



Selectie van ecologisch relevante bodemeigenschappen

Deel 2: Van sleutelfactoren naar drempelwaarden

Alterra-rapport 2050
ISSN 1566-7197

P.W.F.M. Hommel, A.J.P. Smolders en R.W. de Waal

Selectie van ecologisch relevante
bodemeigenschappen

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van Staatsbosbeheer en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Cluster Natuur, Landschap en Platteland, thema 'Terrestrische EHS en Natura2000', project 'Verbetering kennisstelsel over ecologische condities van plantensoorten en habitattypen' (BO-11-006.01-001).

Selectie van ecologisch relevante bodemeigenschappen

Deel 2: Van sleutelfactoren naar drempelwaarden

P.W.F.M. Hommel, A.J.P. Smolders en R.W. de Waal

Alterra-rapport 2050

Alterra Wageningen UR
Wageningen, 2010



Referaat

P.W.F.M. Hommel, A.J.P. Smolders en R.W. de Waal, 2010. Selectie van ecologisch relevante bodemeigenschappen; Deel 2: Van sleutelfactoren naar drempelwaarden. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2050. 67 blz.; 22 fig.; 10 tab.; 25 ref.

In het kader van het project Terreincondities werden sinds 1998 meer dan 250 referentiepunten van waardevolle vegetatietypen beschreven. Voor 120 van deze punten werden bodem en bodemvocht bemonsterd en geanalyseerd. In dit rapport wordt voor de totale set van 120 punten en voor vier fysisch-geografisch gedefinieerde subsets een multivariate analyse uitgevoerd met als doel vast te stellen welke standplaatsfactoren het meest sturend zijn voor de vegetatieontwikkeling. Voor de belangrijkste van deze factoren werd bepaald welke waarden kenmerkend zijn voor de onderzochte doeltypen. Aangegeven wordt hoe ook bij relatief geringe aantallen referentiepunten een inschatting van ecologisch relevante grenswaarden kan worden gegeven. Een en ander wordt nader toegelicht aan de hand van een gradiënt van een orchideeënrijk blauwgrasland naar een soortenarme natte heide.

Trefwoorden: Abiotische randvoorwaarden, blauwgrasland, bodemchemie, bodemvocht, CANOCO, multivariate analyse, vegetatietypen, veldkenmerken.

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van www.alterra.wur.nl (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra Wageningen UR verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.boomblad.nl/rapportenservice.

© 2010 Alterra Wageningen UR, Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland
Telefoon 0317 48 07 00; fax 0317 41 90 00; e-mail info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra Wageningen UR.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra-rapport 2050
Wageningen, juni 2010

Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	9
2 Materiaal en methoden	11
2.1 Opnamemateriaal	11
2.2 Veldkenmerken	12
2.3 Chemie bodemvocht	13
2.4 Bodemchemie vaste fase	14
2.5 Statistische bewerking	15
3 Resultaten: alle referentiepunten	19
3.1 Sturende factoren (CCA)	19
3.2 Indeling naar landschap en grondsoort (CVA)	21
4 Resultaten: duinzanden en wadafzettingen	23
4.1 Algemeen overzicht	23
4.2 Kwelders	27
4.3 Bossen	28
4.4 Duinvalleien	29
5 Resultaten: rivier- en zeeleigronden	33
5.1 Algemeen overzicht	33
5.2 Glanshaverhooilanden	35
6 Resultaten: veengronden	39
6.1 Algemeen overzicht	39
6.2 Beekdalen	44
6.3 Laagvenen	46
6.4 Hoogvenen en vennen	47
7 Resultaten: pleistocene zand- en leemgronden	49
7.1 Algemeen overzicht	49
7.2 Schraalgraslanden en mesotrofe moerassen	53
7.3 Natte heiden en oligotrofe moerassen	55
8 Discussie en conclusies	59
Literatuur	63
Bijlage A. Lijst van referentiepunten.	65

Samenvatting

In het kader van het project Terreincondities werden sinds 1998 door Staatsbosbeheer en Alterra meer dan 250 referentiepunten beschreven. Het gaat hierbij om beschrijvingen van representatieve en stabiele voorbeelden van waardevolle vegetatietypen. De beschrijvingen betreffen zowel de vegetatie zelf (soortensamenstelling en structuur) maar ook de humusvorm, het bodemprofiel, de hydrologie en het beheer (Hommel et al., 2007). De verzamelde gegevens werden gepubliceerd in een reeks SBB-rapporten (Beets et al., 2000 t/m 2005) en worden ook ontsloten via een (nog in ontwikkeling zijnde) internetapplicatie (www.synbiosys.alterra.nl/sbbreferenties/).

In aanvulling op de oorspronkelijke beschrijvingen werden in een selectie van deze referentiepunten door onderzoekcentrum B-WARE bodem en bodemvocht bemonsterd en geanalyseerd. In een eerdere onderzoeksfase werd aan de hand van 92 van deze punten en met behulp van multivariate analyse bepaald welke kenmerken van het abiotisch milieu het meest 'verklarend' zijn voor de variatie in soortensamenstelling van de onderzochte referentiepunten. De achterliggende gedachte hierbij is dat deze 'verklarende factoren' of 'sleutelfactoren' ook in belangrijke mate sturend zijn (geweest) voor de ontwikkeling en het behoud van de betreffende vegetatietypen (Hommel et al., 2006).

Op grond van de resultaten van de eerste onderzoeksfase kon het aantal potentieel sturende factoren worden ingeperkt van 67 naar 20. Tevens werd geconcludeerd dat een herbemonstering van bodem en bodemvocht in het najaar, ten opzichte van een eerdere bemonstering in het voorjaar, weinig meerwaarde heeft.

In de tweede fase van het onderzoek, waarvan dit rapport verslag doet, werd voor de ingeperkte set van standplaatsfactoren en een uitgebreidere set van 120 referentiepunten opnieuw een multivariate analyse verricht. Dit gebeurde zowel voor de gehele dataset van 120 referentiepunten als voor vier subsets. Hiervoor werden de referentiepunten *a priori* - op een voor de beheerder herkenbare wijze - ingedeeld naar landschappelijke ligging en moedermateriaal.

De resultaten van dit onderzoek geven aan dat voor verschillende belangrijke bodemchemische factoren er nauwelijks overlap bestaat tussen de punten van de vier onderscheiden categorieën. Deze factoren vormen als het ware het bodemchemisch kader waarbij op een gedetailleerder niveau naar subtiele verschillen in standplaatsfactoren tussen de verschillende vegetatietypen kan worden gezocht (zie figuur 3c).

Anders dan in de eerste onderzoeksfase, die primair gericht was op selectie van factoren, worden in dit rapport de resultaten van de multivariate analyse terugvertaald naar de werkelijk gemeten waarden. Daar waar bij de CANOCO-analyses het opnamemateriaal uiteen blijkt te vallen in min of meer duidelijk gescheiden groepen, leidt dit tot het vaststellen van grenswaarden. Op meer gedetailleerd niveau bleek het echter vaak niet direct mogelijk grenswaarden te definiëren. Het aantal waarnemingen per vegetatietype is daarvoor veel te gering. Referentiepunten voor ecologisch samenhangende typen kunnen echter wel op grond van de resultaten van de Canoco-analyse langs gradiënten voor de belangrijkste sturende factoren worden geplaatst. Als voorbeeld is in 7.3 een pH-gradiënt in vijf stappen van orchideerijk blauwgrasland (7.4) naar soortenarme natte heide (3.8) gegeven.

Dit voorbeeld geeft aan hoe ook bij geringe aantallen referentiepunten een verantwoorde inschatting van grenswaarden voor relevante standplaatsfactoren kan worden gedaan. De voor de beheerder meest bruikbare informatie wordt hierbij gegenereerd indien het schaalniveau waarop deze methode wordt toegepast verder

wordt verfijnd naar de schaal van het fysiotop (zie De Waal, 2007). Een dergelijke bewerking van de SBB-referentiepunten in de vorm van een aantal voorbeeldreeksen voor vijf zeer verschillende fysiotopen werd onlangs verricht door De Waal en Hommel (2010).

1 Inleiding

Achtergrond

Ten behoeve van de bedrijfssturing wordt bij de afdeling Terreinbeheer van Staatsbosbeheer gewerkt aan een plantensociologische indeling van de vegetatie van Nederland, met daaraan gekoppeld een abiotische onderbouwing van de onderscheiden typen: de 'SBB-catalogus' (Schipper, 2002). Deze indeling in vegetatietypen is in hoge mate geënt op de reeks 'De Vegetatie van Nederland' (Schaminée et al. 1995, 1996, 1998; Stortelder et al., 1999). Op een beperkt aantal hoofdlijnen (o.a. indeling Grote zeggenvegetaties en droge graslanden) en een groot aantal details vertonen beide indelingen echter verschillen. In het algemeen kan worden gesteld dat de SBB-catalogus iets gedetailleerder is, vooral wat betreft het aantal onderscheiden romp- en derivaatgemeenschappen.

Probleem

De abiotische onderbouwing van de catalogustypen blijkt in veel gevallen problematisch te zijn. Er zijn slechts weinig gekwantificeerde en aan exacte locaties gekoppelde gegevens beschikbaar met betrekking tot de abiotische randvoorwaarden van de verschillende in ons land voorkomende vegetatietypen. Vooral voor de grondwaterafhankelijke typen is onvoldoende informatie aanwezig over de gewenste grond- en oppervlaktewatersituatie. Vaak is onduidelijk welke van de factoren in het abiotisch milieu differentiërend werken en waar precies de drempelwaarden liggen. In de botanische literatuur die betrekking heeft op de relatie vegetatie - standplaats wordt de exacte floristische samenstelling en locatie van de betrokken vegetaties vaak onvoldoende gedocumenteerd. Ook zijn standplaatsbeschrijvingen in de vegetatiekundige literatuur veelal erg kwalitatief van aard. Deze leemten in kennis worden door terreinbeherende instanties als SBB als een groot probleem ervaren voor hun interne bedrijfssturing.

Om bovengenoemde leemten in kennis op te vullen is binnen de afdeling Terreinbeheer van Staatsbosbeheer het project 'Terreincondities' gestart. Het deelproject 'Selectie van referentiepunten', dat wordt uitgevoerd in samenwerking met Alterra, vormt hiervan een onderdeel. In dit deelproject worden zorgvuldig geselecteerde representatieve en stabiele voorbeelden van de in de catalogus onderscheiden typen vegetatiekundig, bodemkundig en hydrologisch beschreven (zie ook 2.1).

Tot nu toe werden 324 referentiepunten van grondwaterafhankelijke, 'korte' vegetaties met een geringe vervangbaarheid beschreven. Het dekkingspercentage binnen deze groep vegetatietypen bedraagt op dit moment 71%. Voor 200 van de 282 typen is tenminste één referentiepunt beschikbaar.

De volgende logische stap is nu vanuit de beschikbare informatie over de referentiepunten te komen tot abiotische randvoorwaarden voor de typen. De eerste vraag die hierbij aan de orde komt is welke factoren in het abiotisch milieu onderscheidend zijn ten aanzien van de soortensamenstelling van de vegetatie. Het onderzoek waar dit rapport verslag van doet, vormt hiertoe een eerste aanzet. Het gaat hierbij om de relatie tussen kenmerken van de bodem en het bodemvocht enerzijds en de vegetatie anderzijds. In een parallel-onderzoek werd - eveneens aan de hand van een selectie van referentiepunten - de relatie tussen grondwaterdynamiek en vegetatie onderzocht (Van Delft et al., 2006).

Om de relatie tussen bodem(vocht) en vegetatie te verkennen werd niet alleen gebruik gemaakt van de reeds in het kader van het deelproject 'Selectie van referentiepunten' verzamelde informatie met betrekking tot vegetatie, bodem en hydrologie, maar werden in de periode 2005-2007 aanvullende informatie verzameld met betrekking tot de chemische samenstelling van de bodem en het bodemvocht. Hiertoe werden door

medewerkers van Staatsbosbeheer bodemonsters en poriewatermonsters genomen. Deze werden door Onderzoekscentrum B-WARE (Nijmegen) geanalyseerd. In het kader van de Vogel- en Habitatrichtlijn (VHR) en de Kaderrichtlijn Water (KRW) werd bij de bemonstering prioriteit gegeven aan 'habitat-referentiepunten'.

Doel

In een eerdere onderzoeksfase werden 92 referentiepunten onderzocht. Bemonstering en analyses van deze punten vond plaats in 2005. De resultaten werden in het daarop volgende jaar gepubliceerd (Hommel et al., 2006). Hoofddoel van deze eerste onderzoeksfase was vast te stellen welke bodemfactoren het meest 'verklarend' voor de variatie in soortensamenstelling en vegetatietypen?

Voor de tweede onderzoeksfase waarover hier wordt gerapporteerd geldt eenzelfde doelstelling, met dien verstande dat het aantal bemonsterde referentiepunten waarvoor ook complete bodemanalyses beschikbaar zijn, is uitgebreid tot 120, terwijl het aantal bodemfactoren - op basis van de resultaten van de eerste fase - enigszins is gereduceerd.

Verder zijn in de tweede fase, veel meer dan in het vooronderzoek het geval was, de onderzoeksresultaten doorvertaald naar concrete drempelwaarden in het abiotisch milieu.

De resultaten van het onderzoek worden door Staatsbosbeheer gebruikt voor de completering van de SBB-catalogus van vegetatietypen en abiotische standplaatscondities, voor een nadere uitwerking van de Vogel- en Habitatrichtlijn (VHR) en voor een toetsing op de invulling van de Kaderrichtlijn Water (KRW).

2 Materiaal en methoden

2.1 Opnamemateriaal

De gebruikte vegetatieopnamen werden gemaakt in het kader van het Staatsbosbeheer-project Terreincondities en maken deel uit van de set van referentiepunten die bij SBB in ontwikkeling is ten behoeve van de interne bedrijfssturing (Beets et al., 2000 t/m 2005). Deze referentiepunten zijn volgens nauwkeurig omschreven criteria geselecteerde representatieve en stabiele voorbeelden van vegetatietypen, zoals deze gedefinieerd worden in de SBB-catalogus (Schipper, 2002). Bij elke vegetatieopname hoort een beschrijving van het bodem- en humusprofiel en in veel gevallen ook een betrouwbaar hydrologisch meetpunt (in de meeste gevallen een grondwaterstandsbuis) op exact dezelfde locatie. Waar een (betrouwbaar) hydrologisch meetpunt ontbreekt, zal dit alsnog zo spoedig mogelijk door Staatsbosbeheer worden ingericht.

De gebruikte opnamen zijn een door Staatsbosbeheer aangeleverde selectie uit de totale set van referentiepunten. Alle opnamen zijn gemaakt in de periode 1999-2006. In vrijwel alle gevallen betreft het terreinen van Staatsbosbeheer. De hier gebruikte set referentiepunten bevat slechts twee punten in terreinen van Natuurmonumenten (Korenburgerveen bij Winterswijk; Drijvers Vogelweid de Bol op Texel) en één punt in een terrein van het Fryske Gea (Ule Krite).

De gebruikte referentiepunten liggen verspreid door het land. In alle gevallen betreft het grondwaterafhankelijke (inclusief amfibische) vegetaties met een geringe vervangbaarheid. In de meeste gevallen gaat het om 'korte' vegetaties, in slechts twaalf gevallen om bossen (10%). Een overzicht van de spreiding over de verschillende vegetatieklassen wordt gegeven in tabel 2a. Opnamen behorend tot klasse-overschrijdende rompgemeenschappen zijn hierbij zo goed mogelijk aan één van de desbetreffende klassen toegerekend. In de meeste gevallen werd per vegetatietype slechts één referentiepunt bemonsterd. Bijlage A geeft een overzicht van alle bemonsterde referentiepunten gerangschikt naar vegetatietype.

Tabel 2a

Spreiding van de opnamen over de vegetatieklassen (indeling naar Schipper, 2002).

Nr.	Vegetatieklasse		N
6	Oeverkruid-klasse	Littorelletea	4
7	Klasse der bronbeekgemeenschappen	Montio-Cardaminetea	2
8	Riet-klasse	Phragmitetea	3
9	Klasse der Kleine zeggen	Parvocaricetea	31
10	Klasse der hoogveenlenken	Scheuchzerietea	6
11	Klasse der hoogveenbulten en natte heiden	Oxycocco-Sphagnetes	19
16	Klasse der vochtige graslanden	Molinio-Arrhenatheretea	28
19	Klasse der heischrale graslanden	Nardetea	5
26	Zeeaster-klasse	Asteretea tripolii	7
27	Zeevetmuur-klasse	Saginetes maritima	1
28	Dwergbiezen-klasse	Isoeto-Nanojuncetea	2
38	Klasse der wilgenvloedbossen en -struwelen	Salicetea purpureae	1
39	Klasse der elzenbroekbossen	Alnetes glutinosae	1
40	Klasse der berkenbroekbossen	Vaccinio-Betuletea pubescentis	4
42	Klasse der eiken- en beukenbossen op voedselarme grond	Quercetea robur-petraeae	1
43	Klasse der eiken- en beukenbossen op voedselrijke grond	Quercus-Fagetea	5
Totaal			120

2.2 Veldkenmerken

Hoewel dit onderzoek primair gericht was op de relatie tussen vegetatie en bodemchemie (bepaald aan de hand van analyses van het bodemvocht en de vaste fase) werden ook enkele kenmerken die betrekking hebben op de bodemopbouw en het vochtregime in de statistische bewerkingen meegenomen. Dit is gedaan om twee redenen:

- om een beter beeld te krijgen van de belangrijkste factoren die bepalend zijn voor de variatie in soortensamenstelling (verhoging van de verklaarde variantie);
- om een beeld te krijgen van eventuele correlaties tussen bodemopbouw, grondwaterregime en bodemchemie.

In de eerste onderzoeksfase werden zeven veldkenmerken onderzocht. Op grond van de resultaten van de eerste fase kon dit aantal worden teruggebracht tot drie. Dit zijn:

- leemgehalte op 0-10 cm -mv (%)
- organische-stofgehalte op 10-30 cm -mv (%)
- gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) (cm -mv)

Het organische stofgehalte van de bovengrond (0-10 cm -mv) is weliswaar een belangrijke verklarende factor voor verschillen in de vegetatiesamenstelling, maar deze factor werd ook al in het laboratorium bepaald (zie 2.3). De benodigde gegevens konden grotendeels (voor 107 referentiepunten) worden afgeleid uit de rapportages van Beets et al. (2000 t/m 2005). Voor dertien referentiepunten, waaronder de twaalf bosopnamen, is de rapportage in voorbereiding. Voor de bepaling van de GLG werd zoveel mogelijk gebruik gemaakt van het grondwaterstandsverloop bepaald in de hydrologische meetpunten. Waar deze gegevens niet beschikbaar waren, werd een indicatie voor de GLG afgeleid uit profielkenmerken. De relatie tussen vegetatie en grondwaterdynamiek werd - eveneens aan de hand van een selectie van referentiepunten - in veel meer detail onderzocht in een parallel-onderzoek (Van Delft et al., 2006 en 2008). Voor een nadere analyse van de

invloed van de GLG op vegetatie en bodemkenmerken van de SBB-referentiepunten, zie ook Runhaar et al., 2010.

Ten behoeve van de CANOCO-bewerkingen (zie 2.5) werd op de leem- en organische-stofgehaltes een log-transformatie toegepast

2.3 Chemie bodemvocht

In 2005 en 2007 werden bodemvochtmonsters verzameld met behulp van teflon lysimeter (Rhizon bodemvochtmonsteremmer; Eijkelkamp Agrisearch Equipment). Via deze lysimeters werd in het veld met behulp van een injectiespuit poriewater uit de bodem opgezogen (Tomassen, 2004). Per referentiepunt werden drie spuiten poriewatermonsters genomen. De pH en alkaliniteit werden direct na bemonstering gemeten, waarna de rest van de monsters werd gemengd tot één mengmonster. Dit monster werd opgestuurd naar het laboratorium van de Radboud Universiteit in Nijmegen. Het gebruik van een teflon lysimeter heeft als voordeel dat het vocht anaeroob kan worden verzameld, zodat er geen gereduceerde verbindingen oxideren. Een bijkomend voordeel is dat het bodemvocht op deze wijze meteen gefilterd wordt.

De bodemvochtmonsters werden verzameld door de terreinbeheerders, daartoe geïnstrueerd door medewerkers van B-WARE. Er waren twee monsterrondes: één in het voorjaar en één in het najaar. In enkele gevallen werd naast (of in plaats van) het bodemvocht de waterlaag boven maaiveld bemonsterd. Ook deze monsters werden geanalyseerd. De chemische samenstelling van de waterlaag is echter niet identiek aan die van het bodemvocht. Bij ontbrekende bodemvochtmonsters kunnen de waterlaagmonsters dus niet als vervanging gebruikt worden. Het aantal monsters van de waterlaag is verder te gering om de analyse-resultaten als additioneel kenmerk in de statistische bewerkingen mee te nemen. In dit onderzoek is daarom geen gebruik gemaakt van de analyse-resultaten van de waterlaag.

Voor de bodemvochtmonsters werd op grond van de resultaten van het vooronderzoek (Hommel et al., 2006) geconcludeerd dat de meerwaarde van de analyse van de najaarsmonsters gering is. Daarbij kon om praktische redenen niet op alle onderzochte locaties een najaarsmonster verzameld worden. In de hierna volgende berekeningen zijn dan ook, voor wat betreft de analyses van het bodemvocht, uitsluitend uitgegaan van de voorjaarsbemonstering.

In de bodemvochtmonsters werd de pH en de alkaliniteit (zuurbufferend vermogen) bepaald door titratie met verdund zoutzuur tot pH 4,2. De concentraties aluminium (Al), beryllium (Be), cadmium (Cd), calcium (Ca), cobalt (Co), fosfor (P), koper (Cu), lood (Pb), magnesium (Mg), ijzer (Fe), mangaan (Mn), molybdeen (Mo), nikkel (Ni), silicium (Si), strontium (Sr), zink (Zn), zwavel (S) werden gemeten met behulp van een ICP-OES. De concentraties ammonium (NH_4^+), nitraat (NO_3^-), fosfaat (PO_4^{3-}) en chloride (Cl) werden gemeten aan de hand van kleurreacties met auto-analyser-technieken (Lamers, 2001; Tomassen, 2004). Natrium (Na) en kalium (K) werden vlamfotometrisch bepaald (zie ook www.ru.nl/fnwi/gi).

Op grond van de resultaten van de eerste onderzoeksfase (Hommel et al., 2006) werden uit bovenstaande bepalingen de belangrijkste, d.w.z. meest verklarende, bepalingen aan het bodemvocht geselecteerd. De volgende bepalingen werden in de CANOCO-bewerkingen (zie 2.5) betrokken: pH, alkaliniteit en de gehalten aan fosfor, chloride, ijzer, zwavel, aluminium en silicium.

In vrijwel alle gevallen betreft het complete analyses. Slechts in drie gevallen werd om *missing values* in de dataset te voorkomen de ontbrekende waarde van de pH van het bodemvocht ingeschat vanuit de pH van de bodem (vaste fase). Dit gebeurde op grond van de correlatie tussen beide factoren in de gehele dataset. Ten

behoefte van de CANOCO-bewerkingen werd vervolgens op alle analyseresultaten, met uitzondering van de pH-waarden, een log-transformatie toegepast.

2.4 Bodemchemie vaste fase

Per monsterpunt is een mengmonster gemaakt van de toplaag van de bodem door binnen het proefvlak op drie verschillende plaatsen van de bovenste 10 centimeter bodemmateriaal te verzamelen. De mengmonsters werden in een koelcel bewaard bij een temperatuur van 4 °C. Per bodemmonster zijn daarna de volgende parameters geanalyseerd:

- Drooggewicht en gloeiverlies (organisch stofgehalte);
- De totale concentraties aluminium (Al), beryllium (Be), cadmium (Cd), calcium (Ca), cobalt (Co), fosfor (P), koper (Cu), lood (Pb), magnesium (Mg), ijzer (Fe), kalium (K), mangaan (Mn), molybdeen (Mo), nikkel (Ni), silicium (Si), strontium (Sr), zink (Zn), zwavel (S) (na ontsluiting met salpeterzuur) en de pH. In de CANOCO-analyses worden deze respectievelijk aangeduid als Al-des, Be-des, Cd-des, Ca-des, Co-des, P-des, Cu-des, Pb-des, Mg-des, Fe-des, K-des, Mn-des, Mo-des, Ni-des, Si-des, Sr-des, Zn-des, S-des en pH-des (des = destructie);
- De met een zoutextract vrij te maken concentraties aan aluminium (Al), ammonium (NH_4^+), calcium (Ca), fosfaat (totaal), kalium (K), magnesium (Mg), mangaan (Mn), nitraat (NO_3^-), zink (Zn) en zwavel (S) en de pH. In de CCA-analyses worden deze respectievelijk aangeduid als Al-zout, NH_4 -zout, Ca-zout, P-zout, K-zout, Mg-zout, Mn-zout, NO_3 -zout, Zn-zout, S-zout en pH-zout;
- De met een extract met natriumbicarbonaat vrij te maken concentratie aan fosfaat, verder aangeduid als P-Olsen;
- Tevens werden de volgende ratio's berekend: Fe-des / S-des; NO_3 -zout / NH_4 -zout (N-ratio) en P-Olsen / P-des (P-ratio).

Vochtgehalte en organische stofgehalte

Om het vochtgehalte van het verse bodemmateriaal vast te stellen werd het vochtverlies bepaald. Dit gebeurde door bodemmateriaal per monster af te wegen in aluminium bakjes (gewicht bakje = 1,40 gram) en gedurende 24 uur te laten drogen in een stoof bij 105 °C. De volgende dag werd het bakje met bodemmateriaal weer gewogen en kon het vochtverlies bepaald worden. Alle bepalingen werden in duplo uitgevoerd. Het ene deel werd gebruikt voor het bepalen van het gloeiverlies, het andere voor de bodemdestructie. Omdat de bakjes precies werden afgevuld tot aan de rand konden later ook de concentraties worden omgerekend naar mol per liter bodemvolume.

