uit 2008-2009. De concentraties zijn gegeven in µmol per liter.

Jaar	Diepte	pH	CO_2	HCO_3^-	NO_3	NH_4	PO_4	K	Ca	Fe	Mg	S	Si
1998-1999	10 cm	4,20	862	6	0,0	50,4	0,07	4,2	31,1	4,4	9,0	29,6	12,9
	50 cm	4,66	2288	43	1,2	49,9	0,40	8,5	51,2	9,6	21,4	38,8	37,8
	100 cm	4,70	1377	29	0,6	17,9	1,31	12,7	66,9	13,7	31,7	34,9	31,5
	200 cm	5,46	1718	206	4,7	80,3	1,78	33,8	208,5	27,1	36,1	29,2	58,9
2008-2009	10 cm	4,51	1434	179	2,0	24,0	5,75	15,3	65,0	1,6	9,9	20,9	19,7
	50 cm	4,57	2761	91	14,3	38,0	1,13	25,9	101,5	7,0	34,4	26,7	90,0
	100 cm	4,73	1298	160	3,4	86,9	1,71	20,9	63,1	14,4	30,4	23,6	66,0
	250 cm	5,54	1902	344	3,0	118,6	0,72	28,6	331,0	47,6	48,6	17,6	252,9

Verder is opvallend dat de ammoniumconcentratie in de toplaag van het veen sterk lijkt te zijn afgenomen. Deze afname van ammonium in de toplaag wordt niet alleen gevonden op deze locatie in het Haaksbergerveen, maar eigenlijk op alle locaties. In Figuur 28 staan de concentraties van de belangrijkste nutriënten in de toplaag van het veen in 1998/1999 (eerste fase OBN-Hoogvenen) en 2008-2009 gegeven. Uitgezonderd locatie 4 in het Haaksbergerveen werden eind jaren 90 op andere locaties en in andere veengebieden (o.a. Bargerveen, Korenburgerveen, Fochteloërveen; de gegevens van de Mariapeel (zeer nutriëntenrijk) zijn niet opgenomen) watermonsters verzameld. Met de interpretatie van de data moet dus rekening gehouden worden dat de data afkomstig zijn van verschillende gebieden, maar eventuele trends kunnen wel duidelijk worden.

Op basis van deze gegevens blijkt dat de ammoniumconcentraties in de toplaag van het veen de afgelopen 10 jaar afgenomen zijn. De gemiddelde ammoniumconcentraties zijn bijna gehalveerd (Figuur 28). Deze afname kan het gevolg zijn van een toename van de groei van veenmossen (door bijvoorbeeld verbeterde hydrologische condities) die veel stikstof kunnen vastleggen (Lamers e.a. 2000; Limpens e.a. 2003; Tomassen e.a. 2003), maar kan ook een weerspiegeling van de afgenomen stikstofdepositie zijn. In Nederland is de totale depositie van stikstof tussen 1984 en 2006 namelijk met 25% afgenomen (Boxman e.a. 2008). Een verlaging van de input van stikstof leidt snel (binnen 1 tot 2 jaar) tot een afname van de stikstof-concentratie in het veenmos en hiermee tot een herstel van de opname-capaciteit van stikstof door veenmos (Limpens & Heijmans 2008). Aangezien de afgelopen zomers (2004 t/m 2008) relatief nat zijn geweest, zal de afname van de concentratie ammonium in het veenwater waarschijnlijk een gevolg zijn van zowel gunstige hydrologische condities als de afgenomen stikstof-depositie. Onder optimale omstandigheden kunnen veenmossen veel stikstof vastleggen, zodat de concentratie vrij stikstof in het veenwater laag blijft.



Figuur 28. Concentratie ammonium, fosfaat, kooldioxide en kalium (in µmol per liter) in het veenvocht op 10 cm diepte in verschillende Nederlandse hoogveengebieden in 1998-1999 (n = 12; Tomassen e.a. 2002) en 2008-2009 (n = 18). Weergegeven zijn gemiddelden en 5^{e} en 95^{e} percentielen.

In de afgelopen 10 jaar is de gemiddelde fosfaatconcentratie in de toplaag van het veen vrijwel gelijk gebleven (Figuur 28), maar de variatie in de fosforconcentratie is zeer groot. Het verschil in CO_2-concentratie (zie Figuur 28) wordt voornamelijk veroorzaakt door de twee locaties in de Groote heide (Ronde Vlaas) die gekenmerkt worden door zeer hoge CO_2-concentraties (zie Tabel 2). De gemiddelde kaliumconcentratie in de toplaag van het veen is vrijwel gelijk gebleven (ca. 25-30 µmol l^{-1}; Figuur 28).

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Belangrijkste conclusies

- In alle onderzochte veentjes zijn de CO_2-concentraties voldoende hoog (> 400 - 500 µmol/l) om een goede ontwikkeling van veenmosvegetaties mogelijk te maken. Analyse van het water onder de veenbasis geeft geen duidelijke indicaties voor de invloed van gebufferd grondwater (toename bicarbonaat en calcium/magnesium). De sterkste indicaties zijn waargenomen in het Haaksbergerveen langs de Duitse grens, maar van deze locatie zijn geen grondwaterkwaliteitanalyses beschikbaar. In het geval van de Ronde Vlaas lijkt ook de mate van buffering een rol te spelen. Analyse van het freatische grondwater bevestigt dit beeld, het grondwater is relatief zuur en bevat weinig calcium en bicarbonaat.
- Een duidelijke invloed van gebufferd grondwater is in de onderzochte veentjes niet gevonden. Aanvoer van meer lokaal, zuur, CO_2-rijk grondwater kan ook een belangrijke bijdrage leveren aan de koolstofbeschikbaarheid. De relatie tussen de ontwikkeling van veentjes in het Dwingelerveld en de CO_2-concentraties in het grondwater, die in eerder onderzoek is gevonden (Verschoor e.a. 2003; Patberg e.a. submitted), vormt hiervoor een belangrijke aanwijzing. Uit het hydrologisch onderzoek (deelrapport 3, Von Asmuth e.a. 2010) blijkt dat in het geval van het Barkmansveen er inderdaad periodiek toestroming is van grondwater. Met name voor de initiële fase van hoogveenontwikkeling in het open water is (periodieke) aanvoer van CO_2 via toestromend grondwater essentieel.
- De CO_2-concentratie in het veenwater op de verschillende locaties blijkt goed te correleren met de C/P-ratio van het veen. Des te lager deze C/P-ratio is des te beter het veen afbreekt en des te meer CO_2 er in principe kan vrijkomen. De interne generatie van CO_2 lijkt daarom een belangrijke bijdrage te leveren aan de CO_2-beschikbaarheid voor veenmossen.
- Uit analyse van het veen blijkt dat het veen een hoge basenverzadiging heeft en dat er lokaal (vooral in Gieten) zeer veel calcium en magnesium aan het veen gebonden is. Veentje 1 in Gieten is een pingoruïne welke in het verleden zeer waarschijnlijk gevoed werd door basenrijk grondwater. Er is geen relatie gevonden tussen de basenverzadiging van het veen en de vegetatiesamenstelling.
- Uit het onderzoek komen duidelijk de negatieve effecten van de aangeplante bossen in de omgeving van de veentjes (in ieder geval aangetoond bij het Barkmansveen en Ronde Vlaas) naar voren. Naast de kwantitatieve effecten op eventuele lokale freatische grondwaterstromingen, leidt de aanwezigheid van bossen tot veranderingen in de chemie van het grondwater zoals een toename van de nitraat- en zwavelconcentratie en een afname van de CO_2-concentratie. Het omvormen van deze bossen naar heide zal dan ook positieve effecten hebben op zowel de kwantitatieve als kwalitatieve hydrologie van de

veentjes (vooral ook bij de sterk verdroogde veentjes in Boswachterij Gieten).

4.2 Antwoord op de onderzoeksvragen

Op basis van de resultaten van het onderzoek beschreven in deze deelrapportage kunnen de volgende antwoorden gegeven worden op de twee voor dit deelonderzoek relevante onderzoeksvragen (zoals gesteld in paragraaf 1.4):

1. Waar komt het CO_2 vandaan die de veenvorming op gang brengt?

   Op basis van het huidige onderzoek blijkt dat een belangrijk deel van het CO_2 afkomstig is vanuit afbraak van het veen (interne generatie). De noodzaak voor aanvoer van gebufferd en/of zuur CO_2-rijk grondwater is voor de huidige veentjes niet duidelijk aangetoond, maar kan ook niet uitgesloten worden. Met name in de initiële fase van hoogveenontwikkeling in het open water is (periodieke) aanvoer van CO_2 via toestromend grondwater waarschijnlijk essentieel.

2. In hoeverre hangt het voorkomen van karakteristieke planten- en diersoorten samen met gradiënten in de invloed van minerotroof grondwater en de basenverzadiging in het veen?

   Op basis van het onderzoek in voornamelijk goed ontwikkelde veentjes blijkt de basenverzadiging van het veen over het algemeen goed op peil te zijn. Er is geen duidelijke relatie gevonden tussen de basenverzadiging van het veen en de vegetatiesamenstelling (voor het effect op de fauna zie deelrapport 4).

4.3 Openstaande vragen en aanbevelingen voor vervolgonderzoek

De kennisvraag '*Wat is de betekenis van waterverzadiging van de veenbasis op het grondwaterregime en de levensgemeenschappen van hoogvenen?*' blijft op basis van het hydrologische onderzoek nog deels onbeantwoord (zie deelrapport 2, Von Asmuth e.a. 2011). Ook vanuit kwalitatief hydrologisch oogpunt kunnen geen harde uitspraken gedaan worden. In de onderzochte veentjes is de CO_2-beschikbaarheid voldoende hoog en lijkt interne productie van CO_2 in belangrijke mate hieraan bij te dragen. Dit wil niet zeggen dat per definitie gezegd kan worden dat het grondwater niet tot in de veenbasis hoeft te staan. In de initiële fase van hoogveenontwikkeling is de externe aanvoer van CO_2 via CO_2-rijk en/of gebufferd grondwater waarschijnlijk van groot belang.

Het huidige onderzoek heeft zich gericht op veentjes waar zich al een flink veenpakket heeft ontwikkeld en waar het belang van externe aanvoer van CO_2 minder groot is geworden. Om een beter inzicht te krijgen in de noodzaak van de aanvoer van CO_2 via het grondwater is het advies om onderzoek te verrichten naar de initiële fase van hoogveenontwikkeling. Hierbij denken we aan opgeschoonde zure heidevennen waar (potentieel) veenmosontwikkeling op gang komt. Zonder externe aanvoer van koolstof is veen(mos)ontwikkeling waarschijnlijk niet mogelijk. Het onderzoek moet een antwoord kunnen geven op vragen als:

- Wat is in de initiële fase van hoogveenontwikkeling het belang van de aanvoer van (zwak) gebufferd of zuur CO_2-rijk grondwater?
- Is permanente aanvoer van grondwater noodzakelijk?
- Vanaf welke fase tijdens de veenontwikkeling wordt er intern voldoende CO_2 geproduceerd waardoor de noodzaak voor externe CO_2-aanvoer afneemt?
- Wat is de invloed van de begroeiing (bos, heide, grassen) in de catchment van het ven/veentje op zowel de grondwaterkwantiteit als -kwaliteit?

5 Cocnlusies, aanbevelingen en samenvatting

In deze rapportage staan de resultaten gegeven van een deel van het OBN-onderzoek 'Herstel van biodiversiteit en landschapsecologische relaties in het natte zandlandschap'. Het onderzoek was gericht op de vraag waar het kooldioxide (CO_2), dat nodig is voor een goede veenmosontwikkeling, vandaan komt. Daarnaast is onderzocht hoe het staat met de basenverzadiging in hoogveentjes in relatie tot de vegetatiesamenstelling.

Om antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvragen werd de chemische samenstelling van veenwater en -bodem op verschillende diepten bepaald, de chemie van veenmossen en, in aansluiting op het hydrologische onderzoek, de kwaliteit van het lokale grondwater. Als onderzoekslocatie werden een aantal veentjes geselecteerd in het Dwingelerveld, boswachterij Gieten (Gasselterveld), Haaksbergerveen (Groene plas) en Groote Heide (Ronde Vlaas). Naast de chemie van water en bodem, werden op alle locaties vegetatieopnamen gemaakt.

Op alle onderzoekslocaties zijn de CO_2-concentraties in het veenwater voldoende hoog voor de ontwikkeling van veenmossen (> 400 - 500 µmol/l). De hoogste CO_2-concentraties werden gemeten in de Ronde Vlaas en de twee onderzochte veentjes in Gieten. De vraag is of deze hoge CO_2-concentraties het resultaat zijn van de aanvoer van (zwak) gebufferd grondwater tot in de veenbasis. Wanneer het gebufferde grondwater in contact komt met het zure veenwater wordt er namelijk CO_2 geproduceerd. Analyse van het water onder de veenbasis geeft voor de meeste onderzochte veentjes geen duidelijke indicatie voor de invloed van gebufferd grondwater (toename bicarbonaat en calcium/magnesium). Analyses van het lokale grondwater bevestigen dit beeld, het grondwater is relatief zuur en bevat weinig calcium en bicarbonaat.

Niet alleen gebufferd grondwater van een groter hydrologisch systeem kan zorgen voor de aanvoer van CO_2, ook meer lokaal, zuur, CO_2-rijk grondwater kan een belangrijke koolstofbron vormen. In de onderzochte veentjes zijn de CO_2-concentraties in het grondwater over het algemeen lager of gelijk aan de CO_2-concentraties in het veen. De aanvoer van CO_2-rijk grondwater lijkt daarom een beperkte rol te spelen in de huidige ontwikkelingsfase van de onderzochte veentjes. Aanvoer van CO_2-rijk grondwater kan voor de veenmosontwikkeling in open water echter wel degelijk een rol spelen. De in eerder onderzoek gevonden relatie tussen de ontwikkeling van veentjes in het Dwingelerveld en de CO_2-concentraties in het grondwater vormen hiervoor een belangrijke aanwijzing. In het bijzonder voor de initiële fase van hoogveenontwikkeling in het open water is aanvoer van CO_2 via toestromend grondwater essentieel.

De CO_2-concentraties in het veenwater blijken goed te correleren met de C/P-ratio van het veen. Veen met een lage C/P-ratio wordt sneller afgebroken, wat

leidt tot het vrijkomen van CO_2. De gevonden relatie tussen CO_2-concentratie en chemische eigenschappen van het veen duidt erop dat een belangrijk deel van het CO_2 afkomstig is van de afbraak van het veen. In de situatie van de onderzochte, over het algemeen goed ontwikkelde, veentjes lijkt de interne generatie van CO_2 in belangrijke mate bij te dragen aan de CO_2-beschikbaarheid voor veenontwikkeling.

De basenverzadiging van het veen is over het algemeen goed op peil (op de meeste locaties > 60% in de toplaag). Er is geen duidelijk verband gevonden tussen de basenverzadiging en de samenstelling van de, aan zure omstandigheden aangepaste, hoogveenvegetatie.

6 Referenties

Bain, J.T. & M.C.F. Proctor (1980) The requirement of aquatic bryophytes for free CO_2 as an inorganic carbon source - some experimental-evidence. *New Phytologist* **86**: 393-400.

Barkman, J.J., H. Doing & S. Segal (1964) Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur quantitativen Vegetationsanalyse. *Acta Botanica Neerlandica* **13**: 394-419.

Bobbink R., E. Brouwer, J.G. ten Hoopen & E. Dorland (2004) Herstelbeheer in het heidelandschap: effectiviteit, knelpunten en duurzaamheid. In: G.A. van Duinen, R. Bobbink, Ch. van Dam, H. Esselink, R. Hendriks, M. Klein, A. Kooijman, J. Roelofs & H. Siebel (red.). Duurzaam natuurherstel voor behoud van biodiversiteit; 15 jaar herstelmaatregelen in het kader van het Overlevingsplan Bos en Natuur. Rapport Expertisecentrum LNV nr. 2004/305, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ede, pag. 33-70.

Bowes, G. (1996) Photosynthetic responses to changing atmospheric carbon dioxide concentration. In: *Photosynthesis and the Environment*. Ed. Baker, N. (Kluwer Academic Press, Dordrecht, The Netherlands), pp. 387-407.

Boxman, A.W., C.J.H. Peters & J.G.M. Roelofs (2008) Long term changes in atmospheric N and S throughfall deposition and effects on soil solution chemistry in a Scots pine forest in the Netherlands. *Environmental Pollution* **156**: 1252-1259.

Everts, F.H., G.J. Baaijens, A.P. Grootjans, A.J. Verschoor & N.P.J. de Vries (2002) Hoogveenontwikkeling in veentjes en kleinschalige hoogveencomplexen op het Dwingelerveld; een landschapsbenadering. Deel 1: vegetatie- en landschapsontwikkeling. RUG/EGG consult Everts & de Vries, Haren/Groningen.

Koerselman, W. & A.F.M. Meuleman (1996) The vegetation N:P ratio: a new tool to detect the nature of nutrient limitation. *Journal of Applied Ecology* **33**: 1441-1450.

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., F. Berendse & H. Klees (2003) N deposition affects N availability in interstitial water, growth of *Sphagnum* and invasion of vascular plants in bog vegetation. *New Phytologist* **157**: 339-347.

Limpens, J. & M.M.P.D. Heijmans (2008) Swift recovery of *Sphagnum* nutrient concentrations after excess supply. *Oecologia* **157**: 153-161.

Loisel, J., M. Garneau & J-F. Hélie (2009) Modern *Sphagnum* $\delta^{13}C$ signatures follow a surface moisture gradient in two boreal peat bogs, James Bay lowlands, Québec. *Journal of Quarternary Science* **24**: 209-214.

Olsen, S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe & L.A. Dean (1954) Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Department of Agriculture circular No. 939.

Paffen, B.G.P. & J.G.M. Roelofs (1991) Impact of carbon dioxide and ammonium on the growth of submerged *Sphagnum cuspidatum*. *Aquatic Botany* **40**: 61-71.

