Productiviteit van korte vegetaties en beperkende factoren in relatie tot voedselrijkdom en vochttoestand van natuurterreinen

Basisonderzoek voor ecologische nutriëntenmodellen

R.H. Kemmers
S.P.J. van Delft
P.C. Jansen

Alterra-rapport 257

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2001

Inhoud

Woord vooraf 7

Samenvatting 9

1 Inleiding 13

2 Concept en werkwijze 15
2.1 Concept 15
2.2 Werkwijze 16

3 Terreinkenmerken 19

4 Hydrologie 21
4.1 Inleiding 21
4.2 Methode 21
4.2.1 Beschrijving van het model 21
4.2.2 Gebruikte gegevens 22
4.3 Selectie van hydrologische maten 24
4.4 Resultaten 25

5 Bodem 29
5.1 Inventarisatie en bemonstering 29
5.2 Chemische analyses 29
5.3 Resultaten 30
5.3.1 Voorraden 30
5.3.2 Stikstof en fosfor 31
5.3.3 Fe-, Al- en P-oxalaat 31
5.4 Conclusies 32

6 Vegetatie 33
6.1 Inventarisatie en bemonstering 33
6.2 Chemische analyse en databewerking 33
6.3 Resulaten 33
6.3.1 Productie van nutrienten 33
6.3.2 Nutrientenverhoudingen en beperkende factoren. 34
6.4 Conclusies 35

7 Productiviteit en bodemfactoren 37
7.1 Een maat voor voedselrijkdom 37
7.2 Relaties tussen bodemvoorraden en droge stofproductie 37
7.3 P-beschikbaarheid 38
7.4 Conclusies 39

8 Respons vegetatie op standplaatsfactoren 41
8.1 Statistische methoden 41
8.1.1 Selectie relevante standplaatsfactoren 41
8.1.2 Transformatie van variabelen 44
8.2 Relatie productie met vochtgehalte en humusgehalte 45

8.2.1 Werkwijze 45
8.2.2 Resultaten 46
8.2.3 Conclusies 49
8.3 Relatie productie met humuseigenschappen en vocht 50
8.3.1 Werkwijze 50
8.3.2 Resultaten 51
8.3.3 Conclusies 54
8.4 Relatie humuseigenschappen en standplaatsfactoren 55
8.4.1 Werkwijze 55
8.4.2 Resultaten 55
8.4.2.1 Grondwaterprofielen 55
8.4.2.2 Hangwaterprofielen 58

9 Beschouwingen, synthese en aanbevelingen 65
9.1 Hypothesen 65
9.2 Onderzoeksvragen 67
9.3 Synthese en aanbevelingen voor modellering 68

Literatuur 71

Aanhangsels

1 Profielbeschrijvingen onderzochte standplaatsen 73
2 Resultaten chemische analyses grondmonsters 115
3 Resultaten chemische analyses van het gewas 117

Woord vooraf

Al geruime tijd bestaat het besef dat de de voedingsstoffenhuishouding in de huidige generatie ecologische voorspellingsmodellen op een onjuiste veronderstelling is gebaseerd. Er wordt verondersteld dat de productiviteit van de vegetatie volledig en onder alle omstandigheden wordt bepaald door de stikstofbeschikbaarheid. In de ecologische literatuur wordt er daarentegen regelmatig melding gemaakt dat ook andere elementen beperkend kunnen zijn voor de productie. Om het effect van voorgenomen milieu-ingrepen te kunnen evalueren of scenario's te kunnen doorrekenen is het van wezenlijk belang dat de productiviteit van ecosystemen op juiste factoren wordt gebaseerd. De beschikbaarheid van de verschillende factoren kan immers door verschillende processen worden gereguleerd. De productiviteit van ecosystemen is direct in verband te brengen met de diversiteit en stabiliteit.