De fractie organische stof in de bodem kan worden berekend door het gloeiverlies te bepalen. Hiertoe werd het bodemmateriaal per monster, na het drogen, gedurende vier uur verast in een oven bij een temperatuur van 550 °C. Hierna werd het bakje met bodemmateriaal weer gewogen en kon de fractie organisch materiaal berekend worden. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met het gehalte aan organisch materiaal in de bodem.

Destructie

Door de bodem te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bepaalde elementen/nutriënten in het bodemmateriaal te bepalen. Dit gebeurde door het bodemmateriaal na het drogen te vermalen en te verzamelen in pillenpotjes van 100 ml. Van het bodemmateriaal werd per monster nauwkeurig 500 mg afgewogen en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het bodemmateriaal werd 4 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3 , 65%) en 1 ml waterstofperoxide (H_2O_2 , 30%) toegevoegd en geplaatst in een destructie-magnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestruerd in gesloten teflon vaatjes. Na destructie werden de monsters in een koelkast afgekoeld tot op

kamertemperatuur, waarna ze werden aangevuld tot 100 ml door toevoeging van milli-Q. Daarna werd het monster gemeten met behulp van ICP-OES.

Zoutextracten

In de zoutextracten worden de ionen gemeten die door natrium (kationen) of chloride (anionen) van het bodem-adsorbtiecomplex worden verdrongen. Zout-extracten werden gemaakt door 35 gram verse bodem gedurende vier uur uit te schudden met 200 ml 0,2 mol l⁻¹ NaCl-oplossing. Vervolgens werd het monster gefilterd, waarna de concentraties aluminium (Al), calcium (Ca), fosfor (P), kalium (K), magnesium (Mg), mangaan (Mn) en zwavel (S) werden gemeten met behulp van ICP-OES. De concentraties ammonium en nitraat werden bepaald aan de hand van kleurreacties met autoanalyser-technieken. De pH van de zoutextracten werd bepaald door titratie met verdund zoutzuur tot pH 4,2.

P-Olsen

Het P-gehalte werd ook bepaald volgens de methode van Olsen et al. (1954). Hiervoor werd 5 gram droge bodem gedurende een half uur uitgeschud met 100 ml 0.5 M natriumbicarbonaat (pH 8,2). Vervolgens werd het monster gecentrifugeerd, waarna het supernatant werd geanalyseerd voor fosfor (P) met behulp van ICP-OES.

Op grond van de resultaten van de eerste onderzoeksfase (Hommet et al., 2006) werden uit bovenstaande bepalingen de belangrijkste, de meest verklarende, bepalingen aan de vaste fase van de bodem geselecteerd. De volgende bepalingen werden in de CANOCO-bewerkingen (zie 2.5) betrokken: organische stofgehalte, Al-des, Fe-des, Mg-des, pH-zout, Ca-zout, Zn-zout, P-ratio en N-ratio.

Ten behoeve van de CANOCO-bewerkingen (zie 2.5) werd op alle analyseresultaten, met uitzondering van de pH-waarden, een log-transformatie toegepast.

2.5 Statistische bewerking

Bewerkingen gericht op het verklarend vermogen van de verschillende onderzochte factoren voor soortensamenstelling en indeling in typen werden verricht met behulp van het programma CANOCO (Ter Braak en Smilauer, 2002; Leps en Smilauer, 2003).

CANOCO staat voor Canonical Community Ordination. Het is een software-pakket waarmee een breed scala aan ordinatie-berekeningen kan worden uitgevoerd. Ordinatie-technieken hebben als doel binnen een set vegetatieopnamen de soorten en/of opnamen zodanig te rangschikken dat zij de variatie in milieufactoren optimaal in beeld brengen. De resultaten worden weergegeven in de vorm van een ordinatie-diagram. De ordinatie kan direct of indirect zijn. Bij een indirecte ordinatie wordt de positie van opnamen en soorten in het 'verklarend model' en het ordinatie-diagram uitsluitend bepaald door de soortensamenstelling en niet door de verklarende variabelen (abiotische factoren). Bij directe ordinatie spelen ook de verklarende variabelen een rol bij de plaats van de soorten en/of opnamen in de diagrammen.

Voor gebruik van CANOCO gelden een aantal randvoorwaarden:

- de verklarende variabelen moeten een (min of meer) normale verdeling hebben. Dit is echter zelden het geval. De oplossing is een log-transformatie voor duidelijk niet-normaal verdeelde variabelen (in ons geval alle variabelen met uitzondering van de GLG en de pH).
- het aantal opnamen dient groter (liefst aanzienlijk groter) te zijn dan het aantal verklarende variabelen. Dit is in ons geval niet altijd het geval. Om dit probleem te ondervangen zijn *alle* CANOCO-bewerkingen getrapd uitgevoerd, bijvoorbeeld eerst voor bodemkenmerken (inclusief GLG), analyse-resultaten van de

voorjaarsbemonstering en analyse-resultaten van de najaarsbemonstering afzonderlijk, en vervolgens - na selectie van alleen die factoren die een significante bijdrage leveren aan het verklarend model - voor alle geselecteerde factoren samen. De selectie van relevante factoren gebeurt door middel van de techniek van '*forward selection*' binnen CCA en CVA (zie hieronder), waarbij uitgaande van de meest verklarende factor alleen factoren die een significante *meerwaarde* hebben stapsgewijs worden toegevoegd.

- zeer sterk gecorreleerde verklarende variabelen mogen niet in een 'verklarend model' worden gebruikt. Ongeoorloofde correlaties worden opgespoord binnen DCA (zie hieronder): het programma levert correlatie-coëfficiënten en per factor een zogenaamde '*variance inflation factor*'. Overigens blijkt in de praktijk de techniek van *forward selection* voldoende bescherming te bieden tegen ongeoorloofde correlaties tussen verklarende factoren.

Binnen CANOCO werden drie verschillende ordinatie-technieken gebruikt:

- Detrended Correspondance Analysis (DCA)
- Canonical Correspondance Analysis (CCA)
- Canonical Variates Analysis (CVA)

Bij de vergelijking van de resultaten van de voor- en najaarsbemonstering werd verder ook gebruik gemaakt van de T-toets. De verschillende CANOCO-bewerkingen worden hieronder kort toegelicht:

Detrended Correspondance Analysis

DCA is een indirecte ordinatie-techniek. DCA wordt als voorbereidende en controlerende bewerking gebruikt naast beide andere directe ordinatie-technieken. Het doel is:

- het opsporen van (te) sterk gecorreleerde variabelen (zie hierboven);
- het bepalen van de mate van variatie binnen het opnamemateriaal. Deze is bepalend voor de te gebruiken techniek voor directe ordinatie: lineair bij geringe variatie, unimodaal bij grote variatie; in ons geval werd steeds gekozen voor unimodaal;
- het bepalen van de complexiteit van de milieugradiënten; deze is bepalend voor het aantal relevante ordinatie-assen en daarmee voor het aantal relevante ordinatie-diagrammen. In de diagrammen in dit rapport worden steeds alleen de eerste en de tweede ordinatie-as weergegeven.

Canonical Correspondance Analysis

CCA is een directe, unimodale ordinatie-techniek gericht op het vinden van verklarende (abiotische) factoren voor de variatie in soortensamenstelling. De soortensamenstelling is hier dus de responsvariabele. De CCA-bewerkingen werden uitgevoerd voor alle opnamen samen en voor verschillende subsets van opnamen op basis van landschap en grondsoort (zie hieronder). In de analyses is het beheer nadrukkelijk niet meegenomen als factor. Een belangrijk deel van de niet verklaarde variantie in de CCA-analyses zal waarschijnlijk door de factor beheer worden bepaald.

Canonical Variates Analysis

Ook CVA is een directe, unimodale ordinatie-techniek en zeer vergelijkbaar met CCA. Doel is in dit geval echter het verklaren van de soortensamenstelling, maar de variatie in typen vanuit de abiotische diverse factoren. Kortom: CVA is een techniek voor discriminant-analyse, waarbij niet de soorten maar de typen de responsvariabelen zijn.

In het kader van dit onderzoek werd alleen een CVA-bewerking uitgevoerd om te onderzoeken welke factoren de gebruikte *a priori*-indeling van de referentiepunten naar landschap en grondsoort ondersteunen. Hierbij werd uitgegaan van de volgende hoofdgroepen, die in hoofdstuk 3 nader worden toegelicht:

- Duin- en wadzanden
- Rivier- en zeeklei (inclusief kleiig rivierzand)
- Veengronden
- Pleistocene zand- en leemgronden

Interpretatie van de diagrammen (CCA en CVA)

Bij interpretatie van de ordinatie-diagrammen geldt dat (1) de lengte van de pijl een maat is voor het aandeel van de betreffende variabele in de totale verklaarde variantie, (2) de hoek tussen twee pijlen een maat is voor de correlatie tussen de twee betreffende variabelen (kleine hoek is hoge correlatie) en (3) de projectie van een punt op een pijl een maat is voor de relatieve waarde van die variabele voor dat punt, dus voor de positie van het punt op de gradiënt die door de pijl wordt beschreven.

3 Resultaten: alle referentiepunten

3.1 Sturende factoren (CCA)

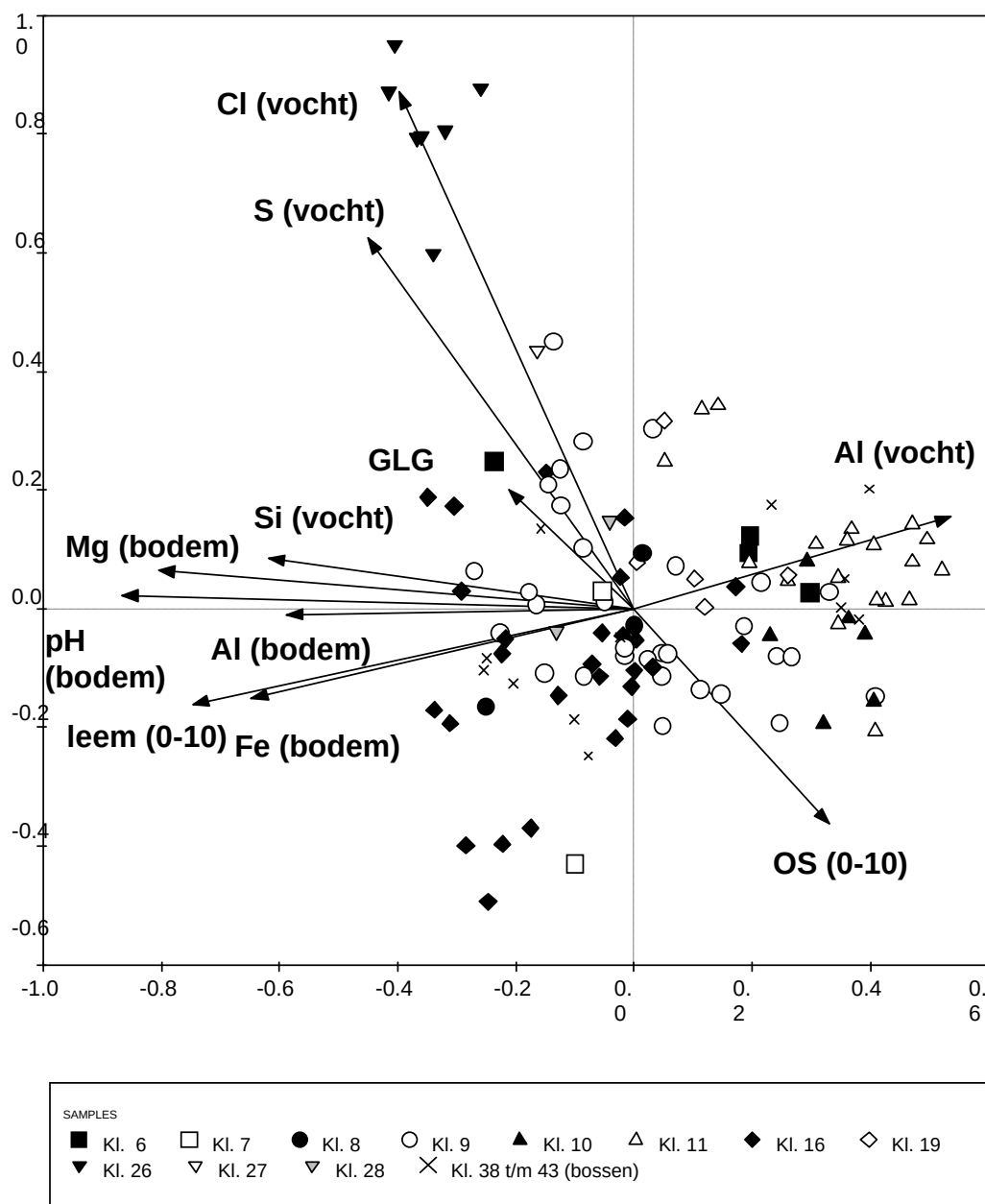
De CCA-bewerking resulteerde in een verklarend model waarin een groot aantal factoren werden opgenomen. Het bijbehorend ordinatie-diagram wordt weergegeven in figuur 3a. Het percentage verklaarde variantie bedraagt slechts 20.

Figuur 3a laat zien dat maar liefst twaalf van de twintig onderzochte standplaatsfactoren een significante bijdrage aan het model leveren. Er zijn grofweg twee hoofdgradiënten zichtbaar: een gradiënt die verband houdt met zoutwater-invloeden en een gradiënt die verband houdt met de zuurgraad.

De chlorideconcentratie en de hiermee gecorreleerde sulfaatconcentratie van het bodemvocht is een belangrijke verklarende factor die vooral de Zeeaster-klasse (26) scheidt van de overige vegetatietypen. De andere belangrijke verklarende factoren hangen samen met de zuurgraad van de bodem. De pH van de bodem vertoont een tegenovergestelde correlatie met de aluminiumconcentratie van het bodemvocht. In zure bodems kan immers meer aluminium oplossen. De vegetatietypen behorende tot de Klasse van hoogveenslenken (10), de Klasse van hoogveenbulten en natte heide (11) en de Klasse van heischrale graslanden (19) liggen aan de zure kant van het spectrum. De vegetatietypen behorende tot Klasse der vochtige graslanden (16) liggen overwegend aan de gebufferde kant van het spectrum, terwijl de vegetatietypen die behoren tot de Klasse der kleine zeggen (9) een zeer brede verspreiding kennen.

Ook de concentraties magnesium en aluminium in de bodem zijn verklarend. Deze concentraties hangen samen met het leemgehalte. We weten dat naarmate de siltfractie van de bodem toeneemt ook de concentraties magnesium en aluminium, die in een bodemdestructie worden vrij gemaakt, toenemen. De hogere totaal-ijzerconcentraties en opgeloste siliciumconcentraties in het porievocht duiden op grondwaterinvloed. Een hoge totaal-ijzerconcentratie van de bodem duidt op een hoge (historische) invloed van ijzerhoudend grondwater. Het ijzer wordt in gereduceerde vorm aangevoerd via het grondwater, waarna het oxideert in de toplaag van de bodem en accumuleert. Een hoge siliciumconcentratie in het bodemvocht duidt op een actuele grondwaterinvloed. Het CCA-diagram laat zien dus dat de buffering van de bodem afhangt van grondwaterinvloed en/of het leemgehalte van de bodem.

Overigens is de invloed van de zoutgradiënt, die resulteert in floristisch zeer afwijkende systemen, dermate dominant in dit ordinatiediagram dat andere belangrijke verschillen, zoals bijvoorbeeld in grondwaterstanden (hier uitgedrukt in de GLG) volledig worden overruled. Meer in het algemeen kan worden gesteld dat een CCA-bewerking van zoveel verschillende milieutypen weinig nieuws kan opleveren en dat het beter is het opnamemateriaal op te splitsen in ecologisch min of meer samenhangende groepen. Hierbij is in deze studie gekozen voor een globale indeling naar landschap en grondsoort. Deze indeling wordt in de volgende paragraaf nader beschreven.



Klasse 6	Oeverkruid-klasse	Littorelletea
Klasse 7	Klasse der bronbeekgemeenschappen	Montio-Cardaminetea
Klasse 8	Riet-klasse	Phragmitetea
Klasse 9	Klasse der kleine zeggen	Parvocaricetea
Klasse 10	Klasse van hoogveenlenken	Scheuchzerietea
Klasse 11	Klasse der hoogveenbulten en natte heiden	Oxycocco-Sphagneteta
Klasse 16	Klasse der vochtige graslanden	Molinio-Arrhenatheretea
Klasse 19	Klasse der heischrale graslanden	Nardetea
Klasse 26	Zeeaster-klasse	Asteretea tripolii
Klasse 27	Zeevetmuur-klasse	Sagineteta maritimae
Klasse 28	Dwergbiezen-klasse	Isoeto-Nanojuncetea

Figuur 3a

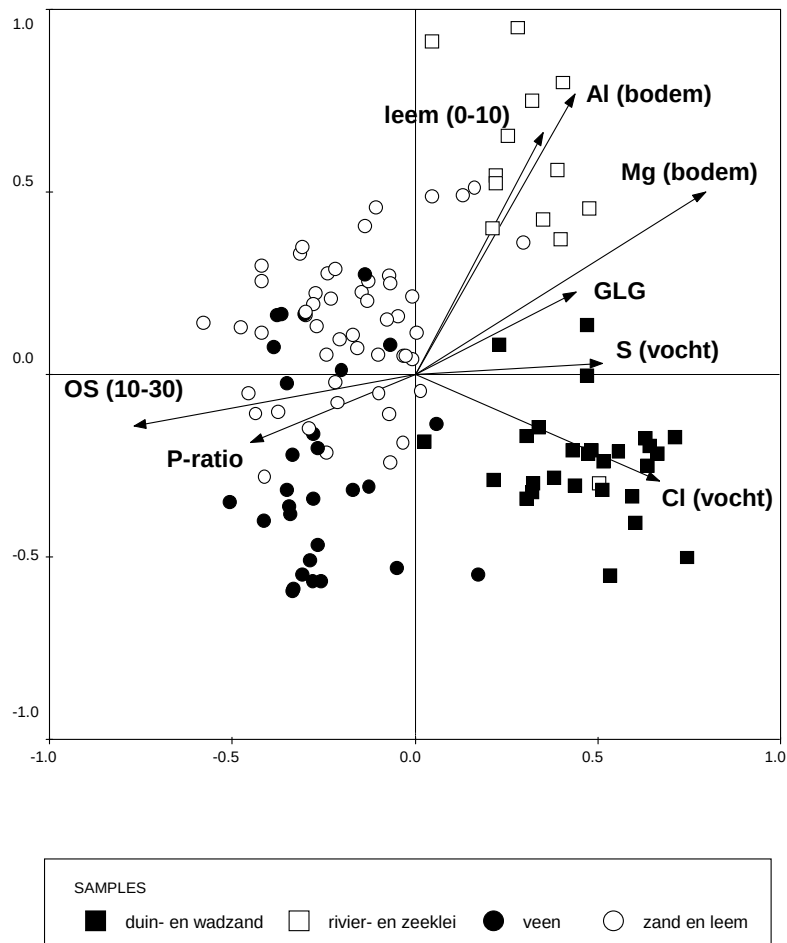
Ordinatiediagram van alle referentiepunten ($N = 120$) en alle onderzochte bodemfactoren ($N = 20$) (CCA).

3.2 Indeling naar landschap en grondsoort (CVA)

Bij de in de volgende hoofdstukken beschreven analyses is uitgegaan van een *a priori* indeling van referentiepunten naar landschap en grondsoort:

- Duin- en wadzanden
- Rivier- en zeeklei (inclusief kleilig rivierzand)
- Veengronden
- Pleistocene zand- en leemgronden

Op basis van deze indeling werd op de hele dataset een CVA-bewerking toegepast met als doel (1) de indeling te optimaliseren aan de hand van de positie in het ordinatie diagram van enkele referentiepunten van intermediaire standplaatsen en (2) een beeld te schetsen van de abiotische factoren die aan bovengenoemde indeling ten grondslag liggen. De analyse resulteerde uiteindelijk in een verklarend model waarin opnieuw opvallend veel factoren werden opgenomen. Het bijbehorend ordinatiediagram wordt weergegeven in figuur 3b. Het percentage verklaarde variantie is opvallend hoog: 61.

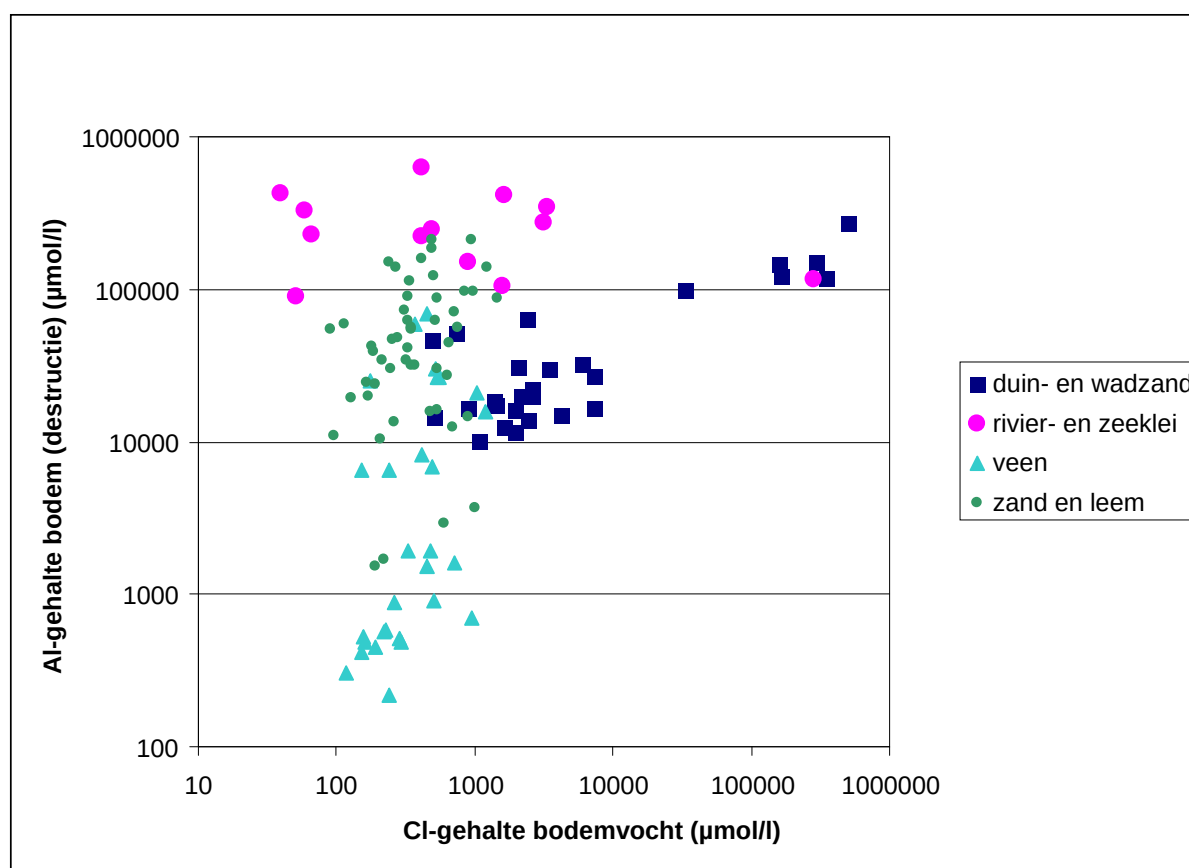


Figuur 3b

Ordinatiediagram van alle referentiepunten ($N = 120$), ingedeeld naar landschap en grondsoort, en alle onderzochte bodemfactoren ($N = 20$) (CVA).

We zien dat de veenbodems worden gekenmerkt door hoge organische stofgehalten en relatief hoge grondwaterstanden. Veenvorming vindt immers plaats op locaties die nagenoeg permanent nat zijn. Totaal-aluminium en totaal-magnesium concentraties correleren goed met de silt/klei-fractie van de bodem. Deze deeltjes blijken tijdens een bodemdestructie deels op te lossen waarbij aluminium, magnesium en kalium vrijkomen. Kleibodems worden dan ook gekenmerkt door hoge aluminium- en magnesiumconcentraties. Duin- en wadzand onderscheiden zich zoals te verwachten van zand en leem door de hoge concentraties chloride en sulfaat in het porievocht.

Het CVA-ordinatiediagram laat daarbij zien dat de vier groepen van referentiepunten, ingedeeld naar landschap en grondsoort, in belangrijke mate van elkaar verschillen voor die kenmerken die bij een analyse van de afzonderlijke referentiepunten (3.1) als belangrijkste naar voren komen. Wij mogen er dus van uitgaan dat de gehanteerde a priori indeling van de referentie het mogelijk zal maken meer gedetailleerd naar de verschillen tussen de referentiepunten binnen de groepen te kijken. Om een en ander iets concreter te maken is in figuur 3c de spreiding van referentiepunten (gerangschikt naar landschap en grondsoort) over de hoofdgradiënten nogmaals weergegeven, maar nu op basis van de werkelijk gemeten waarden.



Figuur 3c

Aluminium- en chloridegehalte van het bodemvocht voor alle 120 referentiepunten, gerangschikt naar landschap en grondsoort.