Raghoebarsing, A.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.
Patberg W., G.J. Baaijens, A.J.P. Smolders, A.B. Grootjans & J.T.M. Elzenga (submitted) The importance of groundwater carbon dioxide in the development of *Sphagnum* bogs.
Smolders, A.J.P., H.B.M. Tomassen, H.W. Pijnappel, L.P.M. Lamers, & J.G.M. Roelofs (2001) Substrate-derived CO_2 is important in the development of *Sphagnum* spp. New Phytologist **152**: 325-332.
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.
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 *e.a.* (eds.) *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, pp. 71-107.
Tomassen, H.B.M, A.J.P. Smolders, J. Limpens, G.A. van Duinen, S. van der Schaaf, J.G.M. Roelofs, F. Berendse, H. Esselink & G. van Wirdum (2002) Onderzoek herstel en beheer van Nederlandse hoogvenen. Eindrapportage 1998-2001. Expertisecentrum LNV, Wageningen. 186 pp. (Rapport EC-LNV nr. 2002/139).
Tomassen, H.B.M., A.J.P. Smolders, L.P.M. Lamers & J.G.M. Roelofs (2003) Stimulated growth of *Betula pubescens* and *Molinia caerulea* on ombrotrophic bogs: role of high levels of atmospheric nitrogen deposition. *Journal of Ecology* **91**: 357-370.
Tomassen, H.B.M., A.J.P. Smolders, L.P.M. Lamers & J.G.M. Roelofs (2004) Development of floating rafts after the rewetting of cut-over bogs: the importance of peat quality. *Biogeochemistry* **71**: 69-87.
Tomassen, H.B.M, A.J.P. Smolders, J. Limpens, S. van der Schaaf, G.A. van Duinen, G. van Wirdum, H. Esselink & J.G.M. Roelofs (2006) Onderzoek herstel en beheer van Nederlandse hoogvenen. Eindrapportage 2e fase OBN-Hoogvenen 2004-2006. B-WARE Research Centre, Wageningen Universiteit, Stichting Bargerveen, NITG-TNO & Radboud Universiteit Nijmegen,168 pp.
Van Duinen, G.A., 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 e.a. (Eds.) 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, pp.189-240.
Van Duinen, G.A., T. Timm, A.J.P. Smolders, A.M.T. Brock, W.C.E.P. Verberk & H. Esselink (2006a) Differential response of aquatic oligochaete species to increased nutrient availability - a comparative study between Estonian and Dutch raised bogs. *Hydrobiologia* **564**: 143-155.
Van Duinen, G.A., 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 (2006b) Basal food sources for the invertebrate food web in nutrient poor and nutrient enriched raised bog pools. *Proceedings Experimental and Applied Entomology (NEV)* **17**: 37-44.
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: Landschapsontwikkeling en hydrologie. Expertisecentrum LNV, Wageningen. 67 pp. (Rapport EC-LNV nr. 2003/227).

Von Asmuth, J., A. Grootjans & S. van der Schaaf (2011) Over de dynamiek van peilen en fluxen in vennen en veentjes. Eindrapport deel 2, OBN–onderzoek 'Herstel van biodiversiteit en landschapsecologische relaties in het natte zandlandschap'.

7 Bijlagen

7.1 Vegetatie

Tabel 7. De symbolen voor de abundantie van de plantensoorten bij de door Barkman e.a. (1964) gewijzigde Braun en Blanquet-schaal.

Symbool	Abundantie
r	tot 3 exemplaren in het proefvlak
+	tot 20 exemplaren in het proefvlak
1	minder dan 100 exemplaren, bedekking < 5%
2m	meer dan 100 exemplaren, bedekking < 5%
2a	bedekking 5 - 12,5%
2b	bedekking 12,5 - 25%
3	bedekking 25 - 50%
4	bedekking 50 - 75%
5	bedekking 75 - 100%

Tabel 8. Beschrijving van de vegetatiesamenstelling op de onderzoekslocaties in het Dwingelerveld. De vegetatie is op 28 juli 2009 beschreven volgens een aangepaste Braun-Blanquet (Barkman e.a. zie Tabel 7). Voor de ligging van de onderzoekslocaties zie Figuur 1. BMV = Barkmansveen en PRT = Poort 2.

Locatie	BMV1	BMV2	BMV3	BMV4	PRT1	PRT2	PRT3	PRT4	
Totale bedekking	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
Bedekking moslaag	100%	100%	80%	100%	100%	100%	100%	100%	
Bedekking kruidlaag	20%	40%	60%	25%	40%	50%	60%	40%	
Sphagnum fallax	4	3	5	2m	-	-	5	2m	Fraai veenmos
Sphagnum magellanicum	-	-	-	5	-	5	-	2a	Hoogveen-veenmos
Sphagnum papillosum	3	4	2m	2a	5	-	2a	5	Wrattig veenmos
Andromeda polyfolia	-	-	-	-	2a	2b	-	1	Lavendelheide
Betula pubescens	-	-	-	-	-	-	-	r	Zachte berk
Carex rostrata	-	-	-	-	-	1	2a	-	Snavelzegge
Drosera rotundifolia	2a	2a	1	2m	2a	2a	2m	2m	Ronde zonnedauw
Erica tetralix	1	-	-	1	1	1	-	2a	Gewone dophei
Eriophorum angustifolium	2a	2b	3	2a	2a	1	1	2a	Veenpluis
Menyanthes trifolia	-	-	-	-	-	1	2b	1	Waterdrieblad
Molinia caerulea	-	-	-	-	-	-	2b	-	Pijpenstrootje
Pinus sylvestris	r	-	-	-	+	+	+	r	Grove den
Rhynchospora alba	2a	2a	3	2b	2a	2b	2a	2m	Witte snavelbies
Vaccinium oxycoccos	2m	2a	-	2a	2a	2a	2m	2m	Kleine veenbes

Tabel 9. Beschrijving van de vegetatiesamenstelling op de onderzoekslocaties in Boswachterij Gieten. De vegetatie is op 28 juli 2009 beschreven volgens een aangepaste Braun-Blanquet (Barkman e.a. zie Tabel 7). Voor de ligging van de onderzoekslocaties zie Figuur 2.

Locatie	**GT 1**	**GT 2**	**GT 3**	**GT 4**	**GT 5**	**GT 6**	**GT 7**	
Totale bedekking	100%	80%	80%	100%	100%	100%	100%	
Bedekking moslaag	90%	80%	80%	100%	90%	95%	95%	
Bedekking kruidlaag	60%	0%	0%	40%	60%	30%	40%	
Sphagnum cuspidatum	5	5	5	5	-	5	4	Waterveenmos
Sphagnum fallax	-	-	-	-	-	-	3	Fraai veenmos
Sphagnum fimbriatum	-	-	-	-	5	-	-	Gewimperd veenmos
Carex nigra	-	-	-	-	-	-	2b	Zwarte zegge
Eriophorum angustifolium	3	-	-	3	-	-	-	Veenpluis
Eriophorum vaginatum	-	-	-	-	2a	3	-	Eenarig wollegras
Molinia caerulea	3	-	-	1	2b	2a	2b	Pijpenstrootje
Pinus sylvestris	-	-	-	-	3	-	-	Grove den

Tabel 10. Beschrijving van de vegetatiesamenstelling op de onderzoekslocaties in het Haaksbergerveen. De vegetatie is op 21 juli 2009 beschreven volgens een aangepaste Braun-Blanquet (Barkman e.a. zie Tabel 7). Voor de ligging van de onderzoekslocaties zie Figuur 3.

Locatie	**HBV 1A**	**HBV 1B**	**HBV 2**	**HBV 3**	**HBV 4**	**HBV 5**	**HBV 6**	**HBV 7**	
Totale bedekking	100%	80%	0%	100%	100%	100%	100%	65%	
Bedekking moslaag	100%	10%	0%	80%	100%	0%	95%	10%	
Bedekking kruidlaag	20%	70%	0%	50%	40%	100%	40%	60%	
Sphagnum cuspidatum	2m	-	-	5	-	-	-	2a	Waterveenmos
Sphagnum magellanicum	-	-	-	-	5	-	5	-	Hoogveen-veenmos
Sphagnum papillosum	5	2a	-	-	-	-	2a	-	Wrattig veenmos
Andromeda polyfolia	-	-	-	-	2b	-	-	-	Lavendelheide
Betula pubescens	-	-	-	+	-	-	-	-	Zachte berk
Carex rostrata	-	-	-	-	-	-	-	3	Snavelzegge
Drosera rotundifolia	2m	-	-	-	2m	-	2m	-	Ronde zonnedauw
Erica tetralix	1	-	-	-	1	1	2b	-	Gewone dophei
Eriophorum angustifolium	1	-	-	-	2a	-	2a	2a	Veenpluis
Eriophorum vaginatum	-	-	-	3	-	-	-	-	Eenarig wollegras
Molinia caerulea	2a	-	-	1	-	1	+	2b	Pijpenstrootje
Narthecium ossifragum	-	-	-	-	-	5	2m	-	Beenbreek
Phragmites australis	+	+	-	-	-	-	-	-	Riet
Potamogeton polygonifolius	+	4	-	-	-	-	-	-	Duizendknoopfonteinkruid
Potentilla palustris	-	1	-	-	-	-	-	-	Wateraardbei
Rhynchospora alba	-	-	-	-	2a	-	-	-	Witte snavelbies
Vaccinium oxycoccos	-	-	-	-	-	-	2m	-	Kleine veenbes

Tabel 11. Beschrijving van de vegetatiesamenstelling op de onderzoekslocaties in de Ronde Vlaas (Groote Heide). De vegetatie is op 7 juli 2009 beschreven volgens een aangepaste Braun-Blanquet (Barkman e.a. zie Tabel 7). Voor de ligging van de onderzoekslocaties zie Figuur 4.

Locatie	**RV 1**	**RV 2**	**RV 3**	**RV 4**	**RV 5**	
Totale bedekking	100%	80%	100%	100%	100%	
Bedekking moslaag	95%	30%	100%	100%	90%	
Bedekking kruidlaag	40%	50%	30%	25%	40%	
Sphagnum denticulatum	-	3	-	-	-	Geoord veenmos
Sphagnum fallax	5	-	5	5	5	Fraai veenmos
Eriophorum angustifolium	2a	-	-	2a	1	Veenpluis
Hydrocotyle vulgaris	2m	-	2a	1	2a	Gewone waternavel
Juncus acutiflorus	-	-	2b	2b	-	Veldrus
Juncus effusus	2a	-	2a	1	1	Pitrus
Menyanthes trifolia	2a	-	2a	-	2a	Waterdrieblad
Molinia caerulea	2b	-	-	-	-	Pijpenstrootje
Nymphaea alba	-	+	-	-	-	Witte waterlelie
Phragmites australis	-	2a	1	2a	1	Riet
Potamogeton polygonifolius	-	3	-	-	-	Duizendknoopfonteinkruid
Potentilla palustris	-	2a	-	-	-	Wateraardbei
Utricularia cf. australis	-	2m	-	-	-	Loos blaasjeskruid

7.2 Veenwaterchemie

Tabel 12. Samenstelling van het veenwater op verschillende diepten op de onderzoekslocaties in het Dwingelerveld (Barkmansveen en Poort 2). De weergegeven concentraties zijn de gemiddelden van de vier bemonsteringen (juli 2008, september 2008, maart 2009 en juli 2009). Voor de ligging van de locaties zie Figuur 1.

Locatie	Diepte	pH	Alkaliniteit	CO_2	HCO_3^-	NO_3	NH_4	PO_4	K	Na	Cl
	cm		*µeq l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*
Barkmanveen											
BMV1	10	4,27	69	1630	11,5	1,9	19,2	0,4	18,9	137	149
BMV1	50	4,87	514	2198	46,1	11,3	81,4	1,7	16,4	133	157
BMV1	120	5,20	418	955	93,9	0,0	84,2	0,8	10,0	153	103
BMV2	10	4,50	66	1205	11,7	1,6	22,8	1,0	15,2	146	155
BMV2	50	4,92	219	2271	53,5	3,5	77,1	1,4	14,2	170	190
BMV2	130	4,94	.	1625	44,0	1,1	89,6	1,7	10,5	202	135
BMV3	10	4,54	415	1780	30,9	1,4	25,1	0,6	31,5	160	180
BMV3	40	5,02	216	2162	83,6	2,4	188,7	0,8	16,8	194	191
BMV3	90	5,40	679	3834	287,0	4,3	163,0	0,7	8,1	188	219
BMV4	10	4,23	122	902	8,4	2,5	11,0	0,5	5,8	146	238
BMV4	50	4,94	210	1928	51,2	3,3	74,2	0,7	6,3	141	164
BMV4	100	5,47	354	711	93,8	1,3	100,4	1,8	12,7	261	188
Poort 2											
PRT1	10	4,18	15	579	5,6	2,6	8,9	0,6	9,6	109	112
PRT1	50	4,19	13	2433	16,5	2,1	24,2	1,1	8,3	145	179
PRT1	150	5,49	110	654	28,0	14,6	66,1	1,6	12,8	118	96
PRT2	10	4,06	14	564	2,8	1,7	5,7	0,8	8,1	99	114
PRT2	50	4,15	10	1809	10,2	2,6	18,3	0,8	9,3	135	143
PRT2	130	5,37	280	1132	89,2	3,5	73,1	3,9	10,9	205	128
PRT3	10	4,48	129	1970	28,4	3,3	6,5	0,7	6,7	125	91
PRT3	50	4,35	26	2124	18,4	2,9	27,3	0,5	3,6	141	152
PRT3	140	5,05	180	1448	69,0	6,0	102,1	0,3	11,0	186	127
PRT4	10	4,09	0	809	4,3	1,9	4,0	0,4	9,6	125	128
PRT4	50	4,23	26	2051	13,1	1,3	12,8	0,8	6,9	139	129
PRT4	160	4,76	125	1508	35,7	3,8	82,2	2,2	10,2	238	233
PRT poel	oppw. poeltje	4,07	4	519	3,2	9,7	11,2	0,3	20,3	189	166

Locatie	Diepte	Al	Ca	Fe	Mg	Mn	P	S	Si	Zn
	cm	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*
Barkmanveen										
BMV1	10	21,0	11,6	23,7	12,0	0,2	0,7	17,5	67	6,0
BMV1	50	25,5	16,6	77,9	18,4	0,5	2,7	19,9	149	5,2
BMV1	120	34,9	11,5	19,1	35,3	0,1	2,6	20,6	526	6,1
BMV2	10	39,5	15,5	26,9	17,8	0,3	1,4	22,1	72	6,1
BMV2	50	44,9	21,4	118,1	23,6	0,5	1,8	29,7	135	7,1
BMV2	130	42,6	12,7	20,7	41,7	0,1	3,2	20,2	389	5,7
BMV3	10	25,0	15,4	72,2	21,1	0,5	0,6	19,1	49	2,0
BMV3	40	96,0	11,0	138,8	17,7	0,2	1,2	59,8	277	3,0
BMV3	90	27,6	32,6	256,5	40,9	0,7	1,0	22,0	208	1,1
BMV4	10	10,2	5,7	3,2	6,8	0,1	0,8	7,4	25	5,2
BMV4	50	24,1	14,7	75,0	16,5	0,4	1,1	16,5	77	5,9
BMV4	100	36,0	17,1	28,4	43,3	0,4	5,3	21,9	548	8,0
Poort 2										
PRT1	***10***	10,6	4,5	2,8	4,5	0,1	0,9	6,7	20	5,7
PRT1	50	17,0	14,1	7,7	18,1	0,2	1,5	13,8	79	7,5
PRT1	150	5,2	37,9	3,7	19,8	0,1	5,2	30,5	204	16,9
PRT2	10	13,0	5,1	1,8	4,9	0,1	1,1	6,6	30	7,7
PRT2	50	21,2	14,7	6,2	15,4	0,2	1,1	15,0	47	9,3
PRT2	130	36,3	63,7	9,2	28,7	0,2	2,7	17,5	395	4,8
PRT3	10	18,1	16,7	2,3	13,9	0,2	1,1	7,2	86	3,9
PRT3	50	12,5	12,8	10,7	18,3	0,2	0,9	11,2	64	4,5
PRT3	140	13,7	18,4	4,3	23,7	0,1	1,1	11,9	304	4,6
PRT4	10	22,9	9,0	2,4	6,6	0,1	0,7	7,5	39	4,8
PRT4	50	24,1	15,7	8,0	18,8	0,1	1,1	14,3	83	7,5
PRT4	160	57,8	15,2	6,4	37,0	0,1	2,6	19,4	368	5,0
PRT poel	oppw. poeltje	0,9	21,3	7,5	17,0	0,2	0,8	8,2	25	1,0

Tabel 13. Samenstelling van het veenwater op verschillende diepten op de onderzoekslocaties in Boswachterij Gieten (veen 1 en veen 3). De weergegeven concentraties zijn afkomstig van de bemonstering in september 2008, maart 2009 en juli 2009. De concentraties van de eerste bemonstering in juli 2008 blijken onbetrouwbaar te zijn. De veentjes in Boswachterij Gieten zijn sterk verdroogd en tijdens de relatief droge zomerperiode zijn de nieuw geplaatste ceramische cups niet goed 'geacclimatiseerd' (de pH was sterk verhoogd: pH > 6.0). Voor de ligging van de locaties zie Figuur 2.