Dit onderzoek past in een reeks van studies waarbij de nutrientenhuishouding centraal staat, met als belangrijke vragen onder welke omstandigheden van welke factoren de productiviteit afhankelijk is en hoe dit vervolgens het best kan worden gemodelleerd. Na een onderzoek waarbij de fosfor- en kaliumhuishouding in kwelgebieden is onderzocht (Kemmers, 1999) werd door van Dobbe et al. (in voorb), een verkennende studie uitgevoerd naar de wijze waarop de voedingsstoffen-huishouding het best kan worden gemodelleerd in ecologische evaluatiemodellen. De voorliggende studie is gebaseerd op empirisch correlatief onderzoek naar de productie van de vegetatie en de daarvoor beperkende factoren.

Het onderzoek maakte deels gebruik van gegevens die reeds in een ander kader zijn verzameld maar ook deels specifiek voor dit project zijn verzameld. Verschillende mensen hebben daardoor bewust of onbewust aan dit project meegewerkt, zonder als auteur vermeld te zijn: Dehlia van Dijk, Jaap Pankow, Anthonie van der Toorn en Hans Zweers. Veel bodemchemische analyses werden uitgevoerd door het bureau Giesen & Geurts te Ulft.

Samenvatting

Ecologische modellen om effecten van milieuveranderingen op de vegetatie te evalueren zijn erop gebaseerd dat de nutriëntentoestand volledig door de stikstofhuishouding wordt bepaald. Van talrijke standplaatsen, waaronder kwelmilieus, is echter bekend dat de productiviteit van de vegetatie niet alleen door stikstof kan worden beperkt, maar ook door fosfor of kalium. Voor de inschatting van ecologische effecten is het van belang dat evaluatiemodellen gebaseerd zijn op de juiste mechanismen en sleutelfactoren die bepalend zijn voor de productiviteit van de vegetatie. Er bestaat onvoldoende inzicht onder welke omstandigheden welke factoren beperkend zijn voor de productiviteit van de vegetatie.

In de keten basisonderzoek, standplaatsmodellering, kennissystemen is het doel van dit onderzoek basiskennis te verzamelen om een antwoord te vinden op de vraag met welke maat de voedselrijkdom van de standplaats het best kan worden weergegeven, hoe dat kan worden gemeten en onder welke omstandigheden, welke factoren beperkend zijn voor de productiviteit van de vegetatie. De te ontwikkelen inzichten zijn van strategisch belang voor de verdere ontwikkeling van ecologische evaluatiemodellen.

Als concept is in het onderzoek uitgegaan van een landschapsmodel, waarbij de productie op een standplaats niet eenduidig is gekoppeld aan de bodemkundige positie in het landschap of het bodemtype, maar aan de hydrologische omstandigheden en de humusvorm. Uit de combinatie van beide factoren zou de aard van de beperking kunnen worden herleid. Dit concept is gebaseerd op een verkennende studie waarbij bleek dat stikstofbeperkte standplaatsen meestal geassocieerd zijn met fibric humusvormen, kaliumbeperkte met mesic humusvormen en fosforbeperkte met humic humusvormen in combinatie met ijzer- en calciumionen in kwelmilieus.

Over een brede range van bodemkundige en hydrologische omstandigheden is op 39 standplaatsen met korte vegetaties in natuurgebieden het humusprofiel en de vegetatie beschreven en zijn monsters verzameld van de vaste fase van de bodem. Van deze monsters werden gehalten en voorraden nutrienten bepaald. Van de vegetatie werd de productie vastgesteld ten tijde van peak-standing crop en werden nutrientgehalten in het gewas bepaald. Van elke standplaats werden gegevens verzameld (grondwaterstanden, bodemfysische eigenschappen) om met het hydrologische model SWAP relevante hydrologische variabelen te kunnen berekenen. Het betroffen variabelen die zowel direct op de verdamping en de productie van de vegetatie als indirect op de aeratie van de standplaats betrekking hebben. De verzamelde en berekende gegevens werden bewerkt en geanalyseerd op correlatieve verbanden, die als richtinggevend beschouwd zijn voor de procesidentificatie en het duiden van sleutelfactoren

Uit het bodemkundig onderzoek komt naar voren dat er weinig verband blijkt te bestaan tussen de elementvoorraden en het bodemtype of vochtcondities. Wel blijken de voorraden koolstof, stikstof en fosfor sterk gecorreleerd te zijn. Mineralisatie is echter niet de enige bron van waaruit fosfaat voor de vegetatie beschikbaar komt. Circa de helft van de totale fosforvoorraad in de wortelzone blijkt in anorganische vorm voor te komen en gefixeerd te zijn aan ijzer.