4 Resultaten: duinzanden en wadafzettingen

4.1 Algemeen overzicht

Het aantal referentiepunten waarvoor volledige bodemanalyses beschikbaar zijn bedraagt 27, waarvan er maar liefst zeventien beschreven werden op Texel (verspreid over acht gebieden). Tabel 4a geeft een overzicht. Bij een CCA-analyse van alle 27 punten tezamen blijken vier factoren verklarend te zijn:

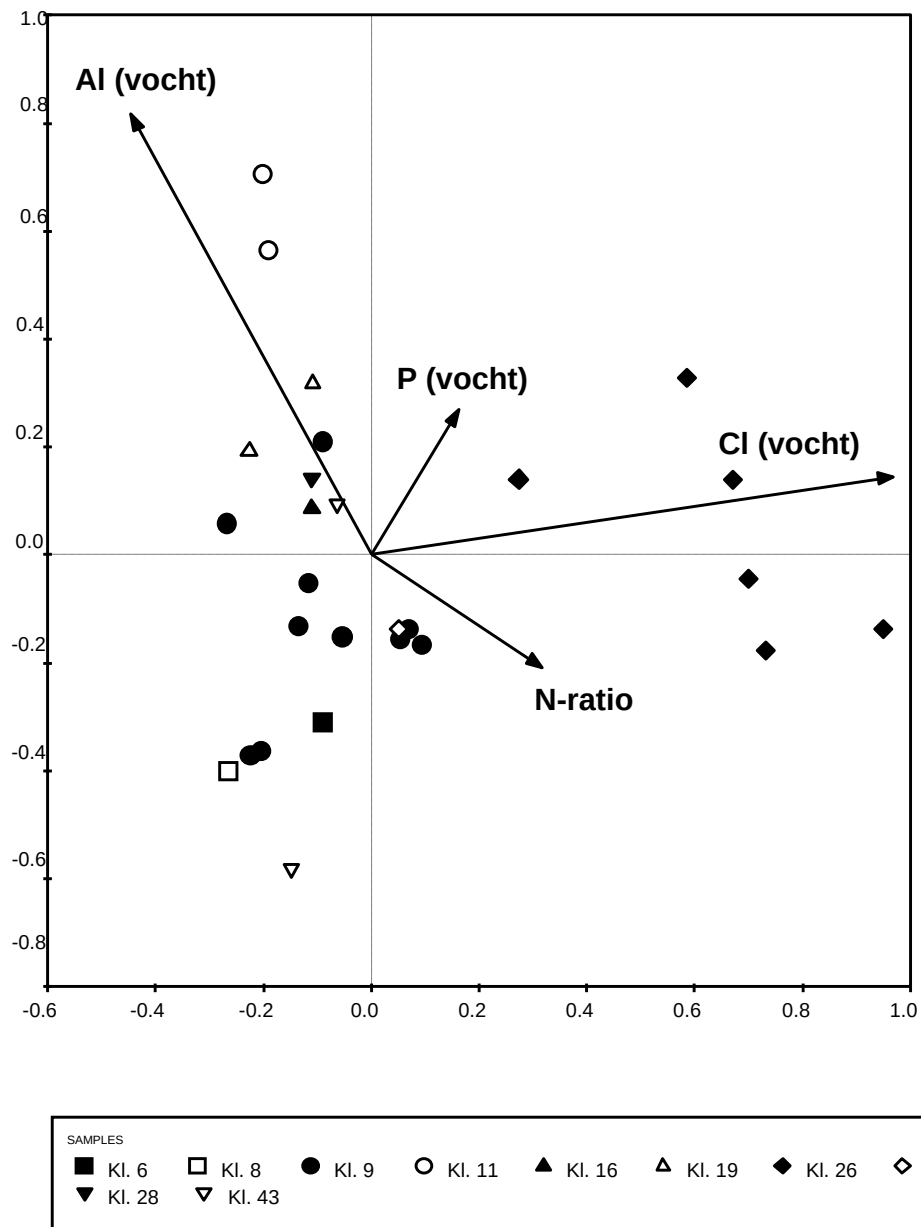
- Cl-gehalte bodemvocht;
- Al-gehalte bodemvocht;
- P-gehalte bodemvocht;
- $\text{NO}_3 / \text{NH}_4$ -ratio zoutextractie bodem (vaste fase).

Het percentage verklaarde variantie bedraagt 26.

Het ordinatiediagram laat duidelijk zien dat de variatie in de soortensamenstelling van de referentiepunten op duin- en wadzand vooral samenhangt met het chloride- en het aluminiumgehalte in het bodemvocht. Hoge Cl-waarden zijn gecorreleerd aan het voorkomen van gemeenschappen uit Klasse 26 (kwelders); relatief hoge aluminiumgehalten zijn kenmerkend voor de duinheiden (Klasse 11). Hoge Cl-waarden duiden op een sterke invloed van zeewater op de bodemchemie, een hoog Al-gehalte in het bodemvocht duidt op een relatief sterke verzuring. Zure bodems hebben een hoge N-ratio omdat de nitrificatie wordt geremd en er relatief veel ammonium ophoopt.

Tabel 4a*Overzicht van de referentiepunten op duin- en wadzanden.*

SBB-code	Vegetatietype	Locatie
06C4	Associatie van Waterpunge en Oeverkruid	Texel, duinen-noord (NH)
08C5b	Galigaan-associatie, verarmde subassociatie	Texel, Moksloot (NH)
09A1	Associatie van Drienervige zegge en Zwarte zegge	Terschelling (Fr)
09A-a	RG Zwarte zegge - Moerasstruisgras-[Verbond van Zwarte zegge]	Vroongronden Schouwen (Z)
09-c	RG Grote veenbes-[Klasse der kleine Zeggen]	Terschelling (Fr)
09C3a	Knopbies-associatie, typische subassociatie	Texel, de Muy (NH)
09C3a	Knopbies-associatie, typische subassociatie	Texel, de Muy (NH)
09C3c	Knopbies-associatie, soortenarme subassociatie	Texel, de Muy (NH)
09C-b	RG Armbloemige waterbies-[Knopbiesverband]	Texel, Kreeftenpolder (NH)
09C-c	RG Kruiwilg - Rondbladig wintergroen-[Knopbiesverband]	Braakman (Z)
09-d	RG Addertong - Duinriet-[Klasse der kleine Zeggen]	Texel, Langedamvallei (NH)
09-j	RG Padderus-[Klasse der kleine Zeggen]	Texel, Moksloot (NH)
11/a	DG Wilde gage-[Klasse der hoogveenbulten en natte heiden]	Terschelling (Fr)
11A3c	Associatie van Kraaihei en Gewone Dophei, typische subassociatie	Terschelling (Fr)
16B3	Associatie van Harlekijn en Ratelaar	Texel, De Bol (NH)
19A-b	RG Welriekende nachtorchis - Reukgras-[Verbond der heischrale graslanden]	Terschelling (Fr)
19A-c	RG Hondsviooltje - Tandjesgras-[Verbond der heischrale graslanden]	Texel, Moksloot (NH)
26A1a	Associatie van Gewoon kweldergras, typische subassociatie	Texel, Slufter (NH)
26A2	Associatie van Lamsoor en Zeeweegbree	Texel, Slufter (NH)
26A-c	RG Schorrekruid-[Verbond van Gewoon kweldergras]	Texel, Slufter (NH)
26C1a	Associatie van Zilte rus, typische subassociatie	Texel, Roggesloot (NH)
26C1b	Associatie van Zilte rus, subassociatie van Vertakte leeuwetand	Lauwersmeer (Fr/Gr)
26C-a	RG Engels gras - Rood zwenkgras-[Verbond van Engels gras]	Texel, Slufter (NH)
27A2	Associatie van Strandduizendguldenkruid en Krielparnassia	Texel, Langedamvallei (NH)
28A1	Draadgentiaan-associatie	Texel, Slufter (NH)
43-d	RG Klimop-[Klasse der eiken- en beukenbossen op voedselrijke grond]	Elswoot (NH)
43-h	RG Nagelkruid-Hondsdrif-Zevenblad-[Klasse der eiken- en beukenbossen op voedselrijke grond]	Elswoot (NH)

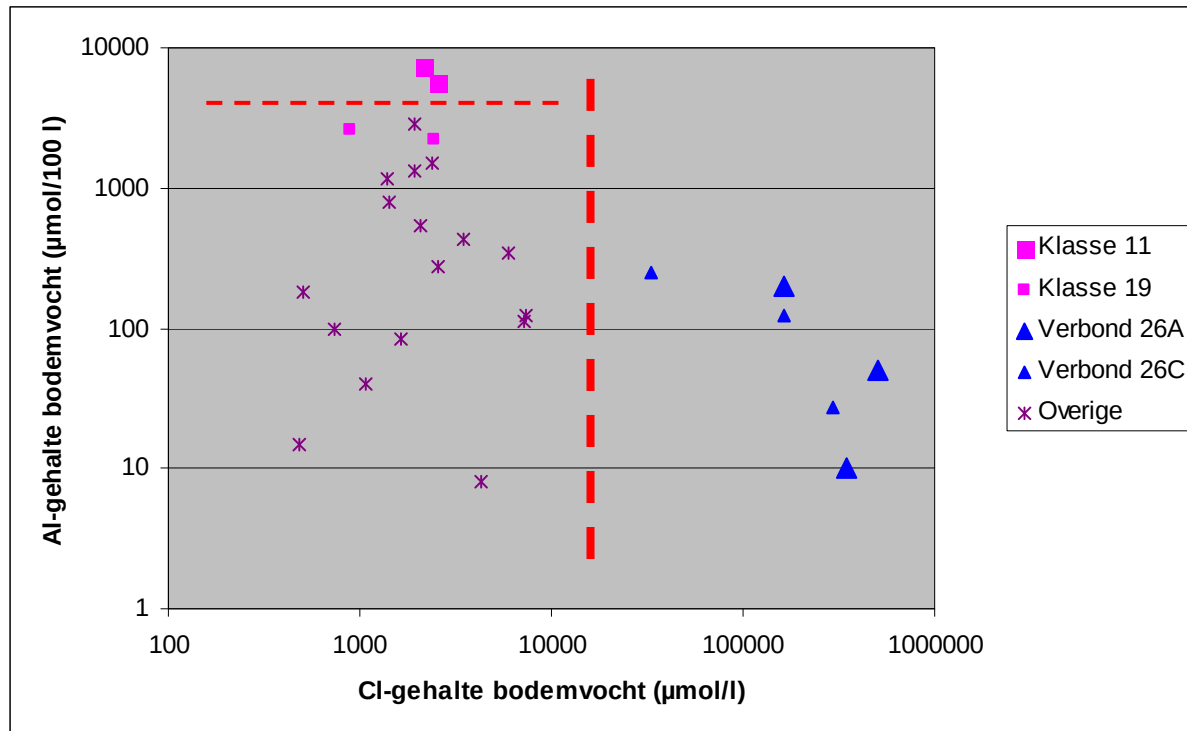


Klasse 6	Oeverkruid-klasse	Littorelletea
Klasse 8	Riet-klasse	Phragmitetea
Klasse 9	Klasse der kleine zeggen	Parvocaricetea
Klasse 11	Klasse der hoogveenbulten en natte heiden	Oxycocco-Sphagnetetea
Klasse 16	Klasse der vochtige graslanden	Molinio-Arrhenatheretea
Klasse 19	Klasse der heischrale graslanden	Nardetea
Klasse 26	Zeeaster-klasse	Asteretea tripolii
Klasse 27	Zeevetmuur-klasse	Saginetetea maritimae
Klasse 28	Dwergbiezen-klasse	Isoeto-Nanojuncetea
Klasse 43	Klasse der eiken- en beukenbossen op voedselrijke grond	Querceto-Fagetea

Figuur 4a

Ordinatiediagram van de referentiepunten op duin- en wadzanden (CCA).

In figuur 4b wordt de positie van de 27 referentiepunten ten opzichte van de twee hoofdgradiënten (chloride- en aluminiumgehalte) nogmaals weergegeven, nu op basis van de werkelijk gemeten waarden. De figuur laat zien dat de kweldervegetaties gekenmerkt worden door een zeer afwijkend, hoog chloridegehalte. De duinheiden daarentegen worden weliswaar gekenmerkt door een relatief hoog aluminiumgehalte (niet overlappend met de overige opnamen), maar hier is toch veeleer sprake van het uiteinde van een geleidelijke gradiënt.



11	Klasse der hoogveenbulten en natte heiden	Oxycocco-Sphagnetes
19	Klasse der heischrale graslanden	Nardetes
26A	Verbond van Gewoon kweldergras	Puccinellion maritimae
26c	Verbond van Engels gras	Armerion maritimae

Figuur 4b

Chloride- en aluminiumgehalte van het bodemvocht in referentiepunten op duin- en wadzanden (N = 27).

Uit de CANOCO-analyse kwamen ook de N-ratio en het P-gehalte van het bodemvocht als verklarende factoren naar boven. De betekenis van beide factoren wordt duidelijk als wij ook de derde ordinatie-as (niet afgebeeld) in onze analyse betrekken. Vooral de beide bosopnamen (Klasse 43) en een deel van de kwelderopnamen (Klasse 26) lijken gekenmerkt te worden door relatief hoge waarden voor deze factoren, maar de relatie tussen deze factoren en (groepen van) vegetatietypen is niet sterk.

4.2 Kwelders

Uit de CANOCO-analyse blijkt duidelijk dat de kwelderopnamen (Klasse 26) vooral gekenmerkt worden door een hoog chloridegehalte, duidend op een sterke invloed van het zeewater op de chemie van het bodemvocht. De afwijkende bodemchemie blijkt echter ook uit andere factoren. Tabel 4b geeft hiervan een overzicht. Voor tien factoren zijn er significante verschillen tussen de kwelders en de overige referentiepunten aantoonbaar. Deels is het verschil te herleiden tot verschillen in invloed van het zeewater (bijvoorbeeld chloride in bodemvocht), deels tot verschillen in kleigehalte (bijvoorbeeld aluminiumgehalte in bodem, bepaald na destructie). In vier gevallen zijn de verschillen tussen de kwelders en de overige referentiepunten zo groot dat er in het geheel geen sprake is van overlap in gehalten. In één geval (leemgehalte) is de overlap beperkt tot één sterk afwijkend punt: de hooilanden op voormalige kwelders, behorend tot de Associatie van Harlekijn en Ratelaar (16B3) met een leemgehalte van 34%. Zonder dit punt is het maximale leemgehaltes buiten de kwelders beperkt tot 12%.

Tabel 4b

Verschillen in bodemchemie tussen referentiepunten op kwelders (klasse 26) en overige referentiepunten op duin- en wadzanden.

Kenmerk	Analyse	Eenheid	Klasse 26 (N = 6)			Overige referentiepunten (N = 21)			P-waarde (*)
			min.	gemiddeld	max.	min.	gemiddeld	max.	
Alkaliniteit	bodemvocht	µequiv./l	3817	8505	16435	92	3051	7899	0.001
Cl-gehalte	bodemvocht	µequiv./l	33448	250195	505184	485	2589	7289	0.000
S-gehalte	bodemvocht	µequiv./l	2987	8314	11431	21	146	699	0.000
Si-gehalte	bodemvocht	µequiv./l	171	369	628	25	153	406	0.000
Al-gehalte	destructie	µequiv./l	99930	152497	276553	10019	24179	64103	0.000
Fe-gehalte	destructie	µequiv./l	82361	97769	144807	6356	32254	111536	0.000
Mg-gehalte	destructie	µequiv./l	75603	113329	177879	3779	15387	46554	0.000
S-gehalte	destructie	µequiv./l	12792	34795	53525	1566	13249	34808	0.000
pH	zoutextract	-	7.0	7.6	7.9	3.9	6.6	7.9	0.045
Leemgehalte	veldschatting	%	17	36	45	2	8	34	0.000

(*) T-test; 2-zijdig. Alleen kenmerken die significante verschillen laten zien zijn weergegeven. Gearceerd: geen overlap tussen referentiepunten op kwelders (klasse 26) en overige referentiepunten.

Van de zes referentiepunten op de kwelders liggen er drie op de lage kwelder (26A) en drie op de hoge kwelder. Zoals blijkt uit figuur 4c zijn de chloride-gehalten - zoals te verwachten valt - op de lage kwelder gemiddeld aanzienlijk hoger dan op de hoge kwelder. De verschillen zijn echter niet significant en er is sprake van een aanzienlijke overlap. Slechts voor twee kenmerken is er geen sprake van overlap tussen de op de hoge en lage kwelder gemeten waarden: het fosfor- en het zwavelgehalte (zie tabel 4c). Alleen het verschil in zwavelgehalte is significant, maar wij moeten hierbij bedenken dat het bij zulke geringe aantallen waarnemingen moeilijk is om significante verschillen aan te tonen.

De hogere totaal-zwavelconcentraties op de kwelders duiden op de accumulatie van gereduceerd zwavel (sulfide) dat hier grotendeels als FeSx ophoopt. Het gereduceerde zwavel wordt gevormd uit de reductie van sulfaat waarbij ook netto-alkaliniteit wordt gegenereerd (Smolders et.al., 2006). Met name op de lage kwelders zal relatief veel gereduceerd zwavel ophopen, omdat hier het meeste sulfaat wordt aangevoerd en er ook bij droogval minder oxidatie optreedt waarbij gereduceerd zwavel weer kan worden geoxideerd tot sulfide. De

binding van fosfaat aan ijzer(hydr)oxiden neemt door de vorming van ijzersulfiden af. Op de lagere kwelders leidt dit mogelijk tot hogere P-concentraties in het porievocht.

Tabel 4c

Verschillen in bodemchemie tussen lage kwelders (verbond 26A) en hoge kwelders (verbond 26C).

Kenmerk	Analyse	Eenheid	Lage kwelder (verbond 26A; N = 3)			Hoge kwelder (verbond 26C; N = 3)			P-waarde (*)
			min.	gemiddeld	max.	min.	gemiddeld	max.	
P-gehalte	bodemvocht	µequiv./l	1.9	9.4	20.7	0.7	1.1	1.7	0.224
S-gehalte	destructie	µequiv./l	45340	48901	53525	12792	20689	28191	0.005

(*) T-test; 2-zijdig. Alleen kenmerken die geen overlap in waarden tussen lage en hoge kwelder laten zien zijn weergegeven.

4.3 Bossen

Vanuit vegetatiekundig oogpunt zijn de twee referentiepunten in bossen (klasse 43) erg afwijkend van de overige referentiepunten op duin- en wadzand. Het afwijkend karakter van de bossen ten opzichte van de korte vegetaties wordt uiteraard vooral veroorzaakt door verschillen in beheer(geschiedenis). Kijken we naar de bodemchemie, dan zijn de verschillen over het algemeen minder in het oogspringend. Tabel 4d geeft een overzicht van alle onderzochte kenmerken waarvoor tenminste één referentiepunt in het bos buiten de range van de korte vegetaties valt. Gezien het geringe aantal waarnemingen in het bos is statistische toetsing van de verschillen niet mogelijk. De duidelijkste verschillen hebben betrekking op het grondwaterregime. Afgaande op de GLG zijn de referentiepunten in het bos opvallend droog. Interessant is ook het verschil in pH-waarde van het bodemvocht. Indien wij de maximale waarde buiten het bos (7.5, gemeten in een pionierbegroeiing behorend tot de Associatie van Strandduizendguldenkruid en Krielparnassia in een jonge primaire duinvallei op Texel) buiten beschouwing laten is er ook wat dit kenmerk betreft geen overlap in pH-range tussen de bossen en de korte vegetaties. Dit heeft waarschijnlijk twee redenen. In de duinen van Zuid-Kennemerland waar beide bosreferenties zijn beschreven worden de hoogste primaire kalkgehalten van onze hele kuststrook aangetroffen. Dat de pH-waarden in de bovengronden onder bos hier op peil blijven is waarschijnlijk te danken aan de rol van het bladstrooisel dat hier werkt als 'kalkpomp', een mechanisme dat in korte vegetaties nagenoeg ontbreekt.

Tabel 4d

Verschillen in grondwaterregime en bodemchemie tussen de referentiepunten in bos (klasse 43) en die in korte vegetatie (overige).

Kenmerk	Analyse	Eenheid	Klasse 43		Overige referentiepunten		
			43-d	43-h	min.	gemiddeld	max.
pH	bodemvocht	-	7.3	7.9	4.7	6.6	7.5
Cl	bodemvocht	µequiv./l	1378	485	511	62147	505184
P-ratio	P-Olsen / P-destructie	-	0.15	0.08	0.00	0.04	0.14
GLG	veldschatting	cm -mv	> 120	85	15	56	80

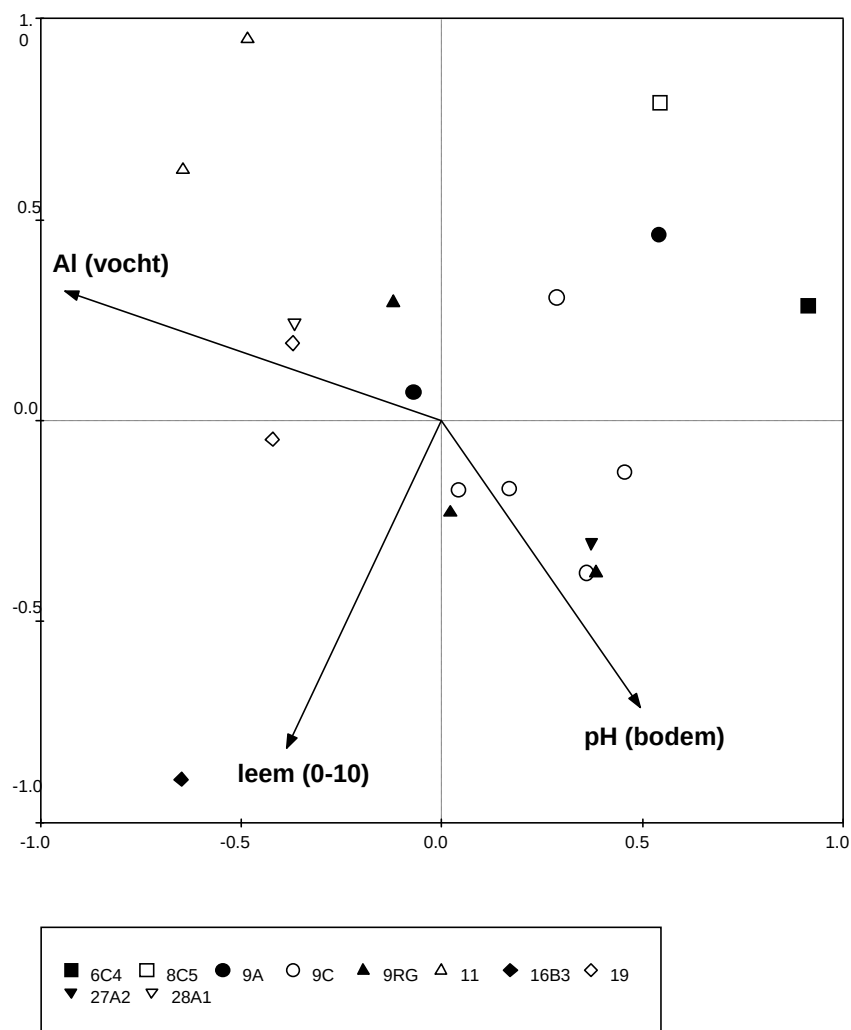
Alleen kenmerken waarvoor tenminste één van de referentiepunten in bos buiten de range van waarnemingen in korte vegetatie valt zijn opgenomen. De desbetreffende waarde is gearceerd.

4.4 Duinvalleien

Om een beter beeld te krijgen van de sturende factoren in de korte vegetaties buiten de directe invloed van het zeewater werd een tweede CANOCO-analyse uitgevoerd, zonder de referentiepunten van klasse 26 (kwelders) en 43 (bossen). Het ordinatiediagram wordt gegeven in figuur 4c. Het percentage verklaarde variantie is 27. De geanalyseerde referentiepunten liggen voornamelijk in (primaire en secundaire) duinvalleien. Enigszins afwijkende punten zijn een duinvalleiachtige voormalige kreekoever in de Braakman in Zeeuws Vlaanderen en een hooiland op een voormalige kwelder in De Bol op Texel (zie 4.2). De volgende factoren blijken verklarend te zijn:

- Al-gehalte (bodenvocht);
- leemgehalte (veldschatting);
- pH-bodem (zoutextract).

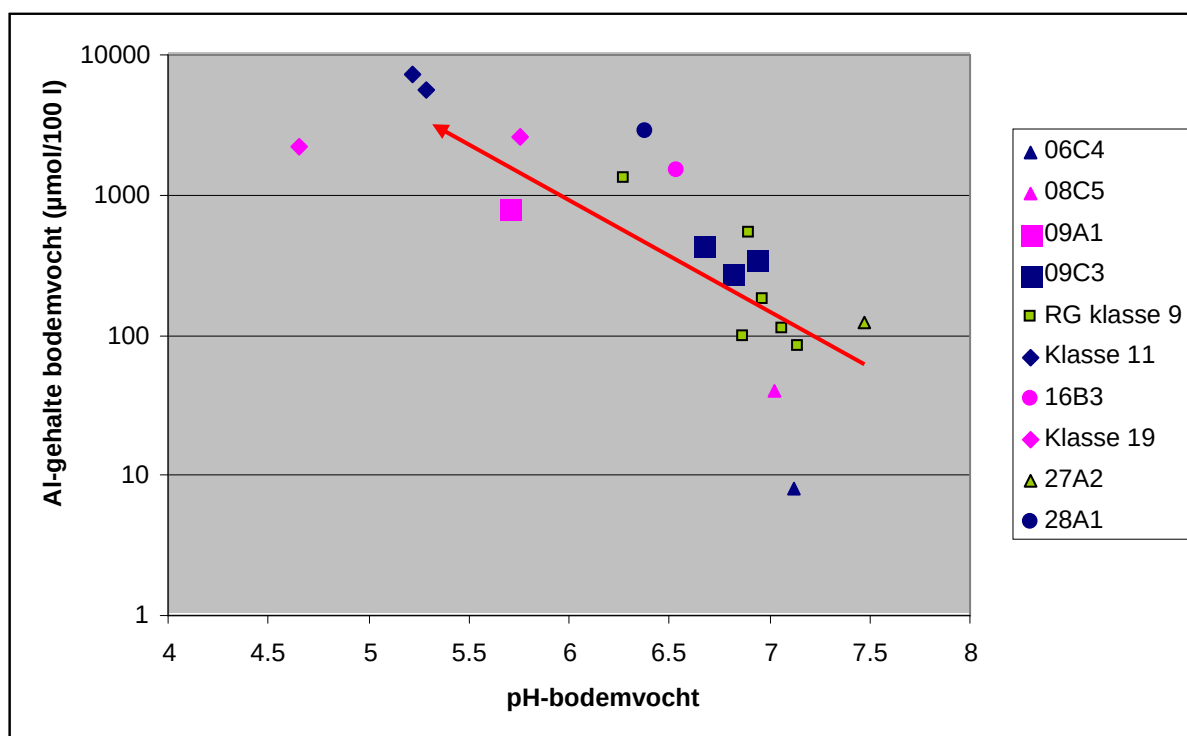
Het percentage verklaarde variantie bedraagt 27. Het ordinatiediagram geeft aan dat een relatief hoog leemgehalte vooral kenmerkend is voor de Associatie van Harlekijn en Ratelaar (16B3) die voorkomt op de voormalige kwelder van De Bol: 34% tegenover 2 tot 12% in de overige punten. Het hoge leemgehalte betekent in feite een hoog kleigehalte en dit komt onder andere ook tot uitdrukking in hoge gehalten aan zwavel en aluminium (na destructie). De overige in het ordinatiediagram weergegeven factoren (pH en Al-gehalte in het bodenvocht) maken deel uit van dezelfde verzuringsgradiënt en zijn daarin beide van belang. In figuur 4e zijn de waarden voor de pH en het Al-gehalte in het bodenvocht van de negentien resterende referentiepunten uitgezet. Het betreft hier - anders dan in het ordinatiediagram - de werkelijk gemeten waarden. Voor de referentiepunten behorend tot de Klasse der Kleine zeggen (klasse 9) is in de figuur een onderscheid gemaakt tussen de associaties enerzijds en alle rompgemeenschappen anderzijds. Verbonds- en klasse-rompen zijn dus samengenomen.