Locatie	Diepte	pH	Alkaliniteit	CO_2	HCO_3^-	NO_3	NH_4	PO_4	K	Na	Cl
	cm		*µeq l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*
GT1	10	3,74	0	1333	3	0,9	12,0	0,4	15,2	132	185
GT1	40	3,70	0	3448	8	0,8	7,4	1,2	6,2	177	223
GT1	110	4,40	138	4336	51	1,3	8,6	0,5	4,7	205	230
GT2	oppw.	3,81	0	141	0	7,9	11,8	0,3	19,8	196	195
GT2	100	4,37	167	1719	23	9,2	97,6	5,3	27,4	211	350
GT3	oppw.	3,84	0	258	1	14,1	8,8	0,4	18,0	159	158
GT3	50	3,88	0	1153	4	1,8	25,7	0,4	11,2	138	152
GT3	120	4,36	100	1983	20	4,2	62,3	2,9	14,8	181	187
GT4	10	3,77	0	2305	5	2,5	14,1	1,0	5,0	151	200
GT4	50	4,00	17	3186	11	0,8	8,2	1,3	2,4	146	287
GT4	125	4,59	228	4503	79	1,3	53,6	3,6	6,3	219	252
GT5	10	3,98	0	1598	6	9,5	27,0	1,8	24,1	234	242
GT5	50	3,90	0	2647	9	1,5	36,8	6,7	6,9	201	232
GT5	100	4,49	93	946	12	3,8	8,7	1,6	6,8	311	324
GT6	10	3,96	18	3096	12	1,3	15,3	1,0	25,9	188	217
GT6	50	4,06	35	3850	18	2,4	108,8	9,3	15,1	251	327
GT6	90	4,33	94	1737	14	4,8	62,0	2,8	12,3	328	327
GT7	10	3,79	0	1699	4	1,2	24,7	0,9	11,3	162	236
GT7	50	4,27	59	1255	8	10,6	10,7	1,8	14,8	243	263
GT7	80	4,93	145	818	24	6,9	21,2	0,3	10,1	234	209

Locatie	Diepte	Al	Ca	Fe	Mg	Mn	P	S	Si	Zn
	cm	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*
GT1	10	13,9	19,6	6,1	34,1	0,8	1,0	10,5	27	0,5
GT1	40	39,3	38,4	13,5	74,3	0,1	2,1	17,5	179	0,5
GT1	110	60,0	41,1	16,2	110,0	0,3	1,4	14,3	346	0,6
GT2	oppw.	10,5	24,3	4,6	44,5	0,4	1,3	23,4	7	1,8
GT2	100	70,3	72,1	19,3	104,0	0,9	6,4	37,4	62	0,6
GT3	oppw.	9,6	25,4	5,1	49,6	0,3	1,5	29,0	13	1,2
GT3	50	21,4	16,6	5,5	51,9	0,2	0,7	33,8	18	0,8
GT3	120	82,9	27,0	12,8	70,8	0,4	3,1	46,5	70	0,4
GT4	10	39,9	31,9	7,2	49,8	0,2	1,1	31,2	33	0,6
GT4	50	38,2	51,2	25,0	127,1	0,3	1,9	31,4	134	1,1
GT4	125	85,2	31,7	10,4	127,2	0,2	5,5	23,2	211	0,5
GT5	10	19,5	22,1	4,2	41,4	1,6	3,3	12,4	28	0,8
GT5	50	46,8	29,7	16,3	73,6	0,1	10,3	31,8	242	0,8
GT5	100	97,6	62,1	40,3	112,8	0,3	6,2	39,7	308	3,1
GT6	10	29,5	26,0	8,3	50,6	0,4	1,6	18,4	77	0,9
GT6	50	78,1	42,0	14,8	102,6	0,1	13,2	60,6	427	0,5
GT6	90	110,6	50,2	42,5	137,9	0,3	4,0	78,7	407	2,7
GT7	10	42,0	45,4	12,6	58,3	0,1	2,2	21,7	51	0,6
GT7	50	46,5	25,5	7,0	60,7	0,0	2,3	14,3	249	3,3
GT7	80	84,4	47,7	31,5	80,3	0,4	1,6	21,2	259	3,6

Tabel 14. Samenstelling van het veenwater op verschillende diepten op de onderzoekslocaties in het Haaksbergerveen. De weergegeven concentraties zijn de gemiddelden van vier bemonsteringen (HBV 1-4; juli 2008, oktober 2008, maart 2009 en juli 2009) of drie bemonsteringen (HBV5-HBV7; december 2008, maart 2009 en juli 2009). Voor de ligging van de locaties zie Figuur 3.

Locatie	Diepte	pH	Alkaliniteit	CO_2	HCO_3^-	NO_3	NH_4	PO_4	K	Na	Cl
	cm		*µeq l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*
HBV1A	10	4,72	149	1291	36	22,4	18,6	0,59	105,3	278	318
HBV1A	50	5,16	303	2052	142	0,7	57,1	0,98	183,8	338	409
HBV1A	150	5,45	476	1652	224	1,3	95,7	0,82	235,6	355	428
HBV1B	oppw.	5,08	377	573	84	2,3	42,5	0,79	72,4	366	409
HBV1B	50	5,08	301	2235	120	0,2	46,1	0,37	217,9	378	484
HBV1B	130	5,17	353	2301	152	0,0	69,1	1,08	148,9	343	428
HBV2	oppw.	4,19	19	103	1	1,0	5,7	0,46	38,7	198	228
HBV2	90	5,03	247	1722	162	0,4	59,9	1,77	26,3	155	187
HBV2	150	4,52	94	2612	33	0,0	221,7	15,64	18,1	167	245
HBV3	oppw.	3,62	0	943	2	0,9	20,4	1,00	41,1	204	322
HBV3	50	3,50	0	2022	3	3,8	89,0	4,07	12,4	202	306
HBV3	120	4,97	236	1682	69	1,4	88,0	1,08	16,7	164	249
HBV4	10	4,51	191	1434	179	2,0	24,0	5,75	15,3	133	136
HBV4	50	4,57	136	2761	91	14,3	38,0	1,13	25,9	136	150
HBV4	100	4,73	209	2198	160	3,4	86,9	1,71	20,9	145	175
HBV4	250	5,54	668	1902	344	3,0	118,6	0,72	28,5	238	184
HBV5	15	4,42	150	833	17	16,7	54,0	0,11	12,4	158	172
HBV5	50	4,28	23	1692	14	7,7	3,9	0,13	47,2	196	244
HBV5	70	4,35	41	1445	15	104,6	7,3	0,15	55,0	209	273
HBV6	10	4,52	83	1621	21	2,2	7,0	0,28	16,1	139	125
HBV6	45	4,67	124	3104	66	5,7	3,6	0,99	3,1	158	136
HBV7	oppw.	3,90	0	346	1	1,1	4,6	0,31	17,7	337	352
HBV7	20	4,66	151	2940	66	6,8	5,5	2,11	1,6	175	207

Locatie	Diepte	Al	Ca	Fe	Mg	Mn	P	S	Si	Zn
	cm	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*
HBV1A	10	16,6	39,0	24,1	42,8	0,5	1,3	47,7	33	0,4
HBV1A	50	21,3	71,5	42,3	73,8	1,5	1,6	55,4	56	0,1
HBV1A	150	22,6	80,0	96,1	72,5	0,9	1,5	37,7	75	0,3
HBV1B	oppw.	13,4	63,0	60,0	49,5	0,8	1,9	63,2	22	0,7
HBV1B	50	29,9	69,3	43,7	74,1	0,9	0,9	51,0	77	0,2
HBV1B	130	24,2	50,1	81,8	61,8	0,7	2,0	49,9	82	0,2
HBV2	oppw.	6,7	38,7	21,9	23,9	0,7	2,4	23,2	37	0,1
HBV2	90	20,4	42,0	111,7	24,8	6,0	4,3	20,7	66	0,1
HBV2	150	36,3	33,6	14,9	16,3	0,3	17,0	26,8	182	0,6
HBV3	oppw.	10,7	44,1	13,7	25,1	0,8	3,5	31,5	20	0,3
HBV3	50	39,9	42,2	18,8	24,5	0,4	4,9	39,7	41	0,7
HBV3	120	79,7	88,7	66,9	46,6	0,6	1,5	34,9	115	0,4
HBV4	10	10,4	66,0	1,6	9,8	0,2	7,5	20,9	20	0,9
HBV4	50	19,8	101,4	7,0	34,4	0,5	1,7	26,7	90	0,4
HBV4	100	17,0	63,1	14,4	30,4	0,5	1,7	23,6	66	1,9
HBV4	250	21,6	331,0	47,6	48,6	1,3	1,2	17,6	253	2,1
HBV5	15	40,0	7,9	0,4	12,8	0,1	0,2	44,9	57	0,5
HBV5	50	51,5	22,7	4,0	29,4	0,3	0,3	96,3	115	0,6
HBV5	70	55,7	25,3	0,5	30,0	0,5	0,3	72,6	113	1,1
HBV6	10	23,0	21,3	25,9	16,2	0,1	0,4	35,0	115	0,3
HBV6	45	27,8	52,6	34,0	21,1	0,2	0,9	27,1	230	0,8
HBV7	oppw.	10,5	23,0	12,7	18,1	0,2	0,4	44,9	67	1,3
HBV7	20	31,3	57,5	75,7	19,8	0,1	1,6	28,2	234	0,4

Tabel 15. Samenstelling van het veenwater op verschillende diepten op de onderzoekslocaties in de Ronde Vlaas (Groote heide). De weergegeven concentraties zijn de gemiddelden van de vijf bemonsteringen (juli 2008, oktober 2008, maart 2009, juli 2009 en maart 2010). Voor de ligging van de locaties zie Figuur 4.

Locatie	Diepte	pH	Alkaliniteit	CO_2	HCO_3^-	NO_3	NH_4	PO_4	K	Na	Cl
			µeq l⁻¹	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*
RV1	10	3,94	0	3869	16	3,7	6,2	0,6	31,9	70	80
RV1	100	4,66	191	3425	70	2,9	39,6	1,3	147,3	89	71
RV1	170	5,43	600	2152	242	0,5	57,6	0,9	322,5	264	96
RV2	oppw.	5,30	159	426	31	1,2	1,4	0,1	265,2	115	83
RV2	20	4,98	241	1561	66	5,7	3,7	0,1	79,5	98	84
RV2	100	4,84	121	1610	46	0,6	4,2	0,0	118,7	85	71
RV2	170	5,32	409	1701	157	2,9	23,9	0,3	106,5	124	73
RV3	30	4,30	46	3307	28	1,5	4,3	0,2	35,2	89	79
RV3	50	4,94	403	4369	178	3,2	3,9	0,1	116,0	98	29
RV3	130	5,15	672	4714	303	2,5	13,4	0,6	350,1	284	23
RV4	20	4,30	46	4014	34	0,4	3,6	0,6	46,9	99	73
RV4	50	4,41	101	4663	54	4,9	8,9	2,5	22,8	70	57
RV4	90	4,80	872	4584	118	6,1	3,4	0,2	24,4	71	44
RV5	10	4,33	61	3832	40	4,4	3,0	0,6	36,8	93	110
RV5	50	4,49	110	4625	62	1,8	2,1	0,1	94,1	51	73
RV5	90	5,07	490	4721	234	0,9	5,8	0,1	134,3	136	72

Locatie	Diepte	Al	Ca	Fe	Mg	Mn	P	S	Si	Zn
		µmol l⁻¹	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*	*µmol l⁻¹*
RV1	10	10,5	12,4	6,3	6,1	0,2	1,5	11,5	39	0,6
RV1	100	16,9	46,7	26,8	24,9	0,9	2,9	30,7	137	0,4
RV1	170	26,1	20,9	12,1	43,6	0,3	1,3	23,9	421	0,6
RV2	oppw.	0,8	30,7	4,0	21,1	0,8	0,7	11,2	16	0,4
RV2	20	6,1	30,1	14,0	22,7	0,6	0,5	9,2	47	0,6
RV2	100	6,7	22,8	12,5	17,7	0,4	0,4	23,9	46	0,5
RV2	170	5,1	30,4	12,1	47,6	0,6	1,1	18,8	117	0,3
RV3	30	14,8	24,6	6,6	16,5	0,2	0,7	14,4	45	0,5
RV3	50	15,5	64,2	30,1	38,6	0,6	1,0	21,8	176	0,5
RV3	130	16,8	13,5	5,2	44,9	0,2	1,4	16,6	256	0,3
RV4	20	26,3	20,4	14,6	9,8	0,2	1,4	17,0	63	0,8
RV4	50	30,7	45,9	32,2	26,2	0,5	4,1	35,5	193	1,5
RV4	90	33,1	80,9	39,6	51,1	0,5	0,9	35,1	232	0,4
RV5	10	16,5	31,8	18,1	21,4	0,5	1,5	13,1	95	1,5
RV5	50	18,3	64,0	27,8	26,9	0,4	1,1	26,6	162	0,6
RV5	90	13,7	91,1	34,3	66,6	0,5	1,0	27,6	210	0,5

7.3 Grondwaterchemie

Tabel 16. Samenstelling van het grondwater in het Dwingelerveld, Boswachterij Gieten, Groene Plas (Haaksbergerveen) en de Ronde Vlaas (Groote heide). De weergegeven concentraties zijn de gemiddelden van alle bemonsteringen (december 2008, maart 2009, juli 2009 en maart 2010 (alleen Ronde Vlaas)). Voor de ligging van de peilbuizen zie Figuur 1 t/m Figuur 4. In de kolom code hydrologie staat de code weergeven die gebruikt wordt bij het hydrologische onderzoek (KIWA). Buis BMV Pb 5 (buis Barkman 3 van het hydrologische onderzoek) staat altijd droog en hiervan zijn dus geen waterkwaliteitsgegevens.

	Code hydrologie	pH	Alk.	CO_2	HCO_3^-	NO_3	NH_4	PO_4	K	Na	Cl	Al	Ca	Fe	Mg	Mn	P	S	Si	Zn
Barkmanveen																				
BMV Pb 1	WP zand	4,90	298	3767	151	14,6	103,3	0,49	23,6	297	254	44,8	49,2	97,0	45,8	0,71	1,38	29,7	222	1,5
BMV Pb 2	WP veen	5,30	679	3465	298	9,9	211,6	0,70	25,7	243	175	29,4	53,3	228,5	52,5	0,75	1,57	30,7	301	1,7
BMV Pb 3	-	5,05	327	2904	197	8,5	162,7	0,65	26,2	283	228	30,4	63,6	120,4	35,3	0,71	1,07	34,8	168	2,1
BMV Pb 4	-	4,96	239	1772	87	13,0	140,8	0,70	32,1	371	318	41,6	62,0	59,1	47,7	0,73	1,42	43,7	212	3,5
BMV Pb 5	Barkman 3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
BMV Pb 6	Barkman 4	4,53	68	959	13	42,8	27,0	0,04	18,4	207	163	21,7	15,1	13,9	27,5	0,12	0,30	57,5	105	3,1
BMV Pb 7	Barkman 1	5,57	181	473	73	713,8	67,2	0,11	55,1	655	627	5,1	306,6	1,1	425,9	4,97	0,49	250,8	172	5,0
Poort 2																				
PRT Pb 1	-	4,48	78	2917	40	14,3	66,0	0,65	20,9	250	268	7,4	39,6	10,6	29,1	0,23	0,94	17,2	81	2,1
PRT Pb 2	-	4,60	113	801	14	29,2	26,0	0,30	21,8	242	183	34,6	45,6	19,9	32,2	0,56	0,92	29,2	72	3,6
PRT Pb 3	Poort II-1	5,34	247	616	55	55,1	19,4	0,17	36,2	294	209	34,9	110,9	18,0	56,5	1,31	1,03	114,4	191	4,2
Gieten																				
GT Pb 1	G1	4,77	287	2484	91	26,3	165,1	2,19	64,3	673	522	75,1	103,7	26,8	67,1	0,44	3,75	33,9	192	5,0
GT Pb 2	G2	4,40	104	1113	11	22,8	109,0	1,49	82,2	521	535	15,3	103,6	10,8	68,2	0,43	1,30	30,7	33	4,3
GT Pb 3	G3	3,72	0	1013	2	14,9	42,9	1,29	27,3	350	511	28,3	69,6	9,5	100,8	0,20	1,17	59,7	24	2,8
GT Pb 4	Peilschaal SBB	3,86	0	746	1	15,2	14,4	0,79	21,1	199	230	24,3	45,0	5,3	38,8	0,54	1,22	35,6	21	1,4
GT Pb 5	-	3,68	0	1022	2	8,6	7,9	0,72	11,7	91	83	28,8	67,5	8,9	56,0	0,26	2,43	69,0	72	4,3
Groene Plas																				
HBV Pb 1	H2	4,36	657	838	10	6,2	74,8	0,77	19,2	253	198	40,3	47,3	380,9	38,7	20,85	4,67	61,7	138	1,0
HBV Pb 2	H2	4,98	421	990	123	46,1	11,5	0,37	48,3	333	431	35,3	37,1	20,7	27,6	0,59	0,29	56,4	101	1,6
HBV Pb 3	H3	5,07	339	1312	123	15,9	28,6	0,33	24,0	185	143	21,7	77,6	54,8	34,7	0,47	0,84	22,7	201	5,2
HBV Pb 4	H3	5,57	574	927	285	1,1	45,6	0,88	31,0	287	197	22,5	111,0	49,6	43,3	0,52	1,02	21,2	248	45,1
HBV Pb 5	H1	4,35	50	1927	18	4,0	5,4	0,29	13,5	233	363	113,6	19,3	32,3	22,5	0,19	0,88	61,3	158	8,5
HBV Pb 6	H5	4,63	134	1613	37	1,0	5,8	0,94	18,2	209	169	159,6	37,7	58,1	18,2	0,24	2,62	174,5	194	3,4
HBV Pb 7	H6	5,18	231	668	55	3,4	12,8	0,20	29,4	139	112	145,3	82,3	54,2	25,4	0,39	4,18	287,0	231	18,9
Ronde Vlaas																				
RV Pb 1	GH1	5,28	502	1340	100	2,1	30,8	0,81	257,3	243	160	27,4	50,1	8,0	19,5	0,49	2,32	31,2	79,1	2,1
RV Pb 2	GH1	4,59	141	2084	36	5,7	12,2	0,62	46,5	145	107	4,1	24,7	5,4	15,4	0,67	1,30	11,0	41,2	1,7
RV Pb 3	GH2	4,34	72	1215	16	15,1	5,1	0,21	49,9	241	253	81,3	26,4	12,0	15,4	0,28	0,70	27,8	150,2	4,9
RV Pb 4	GH3	3,92	0	273	1	122,1	1,8	0,23	36,1	403	561	351,4	50,4	1,7	20,4	1,66	0,60	477,4	149,3	11,4
RV Pb 5	GH5	4,66	105	960	17	17,6	4,9	0,14	49,0	270	299	31,8	14,9	1,7	12,8	0,16	0,70	22,9	79,5	3,8
RV Pb 6	GH5	5,30	386	1294	100	3,0	5,0	0,47	176,0	261	232	49,1	37,8	26,6	27,2	0,65	1,77	13,3	121,4	3,1

7.4 Chemische samenstelling veenmos en veenbodem

Tabel 17. Chemische samenstelling van de bemonsterde veenmossen in het Dwingelerveld, Gieten, Haaksbergerveen en de Ronde Vlaas. Voor ligging van de locaties zie Figuur 1 t/m Figuur 4. Gebruikte codering: Sc = S. cuspidatum*, Sf* = S. fallax*, Sm* = S. magellanicum *en Sp* = S. papillosum*.*