6C4	Associatie van Waterpunge en Oeverkruid	Samolo-Littorelletum
8C5	Galigaan-associatie	Cladietum marisci inops
9A	Verbond van Zwarte zegge	Caricion nigrae
9C	Knopbiesverbond	Caricion davallianae
9RG	RG Klasse der kleine zeggen	RG Parvocaricetea
11	Klasse der hoogveenbulten en natte heiden	Oxycocco-Sphagnetum
16B3	Associatie van Harlekijn en Ratelaar	Rhynantho-Orchietum morionis
19	Klasse der heischrale graslanden	Nardetea
27A2	Associatie van Strandduizendguldenkruid en Krielparnassia	Centaurio-Saginetum
28A1	Draadgentiaan-associatie	Cicendietum filiformis

Figuur 4c

Ordinatie-diagram van de referentiepunten op duin- en wadzanden, met uitzondering van de kwelders (klasse 26) en de bossen (klasse 43) (CCA).



6C4	Associatie van Waterpunge en Oeverkruid	Samolo-Littorelletum
8C5	Galigaan-associatie	Cladietum marisci inops
9A1	Associatie van Drienvrige zegge en Zwarte zegge	Caricetum trinervi-nigrae
9C3	Knobbies-associatie	Junco baltici-Schoenetum nigricantis
9RG	RG Klasse der kleine zeggen	RG Parvocaricetea
11	Klasse der hoogveenbulten en natte heiden	Oxycocco-Sphagnetes
16B3	Associatie van Harlekijn en Ratelaar	Rhinantho-Orchietum morionis
19	Klasse der heischrale graslanden	Nardetea
27A2	Associatie van Strandduizendguldenkruid en Krielparnassia	Centaurio-Saginetum
28A1	Draadgentiaan-associatie	Cicendietum filiformis

Figuur 4d

pH-waarde en aluminiumgehalte van het bodemvocht in referentiepunten op duin- en wadzanden (N = 27). Pijl: ontcalcingsgradiënt.

De pijl in figuur 4d geeft de hoofdgradiënt in vochtige duinvalleien aan die loopt van een pioniervegetatie in een jonge primaire duinvallei (27A2), via de Knobbies-associatie (9C3) van kalkrijke duinvalleien en de Associatie van Drienvrige en Zwarte zegge (9A1) in licht verzuurde valleien naar de duinheide's (klasse 11). Ondanks de door het logaritmisch weergeven van het aluminium-gehalte, afgedwongen gebogen vorm van de puntenwolk, suggereert de positie van bovengenoemde gemeenschappen ten opzichte van elkaar dat in het relatief zure traject ($\text{pH} < 6.0$) het onderscheidend vermogen van het aluminiumgehalte groter wordt.

Uit figuur 4d kan ook worden afgelezen dat de referentiepunten van de Galigaan-associatie (8C5) en vooral van de Associatie van Waterpunge en Oeverkruid (6C4), ten opzichte van de referentiepunten langs de hoofdgradiënt, een opvallend laag aluminiumgehalte hebben ($< 0.5 \mu\text{mol/l}$ bij een pH-waarde van 'slechts' 7.0 en 7.1). Het referentiepunt van de Associatie van Waterpunge en Oeverkruid (6C4) wordt tevens gekenmerkt door een opvallend hoog siliciumgehalte in het bodemvocht: $406 \mu\text{mol/l}$ ($< 300 \mu\text{mol/l}$ in alle overige referentiepunten; niet weergegeven in figuur 4d). Aan de andere kant van de hoofdgradiënt valt op dat de twee referentiepunten van het heischrale grasland in de duinen (klasse 19) een zeer verschillende pH-waarde

hebben, waardoor zij op grond van dat kenmerk niet verschillen van de referentiepunten voor de duinheide's (klasse 11). Op grond van het aluminiumgehalte in het bodemvocht is het verschil echter duidelijk (> 50 µmol/l in de heide tegenover < 30 µmol/l in het heischrale grasland).

In tabel 4e zijn de analyseresultaten voor de belangrijkste bodemfactoren die gerelateerd zijn aan verzuring in één overzicht bij elkaar geplaatst. De tabel geeft ook het chloridegehalte in het bodemvocht als maat voor de ontzilting. Uit de cijfers blijkt dat de verzuring van de duinvalleien in grote lijnen weliswaar parallel loopt met ontzilting, maar dat er bepaald geen sprake is van een strakke correlatie. Zo valt op dat het niet-verzuurde referentiepunt van de Galigaan-associatie (8C5) een opvallend laag en het zure referentiepunt van de Associatie van Kraaihei en Gewone Dophei (11A3) een relatief hoog chloridegehalte heeft. Waarschijnlijk vindt in de Galigaan-begroeiing doorstroming van het wortelmilieu met gebufferd zoetwater plaats, waardoor wel ontzilting maar geen verzuring optreedt.

Een tweede conclusie uit tabel 4e is dat de pH-waarde en de alkaliniteit in de duinvalleien vooral bepaald worden door het magnesiumgehalte en niet zozeer door het calciumgehalte. Het betreft hier het magnesiumgehalte na destructie, dat duidt op een verschil in siltgehalte. De aanwezigheid van silt- (en klei-)deeltjes verhoogt de buffercapaciteit van de bodem.

Tabel 4e

Verzurings- en ontziltingsgradiënt in duinvalleien en verwante milieu's.

	pH ¹⁾	Alk. ¹⁾	Mg ²⁾	Ca ³⁾	Al ¹⁾	Cl ¹⁾
		µequiv/l			µmol/l	
Associaties						
Associatie van Strandduizendguldenkruid en Krielparnassia	7.5	5003	27564	2938	1.2	7289
Associatie van Waterpunge en Oeverkruid	7.1	6168	23641	10845	0.1	4249
Galigaan-associatie	7.0	6636	13325	13477	0.4	1080
Knobbies-associatie (max. waarde)	6.9	7239	18401	11480	4.3	5976
Knobbies-associatie (min. waarde)	6.7	2345	14948	8727	2.8	2569
Associatie van Harlekijn en Ratelaar	6.5	972	19008	13768	15.2	2398
Draadgentiaan-associatie	6.4	706	12960	3068	28.3	1940
Associatie van Drienerve en Zwarte zegge	5.7	183	5793	393	8.0	1418
Associatie van Kraaihei en Gewone Dophei	5.2	173	5471	1871	72.3	2157
Rompgemeenschappen						
RG Padderus [9]	7.1	5752	13526	12967	0.8	1623
RG Armbloemige waterbies [9C]	7.1	7899	11146	2472	1.1	7205
RG Zwarte zegge - Moerasstruisgras	7.0	2083	3779	15756	1.8	511
RG Addertong - Duinriet [9]	6.9	3455	23286	4487	5.4	2068
RG Kruipwilg - Rondbladig wintergroen [9C]	6.9	2533	25855	8517	1.0	736
RG Grote veenbes [9]	6.3	1352	10299	10000	13.5	1940
RG Welriekende nachtorchis - Reukgras [19]	5.8	226	5770	4641	26.0	888
DG Wilde gage [11]	5.3	311	4850	1841	55.5	2584
RG Hondsviooltje - Tandjesgras [19]	4.7	92	4322	2446	21.8	2424

Referentiepunten zijn gerangschikt naar pH-waarde. Analyses: 1) in bodemvocht; 2) in bodem na destructie; 3) in zoutextract

5 Resultaten: rivier- en zeekleigronden

5.1 Algemeen overzicht

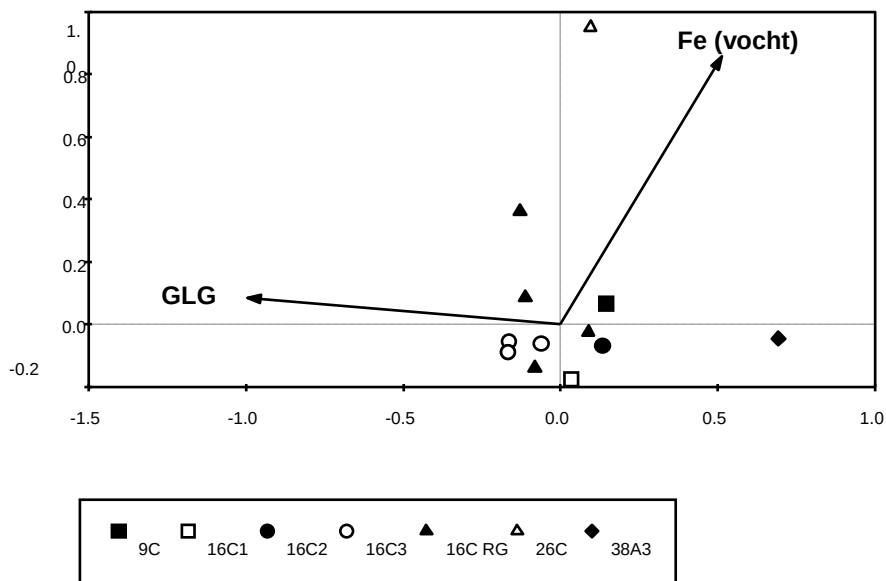
Het aantal referentiepunten waarvoor volledige bodemanalyses beschikbaar zijn bedraagt dertien, waarvan drie op zeeklei (De Ven, Essenplaat en Kapelse Moer) en tien op rivierklei. Tabel 5a geeft een overzicht.

Tabel 5a

Overzicht van de referentiepunten op rivier- en zeekleigronden.

SBB-code	Vegetatietype	Locatie
09C-d	RG Kruiwilg-Bonte paardenstaart-[Knopbiesverbond]	Put van Bullee (Ge)
16C1b	Kievitsbloem associatie, subassociatie van Dotterbloem	Oeverlanden langs de Vecht (Ov)
16C2	Gemeenschap van Grote pimpernel en Weidekervel	Hengstpolder (ZH)
16C3a	Glanshaver-associatie, typische subassociatie	Avelingen (ZH)
16C3b	Glanshaver-associatie, subassociatie van Groot streepzaad	Amerongse bovenpolder (U)
16C3d	Glanshaver-associatie, subassociatie van Sikkellaver	Cortenoever (Ge)
16C3e	Glanshaver-associatie, subassociatie van Duifkruid	Amerongse bovenpolder (U)
16C-b	RG Trosdravik-[Glanshaver-verbond]	Amerongse bovenpolder (U)
16C-d	RG Grote vossestaart-Echte Koekoeksbloem-[Glanshaver-verbond]	Sliedrechtse biesbosch (ZH)
16C-h	RG Rietzwenkgras-Glanshaver-[Glanshaver-verbond]	De Ven (NH)
16C-i	RG Veldgerst - Grote vossestaart-[Glanshaver-verbond]	Rammelwaard (Ge)
26C-c	RG Fiorin - Melkkruid-[Verbond van Engels gras]	Kapelse Moer (Ze)
38A3b	Veldkers-ooibos, subassociatie van Grote waterweegbree	Essenplaat (ZH)

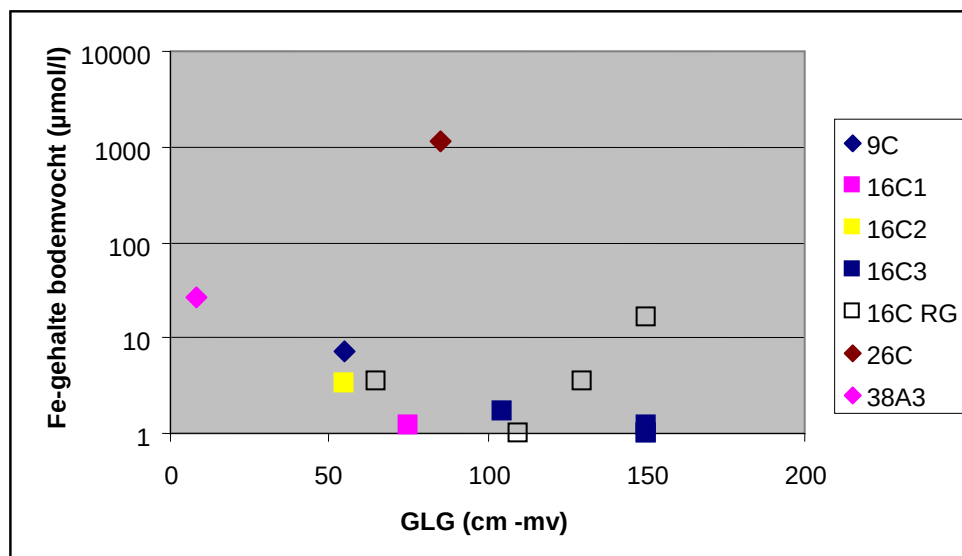
Gezien het geringe aantal punten zijn de mogelijkheden voor CANOCO-analyses beperkt. Bij een CCA-analyse van alle dertien punten tezamen blijkt alleen de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) verklarend te zijn. Het percentage verklaarde variantie bedraagt 29. Het ijzergehalte van het bodemvocht levert net geen significante bijdrage aan het verklarend model, maar is wel in het ordinatiediagram opgenomen (figuur 5a).



9C	RG Knopbiesverbond	RG Caricion davallianae
16C1	Kievitsbloem associatie	Fritillario-Alopecuretum pratensis
16C2	Gemeenschap van Grote pimpernel en Weidekervel	Sanguisorbo-Silaetum
16C3	Glanshaver-associatie	Arrhenatheretum elatioris typicum
16C RG	RG Glanshaver-verbond	RG Arrhenatherion elatioris
26C	RG Verbond van Engels gras	RG Armerion maritimae
38A3	Veldkers-ooibos	Cardamino amarae-Salicetum albae

Figuur 5a

Ordinatie diagram van de referentiepunten op rivier- en zeekleigronden (CCA).



Figuur 5b

Spreiding van de referentiepunten op basis van de GLG en het Fe-gehalte van het bodemvocht.

Tabel 5b

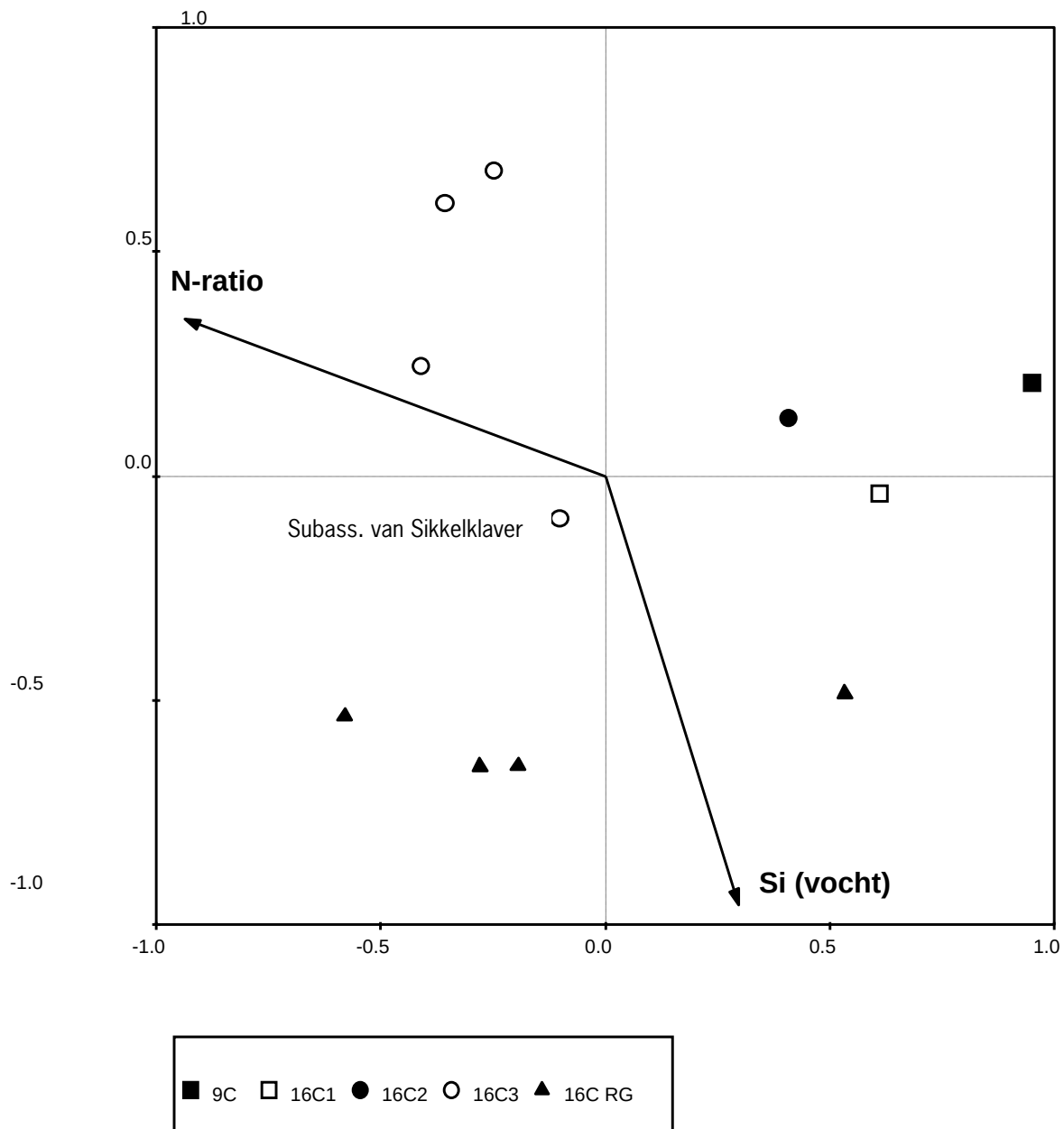
Belangrijkste verschillen in bodemkenmerken en grondwaterregime tussen de RG Fioringras en Melkkruid (26C-c), het Veldkersooibos (38A3b) en de overige referentiepunten op kleigronden

Ref.punt		P	Cl	Fe	S	Al	Si	O.S.	S-des	GLG
bodemvocht (µequiv./l)								%	µequiv./l	cm-mv
26C-c		211	284059	1123	4352	4,8	659	19	41558	85
38A3b		5	1608	25	41	0,2	366	49	24352	8
overige	min.	0	39	0	16	0,1	28	7	7114	55
	max.	27	3361	15	2343	2,9	355	21	28612	150

Gearceerd: waarden die duidelijk afwijken van de range binnen de overige referentiepunten.

5.2 Glanshaverhooilanden

In een tweede CCA-bewerking met uitsluitend referentiepunten van de voor de kleigronden zo karakteristieke Glanshaverhooilanden (maar met inbegrip van het volgens het eerdere ordinatiediagram verwante referentiepunt van de Rompgemeenschap Kruipwilg en Bonte paardenstaart van het Knopbiesverbond) levert een geheel ander ordinatiediagram op met de N-ratio en het siliciumgehalte van het bodemvocht als belangrijkste factoren. Het percentage verklaarde variantie is 30.



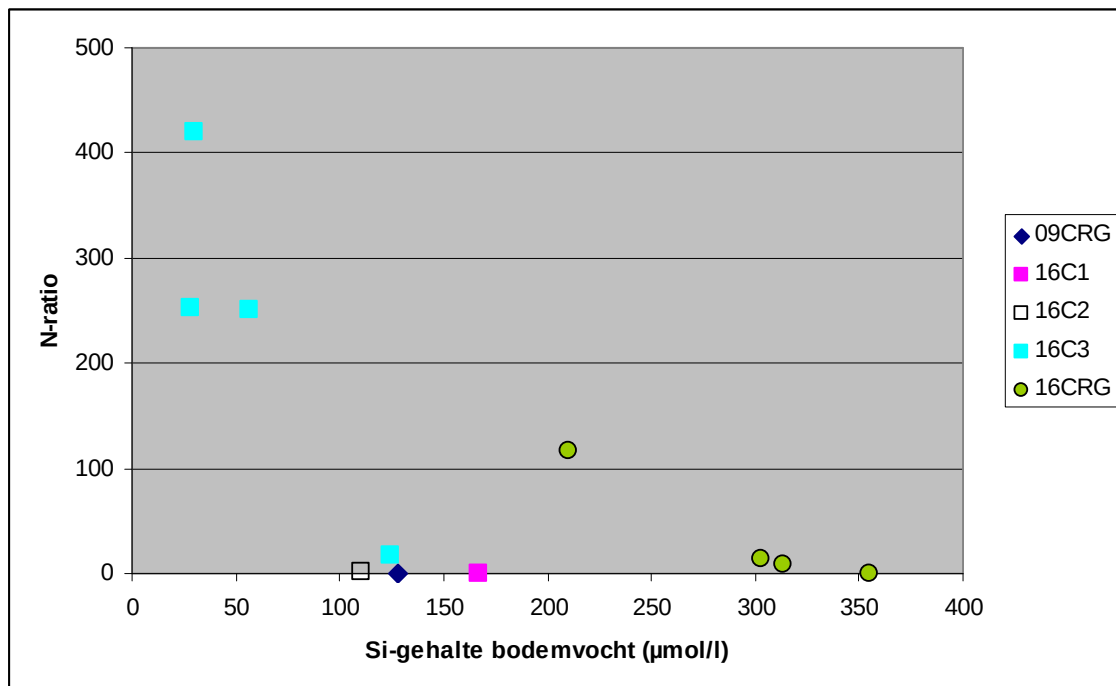
9C RG	RG Knopbiesverbond	RG Caricion davallianae
16C1	Kievitsbloem associatie	Fritillario-Alopecuretum pratensis
16C2	Gemeenschap van Grote pimpernel en Weidekervel	Sanguisorbo-Silaetum
16C3	Glanshaver-associatie	Arrhenatheretum elatioris typicum
16C RG	RG Glanshaver-verbond	RG Arrhenatherion elatioris

Figuur 5c

Ordinatiegram van de referentiepunten van het Glanshaver- en Knopbiesverbond op rivier- en zeekleigronden (CCA).

In het ordinatiediagram dat wordt weergegeven in figuur 5c blijken floristische verschillen tussen de associaties en rompgemeenschappen van het Glanshaververbond goed te worden verklaard. Uit het diagram blijkt ook dat de binnen de Glanshaverassociatie de subassociatie van sikkelklaver een enigszins afwijkende positie inneemt. Dit blijkt ook uit figuur 5d waarin de werkelijk gemeten waarden voor de N-ratio en het siliciumgehalte worden gegeven.

Dat de N-ratio een verklarende factor is voor de soortensamenstelling duidt op het belang van de stikstofvorm (nitraat versus ammonium) voor deze graslanden. De Glanshaver-associatie heeft duidelijk een voorkeur voor goed doorluchte en gebufferde bodems met een goede nitrificatie waarbij nitraat de dominante stikstofvorm is.



Figuur 5d

Spreiding van de referentiepunten van het Glanshaververbond (16C) en de aanverwante Rompgemeenschap van Kruipwilg en Bonte paardenstaart van het Knopbiesverbond (9C-d) op basis van het Si-gehalte van het bodemvocht en de N-ratio.

Voor de legenda, zie figuur 5c. Het referentiepunt voor associatie 16C3 met een opvallend lage N-ratio heeft betrekking op de subassociatie van Sikkelklaver

6 Resultaten: veengronden

6.1 Algemeen overzicht

Het aantal referentiepunten waarvoor volledige bodemanalyses beschikbaar zijn bedraagt 29, waarvan twaalf in laagveengebieden, negen in hoogveengebieden, vier in beekdalen en vier in vennen. Tabel 6a geeft een overzicht.

Tabel 6a

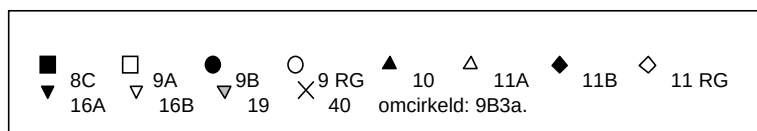
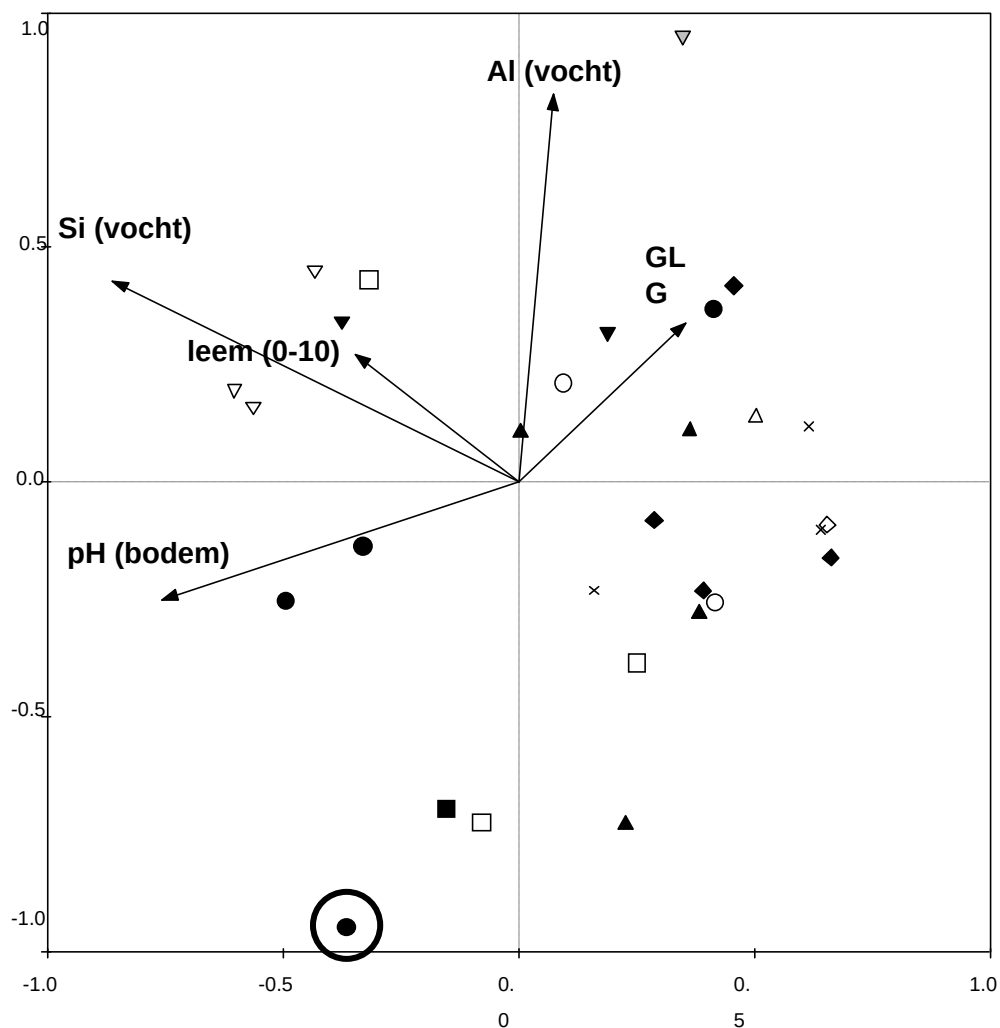
Overzicht van de referentiepunten op veengronden.

SBB-code	Vegetatietype	Locatie
08C5a	Galigaan-associatie, typische subassociatie	Rottige Meente (Fr)
09-a	RG Veenpluis - Veenmos-[Klasse der kleine zeggen]	Schraallanden Meije (ZH)
09-i	RG Pijpestrootje - Gewoon veenmos-[Klasse der kleine Zeggen]	Schraallanden Meije (ZH)
09A2a	Veenmosrietland, typische subassociatie	Weerribben (Ov)
09A2b	Veenmosrietland, subassociatie van Pijpestrootje	Rottige Meente (Fr)
09A3a	Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge, typische subass.	Drentse A (noord) (Dr)
09B2a	Associatie van Draadzegge en Veenpluis, typische subassociatie	Ule Krite (Fr)
09B2c	Associatie van Draadzegge en Veenpluis, soortenarme subass.	Bosw. Appelscha (Fr)
09B3a	Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge, typische subass.	Weerribben (Ov)
09B3b	Ass. van Schorpioenmos en Ronde zegge, subass. van Veenmos	Blauwe Hel (Ut)
10A2	Associatie van Veenmos en Snavelbies	Bargerveen (Dr)
10A3	Veenbloembies-associatie	Boswachterij Ommen (Ov)
10-b	RG Veenpluis - Veenmos-[Klasse van hoogveenslenken]	Bargerveen (Dr)
10-c	RG Waterveenmos-[Klasse van hoogveenslenken]	Bargerveen (Dr)
11A2a	Associatie van Gewone dophei, subassociatie van Veenmos	Bargerveen (Dr)
11B1a	Associatie van Gewone dophei en Veenmos, subass. van Struikhei	Hooghalen (Dr)
11B2	Moerasheide	Weerribben (Ov)
11B-c	RG Kleine veenbes-[Veenmos-verbond]	Bargerveen (Dr)
11B-d	RG Slank veenmos-[Veenmos-verbond]	Boswachterij Ommen (Ov)
11-d	RG Eenarig wollegras-Veenmos-[Kl. Hoogveenb. / natte heiden]	Bargerveen (Dr)
16A-b	RG Kussentjesmos-[Verbond van Biezenknoppen en Pijpestrootje]	Schraallanden Meije (ZH)
16A-c	RG Moerasstruisgras-[Verb. van Biezenknoppen en Pijpestrootje]	Schraallanden Meije (ZH)
16B1d	Ass. van Boterbloem en Waterkruiskruid, subass. Wateraardbei	Drentse A (noord) (Dr)
16B2	Associatie van Gewone engelwortel en Moeraszegge	Lieverense diepje (Dr)
16B-d	RG Moeraszegge - Scherpe zegge-[Dotterbloem-verbond]	Drentse A (noord) (Dr)
19A-b	RG Welriekende nachtorchis-Reukgras-[Verb. heischr. graslanden]	Bargerveen (Dr)
40A1a	Dophei-berkenbroek, subassociatie van Eenarig wollegras	Haaksbergerveen (Ov)
40A1b	Dophei-berkenbroek, subassociatie van Struikhei	Haaksbergerveen (Ov)
40A2	Zompzegge-berkenbroek	Weerribben (Ov)

Bij een CCA-analyse van alle 29 punten tezamen blijken vijf factoren verklarend te zijn. Het percentage verklaarde variantie bedraagt 33. Het ordinatiediagram wordt gegeven in figuur 6a. De geselecteerde factoren zijn:

- Siliciumgehalte (bodemvocht)
- Al gehalte (bodemvocht)
- pH bodem (zoutextract)
- Gemiddelde Laagste Grondwaterstand (GLG)
- Leemgehalte

De verdeling van de referentiepunten, ingedeeld naar vegetatietypen, over het ordinatiediagram wijst op een hoofdgradiënt die gedomineerd wordt door zuurgraad en siliciumgehalte, een factor die indicatief is voor de grondwaterinvloed. Aan de linkerkant van het diagram (relatief zwak zuur) vinden wij o.a. de referentiepunten van Dotterbloemverbond (16B) en het merendeel van de referentiepunten van het Draadzegge-verbond (9B). Aan de rechterkant (relatief sterk zuur) liggen o.a. de referentiepunten van de Klasse der hoogveenslenken (10), de Klasse der hoogveenbulten en natte heiden en de Klasse der Berkenbroekbossen (40). Opvallend is dat min of meer haaks op deze hoofdgradiënt een tweede gradiënt wordt aangegeven die bepaald wordt door het aluminium- en siliciumgehalte van het bodemvocht, en het leemgehalte van de bovengrond. Het aluminiumgehalte van het bodemvocht is een factor die in minerale gronden veelal is gecorreleerd aan een lage pH-waarde. Wanneer er sprake is van een dikke laag organisch materiaal, zullen zure bodems echter in het algemeen minder aluminium bevatten. Volgens dit ordinatiediagram wordt op de veengronden vooral het referentiepunt van de Klasse der heischrale graslanden gekenmerkt door een relatief hoog aluminiumgehalte én een lage pH. Dit is goed verklaarbaar. Veel aluminium in een zure veenbodem zuur milieu duidt op mineraal bodemmateriaal nabij maaiveld. Mineraal materiaal is immers een bron van aluminium, terwijl dit aluminium zich weer kan binden aan organisch materiaal, ook onder zure condities. Dit is ook hier het geval. Het betreft namelijk een 'huisplaats' op een diepe, verdroogde hoogveenbodem die in het verleden is bezand om de draagkracht van de bodem te verhogen. Het bijbehorend vegetatietype is de Rompgemeenschap van Welriekende nachtorchis en Reukgras van het Verbond der heischrale graslanden.



8C	Verbond der Grote zeggen	Magnocaricion
9A	Verbond van Zwarte zegge	Caricion nigrae
9B	Verbond van Draadzegge	Caricion lasiocarpae
9 RG	RG Klasse der kleine zeggen	RG Parvocaricetea
10	Klasse van hoogveenlenken	Scheuchzerietea
11A	Dophei-verbond	Ericion tetralicis
11B	Veenmos-verbond	Oxycocco-Ericion
11RG	RG Klasse der hoogveenbulten en natte heiden	RG Oxycocco-Sphagnetes
16A	Verbond van Biezeknoppen en Pijpestrootje	Junco-Molinion
16B	Dotterbloem-verbond	Calthion palustris
19	Klasse der heischrale graslanden	Nardetea
40	Klasse der berkenbroekbossen	Vaccinio-Betuletea pubescentis

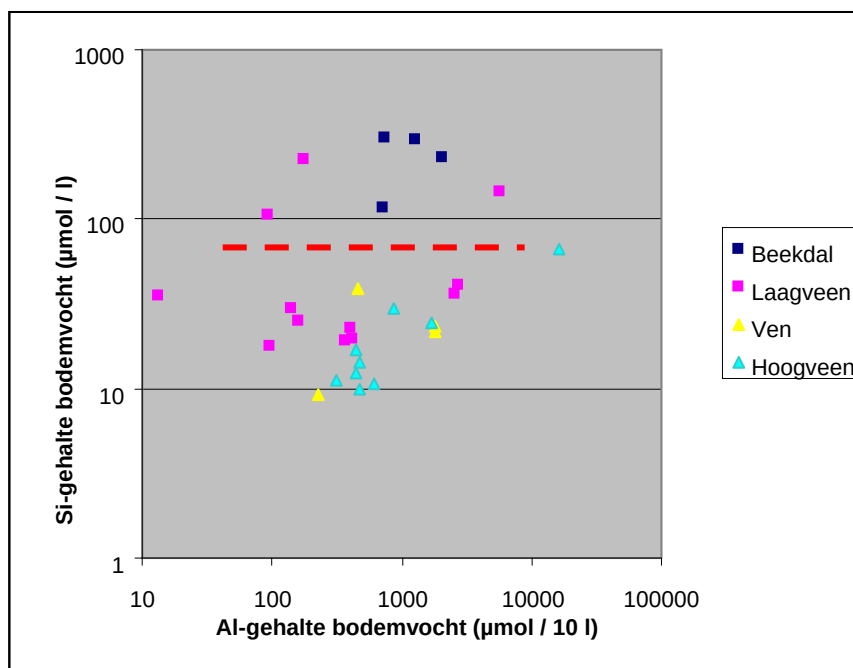
Figuur 6a

Ordinatiediagram van de referentiepunten op veengronden (CCA).

In figuur 6b en 6c wordt de spreiding van de referentiepunten over de silicium- en aluminiumgradiënt nogmaals onderzocht, nu op grond van de werkelijk gemeten waarde. In figuur 6b zijn de punten ingedeeld naar landschapstype, in figuur 6c naar vegetatietype. De overeenkomst met het ordinatiediagram is groot. Ook hier blijkt dat de referentiepunten op veengronden grofweg in twee hoofdgroepen uiteenvallen. De eerste groep, die wordt gekenmerkt door relatief hoge siliciumgehalten ($> 100 \mu\text{mol/l}$), omvat alle referentiepunten in beekdalen en slechts enkele referentiepunten uit het laagveen. Vegetatiekundig gaat het om de Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge (9A3) de typische subassociatie van Associatie van Draadzegge en Veenpluis (9B2a), het Dotterbloemverbond (16B) en de Rompgemeenschap Moerasstruisgras van het Verbond van Biezenknoppen en Pijpestrootje (16A-c).

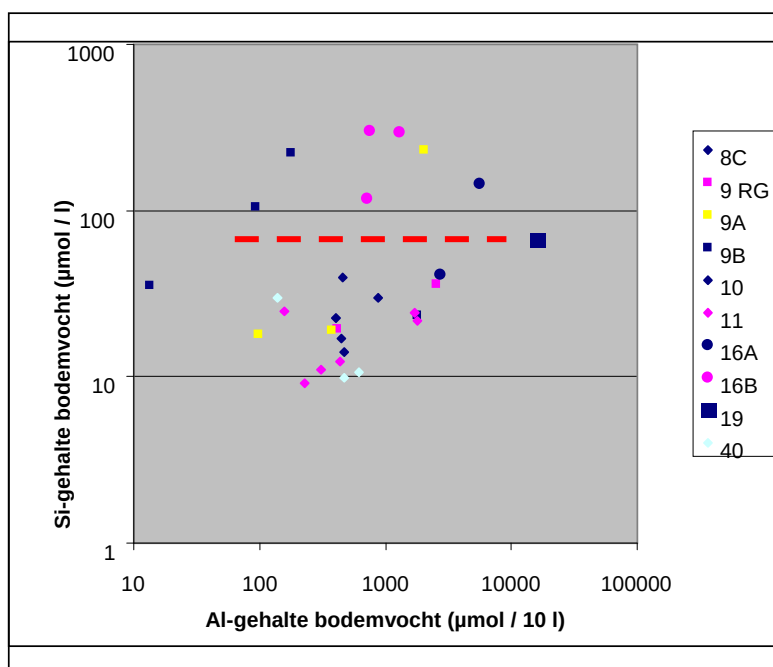
De tweede hoofdgroep, gekenmerkt door lage siliciumgehalten ($< 50 \mu\text{mol/l}$), omvat vrijwel alle overige referentiepunten, waaronder alle punten van de Klasse der hoogveenslenken (10), de Klasse der hoogveenbulten en natte heiden en de Klasse der Berkenbroekbossen (40). Binnen deze hoofdgroep liggen de referentiepunten voor de laagvenen enerzijds en de hoogvenen en vennen anderzijds min of meer gescheiden, al is het niet mogelijk harde grenswaarden op te geven. De laagvenen hebben gemiddeld een hoger silicium- en - minder duidelijk - een iets lager aluminiumgehalte.

Figuur 6b en 6c tonen ook twee 'uitbijters'. In de eerste plaats neemt (geheel rechts) het referentiepunt voor de Heischrale graslanden (19A-b) voor wat betreft het siliciumgehalte een min of meer intermediaire positie in ($67 \mu\text{mol/l}$), maar wordt gekenmerkt door een opvallend hoog aluminiumgehalte ($> 1500 \mu\text{mol/l}$, tegenover maximaal $< 500 \mu\text{mol/l}$ voor de overige punten). Het betreft hier een zeer bijzonder vegetatietype in een bijzonder milieu: de hierboven al genoemde Rompgemeenschap van Welriekende nachtorchis-Reukgras op de bezande, voormalige landbouwgronden aan de randen van hoogveengebieden.



Figuur 6b

Spreiding van de referentiepunten op veengronden op basis van aluminium- en siliciumgehalte van het bodemvocht (ingedeeld naar landschap).



Figuur 6c

Spreiding van de referentiepunten op veengronden op basis van aluminium- en siliciumgehalte van het bodemvocht (ingedeeld naar vegetatietype).

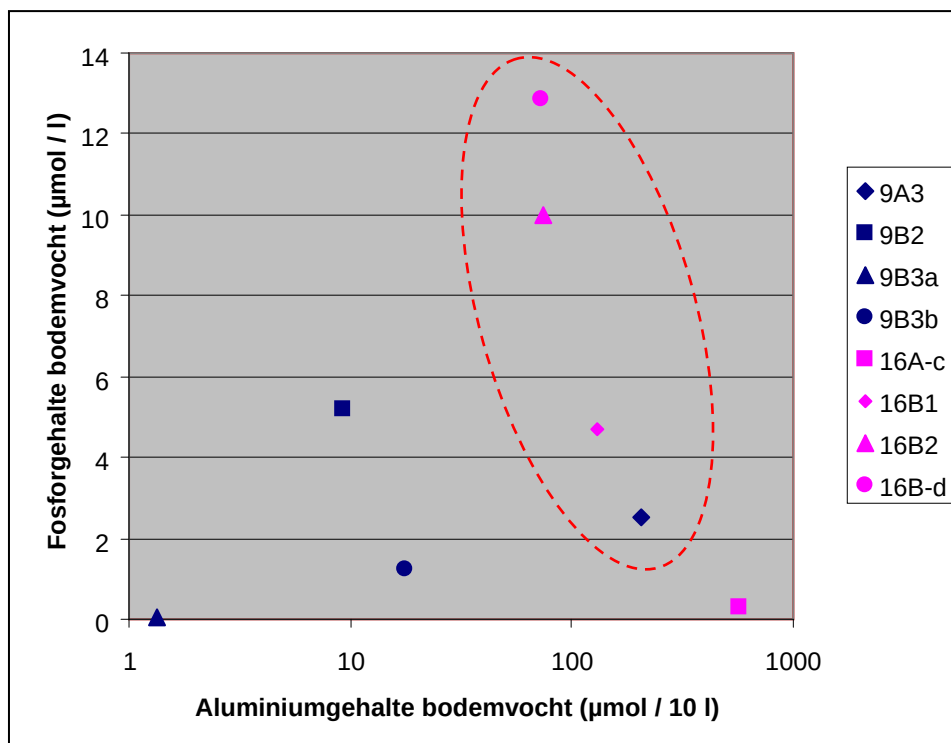
Indeling vegetatietypen: zie figuur 6a

De tweede 'uitbijter' (geheel links) betreft eveneens een referentiepunt voor een zeer bijzondere en tegenwoordig uiterst zeldzame situatie: de typische subassociatie van de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge (9B3a), dat wil zeggen een goed ontwikkelde, niet verzuurde trilveenbegroeiing (Weerribben). Het relatief lage siliciumgehalte wijst op het ontbreken van grondwaterinvloed, maar het opvallend lage aluminiumgehalte ($1,3 \mu\text{mol/l}$, tegenover minimaal $9,3 \mu\text{mol/l}$ voor de overige punten en $17,8 \mu\text{mol/l}$ voor de veenmosrijke vorm van dezelfde associatie) wijst daarentegen wel op een gunstige basenhuishouding. Dit komt overeen met de bevindingen van Van Wirdum (1991).

In de hierna volgende paragrafen zal de abiotische variatie verder per landschapstype worden besproken, waarbij de vennen en de hoogvenen samen worden genomen. De drie laagveenreferentiepunten die op grond van hun hoge siliciumgehalte (grondwaterinvloed) verwantschap met de beekdalen tonen worden om praktische redenen zowel bij de laagvenen als bij de beekdalen behandeld.

6.2 Beekdalen

De referentiepunten op veengronden in de beekdalen worden ten opzichte van vrijwel alle andere referentiepunten op veen gekenmerkt door een hoog siliciumgehalte in het bodemvocht (zie 6.1). Daarbij zijn de pH-waarden van het bodemvocht relatief hoog (> 6). Het is nu de vraag welke factoren bepalend zijn voor de variatie in vegetatie binnen de beekdalvenen. Deze groep omvat slechts vier referentiepunten. Vegetatiekundig gaat het om de Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge, (typische subassociatie; 9A3a) en drie gemeenschappen van het Dotterverbond (16B). Bij een dergelijk gering aantal punten is ordinatie met behulp van CANOCO niet mogelijk. Daarom werden voor de CCA de dataset uitgebreid met enkele ecologisch verwante referentiepunten uit het laagveen (zie 6.1).



09A3a	Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge, typische subass.	Carici curtae-Agrostietum caninae typicum
09B2a	Associatie van Draadzegge en Veenpluis, typische subassociatie	Eriophoro-Caricetum lasiocarpae typicum
09B3a	Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge, typische subass.	Scorpidio-Caricetum diandrae typicum
09B3b	Ass. van Schorpioenmos en Ronde zegge, subass. van Veenmos	Scorpidio-Caricetum diandrae sphagnetosum
16A-c	RG Moerasstruisgras-[Verb. van Biezenknoppen en Pijpestrootje]	RG Agrostis canina-[Junco-Molinion]
16B1d	Ass. van Boterbloem en Waterkruiskruid, subass. van Wateraardbei	Ranunculo-Senecionetum aquaticae potentilletosum palustri
16B2	Associatie van Gewone engelwortel en Moeraszegge	Angelico-Cirsietum oleracei
16B-d	RG Moeraszegge - Scherpe zegge-[Dotterbloem-verbond]	RG Carex acutis – C. acuta-[Calthion palustris]

NB. Referentiepunten in beekdalen zijn omcirkeld

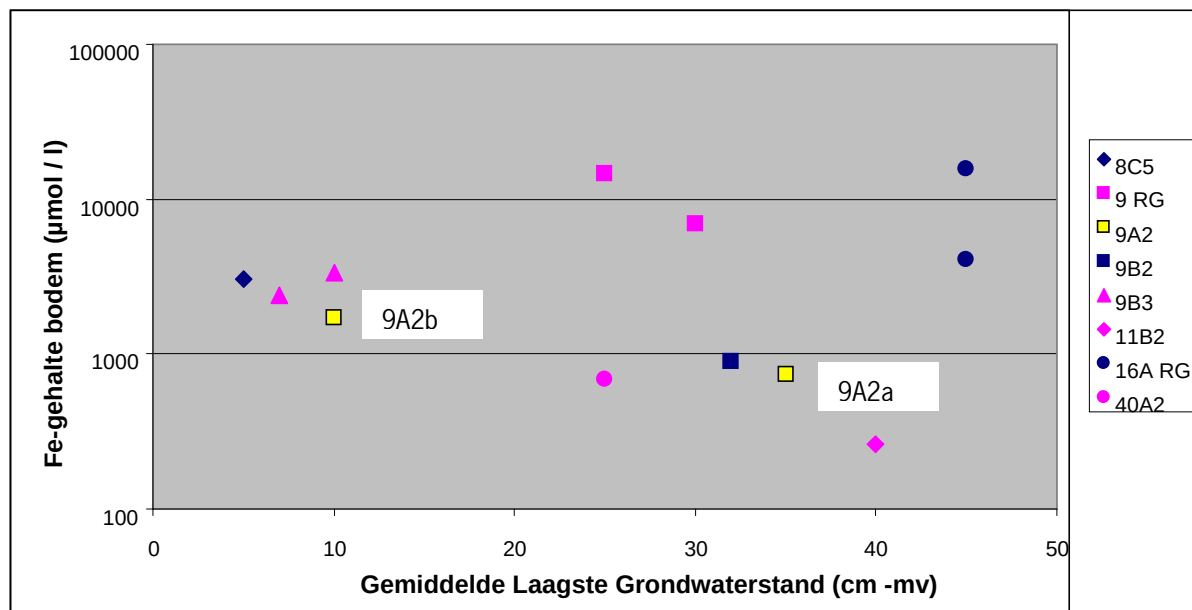
Figuur 6d

Spreiding van de referentiepunten op veengronden in beekdalen en verwante milieus in het laagveen over het aluminium- en het fosforgehalte in het bodemvocht..

De CCA-analyse levert het aluminium- en het fosforgehalte van het bodemvocht op als enige significante verklarende factoren. Het percentage verklaarde variantie bedraagt 39. In figuur 6d wordt de spreiding van de referentiepunten over beide factoren gegeven, gebaseerd op de werkelijk gemeten waarden, waarbij duidelijk wordt dat de variatie in soortensamenstelling van de vier beekdalpunten vooral bepaald wordt door het fosforgehalte van het bodemvocht. De betreffende waarden kunnen uit de figuur worden afgelezen.

6.3 Laagvenen

De referentiepunten op laagveen vertonen een grote variatie in abiotische factoren. Voor wat betreft het siliciumgehalte (zie 6.1) en pH-waarde van het bodemvocht (4.3 - 6.6) nemen zij een intermediaire positie in tussen de beekdalen enerzijds en de hoogvenen en vennen anderzijds. Het totaal aantal referentiepunten op laagveen bedraagt 12. Bij een dergelijk gering aantal punten zijn de mogelijkheden voor ordinatie met behulp van CANOCO beperkt. Een CCA-analyse leverde de Gemiddelde Laagste Grondwaterstand en het ijzergehalte in de bodem (destructie) op als enige significante verklarende factoren. Het percentage verklaarde variantie bedraagt 30. In figuur 6e wordt de spreiding van de referentiepunten over beide factoren gegeven, gebaseerd op de werkelijk gemeten waarden.



8C5	Galigaan-associatie	Cladietum marisci
9 RG	RG Klasse der kleine zeggen	RG Parvocaricetea
09A2	Veenmosrietland, (a: typisch; b: subass. van Pijpestrootje)	Pallavicinio-Sphagnetum
09B2c	Associatie van Draadzegge en Veenpluis	Eriophoro-Caricetum lasiocarpae
09B3a	Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge	Scorpidio-Caricetum diandrae
11B2	Moerasheide	Sphagno palustris-Ericetum
16A RG	RG Verbond van Biezenknoppen en Pijpestrootje	RG Junco-Molinion
40A2	Zompzegge-berkenbroek	Carici curtae-Betuletum pubescentis

NB. De gebruikte GLG-waarden berusten op profielkenmerken en meetreeksen; voor gesimuleerde reeksen zie Van Delft et al. (2006 en 2007).

Figuur 6e

Gemiddelde Laagste Grondwaterstand en ijzergehalte (na destructie) van de referentie-punten op veengronden in beekdalen.

Figuur 6e laat zien dat de referentiepunten op laagveen een zeer grote variatie vertonen met betrekking tot het ijzergehalte. Zeer hoge waarden (4000 - 16000 µmol/l) werden gemeten in de rompgemeenschappen van klasse 6 (Kleine zeggen) en verbond 16A (Biezenknoppen en Pijpestrootje), waarbij de eerste iets natter voorkomen dan de tweede (25 - 30 tegenover 45 cm -mv). Een zeer laag ijzergehalte werd gemeten in de

Moerasheide (11B2; < 300 $\mu\text{mol/l}$ tegenover > 600 $\mu\text{mol/l}$ voor alle overige punten). Opvallend is verder dat de Galigaan-associatie (8C5) en beide subassociaties van de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge, typische subassociatie (9B3) voorkomen bij zeer hoge grondwaterstand (GLG maximaal 10 cm -mv) en een gemiddeld ijzergehalte (2400 - 3400 $\mu\text{mol/l}$). In de referentiepunten van het Veenmosrietland (9A2) werden iets lagere ijzergehalten gemeten (700 - 1700 $\mu\text{mol/l}$), waarmee deze associatie een intermediaire positie inneemt tussen het voorafgaande en het volgend successiestadium (respectievelijk 9B3 en 11B2). Opvallend is wel dat de referentiepunten voor de twee subassociaties van het Veenmosrietland (9A2a en 9A2b) nogal sterk verschillen in GLG (respectievelijk 35 en 10 cm -mv).