Gebied	Deelgebied	Locatie	Soort	Vocht	N	C	$\delta^{13}C$	P	K	N/P	N/K	C/N	C/P	C/K
				%	%	%		$\mu mol\ g^{-1}$ DW	$\mu mol\ g^{-1}$ DW	$g\ g^{-1}$	$g\ g^{-1}$	$g\ g^{-1}$	$g\ g^{-1}$	$g\ g^{-1}$
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	Sf	90,7	1,04	44,86	-26,09	10,37	66,71	32	4,0	43	1397	172
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	Sp	94,6	1,07	45,01	-24,59	8,38	47,99	41	5,7	42	1735	240
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	Sf	93,5	1,11	43,76	-26,60	9,83	113,84	37	2,5	39	1438	98
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	Sp	93,9	1,05	44,55	-25,74	9,13	53,25	37	5,1	42	1575	214
Dwingelerveld	Barkmanveen	3	Sf	90,8	2,07	42,67	-25,53	20,90	122,02	32	4,3	21	659	89
Dwingelerveld	Barkmanveen	3	Sp	96,2	1,62	44,08	-23,77	17,30	95,73	30	4,3	27	823	118
Dwingelerveld	Barkmanveen	4	Sp	95,8	1,00	44,12	-24,46	9,03	49,37	36	5,2	44	1577	229
Dwingelerveld	Barkmanveen	4	Sm	95,0	1,22	44,76	-25,51	10,06	66,24	39	4,7	37	1436	173
Dwingelerveld	Poort 2	1	Sp	93,3	1,04	44,69	-25,95	8,35	46,34	40	5,7	43	1728	247
Dwingelerveld	Poort 2	2	Sm	94,1	1,00	45,00	-27,67	10,41	60,78	31	4,2	45	1396	189
Dwingelerveld	Poort 2	3	Sf	90,2	1,03	43,45	-27,61	11,08	94,84	30	2,8	42	1266	117
Dwingelerveld	Poort 2	4	Sf	92,1	1,23	43,32	-27,59	11,84	90,73	34	3,5	35	1182	122
Dwingelerveld	Poort 2	4	Sm	94,7	1,15	44,58	-26,20	11,97	64,62	31	4,5	39	1202	176
Dwingelerveld	Poort 2	4	Sp	94,9	1,07	44,30	-24,60	13,03	50,54	26	5,4	42	1098	224
Gieten	Veen 1	1	Sc	94,5	1,31	44,08	-25,37	17,13	164,40	25	2,0	34	831	69
Gieten	Veen 1	2	Sc	96,3	2,16	44,38	-29,39	33,16	293,31	21	1,9	21	432	39
Gieten	Veen 1	3	Sc	96,5	2,57	44,78	-28,13	37,93	306,00	22	2,1	17	381	37
Gieten	Veen 1	4	Sc	94,2	2,04	45,21	-25,76	24,90	212,19	26	2,5	22	586	54
Gieten	Veen 3	5	Sc	93,7	1,62	45,12	-25,70	48,56	204,17	11	2,0	28	300	57
Gieten	Veen 3	6	Sc	92,0	1,45	45,20	-24,76	26,71	238,00	18	1,6	31	546	49
Gieten	Veen 3	7	Sc	91,8	1,83	44,89	-26,02	28,51	202,31	21	2,3	25	508	57
Haaksbergerveen		1	Sc	96,5	1,12	44,92	-26,06	12,93	83,57	28	3,4	40	1122	137
Haaksbergerveen		3	Sc	96,2	1,47	43,84	-24,21	38,43	215,28	12	1,7	30	368	52
Haaksbergerveen		4	Sm	93,7	1,22	45,11	-27,56	8,84	57,35	44	5,4	37	1648	201
Haaksbergerveen	Groene Plas	6	Sp	94,8	1,06	44,78	-27,42	9,03	52,23	38	5,2	42	1602	219
Haaksbergerveen	Groene Plas	6	Sm	94,2	1,32	45,24	-28,62	8,21	59,30	52	5,7	34	1778	195
Ronde vlaas		1	Sf	90,7	1,20	43,76	-28,71	19,72	135,99	20	2,3	36	717	82
Ronde vlaas		3	Sf	93,7	0,98	44,06	-27,89	13,54	163,28	23	1,5	45	1051	69
Ronde vlaas		4	Sf	91,6	1,00	44,41	-27,94	14,46	119,47	22	2,1	45	992	95
Ronde vlaas		5	Sf	92,5	1,14	44,86	-26,59	14,67	125,56	25	2,3	39	987	91

Gebied	Deelgebied	Locatie	Soort	Ca	Mg	Fe	S	Al	Mn	Si	Zn
				$\mu mol\ g^{-1}$ DW	$\mu mol\ g^{-1}$ DW	$\mu mol\ g^{-1}$ DW	$\mu mol\ g^{-1}$ DW	$\mu mol\ g^{-1}$ DW	$\mu mol\ g^{-1}$ DW	$\mu mol\ g^{-1}$ DW	$\mu mol\ g^{-1}$ DW
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	Sf	14,2	21,55	2,82	23,25	2,84	0,33	3	0,3
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	Sp	16,9	20,40	2,20	21,18	3,93	0,26	4	0,5
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	Sf	18,3	29,73	3,42	22,51	2,97	0,65	3	0,5
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	Sp	28,6	30,86	2,84	22,54	3,80	1,64	5	0,6
Dwingelerveld	Barkmanveen	3	Sf	28,6	28,81	312,69	69,68	47,89	0,64	16	0,8
Dwingelerveld	Barkmanveen	3	Sp	34,3	44,42	57,87	37,60	13,80	1,10	6	1,0
Dwingelerveld	Barkmanveen	4	Sp	17,8	24,94	2,87	21,58	3,53	0,51	5	0,4
Dwingelerveld	Barkmanveen	4	Sm	19,9	27,73	2,91	25,43	4,35	0,31	6	0,4
Dwingelerveld	Poort 2	1	Sp	28,9	28,64	3,08	23,83	5,65	1,36	5	0,4
Dwingelerveld	Poort 2	2	Sm	42,3	30,29	3,22	23,67	5,29	3,43	7	0,5
Dwingelerveld	Poort 2	3	Sf	19,0	33,10	2,00	25,45	6,10	0,54	5	0,4
Dwingelerveld	Poort 2	4	Sf	32,4	33,98	2,26	25,66	3,08	0,77	6	0,6
Dwingelerveld	Poort 2	4	Sm	35,3	31,22	2,55	23,67	3,49	1,26	6	0,5
Dwingelerveld	Poort 2	4	Sp	33,4	33,87	2,23	23,95	4,02	0,99	6	0,5
Gieten	Veen 1	1	Sc	46,6	64,09	4,58	32,03	10,48	1,78	6	1,3
Gieten	Veen 1	2	Sc	51,5	145,53	4,08	84,37	12,40	0,79	7	1,0
Gieten	Veen 1	3	Sc	37,0	96,30	5,02	74,68	9,60	0,54	9	0,9
Gieten	Veen 1	4	Sc	36,5	72,17	2,68	43,21	8,25	0,47	5	0,6
Gieten	Veen 3	5	Sc	38,2	105,84	3,53	46,34	3,77	5,55	5	1,7
Gieten	Veen 3	6	Sc	32,7	83,93	4,27	37,26	3,66	1,39	5	1,1
Gieten	Veen 3	7	Sc	29,8	72,10	3,54	39,63	10,15	0,52	6	0,8
Haaksbergerveen		1	Sc	29,9	36,60	5,33	30,41	6,19	1,00	5	0,7
Haaksbergerveen		3	Sc	33,8	45,55	4,91	41,74	7,66	0,43	4	1,3
Haaksbergerveen		4	Sm	35,1	22,33	4,56	29,30	6,45	1,12	8	0,6
Haaksbergerveen	Groene Plas	6	Sp	61,7	31,05	4,42	25,35	7,14	0,75	8	1,1
Haaksbergerveen	Groene Plas	6	Sm	53,3	29,61	7,45	30,37	9,03	1,10	14	0,7
Ronde vlaas		1	Sf	29,9	37,92	2,35	25,07	3,06	1,13	5	1,0
Ronde vlaas		3	Sf	25,1	31,40	2,67	23,09	3,82	1,11	8	0,7
Ronde vlaas		4	Sf	19,8	25,43	1,96	24,30	2,96	1,67	5	0,7
Ronde vlaas		5	Sf	31,9	29,64	2,87	22,82	4,17	0,84	6	1,0

Tabel 18. Vocht%, massavolume en de totale concentraties van de belangrijkste nutriënten en mineralen van de bemonsterde veenbodems in het Dwingelerveld, Gieten, Haaksbergerveen en de Ronde Vlaas. Voor ligging van de locaties zie Figuur 1 t/m Figuur 4. Het veen van 0-10 cm diepte betreft de levende veenmoslaag (zonder de capitula). Gebruikte codering: Sc = S. cuspidatum, *Sf* = S. fallax, *Sm* = S. magellanicum *en Sp* = S. papillosum. Vervolg van de tabel op de volgende pagina.

Gebied	Deelgebied	Locatie	Diepte	Soort	Vocht	MassaVolume	N	C	$\delta^{13}C$	P	K	C/N-ratio	C/P-ratio	Al	Ca	Mg
			cm		*%*	*g DW l⁻¹ FW*	*%*	*%*		*µmol g⁻¹ DW*	*µmol g⁻¹ DW*	*g g⁻¹*	*g g⁻¹*	*µmol g⁻¹ DW*	*µmol g⁻¹ DW*	*µmol g⁻¹ DW*
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	0-10	Sf	94,3	12	0,73	41,55	-26,92	8,24	117,27	57	1628	6,27	25,16	20,30
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	0-10	Sp	95,7	11	0,54	46,75	-25,66	6,04	56,33	86	2500	9,29	18,29	18,53
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	10-20		96,4	26	0,58	43,95	-26,05	7,48	13,34	75	1898	14,06	24,84	25,72
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	40-60		75,8	256	0,41	6,87	-27,65	7,74	8,79	17	286	142,71	23,82	12,71
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	60-80		52,4	626	0,24	3,78	-27,56	3,49	6,20	16	350	117,72	12,29	9,48
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	0-10	Sf	95,2	12	0,97	41,49	-27,71	12,06	219,71	43	1111	10,66	31,46	45,41
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	0-10	Sp	95,1	13	0,63	44,32	-26,84	8,45	57,13	70	1694	8,45	41,53	25,04
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	10-20		94,7	37	0,99	45,37	-27,61	12,39	17,69	46	1182	43,53	42,48	23,96
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	40-70		92,9	51	1,39	41,39	-25,74	14,56	4,49	30	918	150,57	31,07	14,78
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	70-80		79,7	214	0,47	7,12	-27,38	7,79	7,70	15	295	182,05	12,82	12,03
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	80-100		47,5	674	0,14	1,53	-27,18	2,60	6,29	11	190	116,61	6,09	9,92
Dwingelerveld	Barkmanveen	3	0-10	Sf	93,4	18	1,92	46,10	-26,14	22,93	109,32	24	649	55,27	32,20	26,82
Dwingelerveld	Barkmanveen	3	0-10	Sp	96,3	12	1,21	41,96	-25,47	14,69	121,97	35	922	19,39	39,78	40,86
Dwingelerveld	Barkmanveen	3	10-20		67,3	422	0,18	3,69	.	4,38	9,47	21	272	105,53	9,60	9,76
Dwingelerveld	Barkmanveen	3	20-40		56,0	547	0,16	2,58	-27,71	4,88	5,65	16	171	128,68	7,90	8,00
Dwingelerveld	Barkmanveen	4	0-10	Sp	96,2	10	0,58	47,79	-26,00	7,81	60,74	82	1976	8,12	22,23	21,95
Dwingelerveld	Barkmanveen	4	0-10	Sm	96,0	12	0,74	49,33	-26,62	8,07	70,01	67	1973	8,28	25,24	22,75
Dwingelerveld	Barkmanveen	4	10-20		93,3	42	0,87	45,26	-27,81	9,35	9,91	52	1564	16,28	28,39	24,84
Dwingelerveld	Barkmanveen	4	20-40		82,7	159	0,71	18,03	-26,60	17,35	7,11	25	336	272,25	9,84	11,22
Dwingelerveld	Poort 2	1	0-10	Sp	92,9	15	0,68	42,16	-26,36	7,22	56,25	62	1886	10,68	33,95	23,35
Dwingelerveld	Poort 2	1	10-20		95,2	31	0,65	44,69	-27,04	7,10	14,43	68	2033	9,53	25,40	23,01
Dwingelerveld	Poort 2	1	20-40		95,0	30	0,81	44,65	-24,16	7,00	1,99	55	2060	28,22	25,82	22,25
Dwingelerveld	Poort 2	1	60-80		87,0	123	0,99	23,46	-25,54	8,02	4,31	24	945	125,70	22,58	16,52
Dwingelerveld	Poort 2	2	0-10	Sm	93,7	14	0,55	50,89	-28,02	7,72	59,08	92	2129	8,49	53,29	26,06
Dwingelerveld	Poort 2	2	10-20		95,2	30	0,64	46,18	-27,92	8,56	14,66	72	1743	9,27	26,69	20,81
Dwingelerveld	Poort 2	2	20-40		94,4	34	0,72	43,47	-24,00	4,90	2,44	60	2865	27,72	42,49	30,49
Dwingelerveld	Poort 2	2	60-80		91,5	83	1,16	26,18	-25,26	9,62	5,95	23	878	130,75	31,38	17,85
Dwingelerveld	Poort 2	3	0-10	Sf	93,2	12	0,55	50,32	-27,47	9,03	113,01	92	1799	4,92	26,55	34,38
Dwingelerveld	Poort 2	3	10-20		94,1	40	0,93	45,58	-27,75	9,56	10,80	49	1540	11,86	39,68	40,31
Dwingelerveld	Poort 2	3	40-100		94,9	37	1,30	45,06	-26,85	12,75	25,33	35	1141	30,88	33,47	30,91
Dwingelerveld	Poort 2	4	0-10	Sf	93,4	18	0,96	41,84	-27,90	10,86	72,86	44	1243	7,94	52,82	35,64
Dwingelerveld	Poort 2	4	0-10	Sm	95,4	11	0,80	42,92	-26,41	10,58	73,43	53	1310	7,69	46,23	28,66
Dwingelerveld	Poort 2	4	0-10	Sp	95,7	15	0,63	42,56	-25,32	9,86	62,34	67	1394	7,63	36,46	26,17
Dwingelerveld	Poort 2	4	10-20		94,7	38	0,63	45,73	-26,09	7,39	12,75	72	1998	9,21	23,65	19,86
Dwingelerveld	Poort 2	4	40-60		94,7	39	1,14	45,62	-24,73	8,23	0,35	40	1790	21,83	21,56	19,16
Dwingelerveld	Poort 2	4	60-80		88,5	99	1,17	34,50	-26,07	7,97	2,30	29	1397	129,50	36,35	25,75
Dwingelerveld	Poort 2	4	80-100		89,7	104	1,36	49,03	-25,49	4,90	0,59	36	3231	31,88	50,92	60,31
Gieten	Veen 1	1	0-10	Sc	96,0	16	.	.	.	11,78	202,69	.	.	11,16	57,00	71,17
Gieten	Veen 1	1	10-20		94,7	49	1,03	42,74	-26,10	12,88	14,47	41	1072	17,51	48,40	45,63
Gieten	Veen 1	1	20-30		92,5	68	1,86	43,61	-26,65	25,01	13,45	23	563	80,04	51,96	30,10
Gieten	Veen 1	1	30-50		82,5	175	1,16	44,21	-26,89	11,76	2,94	38	1214	119,54	72,36	51,65
Gieten	Veen 1	2	0-10	Sc	96,8	19	2,19	43,46	-28,92	44,28	468,11	20	317	14,98	72,55	179,69
Gieten	Veen 1	2	10-20		96,9	28	1,71	42,13	-29,65	37,64	117,96	25	361	18,48	58,60	88,17
Gieten	Veen 1	2	130-140		63,2	419	0,28	8,46	-27,11	5,32	18,23	30	513	212,58	26,58	39,71
Gieten	Veen 1	3	0-10	Sc	96,7	16	2,31	41,33	-29,02	37,13	420,60	18	359	12,04	34,21	143,07
Gieten	Veen 1	3	10-20		96,9	38	1,79	47,03	-28,36	28,71	49,35	26	529	23,67	81,19	68,02
Gieten	Veen 1	3	110-140		74,0	254	0,62	15,73	-25,52	6,68	30,70	25	761	394,13	22,52	42,86
Gieten	Veen 1	4	0-10	Sc	95,7	24	1,27	39,34	-26,17	16,20	240,48	31	784	13,06	34,92	81,53
Gieten	Veen 1	4	10-20		94,3	37	0,80	42,15	-26,13	9,55	13,45	53	1425	26,99	50,75	44,54
Gieten	Veen 1	4	20-50		93,4	60	1,87	43,58	-26,91	22,57	5,89	23	623	109,53	48,46	39,39
Gieten	Veen 1	4	50-70		84,8	150	1,09	46,78	-26,99	8,67	2,56	43	1742	136,90	87,64	72,67
Gieten	Veen 3	5	0-10	Sc	95,1	14	1,25	41,70	-26,01	37,14	228,81	33	363	5,95	32,61	100,90
Gieten	Veen 3	5	10-20		94,4	27	1,11	44,36	-26,95	16,00	8,61	40	895	7,76	28,06	70,54
Gieten	Veen 3	5	20-30		95,5	38	1,24	43,11	-26,64	16,93	6,11	35	822	37,01	65,07	41,90
Gieten	Veen 3	5	30-50		92,9	66	1,85	43,16	-26,39	17,36	6,00	23	803	72,12	40,82	37,08
Gieten	Veen 3	6	0-10	Sc	94,0	15	1,34	42,19	-24,83	29,45	297,12	31	463	5,44	30,46	96,69
Gieten	Veen 3	6	10-20		95,0	36	0,87	42,70	-25,45	13,54	11,60	49	1018	9,83	52,99	51,70
Gieten	Veen 3	6	20-40		93,6	68	2,08	43,62	-26,94	18,86	4,46	21	747	61,36	42,49	35,68
Gieten	Veen 3	7	0-10	Sc	94,4	14	1,38	41,48	-26,41	18,11	245,49	30	739	15,05	32,89	80,27
Gieten	Veen 3	7	10-20		96,5	33	0,92	43,17	-27,26	12,85	14,80	47	1084	27,94	55,26	42,95
Haaksbergerveen		1	0-10	Sc	96,8	12	0,64	47,20	-25,43	9,28	105,63	74	1642	12,75	36,13	37,05
Haaksbergerveen		1	10-20		96,5	19	0,82	46,78	-27,04	11,88	34,10	57	1272	24,95	95,10	67,47
Haaksbergerveen		1	20-40		93,9	56	1,81	47,32	-27,08	15,02	6,62	26	1018	209,23	94,42	35,46
Haaksbergerveen		1	40-60		92,6	71	1,45	46,39	-26,97	14,06	7,62	32	1066	229,05	145,32	57,02
Haaksbergerveen		1	60-80		89,9	96	1,34	46,91	-27,76	9,70	8,64	35	1562	180,60	189,80	67,36
Haaksbergerveen		2	100-120		82,9	201	0,87	21,08	-27,61	10,69	3,61	24	637	105,80	69,18	18,37
Haaksbergerveen		2	120-140		83,2	161	1,60	42,47	-27,36	10,96	0,91	26	1251	76,78	131,12	24,75
Haaksbergerveen		2	140-150		87,4	119	1,98	49,37	-27,57	15,42	0,17	25	1033	135,93	148,58	27,47
Haaksbergerveen		3	0-10	Sc	95,9	18	1,17	44,05	-24,70	31,29	242,82	38	455	7,74	38,93	57,94
Haaksbergerveen		3	10-20		95,5	34	1,46	45,38	-26,95	24,54	12,25	31	597	13,87	32,30	17,55
Haaksbergerveen		3	20-40		93,3	71	1,86	48,54	-27,27	16,42	3,08	26	954	77,47	78,01	15,62
Haaksbergerveen		3	40-60		70,3	334	1,43	32,91	-28,30	4,87	0,89	23	2181	57,74	44,30	6,00
Haaksbergerveen		3	60-80		27,9	1224	0,11	1,45	-28,70	1,94	0,65	13	241	75,08	11,66	4,51
Haaksbergerveen		4	0-10	Sm	94,0	13	0,76	42,77	-26,76	6,09	71,77	56	2267	8,01	37,43	20,01
Haaksbergerveen		4	10-20		95,8	25	0,54	43,30	-25,66	7,03	12,19	80	1990	7,07	21,59	22,16
Haaksbergerveen		4	20-40		95,6	40	1,23	46,07	-25,78	8,61	1,00	37	1728	34,15	77,58	19,27
Haaksbergerveen		4	160-180		89,7	99	1,12	55,63	-27,41	3,55	0,79	50	5062	26,74	344,32	26,03
Haaksbergerveen		4	180-200		74,5	249	1,04	39,27	-26,68	3,60	3,11	38	3521	108,14	273,96	22,18
Haaksbergerveen		4	200-220		76,0	262	1,06	26,97	-25,06	6,55	11,13	25	1330	293,63	199,32	46,80
Haaksbergerveen	Groene plas	5	0-10		78,5	196	1,44	35,33	-26,81	12,50	14,75	24	912	433,37	11,95	10,53
Haaksbergerveen	Groene plas	5	10-20		37,0	766	0,17	5,38	-28,04	7,76	0,87	33	224	223,87	7,15	2,06
Haaksbergerveen	Groene plas	5	20-30		37,8	771	0,35	11,31	-28,30	8,10	1,26	32	451	199,78	6,50	2,72
Haaksbergerveen	Groene plas	6	0-10	Sp	95,4	7	0,75	42,36	-27,23	6,37	64,05	56	2148	11,57	54,77	27,59
Haaksbergerveen	Groene plas	6	0-10	Sm	94,6	17	1,13	42,76	-28,00	6,84	69,25	38	2019	22,70	67,88	29,60
Haaksbergerveen	Groene plas	6	10-20	Sp	95,4	30	1,11	42,42	-27,07	9,68	28,95	38	1416	145,09	60,16	24,22
Haaksbergerveen	Groene plas	6	10-20	Sm	95,1	26	1,02	40,81	-27,87	8,37	34,51	40	1574	101,53	80,18	29,54
Haaksbergerveen	Groene plas	6	20-30		92,4	74	1,39	42,60	-26,26	19,29	4,18	31	713	348,91	53,28	14,32
Haaksbergerveen	Groene plas	6	30-40		87,2	124	1,40	41,57	-27,42	13,19	1,26	30	1018	323,48	74,73	11,84
Haaksbergerveen	Groene plas	7	20-40		89,8	92	1,67	46,87	-28,19	18,77	3,01	28	806	143,59	72,97	11,66
Haaksbergerveen	Groene plas	7	55-60		24,4	1247	0,09	1,19	-28,26	1,19	1,41	14	324	119,08	12,79	11,65
Ronde vlaas		1	0-10	Sf	93,3	17	0,86	44,07	-28,05	17,37	130,56	51	819	5,53	47,46	47,61
Ronde vlaas		1	10-20		95,7	32	0,74	44,40	-28,01	13,23	14,80	60	1084	8,21	40,73	35,61
Ronde vlaas		1	20-40		93,8	50	1,62	46,07	-27,32	13,46	31,58	28	1105	5,74	64,25	44,62
Ronde vlaas		1	40-60		92,1	66	1,76	44,33	-27,77	12,92	10,96	25	1108	72,80	41,59	8,58
Ronde vlaas		1	60-100		85,6	137	1,08	19,11	-29,24	15,64	4,21	18	394	79,00	37,98	9,17
Ronde vlaas		1	+100		65,0	408	0,52	14,69	-27,91	5,02	12,10	28	945	81,81	33,70	20,74
Ronde vlaas		2	150		76,8	277	0,57	14,80	-28,47	6,26	12,34	26	763	133,82	50,62	22,16
Ronde vlaas		3	0-10	Sf	94,4	19	0,61	45,28	-27,67	12,50	14,39	75	1170	8,11	42,27	36,22
Ronde vlaas		3	10-20		94,7	42	0,88	43,55	-28,10	10,18	234,38	49	1381	4,58	28,87	32,09
Ronde vlaas		3	20-40		95,1	45	1,95	47,09	-27,54	16,92	2,78	24	899	40,55	75,79	14,61
Ronde vlaas		3	40-60		93,9	66	2,20	42,21	-27,73	18,71	3,61	19	729	104,63	71,46	14,57
Ronde vlaas		3	60-100		76,1	274	0,80	13,89	-28,64	10,74	3,80	17	418	70,47	41,75	8,22
Ronde vlaas		3	+100		62,2	464	0,64	12,44	-28,14	5,80	1,36	19	693	43,57	18,16	4,95
Ronde vlaas		4	0-10	Sf	93,0	16	0,64	44,13	-28,33	13,11	32,13	69	1087	6,54	77,79	45,42
Ronde vlaas		4	10-20		95,6	32	0,88	44,53	-27,63	11,81	151,45	51	1218	5,81	36,58	30,33
Ronde vlaas		4	20-40		93,7	74	1,79	47,31	-28,32	15,44	4,97	27	990	23,81	46,67	11,07
Ronde vlaas		4	40-60		84,5	174	1,48	29,62	-27,87	18,16	4,11	20	527	86,61	40,80	10,62
Ronde vlaas		5	0-10	Sf	95,2	18	0,79	43,49	-26,77	13,87	26,86	55	1013	6,16	27,25	45,25
Ronde vlaas		5	10-20		94,7	35	0,79	43,70	-27,40	13,87	119,21	55	1018	5,16	44,59	40,61
Ronde vlaas		5	20-40		94,8	56	1,76	46,80	-27,99	16,07	6,65	27	940	47,77	65,46	13,61
Ronde vlaas		5	40-60		87,5	112	0,90	23,52	-27,46	11,73	4,18	26	647	56,35	36,90	8,27

Gebied	Deelgebied	Locatie	Diepte	Soort	Fe	S	Mn	Si	Zn
			cm		*µmol g $^{-1}$ DW*	*µmol g $^{-1}$ DW*	*µmol g $^{-1}$ DW*	*µmol g $^{-1}$ DW*	*µmol g $^{-1}$ DW*
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	0-10	Sf	5,45	20,96	0,43	5,34	0,34
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	0-10	Sp	6,11	19,73	0,36	8,56	0,28
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	10-20		36,68	34,45	0,53	9,49	0,45
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	40-60		51,05	81,34	0,34	12,11	1,18
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	60-80		34,98	20,41	0,21	10,85	0,24
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	0-10	Sf	11,04	26,50	1,14	7,42	0,74
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	0-10	Sp	4,87	19,02	1,83	8,17	0,40
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	10-20		58,14	72,43	1,12	10,53	1,10
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	40-70		142,01	313,99	0,54	13,69	5,94
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	70-80		142,15	217,53	0,31	10,98	2,07
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	80-100		34,89	12,04	0,21	11,41	0,11
Dwingelerveld	Barkmanveen	3	0-10	Sf	393,67	79,93	0,70	12,13	0,68
Dwingelerveld	Barkmanveen	3	0-10	Sp	72,47	36,29	1,10	6,90	0,84
Dwingelerveld	Barkmanveen	3	10-20		34,54	28,39	0,16	12,01	0,16
Dwingelerveld	Barkmanveen	3	20-40		26,02	40,12	0,15	11,58	0,35
Dwingelerveld	Barkmanveen	4	0-10	Sp	4,14	19,93	0,76	6,24	0,25
Dwingelerveld	Barkmanveen	4	0-10	Sm	3,89	21,39	0,34	6,51	0,35
Dwingelerveld	Barkmanveen	4	10-20		27,05	38,55	1,42	10,50	0,39
Dwingelerveld	Barkmanveen	4	20-40		78,47	184,98	0,27	12,69	0,16
Dwingelerveld	Poort 2	1	0-10	Sp	4,66	19,43	1,42	7,46	0,35
Dwingelerveld	Poort 2	1	10-20		6,27	28,41	0,43	7,77	0,70
Dwingelerveld	Poort 2	1	20-40		12,13	140,25	0,26	6,63	1,66
Dwingelerveld	Poort 2	1	60-80		16,91	92,54	0,24	12,89	0,43
Dwingelerveld	Poort 2	2	0-10	Sm	3,89	18,24	4,32	9,76	0,42
Dwingelerveld	Poort 2	2	10-20		4,78	27,20	0,85	6,41	0,42
Dwingelerveld	Poort 2	2	20-40		22,95	114,41	0,46	4,74	1,14
Dwingelerveld	Poort 2	2	60-80		23,02	143,95	0,30	12,74	1,40
Dwingelerveld	Poort 2	3	0-10	Sf	2,39	18,01	0,74	5,01	0,19
Dwingelerveld	Poort 2	3	10-20		11,26	37,92	1,40	10,18	0,55
Dwingelerveld	Poort 2	3	40-100		22,40	105,47	0,57	7,76	1,85
Dwingelerveld	Poort 2	4	0-10	Sf	4,14	23,17	1,29	10,60	0,71
Dwingelerveld	Poort 2	4	0-10	Sm	3,84	21,94	1,56	8,81	0,50
Dwingelerveld	Poort 2	4	0-10	Sp	3,84	20,44	1,02	7,32	0,32
Dwingelerveld	Poort 2	4	10-20		7,49	30,34	0,31	7,91	0,50
Dwingelerveld	Poort 2	4	40-60		10,11	153,94	0,15	6,75	1,32
Dwingelerveld	Poort 2	4	60-80		21,41	136,32	0,19	13,13	1,84
Dwingelerveld	Poort 2	4	80-100		25,92	81,33	0,10	3,13	0,27
Gieten	Veen 1	1	0-10	Sc	5,41	27,37	1,87	6,61	1,58
Gieten	Veen 1	1	10-20		12,81	39,01	1,79	12,13	0,99
Gieten	Veen 1	1	20-30		13,96	187,43	0,35	11,67	0,93
Gieten	Veen 1	1	30-50		28,67	106,65	0,32	9,91	1,13
Gieten	Veen 1	2	0-10	Sc	4,47	83,27	0,79	7,70	1,29
Gieten	Veen 1	2	10-20		10,10	59,03	0,90	8,61	0,52
Gieten	Veen 1	2	130-140		41,48	50,97	0,60	13,67	0,24
Gieten	Veen 1	3	0-10	Sc	5,16	67,90	0,56	8,54	0,60
Gieten	Veen 1	3	10-20		11,24	60,80	0,42	12,59	0,29
Gieten	Veen 1	3	110-140		59,40	62,83	0,56	14,81	0,23
Gieten	Veen 1	4	0-10	Sc	3,25	38,80	0,45	6,14	0,36
Gieten	Veen 1	4	10-20		7,14	39,69	0,40	10,89	0,35
Gieten	Veen 1	4	20-50		35,18	245,79	0,25	14,07	1,03
Gieten	Veen 1	4	50-70		31,93	140,28	0,29	8,79	1,27
Gieten	Veen 3	5	0-10	Sc	3,98	41,88	5,69	5,40	1,75
Gieten	Veen 3	5	10-20		9,14	46,77	4,57	9,00	1,82
Gieten	Veen 3	5	20-30		19,96	88,55	0,78	10,90	1,05
Gieten	Veen 3	5	30-50		18,90	206,59	0,16	11,30	0,67
Gieten	Veen 3	6	0-10	Sc	5,25	36,49	1,32	5,72	0,88
Gieten	Veen 3	6	10-20		12,46	30,72	0,73	6,97	0,54
Gieten	Veen 3	6	20-40		17,26	249,49	0,16	10,84	1,26
Gieten	Veen 3	7	0-10	Sc	4,19	29,93	0,62	6,34	0,81
Gieten	Veen 3	7	10-20		10,71	38,44	0,31	8,81	0,36
Haaksbergerveen		1	0-10	Sc	12,46	31,74	1,02	4,66	0,69
Haaksbergerveen		1	10-20		25,97	70,81	1,93	5,95	0,67
Haaksbergerveen		1	20-40		115,68	456,40	1,15	5,67	12,38
Haaksbergerveen		1	40-60		143,52	425,09	2,09	10,69	8,08
Haaksbergerveen		1	60-80		239,85	373,40	2,07	8,38	2,15
Haaksbergerveen		2	100-120		108,26	79,20	2,10	7,16	1,11
Haaksbergerveen		2	120-140		77,08	178,02	2,08	7,42	1,88
Haaksbergerveen		2	140-150		65,57	128,05	1,05	6,72	1,61
Haaksbergerveen		3	0-10	Sc	5,27	36,88	0,41	3,52	1,32
Haaksbergerveen		3	10-20		9,05	55,84	0,32	3,50	0,71
Haaksbergerveen		3	20-40		41,46	224,37	0,36	3,82	0,69
Haaksbergerveen		3	40-60		16,70	71,27	0,16	14,73	0,61
Haaksbergerveen		3	60-80		11,03	6,33	0,07	15,05	0,11
Haaksbergerveen		4	0-10	Sm	5,19	22,40	1,01	4,55	0,54
Haaksbergerveen		4	10-20		6,91	24,51	0,47	3,19	0,75
Haaksbergerveen		4	20-40		20,24	224,28	0,43	9,78	2,28
Haaksbergerveen		4	160-180		79,32	70,39	1,18	4,04	0,70
Haaksbergerveen		4	180-200		75,60	43,32	0,99	16,35	0,20
Haaksbergerveen		4	200-220		95,02	56,87	1,05	15,50	0,27
Haaksbergerveen	Groene plas	5	0-10		74,15	77,87	0,60	14,88	2,65
Haaksbergerveen	Groene plas	5	10-20		2,26	21,30	0,03	13,14	0,16
Haaksbergerveen	Groene plas	5	20-30		3,17	15,76	0,04	14,68	0,17
Haaksbergerveen	Groene plas	6	0-10	Sp	6,15	22,50	0,63	4,25	0,56
Haaksbergerveen	Groene plas	6	0-10	Sm	22,67	27,17	1,10	6,32	0,61
Haaksbergerveen	Groene plas	6	10-20	Sp	175,59	70,40	0,79	5,56	0,71
Haaksbergerveen	Groene plas	6	10-20	Sm	296,75	48,00	0,71	5,51	0,71
Haaksbergerveen	Groene plas	6	20-30		42,80	276,18	0,16	12,53	0,60
Haaksbergerveen	Groene plas	6	30-40		35,74	263,39	0,16	16,83	1,15
Haaksbergerveen	Groene plas	7	20-40		59,63	239,91	0,14	10,78	0,66
Haaksbergerveen	Groene plas	7	55-60		26,76	5,84	0,14	14,22	0,19
Ronde vlaas		1	0-10	Sf	3,63	25,24	2,19	7,11	1,45
Ronde vlaas		1	10-20		8,01	29,12	1,91	7,58	1,47
Ronde vlaas		1	20-40		7,68	28,30	1,91	7,34	1,64
Ronde vlaas		1	40-60		22,09	253,91	0,61	11,51	15,03
Ronde vlaas		1	60-100		27,04	106,66	0,43	12,68	0,83
Ronde vlaas		1	+100		22,63	24,66	0,52	15,08	0,27
Ronde vlaas		2	150		30,45	36,02	0,78	18,18	0,62
Ronde vlaas		3	0-10	Sf	8,23	28,64	1,95	7,56	1,52
Ronde vlaas		3	10-20		3,18	23,11	1,34	5,71	0,75
Ronde vlaas		3	20-40		34,03	200,23	0,50	10,99	3,93
Ronde vlaas		3	40-60		31,54	289,31	0,45	8,57	14,39
Ronde vlaas		3	60-100		18,23	94,19	0,26	6,68	2,67
Ronde vlaas		3	+100		10,64	43,26	0,15	5,82	1,03
Ronde vlaas		4	0-10	Sf	9,26	31,15	2,51	9,86	1,34
Ronde vlaas		4	10-20		3,31	21,45	2,34	6,73	1,08
Ronde vlaas		4	20-40		33,02	110,66	0,27	4,59	2,63
Ronde vlaas		4	40-60		25,12	163,45	0,25	7,54	3,66
Ronde vlaas		5	0-10	Sf	5,63	34,87	4,11	8,29	2,00
Ronde vlaas		5	10-20		4,88	20,96	1,80	5,73	1,43
Ronde vlaas		5	20-40		38,90	155,64	0,34	5,48	3,75
Ronde vlaas		5	40-60		19,20	149,41	0,21	5,06	7,64

Tabel 19. pH_{H2O} en de concentratie waterextraheerbare ionen van de bemonsterde veenbodems in het Dwingelerveld, Gieten, Haaksbergerveen en de Ronde Vlaas. Voor ligging van de locaties zie Figuur 1 t/m Figuur 4. Het veen van 0-10 cm diepte betreft de levende veenmoslaag (zonder de capitula). Gebruikte codering: Sc = S. cuspidatum*, Sf* = S. fallax*, Sm* = S. magellanicum *en Sp* = S. papillosum*.* Vervolg van de tabel op de volgende pagina.