6.4 Hoogvenen en vennen

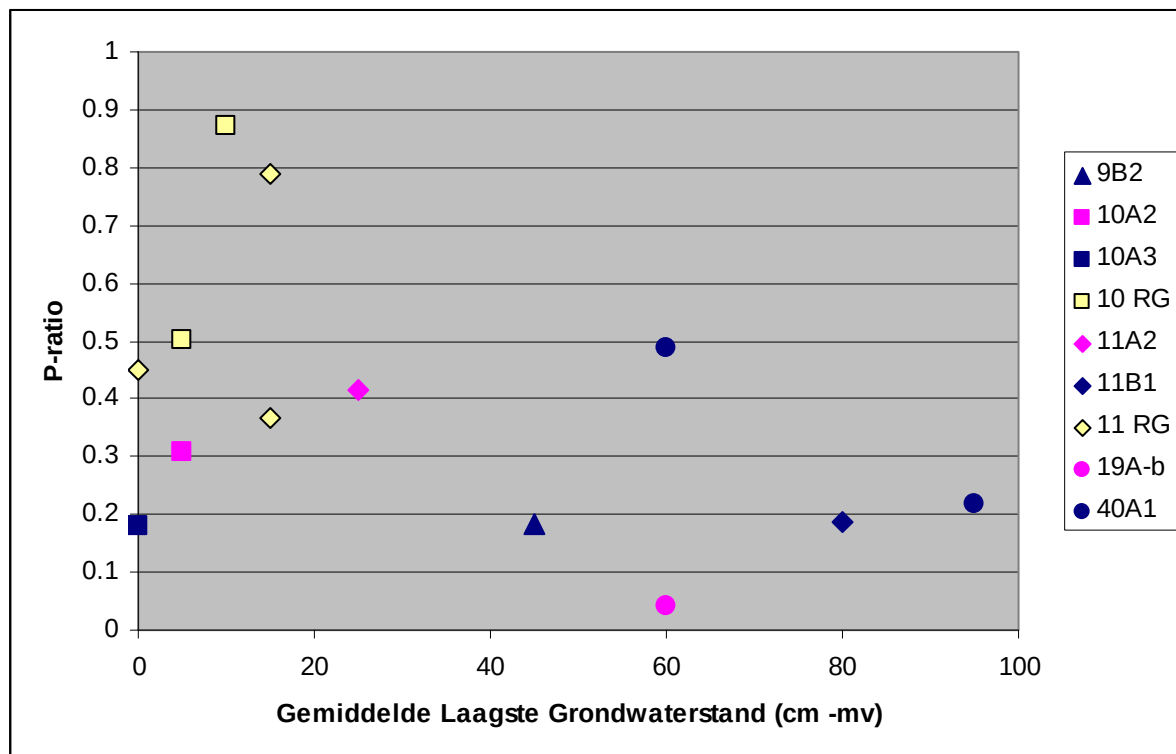
De referentiepunten op hoogveen en in vennen worden voor alles gekenmerkt door een laag siliciumgehalte (zie 6.1) en een relatief lage pH-waarde van het bodemvocht (< 5). Het totaal aantal referentiepunten bedraagt dertien. Bij een dergelijk gering aantal punten zijn de mogelijkheden voor ordinatie met behulp van CANOCO opnieuw beperkt. Een CCA-analyse leverde de Gemiddelde Laagste Grondwaterstand en het organisch stof gehalte in de bovenste 10 cm op als enige significante verklarende factoren. Het percentage verklaarde variantie is relatief groot en bedraagt 35. De verdeling van de punten langs de organische stof-as in het ordinatiediagram (niet afgebeeld) wordt echter voor een belangrijk deel verklaard door de atypische waarde van de Rompgemeenschap van Welriekende nachtorchis en Reukgras (19A-b) op de bezande, voormalige landbouwgronden aan de randen van hoogveengebieden (31% organische stof tegenover minimaal 76% in de overige veengronden; zie 6.1). Kennelijk heeft hier vroeger bezanding plaatsgevonden. Ook bij het aluminiumgehalte in het bodemvocht neemt de rompgemeenschap van Welriekende nachtorchis en Reukgras ten opzichte van de overige referentiepunten op hoogveen een bijzondere positie in. Indien wij beide factoren in de CCA-analyse buiten beschouwing laten, neemt het percentage verklaarde variantie af tot 31. De factoren die een significante bijdrage leveren aan het verklarend model zijn dan:

- Gemiddelde Laagste Grondwaterstand
- P-ratio

In figuur 6f wordt de spreiding van de referentiepunten over deze twee factoren gegeven, gebaseerd op de werkelijk gemeten waarden. In deze figuur valt op dat de GLG-waarden voor alle referentiepunten uit de Klasse der hoogveenslenken (10) zeer laag zijn (maximaal 10 cm -mv; voor de associaties zelfs maximaal 5 cm -mv). De referentiepunten voor deze klasse verschillen onderling vooral in P-ratio, waarbij we de hoogste waarden (hoogste beschikbaarheid van P) vinden in de rompgemeenschappen, met name in de RG Waterveenmos (10-c). De P-ratio en daarmee de P-beschikbaarheid in de referentiepunten voor de associaties is beduidend lager. De betreffende waarden kunnen uit de figuur worden afgelezen.

De referentiepunten uit de Klasse der hoogveenbulten en natte heiden (11) hebben anders dan de hoogveenslenken voor wat betreft de GLG een veel breder range (0-80 cm -mv) en over het algemeen een relatief lage P-ratio. Opvallend is dat de onderzochte rompgemeenschappen van deze klasse een relatief geringe GLG hebben (duidend op een overgang naar de hoogveenslenken) en in één geval tevens een hoge P-ratio (duidend op een relatief hoge P-beschikbaarheid). In het laatste geval betreft het de RG Eenarig wollegras - Veenmos (11-d). Het enige referentiepunt voor de Klasse der kleine zegge in de figuur heeft betrekking op de Associatie van Draadzegge en Veenpluis (9B2), beschreven in een ven bij Appelscha. Voor wat betreft de GLG en de P-ratio valt dit punt binnen de range van de referentiepunten voor Klasse 11, maar het onderscheidt zich door een relatief laag organische stofgehalte in de laag van 10-30 cm beneden maaiveld: 76% tegenover minimaal 90% in alle overige punten m.u.v. de RG Welriekende nachtorchis – Reukgras van de bezande hoogveengronden. Deze laatste gemeenschap wordt blijkens Figuur 6e niet alleen gekenmerkt door een hoog aluminium- en een laag organische stofgehalte, ook de P-ratio is opvallend laag. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een relatief hoog P-totaal-gehalte, als gevolg van vroegere bemesting. Tenslotte kan worden

opgemerkt dat beide referentiepunten voor het berkenbroekbos gekenmerkt worden door een voor de hoogvenen gemiddelde P-ratio en een relatief diepe GLG.



9B2	Associatie van Draadzegge en Veenpluis	Eriophoro-Caricetum lasiocarpae
10A2	Associatie van Veenmos en Snavelbies	Sphagno-Rhynchosporium
10A3	Veenbloembies-associatie	Caricetum limosae
10RG	RG Klasse van hoogveenslenken	RG Scheuchzerietea
11A2	Associatie van Gewone dophei	Ericetum tetralicis
11B1	Associatie van Gewone dophei en Veenmos	Erico-Sphagnetum magellanici
11RG	RG Klasse der Hoogveenbulten en natte heiden	RG Oxycocco-Sphagnetea
19A-b	RG Welriekende nachtorchis-Reukgras-[Verb. heischr. graslanden]	RG Platanthera bifolia & Anthoxanthum odoratum-[Nardo-Galion saxatilis]
40A1	Dophei-berkenbroek	Vaccinio-Betulion pubescentis

NB. De gebruikte GLG-waarden berusten op profielkenmerken en meetreeksen; voor gesimuleerde reeksen zie Van Delft et al. (2006 en 2007).

Figuur 6f

Gemiddelde Laagste Grondwaterstand en P-ratio van de referentiepunten op op hoogvenen en in vennen .

7 Resultaten: pleistocene zand- en leemgronden

7.1 Algemeen overzicht

Tabel 7a

Overzicht referentiepunten op pleistocene zand- en leemgronden.

SBB-code	Vegetatietype	Locatie
06-a	RG Oeverkruid-[Oeverkruid-klasse]	Boswachterij Smilde (Dr)
06-b	RG Duizendknoopfonteinkruid-[Oeverkruid-klasse]	Meijnweg (L)
06-c	RG Veelstengelige waterbies - Veenmos-[Oeverkruid-klasse]	Meijnweg (L)
07A2a	Associatie van Paarbladig goudveil, typische subassociatie	Springendal (Ov)
07-b	RG Reuzenpaardenstaart-[Klasse der bronbeekgemeenschappen]	Duivelsberg (Ge)
08-k	RG Holpijp-[Riet-klasse/Klasse der kleine Zeggen]	Junner Koeland (Ov)
09A3c	Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge, subassociatie van Veldrus	Korenburgerveen (Ge)
09A-a	RG Zwarte zegge - Moerasstruisgras-[Verbond van Zwarte zegge]	Kappersbult (Dr)
09B1a	Associatie van Slangewortel, typische subassociatie	Boswachterij Ommen (Ov)
09B1b	Associatie van Slangewortel, soortenarme subassociatie	Boswachterij Ommen (Ov)
09B2b	Associatie van Draadzegge en Veenpluis, subassociatie van Groot veenmos	Bergerbos (L)
09B-b	RG Waterdrieblad-[Verbond van Draadzegge]	Drentse A-noord (Dr)
09C1	Associatie van Vetblad en Vlozegge	Lemselermaten (Ov)
09C2	Associatie van Armbloemige waterbies	Lemselermaten (Ov)
09-f	RG Snavelzegge - Wateraardbei-[Klasse der kleine Zeggen]	Drentse A-noord (Dr)
09-g	RG Hennegrass-[Klasse der kleine Zeggen]	Kappersbult (Dr)
09-h	RG Wilde Gagel-[Klasse der kleine Zeggen]	Meijnweg (L)
10A1b	Waterveenmos-associatie, subassociatie van Drijvende egelskop	Boswachterij Smilde (Dr)
10-d	RG Klein blaasjeskruid-[Klasse van hoogveenslenken]	Boswachterij Dwingeloo (Dr)
11A1a	Associatie van Moeraswolfsklauw en Snavelbies, typische subassociatie	Haaksbergerveen (Ov)
11A1b	Associatie van Moeraswolfsklauw en Snavelbies, soortenarme subass.	Haaksbergerveen (Ov)
11A2b	Associatie van Gewone dophei, subassociatie van Blauwe bosbes	Zeijer Strubben (Dr)
11A2c	Associatie van Gewone dophei, typische subassociatie	Boswachterij Dwingeloo (Dr)
11A2e	Associatie van Gewone dophei, subassociatie van Gevlekte orchis	Grote Moost (L)
11A2f	Associatie van Gewone dophei, soortenarme subassociatie	Strabrechtse Heide (NB)
11A-a	RG Gewone dophei-[Dophei-verbond]	Hooghalen (Dr)
11B-a	RG Struikhei - Hoogveenmos-[Veenmos-verbond]	Haaksbergerveen (Ov)
11-f	RG Struikhei-Heiklauwtjesmos-[Klasse der hoogveenbulten en natte heiden]	Bergerbos (L)
11-j	RG Geelgroene- & Dwergzegge-[Klasse der hoogveenbulten en natte heiden]	Grote Moost (L)
11-k	RG Beenbreek-[Klasse der hoogveenbulten en natte heiden]	Haaksbergerveen (Ov)
16A1a	Blauwgrasland, typische subassociatie	De Marschen (Fr)
16A1b	Blauwgrasland, subassociatie van Borstelgras	Wijnjeterperschar (Fr)
16A1d	Blauwgrasland, subassociatie van Parnassia	Stelkampsveld (Ge)

SBB-code	Vegetatietype	Locatie
16A2a	Veldrus-associatie, typische subassociatie	De Bruuk (Ge)
16A2b	Veldrus-associatie, subassociatie van Rietorchis	Drentse A-noord (Dr)
16A2c	Veldrus-associatie, soortenarme subassociatie	Punthuizen (Ov)
16A-a	RG Blauwe knoop - Blauwe zegge-[Verb. Biezenknoppen en Pijpestrootje]	De Marschen (Fr)
16B1a	Associatie van Boterbloem en Waterkruiskruid, typische subassociatie	Drentse A-zuid (Dr)
16B1f	Associatie van Boterbloem en Waterkruiskruid, subass. van Scherpe zegge	De Oetert (NB)
16B4	Bosbies-associatie	Drentse A-zuid (Dr)
16B-c	RG Moerasspirea-[Dotterbloem-verbond]	De Oetert (NB)
16B	RG Reuzenpaardenstaart-[Dotterbloem-verbond]	Duivelsberg (Ge)
19A1	Associatie van Liggend walstro en Schapegras	Wijneterperschar (Fr)
19A2	Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras	Wijneterperschar (Fr)
28A2	Associatie van Borstelbies en Moerasmuur	De Bruuk (Ge)
39A2b	Elzenzegge-elzenbroek, subassociatie van Bittere veldkers	Swalmdal (L)
40A-b	RG Pijpestrootje-[Verbond der berkenbroekbossen]	Leersumse Veld (U)
42A1d	Berken-eikenbos, subassociatie van Pijpestrootje	Haaksbergerveen (Ov)
43B1	Goudveil-essenbos	Ravensbos (L)
43B2	Vogelkers-essenbos	Ravensbos (L)
43B-c	RG Grote brandnetel-[Verbond van Els en Es]	Wijboschbroek (NB)

Het aantal referentiepunten waarvoor volledige bodemanalyses beschikbaar zijn bedraagt 51, verdeeld over zeven provincies met een zwaartepunt in Drenthe en Overijssel. Tabel 7a geeft een overzicht. Bij een CCA-analyse van alle 51 punten tezamen blijken tien factoren verklarend te zijn:

- pH-bodem (zoutextract)
- GLG
- Fe-vocht
- Si-vocht
- Fe-bodem
- P-ratio
- Al-vocht
- N-ratio
- Zn-bodem
- Ca-bodem

Het ordinatiediagram met een selectie van de belangrijkste factoren wordt gegeven in figuur 7a. Het percentage verklaarde variantie bedraagt 32. Het diagram laat zien dat de belangrijkste gradiënt bepaald wordt door factoren die samenhangen met de zuurgraad: pH (bodem), ijzergehalte (bodem) en siliciumgehalte (bodenvocht) enerzijds en het aluminiumgehalte (bodenvocht) anderzijds. Het is daarbij opvallend dat de referentiepunten langs deze gradiënt globaal in twee groepen geclusterd liggen. Tot de relatief sterk zure groep (rechts) behoren alle referentiepunten uit de Oeverkruid-klasse (6), de Klasse van hoogveenslenken (10), de Klasse der hoogveenbulten en natte heiden (11), de Klasse der heischrale graslanden (19), de Klasse der berkenbroekbossen (40) en Klasse der eiken- en beukenbossen op voedselarme grond (42). Tot de relatief zwak zure groep (links) behoren vrijwel alle referentiepunten uit de Klasse der bronbeekgemeenschappen (7), Riet-klasse (8), de Klasse der vochtige graslanden (16), de Dwergbiezen-klasse (28), de Klasse der elzenbroekbossen (39) en de Klasse der eiken- en beukenbossen op voedselrijke grond (42). Het enige punt dat zich aan deze systematiek onttrekt is het referentiepunt van de subassociatie van Borstelgras van het Blauwgrasland (16A2b) dat aan de rand van de 'zure' puntenwolk ligt. Geheel onlogisch is dit niet: ook vegetatiekundig vormt dit type een overgang naar de Klasse der heischrale graslanden (19).

De enige klasse die sterk verdeeld is tussen beide clusters is de Klasse der kleine zeggen (9). Alle referentiepunten van het Verbond van Zwarte zegge (9A) en het Knopbies-verbond (9C) worden aan de zwak zure kant van de gradiënt geplaatst, alsmede de Rompgemeenschappen van Waterdrieblad (9B-b),

Snavelzegge en Wateraardbei (9-f) en Hennegras (9-g). Aan de relatief zure kant van de gradiënt bevinden zich daarentegen de Associatie van Slangewortel (9B1a en 9B1b), de Subassociatie van Grootveenmos van de Associatie van Draadzegge en Veenpluis (9B2b) en de Rompgemeenschap van Wilde gagel (9-h). Ook dit is niet onlogisch: ook deze gemeenschappen vormen een overgang naar zuurdere systemen, in dit geval naar de Klasse der hoogveenbulten en natte heiden (11).

Tenslotte valt op dat één referentiepunt in het rechter cluster (relatief sterk zuur) een duidelijk intermediaire plaats inneemt. Het betreft hier een referentiepunt van de klasse-overschrijdende rompgemeenschap van RG Geelgroene- en Dwergzegge, waarin soorten van natte heiden en van blauwgraslanden naast elkaar voorkomen. In dit concrete geval (in de Grote Moost) hebben de heidesoorten de overhand.

Binnen de relatief zwak zure cluster (links) valt mede op grond van de vegetatieklassen nog een onderverdeling te maken en wel tussen korte vegetaties (onder) en (kwel)rijke bossen (boven). Binnen de laatstgenoemde categorie valt ook het referentiepunt van de Associatie van Paarbladig goudveil (7A2), dat betrekking heeft op een microgezelschap binnen een bronbosmilieu. De rijk-bosreferentiepunten lijken zich van de korte vegetaties te onderscheiden door een minder diepe GLG en een hogere P-ratio. Aan de relatief sterk zure kant van de gradiënt (rechts) is geen onderscheid tussen bossen en korte vegetatie waarneembaar. De referentiepunten van Klasse der berkenbroekbossen (40) en de Klasse der eiken- en beukenbossen op voedselarme grond (42) liggen in het ordinatiediagram tussen de korte vegetaties in relatief zuur milieu.

In tabel 7b wordt een overzicht gegeven van alle factoren waarvoor beide groepen bij een tweezijdige T-toets significant verschillen (alleen korte vegetaties, exclusief klasse-overschrijdende rompgemeenschap van RG Geelgroene- en Dwergzegge). Uitgaande van de pH-waarde van het bodemvocht en de door Aggenbach et al. (2008) gegeven classificatie kunnen wij de relatief sterk zure categorie (links in het ordinatie diagram) classificeren als 'zuur tot matig zuur' en de relatief zwak zure categorie als 'zwak zuur tot neutraal'. Voor alle factoren geldt dat er sprake is van een zekere overlap tussen beide groepen referentiepunten, maar deze overlap is in de meeste gevallen gering zoals bijvoorbeeld wordt geïllustreerd door figuur 7b.

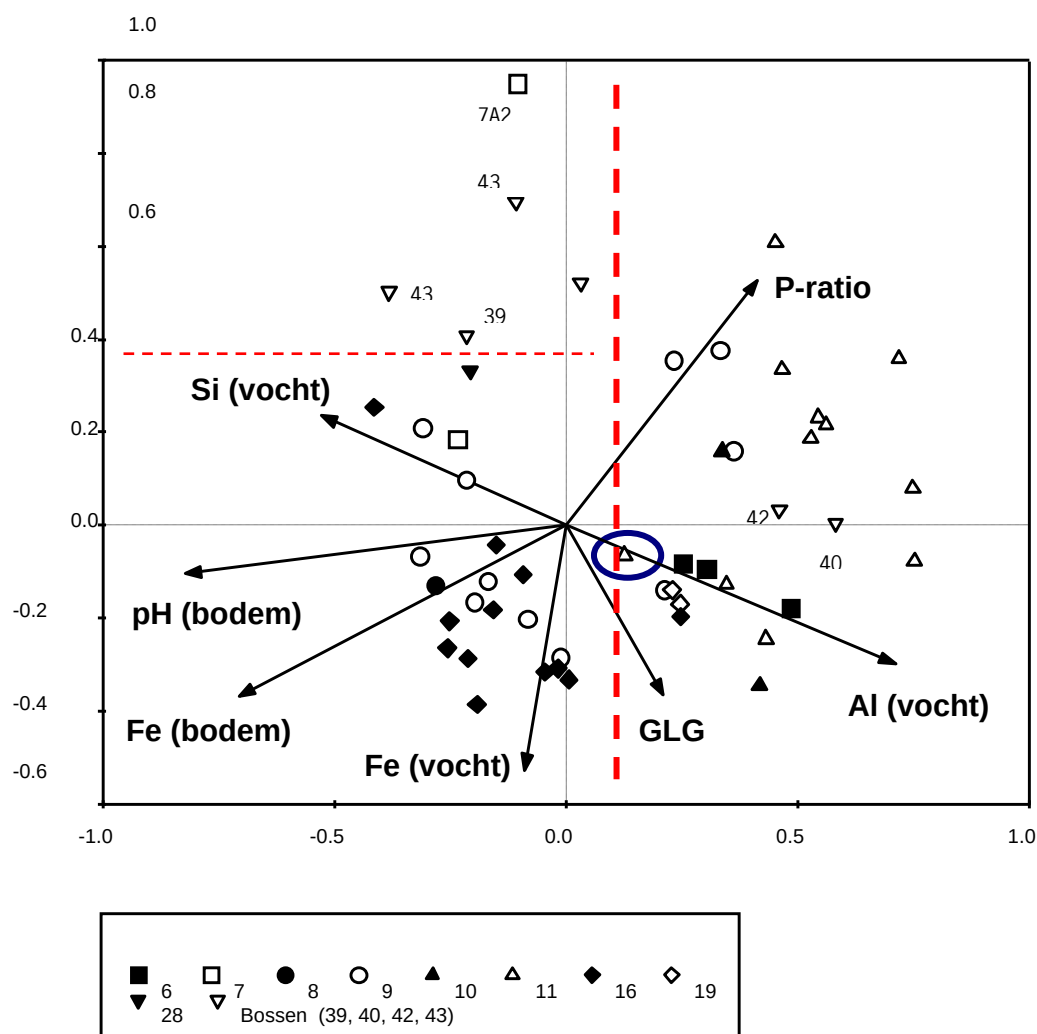
Tabel 7b

Verschillen in bodemchemie tussen zure tot matig zure en zwak zure tot neutrale standplaatsen op de pleistocene zand- en leemgronden (gebaseerd op referentiepunten van korte vegetaties).

Factor	Eenheid	Zuur tot matig zuur			Zwak zuur tot neutraal			P-waarde
		Min.	Gem.	Max.	Min.	Gem.	Max.	
pH ¹⁾	-	3.8	4.6	5.5	5.3	6.3	7.3	0.0000
Alkaliniteit ¹⁾	µequiv./l	0	103	550	166	3046	6720	0.0000
Cl-gehalte ¹⁾	µmol/l	91	285	540	96	568	1224	0.0002
Fe-gehalte ¹⁾	µmol/l	0	106	1336	1	793	3306	0.0071
Al-gehalte ¹⁾	µmol/l	1	47	263	0	10	54	0.0098
Si-gehalte ¹⁾	µmol/l	4	49	155	18	180	689	0.0006
Al-gehalte ²⁾	µmol/l	1523	43662	140344	2907	82814	209211	0.0160
Fe-gehalte ²⁾	µmol/l	1224	24995	209531	9628	139855	311979	0.0000
Mg-gehalte ²⁾	µmol/l	556	2510	5445	730	10337	42725	0.0031
P-ratio ⁴⁾		0.01	0.13	0.54	0.01	0.04	0.10	0.0049
pH-gehalte ³⁾	µmol/l	3.0	4.1	5.5	5.0	6.2	7.8	0.0000
Ca-gehalte ³⁾	µmol/l	195	5297	21107	624	9346	24851	0.0270
Leemgehalte	%	0	8	22	2	22	60	0.0014

Analyses: 1) in bodemvocht; 2) in bodem na destructie; 3) in zoutextract. 4) P-Olsen / P-destructie. 5) tweezijdig.

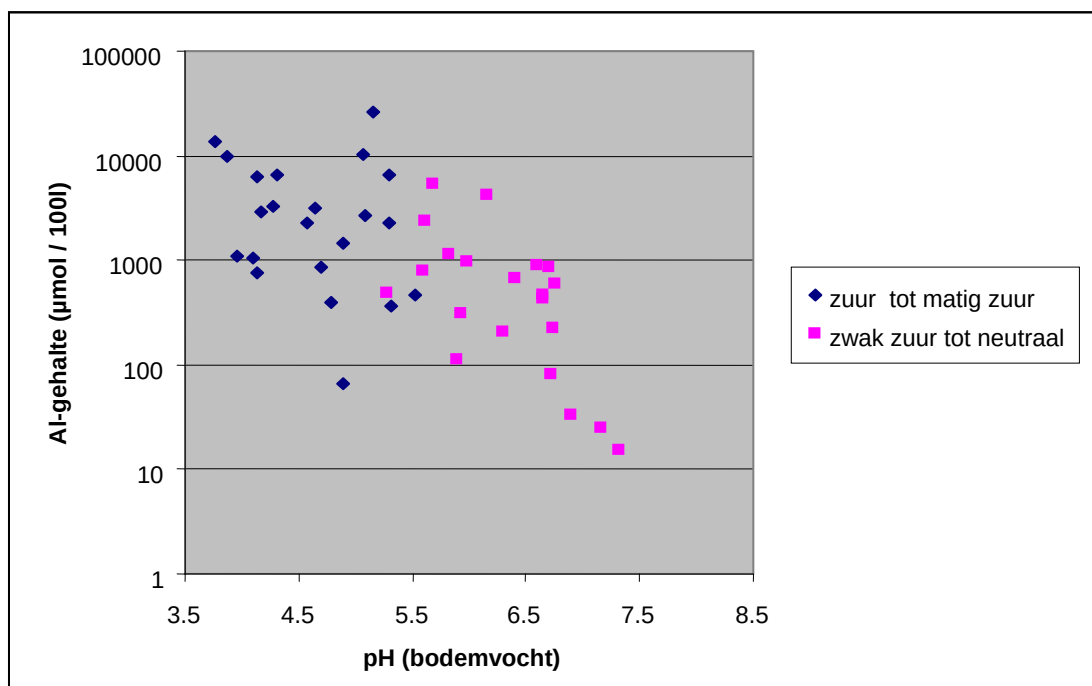
Exclusief referentiepunt van de klasse-overschrijdende rompgemeenschap van RG Geelgroene- en Dwergzegge. Alleen factoren die een significant verschil laten zien zijn opgenomen



Klasse 6	Oeverkruid-klasse	Littorelletea
Klasse 7	Klasse der bronbeekgemeenschappen	Montio-Cardaminetea
Klasse 8	Riet-klasse	Phragmitetea
Klasse 9	Klasse der kleine zeggen	Parvocaricetea
Klasse 10	Klasse van hoogveenslenken	Scheuchzerietea
Klasse 11	Klasse der hoogveenbulten en natte heiden	Oxycocco-Sphagneteta
Klasse 16	Klasse der vochtige graslanden	Molinio-Arrhenatheretea
Klasse 19	Klasse der heischrale graslanden	Nardetea
Klasse 28	Dwergbiezen-klasse	Isoeto-Nanojuncetea
Klasse 39	Klasse der elzenbroekbossen	Alnetea glutinosae
Klasse 40	Klasse der berkenbroekbossen	Vaccinio-Betuletea pubescentis
Klasse 42	Klasse der eiken- en beukenbossen op voedselarme grond	Quercetetea robori-petraeae
Klasse 43	Klasse der eiken- en beukenbossen op voedselrijke grond	Quercio-Fagetea
omcirkeld	Klasseoverschrijdende rompgemeenschap (11-j / 16A-g)	

Figuur 7a

Ordinatie-diagram van de referentiepunten op pleistocene zand- en leemgronden (CCA).