Gebied	Deelgebied	Locatie	Diepte	Soort	pH_{H2O}	NO_3	NH_4	PO_4	Na	Cl	Al
			cm			*µmol g⁻¹ DW*	*µmol g⁻¹ DW*	*µmol g⁻¹ DW*	*µmol g⁻¹ DW*	*µmol g⁻¹ DW*	*µmol g⁻¹ DW*
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	0-10	Sf	3,92	1,40	0,37	1,47	42,04	40,31	0,15
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	0-10	Sp	3,53	0,02	0,50	0,13	2,17	1,92	0,02
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	10-20		4,09	0,08	1,54	0,35	3,74	1,70	0,20
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	40-60		3,68	0,08	1,03	0,00	1,41	0,49	0,08
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	60-80		3,95	0,03	0,58	0,00	0,50	0,22	0,02
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	0-10	Sf	3,78	0,12	0,27	0,08	3,35	0,92	0,03
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	0-10	Sp	3,63	0,08	0,24	0,19	2,27	0,65	0,03
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	10-20		3,61	0,07	1,03	0,00	3,07	1,13	0,33
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	40-70		3,15	0,10	1,24	0,00	8,98	4,95	15,86
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	70-80		3,27	0,02	0,32	0,08	1,70	0,74	30,80
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	80-100		4,05	0,00	0,48	0,00	0,42	0,14	0,19
Dwingelerveld	Barkmanveen	3	0-10	Sf	5,31	0,27	13,86	0,00	2,75	2,92	0,60
Dwingelerveld	Barkmanveen	3	0-10	Sp	4,91	0,29	0,63	0,00	2,70	1,35	0,10
Dwingelerveld	Barkmanveen	3	10-20		4,26	0,05	0,66	0,01	0,64	0,46	0,14
Dwingelerveld	Barkmanveen	3	20-40		4,00	0,04	0,44	0,00	0,49	0,18	0,05
Dwingelerveld	Barkmanveen	4	0-10	Sp	4,08	0,01	0,34	0,00	0,36	0,84	0,01
Dwingelerveld	Barkmanveen	4	0-10	Sm	3,97	0,03	0,27	0,06	3,42	0,61	0,03
Dwingelerveld	Barkmanveen	4	10-20		3,83	0,33	1,07	0,07	2,72	1,23	0,06
Dwingelerveld	Barkmanveen	4	20-40		4,15	0,40	2,39	0,00	2,94	1,07	0,15
Dwingelerveld	Poort 2	1	0-10	Sp	3,51	0,25	0,39	0,00	5,85	1,75	0,06
Dwingelerveld	Poort 2	1	10-20		4,11	0,04	0,19	0,00	2,61	0,87	0,04
Dwingelerveld	Poort 2	1	20-40		4,05	0,12	5,82	0,07	4,35	1,86	0,09
Dwingelerveld	Poort 2	1	60-80		4,18	0,02	2,16	0,00	2,57	0,86	0,07
Dwingelerveld	Poort 2	2	0-10	Sm	4,06	0,09	0,20	0,00	8,46	2,66	0,01
Dwingelerveld	Poort 2	2	10-20		3,71	0,03	0,27	0,00	2,33	1,40	0,08
Dwingelerveld	Poort 2	2	20-40		4,04	0,04	2,43	0,00	5,71	2,03	0,14
Dwingelerveld	Poort 2	2	60-80		3,99	1,15	3,59	0,00	4,32	1,78	0,08
Dwingelerveld	Poort 2	3	0-10	Sf	3,68	0,03	0,16	0,00	10,74	1,03	0,11
Dwingelerveld	Poort 2	3	10-20		4,52	0,06	1,74	0,03	3,77	2,02	0,03
Dwingelerveld	Poort 2	3	40-100		4,63	4,10	4,78	0,03	4,27	2,13	0,08
Dwingelerveld	Poort 2	4	0-10	Sf	3,61	0,03	0,13	0,06	9,62	1,37	0,06
Dwingelerveld	Poort 2	4	0-10	Sm	4,45	0,05	0,16	0,00	5,26	0,65	0,12
Dwingelerveld	Poort 2	4	0-10	Sp	3,82	0,08	0,19	0,00	4,23	0,80	0,05
Dwingelerveld	Poort 2	4	10-20		3,78	0,05	0,42	0,00	3,36	0,71	0,04
Dwingelerveld	Poort 2	4	40-60		4,24	1,81	5,26	0,04	4,13	1,90	0,08
Dwingelerveld	Poort 2	4	60-80		4,22	0,10	4,16	0,00	1,51	0,45	0,14
Dwingelerveld	Poort 2	4	80-100		4,21	0,12	2,21	0,01	3,49	1,05	0,14
Gieten	Veen 1	1	0-10	Sc	4,87	0,20	3,82	0,13	43,07	98,69	0,07
Gieten	Veen 1	1	10-20		3,77	0,08	0,48	0,11	3,57	3,52	0,07
Gieten	Veen 1	1	20-30		3,21	0,04	0,57	0,02	1,76	1,78	0,16
Gieten	Veen 1	1	30-50		3,23	0,12	0,24	0,00	2,36	1,06	0,15
Gieten	Veen 1	2	0-10	Sc	7,55	0,57	269,07	6,03	72,74	326,74	0,42
Gieten	Veen 1	2	10-20		5,23	0,22	55,82	7,98	22,73	135,76	0,51
Gieten	Veen 1	2	130-140		3,72	0,02	0,67	0,02	1,25	0,66	0,24
Gieten	Veen 1	3	0-10	Sc	4,92	0,30	427,58	28,32	91,44	390,50	0,52
Gieten	Veen 1	3	10-20		4,38	0,16	17,01	0,30	6,33	25,34	0,24
Gieten	Veen 1	3	110-140		3,47	0,59	1,73	0,00	2,02	1,47	0,35
Gieten	Veen 1	4	0-10	Sc	4,27	0,07	61,74	1,97	46,86	145,17	0,21
Gieten	Veen 1	4	10-20		3,38	0,10	0,56	0,11	5,01	7,78	0,13
Gieten	Veen 1	4	20-50		3,49	0,11	0,77	0,00	5,21	3,82	0,34
Gieten	Veen 1	4	50-70		3,32	0,03	0,28	0,01	6,46	4,94	0,26
Gieten	Veen 3	5	0-10	Sc	4,51	0,14	12,68	17,93	20,59	75,95	0,10
Gieten	Veen 3	5	10-20		3,75	0,12	4,00	0,28	2,21	2,57	0,03
Gieten	Veen 3	5	20-30		3,48	1,43	1,12	0,15	7,84	5,81	0,25
Gieten	Veen 3	5	30-50		3,35	0,18	0,95	0,10	5,66	3,01	0,18
Gieten	Veen 3	6	0-10	Sc	5,78	0,11	49,88	5,58	47,00	171,71	0,09
Gieten	Veen 3	6	10-20		3,84	0,14	1,77	1,02	5,93	4,48	0,14
Gieten	Veen 3	6	20-40		3,54	0,17	3,37	1,59	6,80	4,14	0,36
Gieten	Veen 3	7	0-10	Sc	4,85	0,30	30,10	0,29	19,28	74,58	0,14
Gieten	Veen 3	7	10-20		3,34	0,17	1,22	0,21	5,58	3,83	0,44
Haaksbergerveen		1	0-10	Sc	4,52	0,52	0,32	0,00	6,26	1,22	0,05
Haaksbergerveen		1	10-20		4,98	0,14	8,67	0,00	8,52	1,81	0,03
Haaksbergerveen		1	20-40		4,41	0,04	8,75	0,01	10,04	4,30	0,09
Haaksbergerveen		1	40-60		4,29	0,01	2,08	0,02	11,53	3,78	0,18
Haaksbergerveen		1	60-80		4,20	0,04	1,08	0,01	8,67	3,09	0,18
Haaksbergerveen		2	100-120		4,53	0,83	4,08	0,00	1,97	0,83	0,05
Haaksbergerveen		2	120-140		4,33	2,16	7,22	0,01	2,59	1,08	0,10
Haaksbergerveen		2	140-150		4,06	1,11	7,26	0,00	3,57	2,04	0,15
Haaksbergerveen		3	0-10	Sc	4,88	0,11	2,84	0,00	5,53	5,84	0,10
Haaksbergerveen		3	10-20		4,54	0,23	20,74	0,01	3,80	6,97	0,29
Haaksbergerveen		3	20-40		4,10	0,36	14,29	0,04	5,63	6,98	0,42
Haaksbergerveen		3	40-60		4,09	0,02	1,26	0,01	0,63	0,50	0,10
Haaksbergerveen		3	60-80		3,99	0,02	0,41	0,01	0,25	0,16	0,05
Haaksbergerveen		4	0-10	Sm	4,39	0,24	0,30	0,02	3,07	1,15	0,02
Haaksbergerveen		4	10-20		4,34	0,54	3,92	0,04	2,96	2,34	1,21
Haaksbergerveen		4	20-40		4,46	9,35	3,36	0,01	6,30	5,27	0,10
Haaksbergerveen		4	160-180		4,12	3,63	1,17	0,00	3,14	1,79	0,05
Haaksbergerveen		4	180-200		4,91	0,07	1,03	0,00	1,51	0,96	0,05
Haaksbergerveen		4	200-220		5,44	0,05	13,20	0,00	1,15	0,77	0,12
Haaksbergerveen	Groene plas	5	0-10		4,57	0,14	2,53	0,00	1,13	5,13	0,21
Haaksbergerveen	Groene plas	5	10-20		4,72	0,01	0,25	0,00	0,19	0,29	0,02
Haaksbergerveen	Groene plas	5	20-30		4,55	0,03	0,09	0,00	0,33	0,29	0,02
Haaksbergerveen	Groene plas	6	0-10	Sp	3,92	45,11	0,20	0,01	9,66	4,56	0,67
Haaksbergerveen	Groene plas	6	0-10	Sm	4,31	0,16	34,18	0,04	5,72	1,25	0,03
Haaksbergerveen	Groene plas	6	10-20	Sp	4,31	0,25	5,72	0,00	9,03	4,33	0,48
Haaksbergerveen	Groene plas	6	10-20	Sm	4,21	0,87	0,69	0,00	7,16	3,80	0,86
Haaksbergerveen	Groene plas	6	20-30		4,07	0,29	1,97	0,01	7,21	3,74	0,63
Haaksbergerveen	Groene plas	6	30-40		4,23	0,03	0,97	0,01	5,08	2,51	0,22
Haaksbergerveen	Groene plas	7	20-40		3,88	0,03	2,09	0,00	5,85	3,78	0,16
Haaksbergerveen	Groene plas	7	55-60		4,42	0,23	0,16	0,00	0,30	0,18	0,02
Ronde vlaas		1	0-10	Sf	3,75	0,01	0,13	0,07	11,71	0,74	0,07
Ronde vlaas		1	10-20		4,49	0,09	2,37	0,09	2,51	2,14	0,04
Ronde vlaas		1	20-40		3,98	8,79	3,46	0,02	3,51	2,91	0,18
Ronde vlaas		1	40-60		3,80	0,08	1,51	0,00	4,94	2,35	0,12
Ronde vlaas		1	60-100		4,50	0,01	0,75	0,00	3,29	1,90	0,05
Ronde vlaas		1	+100		4,99	0,29	0,25	0,00	0,67	0,27	0,02
Ronde vlaas		2	150		4,90	0,83	0,11	0,01	1,81	0,68	0,05
Ronde vlaas		3	0-10	Sf	4,81	0,01	0,13	0,00	5,57	1,04	0,01
Ronde vlaas		3	10-20		4,79	4,59	5,73	0,01	4,05	2,59	0,05
Ronde vlaas		3	20-40		4,37	0,07	4,57	0,06	5,54	3,26	0,06
Ronde vlaas		3	40-60		4,44	0,10	2,24	0,03	3,31	1,60	0,14
Ronde vlaas		3	60-100		4,01	0,02	0,49	0,00	1,35	0,48	0,03
Ronde vlaas		3	+100		4,42	0,01	0,25	0,00	0,73	0,27	0,03
Ronde vlaas		4	0-10	Sf	4,78	0,67	3,40	0,01	3,77	1,56	0,02
Ronde vlaas		4	10-20		4,41	0,14	0,43	0,01	3,83	2,35	0,11
Ronde vlaas		4	20-40		4,20	0,14	4,25	0,03	4,82	3,18	0,08
Ronde vlaas		4	40-60		3,99	0,04	0,67	0,00	1,41	0,79	0,05
Ronde vlaas		5	0-10	Sf	4,85	0,01	0,11	0,00	4,73	2,13	0,09
Ronde vlaas		5	10-20		4,60	0,17	4,37	0,00	4,15	3,54	0,02
Ronde vlaas		5	20-40		4,15	1,99	2,76	0,06	4,23	1,90	0,14
Ronde vlaas		5	40-60		4,04	0,47	0,90	0,01	4,10	1,18	0,20

Gebied	Deelgebied	Locatie	Diepte	Soort	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	Si	Zn
			cm		µmol g^{-1} DW	µmol g^{-1} DW	µmol g^{-1} DW	µmol g^{-1} DW	µmol g^{-1} DW	µmol g^{-1} DW	µmol g^{-1} DW	µmol g^{-1} DW	µmol g^{-1} DW	µmol g^{-1} DW
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	0-10	Sf	0,84	0,04	3,68	0,14	0,00	9,10	0,05	0,48	0,59	0,00
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	0-10	Sp	0,27	0,06	0,33	0,04	0,00	2,09	0,11	0,36	0,13	0,00
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	10-20		0,30	0,11	0,57	0,05	0,00	4,35	0,30	1,46	0,18	0,00
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	40-60		1,78	0,01	0,32	1,01	0,04	1,34	0,01	4,67	0,80	0,03
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	60-80		0,39	0,01	0,10	0,36	0,01	0,52	0,00	1,42	0,34	0,00
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	0-10	Sf	0,35	0,09	0,30	0,04	0,00	4,37	0,14	0,65	0,10	0,00
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	0-10	Sp	2,94	0,05	0,39	0,13	0,02	2,44	0,21	0,35	0,12	0,00
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	10-20		0,74	0,15	1,27	0,17	0,00	4,74	0,02	1,01	0,72	0,00
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	40-70		14,19	0,10	0,64	5,67	0,19	4,72	0,03	62,07	1,45	1,86
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	70-80		3,44	0,10	0,24	1,66	0,09	1,46	0,01	59,54	2,16	1,02
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	80-100		0,70	0,00	0,13	0,55	0,02	0,40	0,00	2,16	0,31	0,01
Dwingelerveld	Barkmanveen	3	0-10	Sf	0,75	1,47	4,18	0,05	0,00	3,36	0,03	4,37	1,09	0,00
Dwingelerveld	Barkmanveen	3	0-10	Sp	1,12	0,46	4,26	0,07	0,00	4,72	0,01	2,25	0,20	0,00
Dwingelerveld	Barkmanveen	3	10-20		0,06	0,05	0,20	0,01	0,00	0,58	0,02	0,49	0,56	0,00
Dwingelerveld	Barkmanveen	3	20-40		0,20	0,01	0,00	0,16	0,00	0,43	0,00	0,80	0,22	0,00
Dwingelerveld	Barkmanveen	4	0-10	Sp	0,60	0,05	0,05	0,06	0,00	1,88	0,01	0,31	0,11	0,00
Dwingelerveld	Barkmanveen	4	0-10	Sm	0,33	0,05	0,03	0,04	0,00	3,98	0,07	0,42	0,22	0,00
Dwingelerveld	Barkmanveen	4	10-20		0,21	0,07	0,55	0,03	0,00	2,35	0,09	0,81	0,62	0,00
Dwingelerveld	Barkmanveen	4	20-40		0,49	0,03	0,18	0,10	0,00	1,60	0,01	2,34	1,11	0,00
Dwingelerveld	Poort 2	1	0-10	Sp	1,20	0,04	0,10	0,10	0,00	3,41	0,01	0,63	0,24	0,00
Dwingelerveld	Poort 2	1	10-20		0,32	0,04	0,93	0,06	0,00	3,58	0,01	0,85	0,13	0,00
Dwingelerveld	Poort 2	1	20-40		0,70	0,07	0,46	0,09	0,00	4,51	0,12	4,06	0,17	0,00
Dwingelerveld	Poort 2	1	60-80		0,36	0,01	0,00	0,15	0,00	1,81	0,01	1,82	0,74	0,00
Dwingelerveld	Poort 2	2	0-10	Sm	0,38	0,02	0,35	0,04	0,00	5,54	0,01	0,64	0,12	0,00
Dwingelerveld	Poort 2	2	10-20		0,32	0,02	0,90	0,04	0,00	3,18	0,01	0,24	0,11	0,00
Dwingelerveld	Poort 2	2	20-40		0,91	0,03	0,00	0,20	0,00	4,20	0,02	3,75	0,19	0,00
Dwingelerveld	Poort 2	2	60-80		1,05	0,02	0,00	0,49	0,01	3,06	0,01	3,64	1,46	0,00
Dwingelerveld	Poort 2	3	0-10	Sf	0,38	0,45	1,08	0,10	0,09	8,88	0,01	0,49	0,08	0,36
Dwingelerveld	Poort 2	3	10-20		0,27	0,50	0,48	0,04	0,00	4,12	0,05	0,39	0,11	0,08
Dwingelerveld	Poort 2	3	40-100		0,77	0,06	2,42	0,07	0,01	4,47	0,07	1,31	1,48	0,00
Dwingelerveld	Poort 2	4	0-10	Sf	0,71	0,33	0,67	0,20	0,00	7,31	0,07	0,81	0,07	0,00
Dwingelerveld	Poort 2	4	0-10	Sm	0,34	0,04	0,53	0,04	0,00	5,83	0,01	0,92	0,11	0,00
Dwingelerveld	Poort 2	4	0-10	Sp	0,72	0,08	0,35	0,08	0,00	4,72	0,01	0,73	0,22	0,00
Dwingelerveld	Poort 2	4	10-20		0,84	0,05	0,32	0,10	0,00	4,31	0,01	1,09	0,08	0,00
Dwingelerveld	Poort 2	4	40-60		0,79	0,09	0,00	0,10	0,01	4,68	0,07	3,50	0,49	0,00
Dwingelerveld	Poort 2	4	60-80		0,44	0,02	0,00	0,27	0,00	2,85	0,02	2,49	0,95	0,00
Dwingelerveld	Poort 2	4	80-100		0,58	0,07	0,17	0,29	0,01	4,72	0,02	2,50	1,33	0,00
Gieten	Veen 1	1	0-10	Sc	0,47	0,06	50,44	0,09	0,00	24,53	0,17	1,55	0,64	0,00
Gieten	Veen 1	1	10-20		0,56	0,09	1,19	0,12	0,00	4,35	0,13	0,44	1,08	0,00
Gieten	Veen 1	1	20-30		0,49	0,08	1,82	0,49	0,00	4,33	0,07	1,22	1,18	0,00
Gieten	Veen 1	1	30-50		0,45	0,04	0,14	0,37	0,00	2,52	0,00	0,58	0,63	0,00
Gieten	Veen 1	2	0-10	Sc	1,03	0,10	274,91	2,39	0,01	76,63	6,19	6,11	3,31	0,00
Gieten	Veen 1	2	10-20		0,75	0,34	55,19	0,44	0,01	22,81	7,94	4,66	1,85	0,00
Gieten	Veen 1	2	130-140		0,32	0,03	0,40	0,30	0,00	0,91	0,02	0,86	0,27	0,00
Gieten	Veen 1	3	0-10	Sc	6,73	0,41	422,82	43,52	0,10	103,00	29,01	21,65	1,81	0,00
Gieten	Veen 1	3	10-20		0,53	0,23	16,34	0,27	0,00	9,41	0,23	3,03	1,22	0,00
Gieten	Veen 1	3	110-140		1,08	0,02	0,78	1,02	0,01	2,22	0,01	1,70	0,46	0,00
Gieten	Veen 1	4	0-10	Sc	1,61	0,13	138,42	4,57	0,02	49,12	1,81	3,56	1,14	0,00
Gieten	Veen 1	4	10-20		0,41	0,12	4,31	0,27	0,00	5,86	0,12	0,76	0,68	0,00
Gieten	Veen 1	4	20-50		2,08	0,08	0,05	2,79	0,01	5,84	0,01	5,73	1,62	0,00
Gieten	Veen 1	4	50-70		1,08	0,06	0,05	1,76	0,01	3,73	0,01	2,80	0,80	0,00
Gieten	Veen 3	5	0-10	Sc	0,81	0,17	95,47	1,03	0,03	21,24	17,17	2,93	0,54	0,00
Gieten	Veen 3	5	10-20		0,27	0,12	0,61	0,10	0,00	3,43	0,32	0,77	0,26	0,00
Gieten	Veen 3	5	20-30		1,48	0,18	0,76	1,24	0,02	8,82	0,19	2,50	1,99	0,00
Gieten	Veen 3	5	30-50		0,83	0,07	0,00	1,15	0,00	5,68	0,11	3,11	2,19	0,00
Gieten	Veen 3	6	0-10	Sc	0,41	0,18	74,08	0,15	0,01	31,87	3,79	10,80	0,10	0,00
Gieten	Veen 3	6	10-20		0,32	0,23	2,24	0,14	0,00	5,60	0,12	1,60	0,47	0,00
Gieten	Veen 3	6	20-40		0,69	0,09	0,56	0,96	0,00	6,01	0,16	4,82	4,11	0,00
Gieten	Veen 3	7	0-10	Sc	0,36	0,08	69,66	0,22	0,00	20,66	0,49	2,07	0,42	0,00
Gieten	Veen 3	7	10-20		0,58	0,31	2,69	0,28	0,00	7,81	0,18	1,40	1,21	0,00
Haaksbergerveen		1	0-10	Sc	0,67	0,13	0,80	0,07	0,00	8,74	0,02	2,48	0,10	0,00
Haaksbergerveen		1	10-20		0,68	0,10	4,11	0,18	0,00	8,64	0,03	8,09	0,21	0,00
Haaksbergerveen		1	20-40		13,42	0,06	4,87	11,00	0,16	8,65	0,01	34,47	1,04	0,00
Haaksbergerveen		1	40-60		43,02	0,14	7,89	31,71	0,54	10,91	0,02	87,91	0,79	0,06
Haaksbergerveen		1	60-80		44,43	0,09	6,32	30,67	0,50	8,01	0,01	88,98	0,63	0,08
Haaksbergerveen		2	100-120		0,83	0,04	0,37	0,30	0,01	2,18	0,02	2,93	0,51	0,00
Haaksbergerveen		2	120-140		0,81	0,07	0,33	0,24	0,01	2,51	0,02	3,51	1,00	0,00
Haaksbergerveen		2	140-150		1,78	0,09	0,39	0,32	0,02	3,46	0,03	3,76	1,19	0,00
Haaksbergerveen		3	0-10	Sc	0,65	0,14	10,60	0,05	0,00	6,11	0,03	1,39	0,13	0,00
Haaksbergerveen		3	10-20		1,36	0,23	1,17	0,10	0,01	4,44	0,05	1,81	0,15	0,00
Haaksbergerveen		3	20-40		1,27	0,27	0,97	0,20	0,00	4,78	0,06	4,83	0,41	0,00
Haaksbergerveen		3	40-60		0,42	0,04	0,04	0,14	0,00	0,80	0,02	1,20	0,16	0,00
Haaksbergerveen		3	60-80		0,15	0,01	0,03	0,03	0,00	0,27	0,02	0,20	0,06	0,00
Haaksbergerveen		4	0-10	Sm	0,41	0,03	0,75	0,03	0,00	5,53	0,00	1,56	0,14	0,00
Haaksbergerveen		4	10-20		0,57	0,06	1,90	0,06	0,00	6,03	0,01	1,69	0,11	0,00
Haaksbergerveen		4	20-40		2,32	0,06	0,54	0,45	0,01	6,64	0,04	6,56	1,58	0,00
Haaksbergerveen		4	160-180		1,81	0,08	0,23	0,29	0,01	3,27	0,01	1,72	0,98	0,00
Haaksbergerveen		4	180-200		0,72	0,06	0,17	0,09	0,00	1,55	0,00	0,34	0,43	0,00
Haaksbergerveen		4	200-220		0,58	0,05	0,00	0,07	0,00	1,18	0,00	0,30	0,47	0,00
Haaksbergerveen	Groene plas	5	0-10		0,21	0,01	2,81	0,10	0,00	1,27	0,00	0,74	0,60	0,00
Haaksbergerveen	Groene plas	5	10-20		0,04	0,00	0,18	0,02	0,00	0,23	0,00	0,11	0,08	0,00
Haaksbergerveen	Groene plas	5	20-30		0,05	0,00	0,09	0,03	0,00	0,21	0,00	0,10	0,08	0,00
Haaksbergerveen	Groene plas	6	0-10	Sp	4,59	0,31	0,54	0,36	0,05	6,48	0,13	1,57	4,52	0,42
Haaksbergerveen	Groene plas	6	0-10	Sm	1,21	0,06	0,42	0,29	0,00	5,88	0,07	1,38	0,31	0,00
Haaksbergerveen	Groene plas	6	10-20	Sp	1,06	0,25	2,72	0,35	0,01	7,38	0,04	4,80	2,87	0,00
Haaksbergerveen	Groene plas	6	10-20	Sm	1,71	0,56	6,42	0,59	0,01	6,69	0,01	5,04	2,50	0,00
Haaksbergerveen	Groene plas	6	20-30		4,98	0,08	0,00	2,37	0,02	6,82	0,01	11,32	1,97	0,00
Haaksbergerveen	Groene plas	6	30-40		3,83	0,02	0,00	1,56	0,01	3,93	0,00	7,80	1,06	0,01
Haaksbergerveen	Groene plas	7	20-40		1,81	0,04	0,00	0,45	0,00	5,41	0,01	3,69	1,88	0,00
Haaksbergerveen	Groene plas	7	55-60		0,12	0,01	0,00	0,02	0,00	0,40	0,00	0,12	0,12	0,00
Ronde vlaas		1	0-10	Sf	1,61	0,12	2,23	0,45	0,03	5,25	0,04	6,08	0,35	0,00
Ronde vlaas		1	10-20		0,60	0,03	1,70	0,06	0,00	2,65	0,11	0,41	0,41	0,00
Ronde vlaas		1	20-40		2,22	0,08	1,55	0,14	0,01	3,34	0,06	3,26	1,60	0,00
Ronde vlaas		1	40-60		1,73	0,04	0,51	0,40	0,02	3,65	0,02	5,77	0,97	0,00
Ronde vlaas		1	60-100		0,86	0,01	0,22	0,26	0,01	1,35	0,00	2,51	0,72	0,00
Ronde vlaas		1	+100		0,12	0,01	0,92	0,02	0,00	0,79	0,01	0,57	0,63	0,00
Ronde vlaas		2	150		0,61	0,05	1,82	0,26	0,00	1,74	0,02	1,42	0,51	0,00
Ronde vlaas		3	0-10	Sf	0,34	0,02	5,75	0,03	0,00	4,15	0,02	0,55	0,14	0,00
Ronde vlaas		3	10-20		1,39	0,05	3,40	0,16	0,00	4,61	0,04	0,91	2,62	0,00
Ronde vlaas		3	20-40		0,73	0,14	0,91	0,12	0,00	3,92	0,07	2,65	1,48	0,00
Ronde vlaas		3	40-60		3,67	0,03	0,14	1,00	0,02	3,84	0,06	8,00	2,07	0,00
Ronde vlaas		3	60-100		0,74	0,01	0,27	0,32	0,00	0,84	0,00	1,75	0,51	0,00
Ronde vlaas		3	+100		0,56	0,01	0,00	0,24	0,00	0,39	0,00	1,05	0,30	0,00
Ronde vlaas		4	0-10	Sf	0,59	0,03	8,02	0,04	0,00	3,55	0,06	3,21	0,55	0,00
Ronde vlaas		4	10-20		0,68	0,06	4,01	0,06	0,00	4,76	0,03	0,68	0,67	0,00
Ronde vlaas		4	20-40		0,64	0,09	1,66	0,09	0,00	3,80	0,03	1,96	1,04	0,00
Ronde vlaas		4	40-60		0,95	0,01	0,12	0,20	0,00	0,98	0,00	1,58	0,72	0,00
Ronde vlaas		5	0-10	Sf	0,62	0,03	3,77	0,05	0,00	5,49	0,02	0,79	0,93	0,00
Ronde vlaas		5	10-20		0,47	0,03	1,81	0,05	0,00	3,89	0,02	1,00	0,81	0,00
Ronde vlaas		5	20-40		1,89	0,07	0,91	0,45	0,01	4,38	0,08	5,92	3,38	0,00
Ronde vlaas		5	40-60		2,12	0,03	0,62	0,57	0,01	3,57	0,02	4,05	1,25	0,00

Tabel 20. pH_{NaCl}, de concentratie zoutextraheerbare ionen, de berekende basenverzadiging van de bodem en de Olsen-P concentratie van de bemonsterde veenbodems in het Dwingelerveld, Gieten, Haaksbergerveen en de Ronde Vlaas. Voor ligging van de locaties zie Figuur 1 t/m Figuur 4. Het veen van 0-10 cm diepte betreft de levende veenmoslaag (zonder de capitula). Gebruikte codering: Sc = S. cuspidatum*, Sf* = S. fallax*, Sm* = S. magellanicum *en Sp* = S. papillosum*.* Vervolg van de tabel op de volgende pagina.

Gebied	Deelgebied	Locatie	Diepte	Soort	pH_{NaCl}	NH_4	NO_3	Al	Ca	Fe	K	Mg
			cm			*µmol g⁻¹ DW*	*µmol g⁻¹ DW*	*µmol g⁻¹ DW*	*µmol g⁻¹ DW*	*µmol g⁻¹ DW*	*µmol g⁻¹ DW*	*µmol g⁻¹ DW*
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	0-10	Sf	3,19	26,52	0,04	0,89	16,74	0,34	10,44	10,66
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	0-10	Sp	3,11	0,81	1,10	1,01	12,49	0,11	5,58	8,17
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	10-20		3,32	4,13	0,09	3,49	22,00	0,97	5,14	23,07
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	40-60		4,07	1,97	0,02	5,10	4,95	0,01	0,61	2,50
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	60-80		4,26	0,75	0,01	1,15	3,11	0,01	0,35	2,19
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	0-10	Sf	3,31	0,57	0,26	1,87	19,68	0,32	10,05	11,19
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	0-10	Sp	3,22	0,32	0,00	0,61	27,71	0,12	3,41	12,16
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	10-20		3,30	2,19	0,80	2,98	23,73	0,38	6,19	28,91
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	40-70		3,52	5,32	0,27	46,07	14,29	0,30	1,13	6,58
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	70-80		3,61	0,60	0,03	30,68	4,12	1,14	0,33	1,76
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	80-100		4,38	0,57	0,02	1,64	1,23	0,00	0,19	0,77
Dwingelerveld	Barkmanveen	3	0-10	Sf	4,23	18,50	0,83	1,39	19,39	0,46	24,58	12,17
Dwingelerveld	Barkmanveen	3	0-10	Sp	3,56	4,63	0,19	3,37	26,94	0,62	25,40	23,62
Dwingelerveld	Barkmanveen	3	10-20		4,11	1,10	0,01	3,88	1,07	0,12	0,97	1,09
Dwingelerveld	Barkmanveen	3	20-40		3,92	0,63	0,03	3,00	1,11	0,01	0,05	0,80
Dwingelerveld	Barkmanveen	4	0-10	Sp	3,20	0,70	0,07	0,91	14,73	0,17	5,75	6,79
Dwingelerveld	Barkmanveen	4	0-10	Sm	3,20	0,33	0,01	0,79	16,80	0,09	4,72	10,35
Dwingelerveld	Barkmanveen	4	10-20		3,60	2,56	0,05	9,79	18,88	2,37	2,74	12,48
Dwingelerveld	Barkmanveen	4	20-40		3,94	3,12	0,11	7,21	2,47	0,03	0,22	2,28
Dwingelerveld	Poort 2	1	0-10	Sp	3,22	0,53	0,03	8,18	27,38	0,13	2,79	12,63
Dwingelerveld	Poort 2	1	10-20		3,21	0,35	0,08	0,69	11,11	0,11	5,32	18,56
Dwingelerveld	Poort 2	1	20-40		3,14	6,70	0,12	4,46	13,08	0,29	1,10	16,81
Dwingelerveld	Poort 2	1	60-80		3,58	2,17	0,04	4,72	9,82	0,07	0,10	9,39
Dwingelerveld	Poort 2	2	0-10	Sm	3,25	0,59	0,27	1,72	33,53	0,07	3,76	17,74
Dwingelerveld	Poort 2	2	10-20		3,15	0,46	0,14	0,69	12,62	0,08	9,47	19,43
Dwingelerveld	Poort 2	2	20-40		3,24	4,06	0,68	4,80	22,58	0,41	0,49	20,24
Dwingelerveld	Poort 2	2	60-80		3,60	4,47	0,08	5,59	14,36	0,06	0,41	13,72
Dwingelerveld	Poort 2	3	0-10	Sf	3,24	0,33	0,17	0,69	22,68	0,53	8,46	33,56
Dwingelerveld	Poort 2	3	10-20		3,56	2,47	0,04	0,60	19,19	0,36	7,95	28,98
Dwingelerveld	Poort 2	3	40-100		3,46	4,87	0,14	2,91	21,15	4,48	7,66	25,16
Dwingelerveld	Poort 2	4	0-10	Sf	3,23	0,69	0,40	1,03	37,76	0,15	5,60	23,00
Dwingelerveld	Poort 2	4	0-10	Sm	3,28	0,21	0,03	0,60	30,24	0,08	4,70	20,66
Dwingelerveld	Poort 2	4	0-10	Sp	3,21	0,24	0,10	0,84	32,74	0,08	5,16	14,92
Dwingelerveld	Poort 2	4	10-20		3,23	0,46	0,08	1,50	17,52	0,10	3,73	20,27
Dwingelerveld	Poort 2	4	40-60		3,23	7,23	0,25	4,21	19,43	0,57	0,18	19,93
Dwingelerveld	Poort 2	4	60-80		3,60	4,76	0,07	6,71	15,83	0,16	0,20	19,50
Dwingelerveld	Poort 2	4	80-100		3,43	6,66	0,29	1,13	38,02	0,44	0,72	66,08
Gieten	Veen 1	1	0-10	Sc	4,16	16,87	0,12	0,42	31,90	0,20	145,27	53,97
Gieten	Veen 1	1	10-20		3,42	0,87	0,09	2,46	25,48	0,62	6,63	43,37
Gieten	Veen 1	1	20-30		3,48	1,19	0,03	4,59	33,48	0,64	5,82	29,79
Gieten	Veen 1	1	30-50		3,32	0,63	0,15	3,27	40,68	0,54	0,63	41,19
Gieten	Veen 1	2	0-10	Sc	7,46	426,36	0,76	0,33	21,60	0,13	370,84	132,76
Gieten	Veen 1	2	10-20		4,54	88,60	0,06	0,86	43,98	0,42	130,92	81,27
Gieten	Veen 1	2	130-140		3,83	1,24	0,00	2,40	4,82	0,02	1,37	6,98
Gieten	Veen 1	3	0-10	Sc	5,10	682,48	0,29	0,79	28,54	0,55	434,19	139,23
Gieten	Veen 1	3	10-20		4,13	19,09	0,05	0,82	59,08	0,16	46,82	50,44
Gieten	Veen 1	3	110-140		3,67	2,01	0,38	3,90	8,73	0,11	1,12	15,06
Gieten	Veen 1	4	0-10	Sc	4,31	117,58	0,20	0,79	30,82	0,25	184,63	71,04
Gieten	Veen 1	4	10-20		3,49	2,28	0,02	2,20	24,03	0,14	11,18	27,08
Gieten	Veen 1	4	20-50		3,56	1,77	0,02	6,39	33,69	1,04	1,40	37,53
Gieten	Veen 1	4	50-70		3,41	1,86	0,22	2,24	53,68	0,59	0,69	81,16
Gieten	Veen 3	5	0-10	Sc	4,42	56,24	0,08	0,23	30,34	0,65	193,54	91,99
Gieten	Veen 3	5	10-20		3,75	4,09	0,14	0,28	40,06	0,08	3,53	37,78
Gieten	Veen 3	5	20-30		3,50	2,45	0,19	2,77	46,36	0,10	3,93	42,17
Gieten	Veen 3	5	30-50		3,30	1,75	0,05	4,39	65,13	0,14	1,05	82,72
Gieten	Veen 3	6	0-10	Sc	4,86	66,54	0,56	0,11	16,72	0,12	204,98	60,00
Gieten	Veen 3	6	10-20		3,59	4,38	0,32	1,24	40,88	0,21	8,87	53,60
Gieten	Veen 3	6	20-40		3,58	6,45	0,07	2,84	32,27	0,12	2,75	40,69
Gieten	Veen 3	7	0-10	Sc	4,44	45,31	0,64	0,50	13,75	0,43	157,37	50,42
Gieten	Veen 3	7	10-20		3,46	6,30	0,17	6,24	79,62	0,49	8,72	66,61
Haaksbergerveen		1	0-10	Sc	3,27	0,37	0,80	2,43	32,48	0,19	18,28	30,96
Haaksbergerveen		1	10-20		3,87	8,94	1,18	3,20	77,86	0,10	10,13	68,98
Haaksbergerveen		1	20-40		4,37	9,11	1,44	1,48	68,17	2,93	5,29	37,50
Haaksbergerveen		1	40-60		4,39	3,60	2,02	0,98	158,00	0,70	9,01	85,16
Haaksbergerveen		1	60-80		4,29	2,10	0,96	0,73	117,40	1,06	6,74	60,89
Haaksbergerveen		2	100-120		3,93	4,99	0,48	0,51	38,09	0,25	0,42	12,33
Haaksbergerveen		2	120-140		3,64	7,50	0,51	0,80	50,33	1,15	0,45	16,91
Haaksbergerveen		2	140-150		3,53	7,91	0,80	1,49	70,56	0,05	0,67	22,08
Haaksbergerveen		3	0-10	Sc	3,41	11,41	0,18	1,11	18,28	0,35	48,89	13,57
Haaksbergerveen		3	10-20		3,37	32,39	3,07	1,16	20,29	0,21	4,50	11,01
Haaksbergerveen		3	20-40		3,24	16,86	1,95	2,51	33,15	2,12	1,59	12,31
Haaksbergerveen		3	40-60		3,51	1,37	0,44	1,56	12,63	0,04	0,10	2,52
Haaksbergerveen		3	60-80		3,89	0,41	0,30	0,34	2,71	0,00	0,06	0,57
Haaksbergerveen		4	0-10	Sm	3,03	2,19	1,12	1,41	29,62	0,05	6,06	12,71
Haaksbergerveen		4	10-20		2,96	11,50	4,20	1,86	15,34	0,14	7,40	20,74
Haaksbergerveen		4	20-40		3,49	6,39	1,43	2,70	47,05	0,34	0,67	17,27
Haaksbergerveen		4	160-180		4,36	1,74	0,79	0,21	153,39	0,11	0,27	22,07
Haaksbergerveen		4	180-200		4,49	2,21	1,39	0,04	70,09	0,07	0,51	8,17
Haaksbergerveen		4	200-220		4,99	20,41	0,34	0,16	53,21	0,02	1,56	4,95
Haaksbergerveen	Groene plas	5	0-10		4,18	3,48	2,30	5,48	1,31	0,01	2,85	1,36
Haaksbergerveen	Groene plas	5	10-20		4,22	0,18	0,20	1,95	0,41	0,00	0,30	0,18
Haaksbergerveen	Groene plas	5	20-30		4,43	0,09	0,21	1,01	0,18	0,00	0,12	0,07
Haaksbergerveen	Groene plas	6	0-10	Sp	3,18	0,69	0,00	1,07	55,41	0,10	4,37	12,10
Haaksbergerveen	Groene plas	6	0-10	Sm	3,28	0,00	2,26	1,52	40,60	0,12	1,39	18,93
Haaksbergerveen	Groene plas	6	10-20	Sp	3,74	7,01	3,52	18,62	44,42	0,29	6,10	20,32
Haaksbergerveen	Groene plas	6	10-20	Sm	3,79	2,14	3,33	20,14	41,68	0,45	10,14	17,81
Haaksbergerveen	Groene plas	6	20-30		3,87	3,80	0,78	16,64	36,78	0,07	1,02	11,98
Haaksbergerveen	Groene plas	6	30-40		3,68	1,72	0,35	10,13	49,09	0,07	0,30	9,69
Haaksbergerveen	Groene plas	7	20-40		3,49	2,14	0,49	5,43	40,26	1,61	0,36	6,65
Haaksbergerveen	Groene plas	7	55-60		3,94	0,29	0,08	0,77	2,16	0,01	0,09	0,30
Ronde vlaas		1	0-10	Sf	3,04	0,37	0,09	1,89	26,76	0,17	7,96	14,35
Ronde vlaas		1	10-20		3,23	6,66	0,10	0,64	30,49	0,42	8,56	30,85
Ronde vlaas		1	20-40		3,15	14,55	0,15	2,67	23,84	0,24	2,54	7,76
Ronde vlaas		1	40-60		3,23	2,96	0,13	4,48	27,07	0,38	2,26	5,72
Ronde vlaas		1	60-100		4,07	1,97	0,12	0,88	9,19	0,01	1,79	2,21
Ronde vlaas		1	+100		4,46	0,43	0,03	0,09	16,67	0,86	7,28	18,24
Ronde vlaas		2	150		4,54	0,93	0,02	0,18	21,11	0,01	4,63	15,76
Ronde vlaas		3	0-10	Sf	3,19	0,83	0,05	0,82	21,53	0,21	35,86	20,32
Ronde vlaas		3	10-20		3,76	6,35	0,05	0,38	71,42	0,55	15,07	41,98
Ronde vlaas		3	20-40		3,73	8,02	0,16	1,19	49,99	0,15	1,30	12,16
Ronde vlaas		3	40-60		3,81	5,90	0,18	2,39	41,45	0,06	0,79	9,42
Ronde vlaas		3	60-100		4,17	0,64	0,06	0,45	9,56	0,01	0,39	2,72
Ronde vlaas		3	+100		4,19	0,35	0,03	0,36	6,56	0,00	0,04	1,87
Ronde vlaas		4	0-10	Sf	3,37	12,51	0,10	0,36	21,41	0,27	58,02	20,44
Ronde vlaas		4	10-20		3,23	5,33	0,10	1,43	17,01	0,36	19,66	42,34
Ronde vlaas		4	20-40		3,53	5,88	0,28	1,21	30,40	1,03	4,51	9,39
Ronde vlaas		4	40-60		3,57	0,71	0,15	1,65	17,54	0,28	0,13	4,22
Ronde vlaas		5	0-10	Sf	3,39	1,21	0,02	1,68	41,74	0,68	49,63	28,60
Ronde vlaas		5	10-20		3,39	8,42	0,57	0,59	49,80	0,22	8,35	54,59
Ronde vlaas		5	20-40		3,61	8,45	0,18	3,19	53,15	0,07	0,95	12,98
Ronde vlaas		5	40-60		3,71	1,65	0,17	2,25	24,57	0,04	0,88	5,92