Figuur 7b

Relatie tussen pH-waarde en Al-gehalte in bodemvocht in referentiepunten op de pleistocene zand- en leemgronden (alleen korte vegetaties).

7.2 Schraalgraslanden en mesotrofe moerassen

In deze paragraaf worden de korte vegetaties op zwak zure tot neutrale standplaats behandeld, zoals hierboven beschreven. Het betreft vooral schrale graslanden met een hooilandbeheer en - doorgaans binnen hetzelfde landschap gelegen - mesotrofe moerassen. Het totaal aantal referentiepunten bedraagt 21.

Bij een eerste CANOCO-analyse blijkt het verklarend model en daarmee het ordinatiediagram sterk beïnvloed te worden door één 'uitbijter': het referentiepunt voor de Rompgemeenschap van Reuzenpaardenstaart van de Klasse der bronbeekgemeenschappen (7-b). Dit referentiepunt heeft onder andere de laagste GLG (0 cm -mv tegenover minimaal 7 cm -mv voor de overige punten), de hoogste P-ratio (0,10 tegenover maximaal 0,05) en verrassend genoeg verreweg het laagste calciumgehalte in de bodem (624 µmol/l tegenover minimaal 3410 µmol/l).

Een volgende CCA-analyse zonder dit sterk afwijkende referentiepunt uit de Klasse der bronbeekgemeenschappen levert drie factoren die een significante bijdrage leveren aan het verklarend model:

- P-gehalte bodemvocht
- Gemiddelde Laagste Grondwaterstand
- Al-gehalte bodemvocht

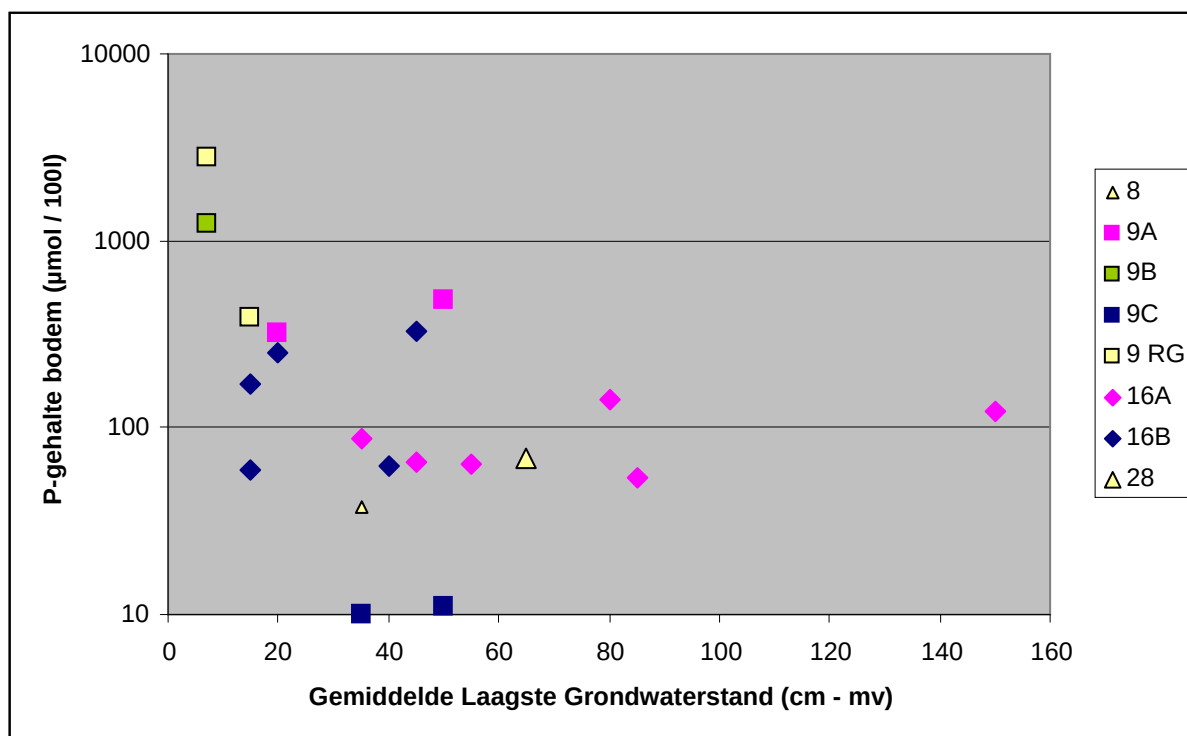
In het ordinatiediagram (as 1 en 2; niet afgebeeld) zijn de GLG en het aluminiumgehalte duidelijk gecorreleerd. Het percentage verklaarde variantie is vrij gering en bedraagt 24. Figuur 7c geeft de spreiding van de referentiepunten over de belangrijkste factoren (GLG en P-gehalte), gebaseerd op de werkelijke waarden.

Uit figuur 7c blijkt dat de referentiepunten van de Klasse der Kleine zeggen gekenmerkt worden door een ondiepe GLG (maximaal 50 cm -mv). De verschillen tussen de verbonden lijken vooral verband te houden met verschillen in P-gehalten, die zeer laag zijn bij de punten van het Knopbies-verbond (9C), gemiddeld bij de

punten van het Verbond van Zwarte zegge (9A) en relatief hoog bij het ene punt van Verbond van Draadzegge (9B). Dit laatste punt is tevens het natste met een GLG van slechts 7 cm -mv. Het referentiepunt voor klasse 8 betreft een klasse-overschrijdende Rompgemeenschap van Holpijp die de Rietklasse (8) verbindt met de Klasse der Kleine zegge. Volgens figuur 7c vertoont het referentiepunt voor wat betreft de belangrijkste standplaatsfactoren veel verwantschap met Verbond van Zwarte zegge (9A).

De referentiepunten van de graslanden van het Verbond van Biezenknoppen en Pijpestrootje (16A) en het Dotterbloemverbond (16B) laten een veel grotere variatie in GLG zien en een geringere variatie in P-gehalte dan de hierboven besproken punten van de Klasse der Kleine zeggen. De GLG varieert van 15 tot 150 cm -mv en het P-gehalte van 0,6 tot 3,3 $\mu\text{mol/l}$. Hoewel er sprake is van enige overlap komt het Dotterbloemverbond voor op de natste standplaatsen (GLG maximaal 45 cm -mv) en over een bredere range aan P-gehalten (maximaal 3,3 $\mu\text{mol/l}$ tegenover 1,4 bij het Verbond van Biezenknoppen en Pijpestrootje).

Tussen de punten van het Verbond van Biezenknoppen en Pijpestrootje (16A) ligt tenslotte ook het enige referentiepunt voor de Associatie van Borstelbies en Moerasmuur (28A2). Voor wat betreft GLG en P-gehalte heeft deze pioniergemeenschap dus vergelijkbare standplaatseisen. Het verschil zit hem - naast het evidente verschil in beheer(geschiedenis) - echter in het zeer hoge totaalgehalte aan aluminium na destructie ($> 200\ 000\ \mu\text{mol/l}$ tegenover circa $40\ 000 - 160\ 000\ \mu\text{mol/l}$ in de graslanden van Verbond 16A). Dit totaal aluminiumgehalte is - anders dan het aluminiumgehalte in het bodemvocht - sterk gekoppeld aan het kleigehalte. Binnen de groep referentiepunten van de Kleine zeggen onderscheiden de twee punten van het Knopbiesverbond (9C) zich op vergelijkbare wijze. Het totaal-aluminiumgehalte is hier groter dan $180\ 000\ \mu\text{mol/l}$ tegenover ongeveer $14\ 000 - 120\ 000\ \mu\text{mol/l}$ bij de overige Kleine zeggengemeenschappen.



6	Oeverkruid-klasse	Littorelletea
8	Riet-klasse	Phragmitetea
9A	Verbond van Zwarte zegge	Caricion nigrae
9B	Verbond van Draadzegge	Caricion lasiocarpae
9C	Knobbies-verbond	Caricion davallianae
9 RG	Rompgemeenschappen Klasse der kleine zeggen	RG Parvocaricetea
16A	Verbond van Biezenknoppen en Pijpestrootje	Junco-Molinion
16B	Dotterbloem-verbond	Calthion palustris
28	Dwergbiezen-klasse	Isoeto-Nanojuncetea

NB. De gebruikte GLG-waarden berusten op profielkenmerken en meetreeksen; voor gesimuleerde reeksen zie Van Delft et al. (2006 en 2007).

Figuur 7c

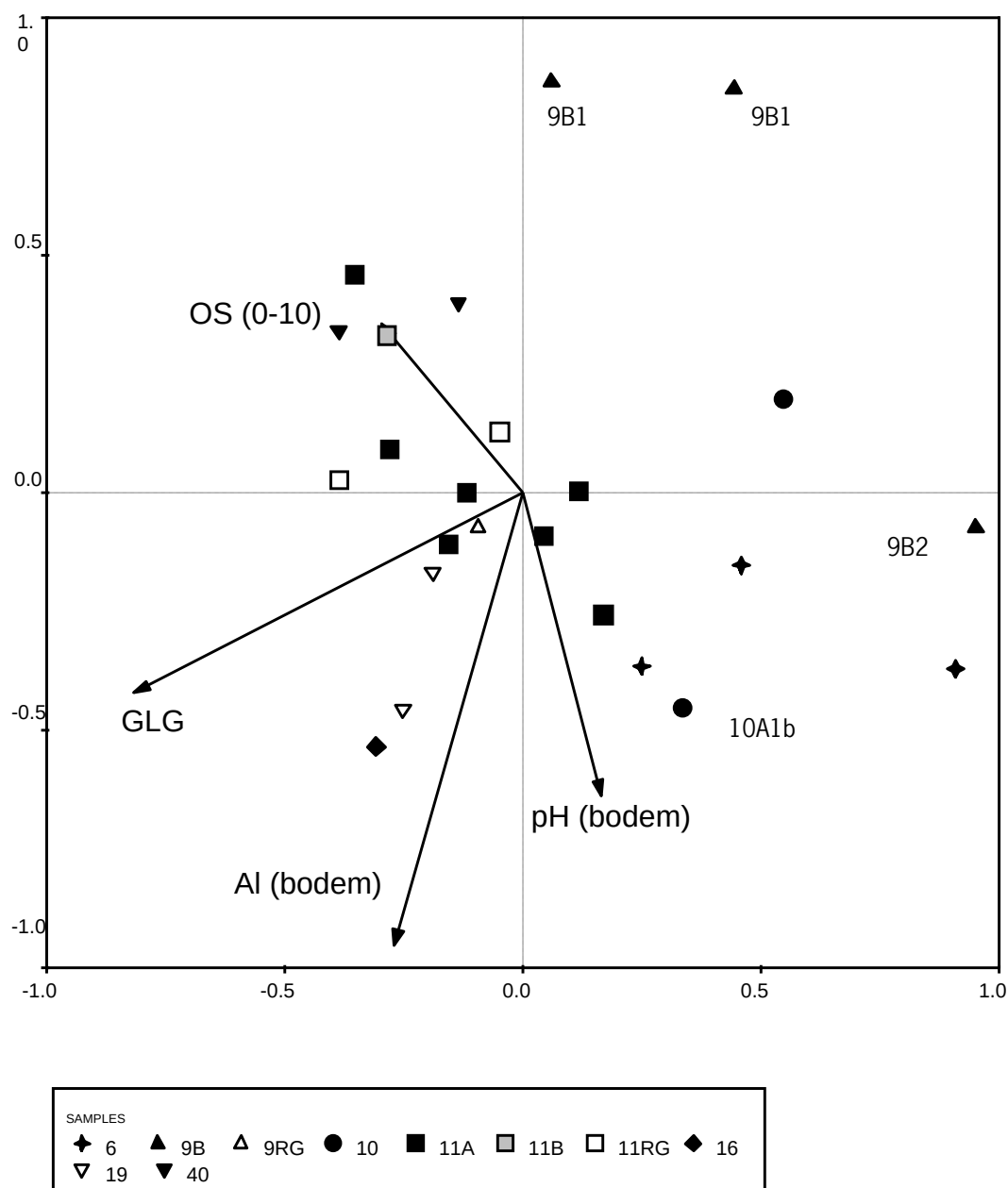
Gemiddelde Laagste Grondwaterstand en P-gehalte van de bodem van de referentiepunten op zwak zure tot neutrale zandgronden (N = 20).

7.3 Natte heiden en oligotrofe moerassen

In deze paragraaf worden de korte vegetaties op zure tot matig zure standplaats behandeld, zoals beschreven in 7.1. Het betreft vooral natte heiden en - doorgaans binnen hetzelfde landschap gelegen - oligotrofe moerassen. Het aantal referentiepunten waarvoor volledige bodemanalyses beschikbaar zijn bedraagt 24. Bij een CCA-analyse blijken vier factoren een significante bijdrage aan het model te leveren:

- GLG
- pH-bodem (zoutextract)
- Al-bodem (na destructie)
- organische stofgehalte (0-10 cm)

Het ordinatiediagram met een selectie van de belangrijkste factoren wordt gegeven in figuur 7d. Het percentage verklaarde variantie bedraagt 31.



6	Oeverkruid-klasse	Littorelletea
9B	Verbond van Draadzegge	Caricion lasiocarpae
9 RG	Rompgemeenschappen Klasse der kleine zeggen	RG Parvocaricetea
10	Klasse der Hoogveenlenken	Scheuchzerietea
11A	Dophei-verbond	Ericion tetralicis
11B	Veenmos-verbond	Oxycocco-Ericion
11RG	RG Klasse der Hoogveenbulten en natte heiden	RG Oxycocco-Sphagnetes
16	Klasse der Vochtige graslanden	Molinio-Arrhenatheretea
19	Klasse der Heischrale graslanden	Nardetea
40	Klasse der Berkenbroekbossen	Vaccinio-Betuletea pubescentis

Figuur 7d

Ordinatiediagram van de referentiepunten op zure tot matig zure pleistocene zand- en leemgronden (CCA).

Het ordinatiediagram laat twee hoofdgradiënten zien: een nat - droog gradiënt die beschreven wordt door de Gemiddelde Laagste Grondwaterstand en een gradiënt die verband houdt met zuurgraad en humusopbouw. Deze laatste gradiënt wordt beschreven door het organische stofgehalte van de bovengrond, de pH en het totale aluminiumgehalte van de bodem, een factor die gerelateerd is aan de hoeveelheid kleimineralen en daarmee aan het leemgehalte.

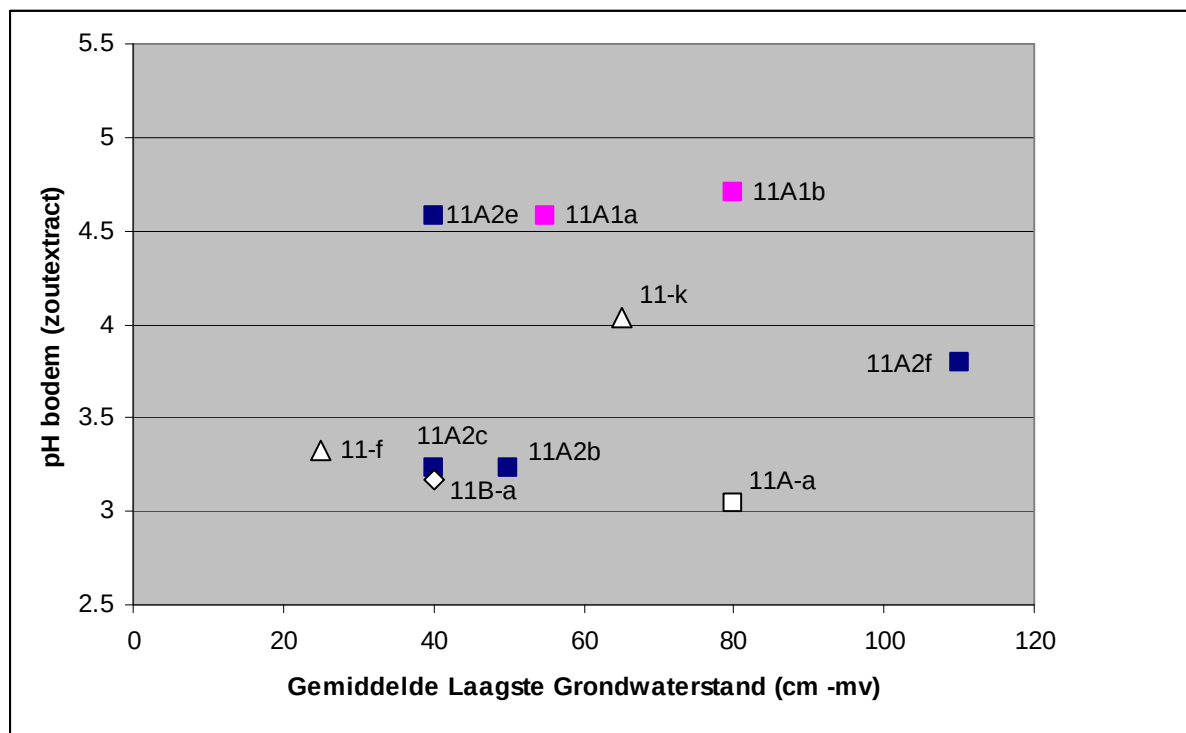
De twee hoofdgradiënten kunnen de positie van de verschillende vegetatie-eenheden goed verklaren. Aan de natte kant (GLG 0-50 -mv) vinden wij de referentiepunten van het Draadzegge-verbond (9B), de Oeverkruidklasse (6) en de Klasse der Hoogveenslenken (10). De spreiding binnen deze punten houdt verband met de zuurgraad en het organisch stofgehalte. Aan de meest zure kant vinden wij de twee referentiepunten van de Associatie van Slangewortel (9B1: pH-bodem 3.5 - 4.4), aan de minst zure kant de referentiepunten van het Oeverkruid-verbond. Het verschil tussen de twee associaties van het Draadzegge-verbond berust daarentegen vooral op het organisch stofgehalte: circa 98% voor de Associatie van Slangewortel (9B1) tegenover slechts 9% voor de Associatie van Draadzegge en Veenpluis (9B2). De verschillen in zuurgraad tussen de referentiepunten van beide associaties zijn daarentegen verwaarloosbaar.

Aan de relatief droge en minst zure kant van het diagram (linksonder) zien wij de gradiënt van het Blauwgrasland (subassociatie van Borstelgras) via twee typen Heischraalgrasland naar de Klasse der Hoogveenbulten en natte heiden die in het diagram de centrale positie inneemt. Deze gradiënt wordt goed beschreven door de pH van de bodem (zoutextract; aangevuld met data uit 7.2):

- | | |
|---|---------------|
| – Blauwgrasland, subassociatie van Parnassia | pH bodem: 7.4 |
| – Blauwgrasland, typische subassociatie | pH bodem: 6.2 |
| – Blauwgrasland, subassociatie van Borstelgras | pH bodem: 4.7 |
| – Associatie van Liggend walstro en Schapegras | pH bodem: 4.5 |
| – Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras | pH bodem: 4.4 |
| – Associatie van Gewone dophei, soortenarme subass. | pH bodem: 3.8 |

In de puntenwolk van Klasse 11 liggen ook de referentiepunten voor het berkenbroekbos (Klasse 40) en de Rompgemeenschap van Wilde gagel van de Klasse der Kleine zeggen (Klasse 9). Deze door houtgewassen gedomineerde gemeenschappen hebben kennelijk een standplaatsvoorkeur die min of meer overeenkomt met die van de korte vegetaties van Klasse 11 (Hoogveenbulten en natte heiden). Wij zullen ons nu verder op de gemeenschappen van deze laatste klasse concentreren. Figuur 7e geeft voor de tien referentiepunten van deze klasse de GLG en de pH van de bodem.

Zoals uit figuur 7e blijkt wordt het verschil tussen de twee associaties van het Dophei-verbond (11-A) vooral bepaald door de zuurgraad. De referentiepunten voor de Associatie van Moeraswolfsklauw en Snavelbies (11A1) hebben een pH-waarde > 4.5 en die voor de Associatie van Gewone dophei (11A2) alsmede de verwante rompgemeenschap van Gewone dophei (11A-a) hebben overwegend een pH-waarde van < 4.0. Het verschil in zuurgraad tussen beide gemeenschappen wordt verklaard door de aan- of afwezigheid van een zure bovengrond met strooisel. De eerste gemeenschap betreft plagplekken en dergelijke met een 'onthoofd' humuspodzol, de tweede natte heide met een min of meer ongestoord humusprofiel. Er is slechts één uitzondering: de subassociatie van Gevlekte orchis van de Dopheide. Het betreft hier een uiterst zeldzame vorm van de Dopheide-associatie die beïnvloed wordt door systeemvreemd relatief basenrijk water. Het referentiepunt van deze gemeenschap ligt in het gebied Grote Moost (L) en wordt enigszins beïnvloed door 'kanaalkwel' vanuit de aangrenzende, hoog in het landschap gelegen kanaaldijk. Opvallend in figuur 7e is tenslotte ook de positie van de Rompgemeenschap van Beenbreek die - ondanks dat hier juist geen sprake is van een recent plagbeheer - ook een voorkeur heeft voor een iets minder zure milieu (pH bodem 4.0; pH bodemvocht 4.1).



11A1a	Ass. van Moeraswolfsklauw en Snavelbies, typische subassociatie	Lycopodio-Rhynchosporium typicum
11A1b	Ass. van Moeraswolfsklauw en Snavelbies, soortenarme subass.	Lycopodio-Rhynchosporium inops
11A2b	Ass. van Gewone dophei, subassociatie van Blauwe bosbes	Ericetum tetralicis vaccinetosum
11A2c	Ass. van Gewone dophei, typische subassociatie	Ericetum tetralicis typicum
11A2e	Ass. van Gewone dophei, subassociatie van Gevlekte orchis	Ericetum tetralicis orchietosum
11A2f	Ass. van Gewone dophei, soortenarme subassociatie	Ericetum tetralicis inops
11A-a	RG Gewone dophei-[Dophei-verbond]	RG Erica tetralix-[Ericetum tetralicis]
11B-a	RG Struikhei - Hoogveenmos-[Veenmos-verbond]	RG Calluna vulgaris – Sphagnum magellanicum-[Oxycocco-Ericetum]
11-f	RG Struikhei-Heiklauwtjesmos-[Kl. hoogveenbulten & natte heiden]	RG Calluna vulgaris-Hypnum jutlandicum-[Oxycocco-Sphagnetea]
11-k	RG Beenbreek-[Klasse der hoogveenbulten en natte heiden]	RG Narthecium ossifragum-[Oxycocco-Sphagnetea]

NB. De gebruikte GLG-waarden berusten op profielkenmerken en meetreeksen; voor gesimuleerde reeksen zie Van Delft et al. (2006 en 2007).

Figuur 7e

Gemiddelde Laagste Grondwaterstand en pH van de bodem voor de referentiepunten van de Klasse der Hoogveenbulten en natte heide op zure tot matig zure pleistocene zand- en leemgronden.

8 **Discussie en conclusies**

Kennis over de standplaatsen van doeltypen is in het natuurbeheer van groot belang voor behoud en ontwikkeling van doeltypen. Om die reden is Staatsbosbeheer in samenwerking met onder andere Alterra in 1998 het project *Terreincondities* gestart. In het kader van dit project werden sindsdien meer dan 250 referentiepunten beschreven. Het gaat hierbij om beschrijvingen van representatieve en stabiele voorbeelden van waardevolle vegetatietypen. De beschrijvingen betreffen zowel de vegetatie zelf (soortensamenstelling en structuur) als de humusvorm, het bodemprofiel, de hydrologie en het beheer (Hommel et al., 2007). De verzamelde gegevens werden gepubliceerd in een reeks SBB-rapporten (Beets et al. 2000 t/m 2005) en worden tevens ontsloten via een (nog in ontwikkeling zijnde) internetapplicatie (www.synbiosys.alterra.nl/sbbreferenties/).

In aanvulling op de oorspronkelijke beschrijvingen werd voor selecties van deze referentiepunten nadere informatie verzameld. Het gaat hierbij zowel om tijdreeksen van grondwaterstanden als om uitgebreide chemische analyses van bodem en bodemvocht. Beide datasets zijn gebruikt om met behulp van multivariate analyse te achterhalen welke kenmerken van het abiotisch milieu het meest 'verklarend' zijn voor de variatie in soortensamenstelling van de onderzochte referentiepunten (CANOCO-bewerking; zie 2.5). De achterliggende gedachte hierbij is dat deze 'verklarende factoren' of 'sleutelfactoren' ook in belangrijke mate sturend zijn (geweest) voor de ontwikkeling en het behoud van de betreffende vegetatietypen. Juist deze factoren zijn dus voor de beheerder van belang. Deels gaat het hierbij direct of indirect om de 'knoppen' van het systeem, waarmee de beheerder actief invloed op de ontwikkeling van het ecosysteem kan uitoefenen. Deels zijn het niet of nauwelijks te beïnvloeden factoren die voor de beheerder vooral van belang zijn om als indicator te monitoren. Zodoende kunnen in een vroeg stadium veranderingen in het systeem worden onderkend en wordt tevens een beter beeld van de potenties van een gebied verkregen.