Gebied	Deelgebied	Locatie	Diepte	Soort	Mn	P	S	Si	Zn	Basenverzadiging	Olsen-P
			cm		µmol g $^{-1}$ DW	µmol g $^{-1}$ DW	µmol g $^{-1}$ DW	µmol g $^{-1}$ DW	µmol g $^{-1}$ DW	%	µmol g $^{-1}$ DW
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	0-10	Sf	0,32	0,01	0,13	0,06	0,22	48%	3,37
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	0-10	Sp	0,21	0,01	0,00	0,13	0,17	49%	6,26
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	10-20		0,37	0,32	1,10	0,18	0,42	61%	4,04
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	40-60		0,10	0,00	4,24	0,70	0,33	40%	0,46
Dwingelerveld	Barkmanveen	1	60-80		0,08	0,00	0,93	0,29	0,04	73%	0,26
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	0-10	Sf	0,70	0,02	0,17	0,06	0,40	68%	3,32
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	0-10	Sp	1,57	0,03	0,00	0,06	0,42	69%	5,97
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	10-20		1,94	0,02	0,31	0,71	0,77	77%	1,67
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	40-70		0,22	0,00	77,58	1,19	2,27	3%	1,85
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	70-80		0,09	0,00	50,89	1,98	0,90	19%	0,46
Dwingelerveld	Barkmanveen	2	80-100		0,04	0,00	1,91	0,28	0,03	27%	0,18
Dwingelerveld	Barkmanveen	3	0-10	Sf	0,40	0,01	4,44	0,70	0,34	89%	5,47
Dwingelerveld	Barkmanveen	3	0-10	Sp	0,79	0,03	1,11	0,12	0,50	74%	4,26
Dwingelerveld	Barkmanveen	3	10-20		0,02	0,00	0,38	0,54	0,02	29%	0,39
Dwingelerveld	Barkmanveen	3	20-40		0,02	0,00	0,81	0,26	0,05	25%	0,48
Dwingelerveld	Barkmanveen	4	0-10	Sp	0,45	0,02	0,00	0,10	0,24	44%	2,62
Dwingelerveld	Barkmanveen	4	0-10	Sm	0,34	0,00	0,00	0,14	0,20	50%	10,12
Dwingelerveld	Barkmanveen	4	10-20		0,44	0,00	0,47	0,57	0,38	60%	3,98
Dwingelerveld	Barkmanveen	4	20-40		0,05	0,00	2,22	1,00	0,07	27%	1,07
Dwingelerveld	Poort 2	1	0-10	Sp	1,51	0,00	0,10	0,18	0,42	58%	2,91
Dwingelerveld	Poort 2	1	10-20		0,29	0,02	0,35	0,12	0,34	58%	5,91
Dwingelerveld	Poort 2	1	20-40		0,14	0,20	3,77	0,12	0,95	46%	2,29
Dwingelerveld	Poort 2	1	60-80		0,12	0,01	2,02	0,72	0,16	65%	0,60
Dwingelerveld	Poort 2	2	0-10	Sm	2,33	0,01	0,42	0,15	0,32	72%	7,67
Dwingelerveld	Poort 2	2	10-20		0,58	0,09	0,00	0,09	0,39	63%	5,85
Dwingelerveld	Poort 2	2	20-40		0,26	0,10	3,40	0,20	0,61	62%	1,72
Dwingelerveld	Poort 2	2	60-80		0,18	0,02	3,14	1,21	0,34	68%	1,62
Dwingelerveld	Poort 2	3	0-10	Sf	0,53	0,04	0,23	0,09	0,31	83%	8,74
Dwingelerveld	Poort 2	3	10-20		0,42	0,01	0,22	0,11	0,37	84%	5,70
Dwingelerveld	Poort 2	3	40-100		0,35	0,10	0,80	0,78	0,46	70%	4,32
Dwingelerveld	Poort 2	4	0-10	Sf	0,82	0,00	0,51	0,06	0,56	83%	12,43
Dwingelerveld	Poort 2	4	0-10	Sm	0,85	0,03	0,25	0,08	0,27	71%	8,52
Dwingelerveld	Poort 2	4	0-10	Sp	0,69	0,00	0,00	0,08	0,34	68%	6,01
Dwingelerveld	Poort 2	4	10-20		0,25	0,03	0,50	0,06	0,52	65%	6,35
Dwingelerveld	Poort 2	4	40-60		0,12	0,31	3,38	0,08	1,37	57%	2,64
Dwingelerveld	Poort 2	4	60-80		0,09	0,01	2,50	0,90	0,19	71%	0,56
Dwingelerveld	Poort 2	4	80-100		0,12	0,04	2,00	1,31	0,12	91%	0,35
Gieten	Veen 1	1	0-10	Sc	1,47	0,63	1,47	0,56	0,87	92%	14,34
Gieten	Veen 1	1	10-20		1,54	0,08	0,03	1,02	0,94	82%	8,88
Gieten	Veen 1	1	20-30		0,26	0,21	1,49	3,23	0,47	99%	8,65
Gieten	Veen 1	1	30-50		0,22	0,05	0,51	0,79	0,45	94%	0,99
Gieten	Veen 1	2	0-10	Sc	0,21	7,20	6,86	3,72	0,04	72%	37,12
Gieten	Veen 1	2	10-20		0,66	7,28	3,84	1,90	0,47	89%	26,77
Gieten	Veen 1	2	130-140		0,08	0,01	0,76	0,25	0,03	78%	1,47
Gieten	Veen 1	3	0-10	Sc	0,48	29,51	23,80	2,19	0,47	49%	41,76
Gieten	Veen 1	3	10-20		0,24	1,09	1,68	1,36	0,27	97%	21,31
Gieten	Veen 1	3	110-140		0,12	0,01	1,55	0,24	0,02	82%	0,57
Gieten	Veen 1	4	0-10	Sc	0,35	3,13	3,55	1,27	0,46	80%	18,11
Gieten	Veen 1	4	10-20		0,21	0,04	0,16	0,70	0,27	97%	5,14
Gieten	Veen 1	4	20-50		0,16	0,06	5,80	1,64	0,62	87%	5,78
Gieten	Veen 1	4	50-70		0,21	0,04	2,18	0,85	0,44	97%	0,68
Gieten	Veen 3	5	0-10	Sc	4,66	23,26	2,08	0,77	0,90	86%	40,53
Gieten	Veen 3	5	10-20		1,78	0,49	0,26	0,20	0,72	96%	9,30
Gieten	Veen 3	5	20-30		0,65	0,48	1,85	2,03	0,67	95%	6,53
Gieten	Veen 3	5	30-50		0,15	0,24	3,02	2,29	0,56	94%	4,86
Gieten	Veen 3	6	0-10	Sc	0,81	5,46	7,55	0,26	0,38	93%	28,16
Gieten	Veen 3	6	10-20		0,74	0,10	0,85	0,49	0,56	92%	7,35
Gieten	Veen 3	6	20-40		0,10	0,24	5,07	4,69	0,54	93%	5,56
Gieten	Veen 3	7	0-10	Sc	0,32	3,29	2,67	0,45	0,33	92%	20,26
Gieten	Veen 3	7	10-20		0,46	0,33	0,78	1,52	0,62	96%	6,12
Haaksbergerveen		1	0-10	Sc	1,24	0,01	2,46	0,11	0,62	67%	4,82
Haaksbergerveen		1	10-20		1,38	0,05	7,21	0,25	0,37	91%	6,89
Haaksbergerveen		1	20-40		0,92	0,01	26,30	1,02	0,54	93%	1,83
Haaksbergerveen		1	40-60		2,10	0,01	66,00	0,79	0,62	97%	1,30
Haaksbergerveen		1	60-80		1,39	0,01	68,52	0,59	0,42	97%	0,14
Haaksbergerveen		2	100-120		1,10	0,00	2,32	0,33	0,25	93%	0,41
Haaksbergerveen		2	120-140		0,75	0,02	2,65	0,68	0,33	93%	0,55
Haaksbergerveen		2	140-150		0,62	0,04	3,56	0,89	0,45	93%	0,15
Haaksbergerveen		3	0-10	Sc	0,25	0,06	1,41	0,09	0,55	69%	30,90
Haaksbergerveen		3	10-20		0,28	0,78	1,43	0,11	0,41	58%	14,63
Haaksbergerveen		3	20-40		0,22	0,26	3,76	0,38	0,40	68%	0,89
Haaksbergerveen		3	40-60		0,07	0,01	1,02	0,13	0,03	79%	0,76
Haaksbergerveen		3	60-80		0,01	0,00	0,14	0,05	0,00	86%	0,15
Haaksbergerveen		4	0-10	Sm	1,21	0,02	1,12	0,05	0,34	58%	5,49
Haaksbergerveen		4	10-20		0,21	0,01	1,20	0,07	0,51	40%	5,24
Haaksbergerveen		4	20-40		0,31	0,26	6,03	0,70	1,01	99%	2,02
Haaksbergerveen		4	160-180		0,43	0,00	1,42	0,69	0,00	99%	0,22
Haaksbergerveen		4	180-200		0,20	0,00	0,30	0,40	0,01	99%	0,10
Haaksbergerveen		4	200-220		0,12	0,01	0,44	0,42	0,00	75%	0,22
Haaksbergerveen	Groene plas	5	0-10		0,02	0,00	0,51	0,31	0,28	21%	0,31
Haaksbergerveen	Groene plas	5	10-20		0,00	0,00	0,12	0,07	0,02	16%	0,15
Haaksbergerveen	Groene plas	5	20-30		0,00	0,00	0,09	0,06	0,02	11%	0,30
Haaksbergerveen	Groene plas	6	0-10	Sp	0,89	0,01	0,27	0,21	0,35	76%	6,60
Haaksbergerveen	Groene plas	6	0-10	Sm	0,66	0,03	1,11	0,16	0,37	64%	1,77
Haaksbergerveen	Groene plas	6	10-20	Sp	0,54	0,00	4,32	2,74	0,30	63%	1,40
Haaksbergerveen	Groene plas	6	10-20	Sm	0,31	0,00	3,75	2,42	0,28	65%	0,56
Haaksbergerveen	Groene plas	6	20-30		0,08	0,00	8,62	1,71	0,18	61%	4,60
Haaksbergerveen	Groene plas	6	30-40		0,10	0,01	6,25	0,98	0,12	75%	2,18
Haaksbergerveen	Groene plas	7	20-40		0,05	0,01	2,85	1,87	0,28	77%	3,99
Haaksbergerveen	Groene plas	7	55-60		0,00	0,00	0,09	0,08	0,01	64%	0,10
Ronde vlaas		1	0-10	Sf	1,42	0,02	3,92	0,27	0,76	62%	19,78
Ronde vlaas		1	10-20		1,74	0,97	0,48	0,30	1,09	67%	9,89
Ronde vlaas		1	20-40		0,39	0,23	2,87	0,72	1,63	49%	2,31
Ronde vlaas		1	40-60		0,42	0,10	4,70	0,90	3,66	59%	2,25
Ronde vlaas		1	60-100		0,12	0,01	1,74	0,72	0,13	80%	0,29
Ronde vlaas		1	+100		0,26	0,00	0,43	0,53	0,00	96%	0,18
Ronde vlaas		2	150		0,35	0,01	1,12	0,29	0,02	97%	0,16
Ronde vlaas		3	0-10	Sf	1,25	0,02	0,62	0,06	0,54	71%	10,59
Ronde vlaas		3	10-20		2,47	0,37	0,40	0,92	0,88	92%	9,23
Ronde vlaas		3	20-40		0,32	0,11	2,45	1,42	1,30	85%	1,48
Ronde vlaas		3	40-60		0,28	0,10	6,83	1,46	3,34	79%	0,85
Ronde vlaas		3	60-100		0,08	0,00	1,44	0,43	0,29	93%	0,21
Ronde vlaas		3	+100		0,06	0,00	1,15	0,33	0,24	89%	0,12
Ronde vlaas		4	0-10	Sf	1,89	0,28	3,24	0,29	0,73	78%	12,36
Ronde vlaas		4	10-20		3,53	1,06	0,51	0,59	1,50	67%	11,50
Ronde vlaas		4	20-40		0,17	0,18	1,40	1,00	1,47	77%	6,83
Ronde vlaas		4	40-60		0,09	0,02	1,31	0,65	1,00	79%	0,79
Ronde vlaas		5	0-10	Sf	2,02	0,08	1,07	0,88	1,03	80%	11,99
Ronde vlaas		5	10-20		2,58	0,86	0,71	0,38	1,72	83%	9,79
Ronde vlaas		5	20-40		0,27	0,32	5,46	2,55	1,62	80%	4,03
Ronde vlaas		5	40-60		0,14	0,05	3,87	1,24	0,96	81%	0,49