De resultaten van de multivariate analyse van de grondwatergegevens werden eerder gepubliceerd in twee rapporten (van Delft et al., 2006 en 2007). Ook de analyse van de bodemchemische gegevens verliep in twee rondes. In eerste instantie werden van 92 referentiepunten bodem en bodemvocht bemonsterd en geanalyseerd. Met behulp van een CANOCO-analyse werd bepaald welke van de 60 geanalyseerde (bodem)chemische parameters en zeven aanvullende veldkenmerken als 'verklarend' voor de soortensamenstelling konden worden beschouwd. Dit leverde een aanzienlijke inperking van het aantal potentieel sturende factoren op (van 67 naar 20). Tevens werd geconcludeerd dat een herbemonstering van bodem en bodemvocht in het najaar, ten opzichte van een eerdere bemonstering in het voorjaar, weinig meerwaarde heeft (Hommel et al., 2006). Overigens mogen wij niet concluderen dat de niet-geselecteerde standplaatsfactoren (waaronder alle aan de hand van de bemonstering in het najaar bepaalde waarden) van geen belang zijn voor de vegetatieontwikkeling. In veel gevallen is dat uitdrukkelijk wel zo, maar zijn de niet-geselecteerde factoren nauw gecorreleerd met één of meer wel geselecteerde factoren die (nog) beter verklarend blijken te zijn.

In de tweede fase van het onderzoek naar sturende bodemchemische factoren werd de oorspronkelijke set van bemonsterde referentiepunten uitgebreid met 28 punten uitgebreid tot een totaal van 120. Voor de nieuw bemonsterde punten werden nagenoeg dezelfde uitgebreide chemische analyses verricht als voor de eerder bemonsterde punten (inclusief de najaarsbemonstering). Alle najaarsresultaten zullen worden ontsloten via bovengenoemde internetapplicatie. In de multivariate analyse, waarvan in dit rapport verslag wordt gedaan, werden echter alleen die factoren meegenomen die in de eerste fase als in potentie het meest belangrijk waren bestempeld. Welke van deze geselecteerde factoren als werkelijk het meest relevant uit de bus

kwamen, is uiteraard afhankelijk van de dataset waarop de analyse betrekking heeft. Dit kan zowel de gehele dataset van 120 referentiepunten betreffen, als diverse subsets. In de eerste onderzoeksfase werden, net als in het onderzoek van Van Delft et al. (2006 en 2007) naar relevante hydrologische parameters, vooral afzonderlijke syntaxa als subset onderzocht (bijvoorbeeld: klasse 9: Kleine zegge vegetaties). In dit rapport is gekozen voor een andere invalshoek, waarbij de referentiepunten *a priori*- op een voor de beheerder herkenbare wijze - zijn ingedeeld naar landschappelijke ligging en moedermateriaal. Hierbij werden vier categorieën onderscheiden: duinzanden en wadafzettingen, rivier- en zeekelegronden, veengronden en pleistocene zandgronden.

Het opsplitsen van de referentiepunten naar landschap en moedermateriaal heeft voor de beheerpraktijk belangrijke voordelen. Verschillen in standplaatscondities tussen twee vegetatietypen die nooit in het zelfde landschap kunnen worden aangetroffen zijn vooral van academisch belang, terwijl het aantal actueel en/of potentiële aanwezige doeltypen per landschapstype kleiner, dus overzichtelijker is. Daarbij komt dat bij een multivariate analyse van opnamen uit zeer verschillende landschappen men de kans loopt dat vooral die factoren als verklarend naar voren zullen komen die het verschil tussen de landschappen ondersteunen. Subtielere verschillen in milieu tussen verschillende voor het beheer belangrijke ontwikkelings- of degradatiestadia lopen daarbij het gevaar onderbelicht te worden. De resultaten van dit onderzoek geven inderdaad aan dat voor verschillende belangrijke bodemchemische factoren er nauwelijks overlap bestaat tussen de punten van de vier onderscheiden categorieën. Deze factoren vormen als het ware het bodemchemisch kader waarbij op een gedetailleerder niveau naar subtielere verschillen in standplaatsfactoren tussen de verschillende vegetatietypen kan worden gezocht (zie figuur 3c).

Overigens zal duidelijk zijn dat het voor het terreinbeheer niet alleen van belang is te weten welke standplaatsfactoren binnen een bepaald ecosysteem als sturend kunnen worden beschouwd. Het gaat er ook en vooral om te weten welke waarden voor deze factoren kenmerkend zijn voor de verschillende doeltypen. Kortom: wat zijn de abiotische randvoorwaarden van deze typen? Anders dan in de eerste onderzoeksfase, die primair gericht was op selectie van factoren, worden in dit rapport de resultaten van de multivariate analyse terugvertaald naar de werkelijk gemeten waarden. Daar waar bij de CANOCO-analyses het opnamemateriaal uiteen blijkt te vallen in twee min of meer duidelijk gescheiden groepen, leidt dit tot het vaststellen van grenswaarden.

Een voorbeeld van dergelijke robuuste grenswaarden binnen de categorie van vegetaties op duin- en wadzanden is een chloridegehalte van meer dan 10 000 μmol / liter bodemvocht voor kweldervegetaties (klasse 26; figuur 4b). Alle overige onderzochte vegetaties op duin- en wadzanden hebben een (beduidend) lager chloridegehalte, waarbij de abiotische verschillen tussen diverse begroeiingstypen van duinvalleien samenhangen met een verzuringsgradiënt waarin zowel de pH als het aluminiumgehalte van het bodemvocht onderscheidend werken. (zie figuur 4d). Op vergelijkbare wijze 'verklaart' binnen de kleigronden het samenspel van grondwaterstand en ijzergehalte in het bodemvocht de indeling in doeltypen, terwijl binnen de veengronden de ecologische ruimte goed gedefinieerd kan worden door het silicium- en aluminiumgehalte van het bodemvocht. Binnen de grote groep van referentiepunten op pleistocene zand- of leemgronden tenslotte blijkt op basis van de pH van het bodemvocht een duidelijke tweedeling te kunnen worden gemaakt', schraalgraslanden en mesotrofe moerassen enerzijds ($\text{pH} > 5.5$) en natte heiden en oligotrofe moerassen ($\text{pH} < 5.5$) anderzijds (figuur 7b). Dit komt goed overeen met de indeling in zuurklassen van Aggenbach et al. (2008), waarbij een pH van 5.5 eveneens een belangrijke grenswaarde vertegenwoordigt.

Op meer gedetailleerd niveau is het vaak niet direct mogelijk grenswaarden te definiëren. Het aantal waarnemingen per vegetatietype is daarvoor veel te gering. Veelal is zelfs maar één waarneming per punt aanwezig. Referentiepunten voor ecologisch samenhangende typen kunnen echter wel op grond van de resultaten van de CANOCO-analyse langs gradiënten voor de belangrijkste sturende factoren worden geplaatst. Als voorbeeld is in 7.3 een pH-gradiënt in vijf stappen van orchideerijk blauwgrasland (7.4) naar soortenarme

natte heide (3.8) gegeven. Aangezien de SBB-referenties een indicatiegeven voor het 'central concept' van de betreffende typen kan de gemiddelde pH-waarde van twee opeenvolgende stadia gebruikt worden als indicatie voor de werkelijke (onbekende) grenswaarde.

Het is te hopen dat ook in de toekomst het aantal referentiepunten zal blijven groeien waarbij geleidelijk de dekkingsgraad zowel voor wat betreft de in de SBB-catalogus onderscheiden vegetatietypen als voor de verschillende landschapstypen verder zal toenemen. Het is echter irreëel te veronderstellen dat het bestand ooit zo groot zal zijn dat er voldoende punten per type beschreven kunnen worden om per landschapseenheid een statistisch verantwoorde inschatting van de variatie in standplaatsfactoren te kunnen maken. Dit is echter ook niet nodig. De hierboven beschreven methode geeft aan hoe in vier stappen een zo efficiënt mogelijk gebruik kan worden gemaakt van de verzamelde gegevens: (1) een inperking van de ecologische ruimte op basis van landschap en moedermateriaal, (2) bepaling van de belangrijkste standplaatsfactoren voor deze selectie van ecosystemen, (3) rangschikking van referentiepunten voor verschillende doeltypen langs gradiënten van deze factoren en (4) inschatting van grenswaarden door interpolatie.

De voor de beheerder meest bruikbare informatie wordt hierbij gegenereerd indien het schaalniveau waarop deze methode wordt toegepast verder wordt verfijnd naar de schaal van het fysiotoop (zie De Waal, 2007). Een dergelijke bewerking van de SBB-referentiepunten in de vorm van een aantal voorbeeldreeksen voor vijf zeer verschillende fysiotoopen werd onlangs verricht door De Waal en Hommel (2010). In deze reeksen stond de relatie tussen vegetatie en humusvorm centraal. Uitbreiding van het aantal voorbeeldreeksen, waarbij tevens ook de resultaten van het bodemchemisch onderzoek worden ingebouwd, is een logische volgende stap. Dergelijke ontwikkelings- en degradatiereeksen per fysiotoop kunnen een belangrijk hulpmiddel worden bij het (vroegtijdig) herkennen van zowel de bedreigingen als de potenties voor verdere ontwikkeling binnen natuurterreinen.

Literatuur

Aggenbach, C.J.S., H. Hunneman en M.J. Jalink, 2008. Indicatieve plantensoorten voor habitattypen. Alterra, Wageningen. Rapport 1707. 37 pp.

Arnon en Stout, 1939. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. *Plant Physiology* 14: 371-375.

Beets, C.P., P.W.F.M. Hommel en R.W. de Waal, 2000. Selectie van referentiepunten t.b.v. het SBB-project terreincondities. Fase 1: Resultaten inventarisatie 1999. Rapport Staatsbosbeheer, afdeling Terreinbeheer, Driebergen. 57 pp.; 5 bijlagen.

Beets, C.P., P.W.F.M. Hommel en R.W. de Waal, 2001. Selectie van referentiepunten t.b.v. het SBB-project terreincondities. Fase 2: resultaten inventarisatie 2000. Rapport Staatsbosbeheer; afdeling Terreinbeheer, Driebergen. 166 pp.; 1 bijlage.

Beets, C.P., P.W.F.M. Hommel en R.W. de Waal, 2002. Selectie van referentiepunten t.b.v. het SBB-project terreincondities. Fase 3: resultaten inventarisatie 2001. Rapport Staatsbosbeheer; afdeling Terreinbeheer, Driebergen. 136 pp.; 1 bijlage.

Beets, C.P., P.W.F.M. Hommel en R.W. de Waal, 2003. Selectie van referentiepunten t.b.v. het SBB-project terreincondities. Fase 4: resultaten inventarisatie 2002. Rapport Staatsbosbeheer; afdeling Terreinbeheer, Driebergen. 266 pp.; 1 bijlage.

Beets, C.P., P.W.F.M. Hommel en R.W. de Waal, 2004. Selectie van referentiepunten t.b.v. het SBB-project terreincondities. Fase 5: resultaten inventarisatie 2003. Rapport Staatsbosbeheer; afdeling Terreinbeheer, Driebergen. 244 pp.; 1 bijlage.

Beets, C.P., P.W.F.M. Hommel en R.W. de Waal, 2005. Selectie van referentiepunten t.b.v. het SBB-project terreincondities. Fase 6: resultaten inventarisatie 2004. Rapport Staatsbosbeheer; afdeling Terreinbeheer, Driebergen. 184 pp.; 1 bijlage.

Braak, C.J.F. ter en P. Smilauer, 2002. Canoco Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide. Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Biometris, Wageningen / Cesek Budejovice; 500 pp.

Delft, S.P.J. van, P.W.F.M. Hommel en R.W. de Waal, 2006. Selectie van relevante grondwaterkarakteristieken voor vegetatietypen ten behoeve van de SBB-catalogus: methode-ontwikkeling aan de hand van drie vegetatieklassen. Rapport 1308. Alterra, Wageningen.

Delft, S.P.J. van, P.W.F.M. Hommel en R.W. de Waal, 2007. Selectie van relevante grondwaterkarakteristieken voor vegetatietypen ten behoeve van de SBB-catalogus. Rapport 1625, Alterra, Wageningen. 88 pp.

Hommel, P.W.F.M., G.H.P. Arts, C.P. Beets, P.C. Schipper, A.J.P. Smolders en R.W. de Waal, 2007. Naar een landelijk referentiesysteem voor standplaatsbeschrijvingen van aquatische en grondwaterafhankelijke, terrestrische plantengemeenschappen. *Stratiotes* 35: 11-21.

- Hommel, P.W.F.M., E. Brouwer, E.C.H.E.T. Lucassen, A.J.P. Smolders en R.W. De Waal, 2006. Selectie van ecologisch relevante bodemeigenschappen. Een verkennend onderzoek aan de hand van 92 SBB-referentiepunten. Alterra-rapport 1445. Alterra, Wageningen / Onderzoekcentrum B-ware, Nijmegen. 119 pp., 3 bijlagen.
- Lamers L.P.M., 2001. Tackling biogeochemical questions in peatlands. Ph.D. Thesis, University of Nijmegen, 161 pp.
- Leps, J. en P. Smilauer, 2003. Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO. Cambridge University Press, 269 pp.
- Olsen, S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe en L.A. Dean, 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circ. 939. US Gov. Print Office, Washington, USA.
- Runhaar, J., R.P. Bartholomeus en D.G. Cirkel, 2010. Invloed laagste grondwaterstanden op standplaatscondities en vegetatie. Rapport KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein. 59 pp.
- Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda en V. Westhoff, 1995. De vegetatie van Nederland; deel 2: plantengemeenschappen van wateren, moerassen en natte heiden. Opulus, Uppsala / Leiden. 358 pp.
- Schaminée, J.H.J., A.H.F. Stortelder en E.J. Weeda, 1996. De vegetatie van Nederland; deel 3: plantengemeenschappen van graslanden, zomen en droge heiden. Opulus, Uppsala / Leiden. 356 pp.
- Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda en V. Westhoff, 1998. De vegetatie van Nederland; deel 4: plantengemeenschappen van de kust en binnenlandse pioniermilieus. Opulus, Uppsala / Leiden. 346 pp.
- Schipper, P.C., 2002. Catalogus vegetatietypen. Tabblad 4 en 5. In: Staatsbosbeheer Catalogi bedrijfssturing: natuur, bos, recreatie en landschap. Versie maart 2002. Staatsbosbeheer, Driebergen.
- Smolders, A.J.P., M. Moonen, K. Zwaga, E.C.H.E.T. Lucassen, L.P.M. Lamers en J.G.M. Roelofs, 2006. Changes in pore water chemistry of desiccating freshwater sediments with different sulphur contents. *Geoderma* 132: 372-383.
- Stortelder, A.H.F., J.H.J. Schaminée en P.W.F.M. Hommel, 1999. De vegetatie van Nederland; deel 5: plantengemeenschappen van ruigten, struwelen en bossen. Opulus, Uppsala / Leiden. 376 pp.
- Tomassen, H.B.M., 2004. Revival of Dutch Sphagnum bogs: a reasonable perspective? Ph.D. Thesis, University of Nijmegen, 202 pp.
- Waal R.W. de, 2007. Fysiotopen in Nederland. Een nieuwe standplaatsindeling op basis van abiotische kenmerken. *Stratiotes* 33/34: 14-25.

Bijlage A. Lijst van referentiepunten.

SBB-code	Vegetatietype	Code referentiepunt
06-a	RG Oeverkruid-[Oeverkruid-klasse]	SMI B64.1
06-b	RG Duizendknoopfonteinkruid - [Oeverkruid-klasse]	MNW B164.2
06-c	RG Veelstengelige waterbies - Veenmos-[Oeverkruid-klasse]	MNW B164.3
06C4	Associatie van Waterpunge en Oeverkruid	TDN v1
07-b	RG Reuzenpaardenstaart - [Klasse der bronbeekgemeenschappen]	DVB v2
07A2a	Associatie van Paarbladig goudveil, typische subassociatie	SPR B51a1
08-k	RG Holpijp - [Riet-klasse/Klasse der kleine Zeggen]	JNK v2
08C5a	Galigaan-associatie, typische subassociatie	RMT B143a1
08C5b	Galigaan-associatie, verarmde subassociatie	MKS II.1.1
09-a	RG Veenpluis - Veenmos-[Klasse der Kleine zeggen]	SLM B19a.1
09-c	RG Grote veenbes - [Klasse der Kleine Zeggen]	TRS B26c.1
09-d	RG Addertong - Duinriet-[Klasse der kleine Zeggen]	LDV B106.1
09-f	RG Snavelzegge - Wateraardbei - [Klasse der kleine Zeggen]	DRAnB601a2
09-g	RG Hennegras - [Klasse der kleine Zeggen]	KPB B15a.1
09-h	RG Wilde Gagel - [Klasse der kleine Zeggen]	MNW B164.1
09-i	RG Pijpestrootje - Gewoon veenmos-[Klasse der kleine Zeggen]	SLM B19a.2
09-j	RG Padderus - [Klasse der kleine Zeggen]	MKS II.2
09A-a	RG Zwarte zegge - Moerasstruisgras - [Verbond van Zwarte zegge]	VGS B3.3
09A-a	RG Zwarte zegge - Moerasstruisgras - [Verbond van Zwarte zegge]	KPB B13.1
09A1	Associatie van Drienvrige zegge en Zwarte zegge	TRS B100a1
09A2a	Veenmosrietland, typische subassociatie	WRB v2
09A2b	Veenmosrietland, subassociatie van Pijpestrootje	RMT B146a1
09A3a	Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge, typische subassociatie	DRAn B2b1
09A3c	Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge, subassociatie van Veldrus	KOV B2d.1
09B-b	RG Waterdrieblad - [Verbond van Draadzegge]	DRAnB601a1
09B1a	Associatie van Slangewortel, typische subassociatie	OMM v2
09B1b	Associatie van Slangewortel, soortenarme subassociatie	OMM v3
09B2a	Associatie van Draadzegge en Veenpluis, typische subassociatie	ULK B3c.2
09B2b	Associatie van Draadzegge en Veenpluis, subassociatie van Groot veenmos	BGB v1
09B2c	Associatie van Draadzegge en Veenpluis, soortenarme subassociatie	APS v1
09B3a	Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge, typische subassociatie	WRB v3
09B3b	Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge, subassociatie van Veenmos	BHL B14b.1
09C-b	RG Armbloemige waterbies - [Knopbiesverband]	KRP B33.1
09C-c	RG Kruipwilg - Rondbladig wintergroen - [Knopbies-verband]	BRM B3a.1
09C-d	RG Kruipwilg - Bonte paardenstaart - [Knopbies-verband]	PVB B11a.1
09C1	Associatie van Vetblad en Vlozegge	LSM B2b.1

09C2	Associatie van Armbloemige waterbies	LSM B3b.1
09C3a	Knopbies-associatie, typische subassociatie	DMU B204.1
09C3a	Knopbies-associatie, typische subassociatie	DMU B213.1
09C3c	Knopbies-associatie, soortenarme subassociatie	DMU B212.2
10-b	RG Veenpluis - Veenmos - [Klasse van hoogveenslenken]	BGV B83a.2
10-c	RG Waterveenmos - [Klasse van hoogveenslenken]	BGV B84a.2
10-d	RG Klein blaasjeskruid - [Klasse van hoogveenslenken]	DWI v2
10A1b	Waterveenmos-associatie, subassociatie van Drijvende egelskop	SMI L30.1
10A2	Associatie van Veenmos en Snavelbies	BGV B85a.2
10A3	Veenbloembies	OMM v1
11-d	RG Eenarig wollegras - Veenmos - [Klasse der hoogveenbulten en natte heiden]	BGV B84a.1
11-f	RG Struikhei-Heiklauwtjesmos - [Klasse der hoogveenbulten en natte heiden]	BGB v3
11-j	RG Geelgroene zegge - Dwergzegge - [Klasse der hoogveenbulten en natte heiden]	GMO 14F1.1
11-k	RG Beenbreek - [Klasse der hoogveenbulten en natte heiden]	HBV B18a.4
11/a	DG Wilde gagel - [Klasse der hoogveenbulten en natte heiden]	TRS B101a3
11A-a	RG Gewone dophei - [Dophei-verbond]	HHA B19.1
11A1a	Associatie van Moeraswolfsklauw en Snavelbies, typische subassociatie	HBV B18a.2
11A1b	Associatie van Moeraswolfsklauw en Snavelbies, soortenarme subassociatie	HBV B20.1
11A2a	Associatie van Gewone dophei, subassociatie van Veenmos	BGV B86a.1
11A2b	Associatie van Gewone dophei, subassociatie van Blauwe bosbes	ZST v1
11A2c	Associatie van Gewone dophei, typische subassociatie	DWI B573a1
11A2e	Associatie van Gewone dophei, subassociatie van Gevlekte orchis	GMO 15F1N1
11A2f	Associatie van Gewone dophei, soortenarme subassociatie	SAH B38.1
11A3c	Associatie van Kraaihei en Gewone Dophei, typische subassociatie	TRS B101a1
11B-a	RG Struikhei - Hoogveenmos - [Veenmos-verbond]	HBV v5
11B-c	RG Kleine veenbes - [Veenmos-verbond]	BGV B83a.1
11B-d	RG Slank veenmos - [Veenmos-verbond]	OMM v4
11B1a	Associatie van Gewone dophei en Veenmos, subassociatie van Struikhei	HHA B15a.1
11B2	Moerasheide	WRB v1
16A-a	RG Blauwe knoop - Blauwe zegge - [Verbond van Biezenknoppen en Pijpestrootje]	DMA B50b.1
16A-b	RG Kussentjesmos - [Verbond van Biezenknoppen en Pijpestrootje]	SLM B02.1
16A-c	RG Moerasstruisgras - [Verbond van Biezenknoppen en Pijpestrootje]	SLM B18a.2
16A1a	Blauwgrasland, typische subassociatie	DMA B42.1
16A1b	Blauwgrasland, subassociatie van Borstelgras	WSR B132.1
16A1d	Blauwgrasland, subassociatie van Parnassia	STV B2.1
16A2a	Veldrus-associatie, typische subassociatie	DBR B9.1
16A2b	Veldrus-associatie, subassociatie van Rietorchis	DRAnB605a1
16A2c	Veldrus-associatie, soortenarme subassociatie	PHZ B6b.1
16B1a	Associatie van Boterbloem en Waterkruid, typische subassociatie	DRAzB23a.1
16B1d	Associatie van Boterbloem en Waterkruid, subassociatie van Wateraardbei	DRAnB4a.2
16B1f	Associatie van Boterbloem en Waterkruid, subassociatie van Scherpe zegge	OET B24.3
16B2	Associatie van Gewone engelwortel en Moeraszegge	LVD B6.1
16B3	Associatie van Harlekijn en Ratelaar	DBL B48a.1
16B4	Bosbies-associatie	DRAzB602a1
16B-c	RG Moeraspirea-[Dotterbloem-verbond]	OET B24.1
16B-d	RG Moeraszegge - Scherpe zegge - [Dotterbloem-verbond]	DRAzB603a1
16B-f	RG Reuzenpaardenstaart - [Dotterbloem-verbond]	DVB v1

16C1b	Kievitsbloem associatie, subassociatie van Dotterbloem	OLV v2
16C2	Gemeenschap van Grote pimpernel en Weidekervel	HNP B4a.1
16C3a	Glanshaver-associatie, typische subassociatie	AVL v1
16C3b	Glanshaver-associatie, subassociatie van Groot streepzaad	ABP v3
16C3d	Glanshaver-associatie, subassociatie van Sikkeldklover	CTO v1
16C3e	Glanshaver-associatie, subassociatie van Duifkruid	ABP v1
16C-b	RG Trosdravik - [Glanshaver-verbond]	ABP v2
16C-d	RG Grote vossestaart - Echte Koekoeksbloem - [Glanshaver-verbond]	SLB v1
16C-h	RG Rietzwenkgras - Glanshaver - [Glanshaver-verbond]	DVN v1
16C-i	RG Veldgerst - Grote vossestaart - [Glanshaver-verbond]	RMW v1
19A-b	RG Welriekende nachtorchis - Reukgras-[Verbond der heischrale graslanden]	TRS B90.1
19A-b	RG Welriekende nachtorchis - Reukgras-[Verbond der heischrale graslanden]	BGV B46a.1
19A-c	RG Hondsviooltje - Tandjesgras-[Verbond der heischrale graslanden]	MKS 3a.1
19A1	Associatie van Liggend walstro en Schapegras	WSR B120.1
19A2	Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras	WSR B118c1
26A-c	RG Schorrekruid - [Verbond van Gewoon kweldergras]	SLT B108.2
26A1a	Associatie van Gewoon kweldergras, typische subassociatie	SLT B107.2
26A2	Associatie van Lamsoor en Zeeweegebree	SLT B107.1
26C-a	RG Engels gras - Rood zwenkgras - [Verbond van Engels gras]	SLT B107.3
26C-c	RG Fiorin - Melkkruid - [Verbond van Engels gras]	KPM B4a.1
26C1a	Associatie van Zilte rus, typische subassociatie	RSL B10.1
26C1b	Associatie van Zilte rus, subassociatie van Vertakte leeuwetand	LWM B11b.1
27A2	Associatie van Strandduizendguldenkruid en Krielparnassia	LDV B105.1
28A1	Draadgentiaan-associatie	TRS B112a1
28A2	Associatie van Borstelbies en Moerasmuur	DBR v1
38A3b	Veldkers-ooibos, subassociatie van Grote waterweegbree	ESP v1
39A2b	Elzenzegge-elzenbroek, subassociatie van Bittere veldkers	SWM v1
40A-b	RG Pijpestrootje - [Verbond der berkenbroekbossen]	LSV v1
40A1a	Dophei-berkenbroek, subassociatie van Eenarig wollegras	HBV v2
40A1b	Dophei-berkenbroek, subassociatie van Struikhei	HBV v3
40A2	Zompzegge-berkenbroek	WRB v8
42A1d	Berken-eikenbos, subassociatie van Pijpestrootje	HBV v4
43-d	RG Klimop - [Klasse der eiken - en beukenbossen op voedselrijke grond]	ELW v2
43-h	RG Nagelkruid - Hondsdraf - Zevenblad - [Klasse der eiken- en beukenbossen op voedselrijke grond]	ELW v1
43B-c	RG Grote brandnetel - [Verbond van Els en Es]	WBB v1
43B1	Goudveil-essenbos	RVB v1
43B2	Vogelkers-essenbos	RVB v2