Uit het vegetatieonderzoek blijkt de hoogste gewasproductie in een grote zeggengemeenschap voor te komen en ruim 10 ton.ha^{-1} te bedragen. De laagste productie is gemeten in een droog grasland op een kalkhoudende duinvaaggrond en bedraagt ongeveer 0,5 ton. Slechts een gering aantal standplaatsen heeft uitsluitend een N-beperking. Er is in de meeste situaties sprake van co-limitatie, waarbij een grote groep N+K en een grote groep P+K gelimiteerde standplaatsen is te onderscheiden. De gewasproductie blijkt niet afhankelijk te zijn van de aard van de beperkende factor.

De voedselrijkdom van de bodem kan zowel met intensiteitsparameters (gehalten) als met capaciteitsparameters (voorraden) worden aangegeven. Er vanuitgaande dat de hoeveelheid van een voedingsstof die beschikbaar komt via decompositie vooral bepaald wordt door de totaalvoorraad, is onderzocht of er relaties bestaan tussen voorraden van een voedingsstof in de bodem en de productiviteit van het gewas.

Op stikstof(+kalium)beperkte standplaatsen wordt de productie van het gewas slechts voor een gering deel verklaard uit de voorraden van elk der voedingsstoffen in de bodem afzonderlijk. De stikstofvoorraad is nog het meest verklarend. Waarschijnlijk speelt de vocht- en basentoestand van de bodem daarbij nog een regulerende rol. De relatie tussen de productie en elementvoorraden ontbreekt vrijwel volledig voor de fosfor(+kalium) beperkte standplaatsen. Op dergelijke standplaatsen blijkt een sterke relatie te bestaan tussen de bodemvoorraad fosfor en de voorraad ijzer. Waarschijnlijk wordt de beschikbaarheid van P gereguleerd door mobilisatie van P uit Fe-P-verbindingen tijdens anaerobe perioden met reducerende omstandigheden.

Omdat het zoeken naar correlatieve verbanden tussen productie en element voorraden met enkelvoudige regressiemethoden geen bevredigende resultaten oplevert is een geavanceerde multiple regressietechniek toegepast, waarbij meerdere variabelen als voorspeller van de productiviteit worden betrokken. Hoewel deze studie tot doel heeft maten te vinden die de voedselrijkdom van standplaatsen beschrijven, kan dat niet los gezien worden van de vochttoestand van de bodem. Bij hangwaterprofielen is de aëratie meestal constant, maar kan de beschikbaarheid van voldoende bodemvocht de groei van de vegetatie beperken. Bij grondwaterprofielen is meestal geen vochttekort te verwachten maar kan anaerobie tot reductieprocessen of beperking van decompositie leiden, waardoor de beschikbaarheid van voedingsstoffen indirect wordt beinvloed. Daarom zijn bij het statistisch onderzoek tevens hydrologische factoren betrokken. Er werd een stratificatie uitgevoerd, waarbij 29 grondwaterprofielen en 10 hangwaterprofielen zijn onderscheiden. De relaties zijn steeds apart voor deze groepen onderzocht.

Het statistische onderzoek is getrapt uitgevoerd. Eerst werd de relatie tussen hydrologische factoren en humusgehalte enerzijds en de productiviteit anderzijds onderzocht. Het bleek dat bij de grondwaterprofielen P-beperking 3 keer zo vaak voorkomt als N-beperking. Voor de hangwaterprofielen is dit beeld juist andersom. Voor grondwaterprofielen kan de productiviteit van de vegetatie voor slechts 12,8% verklaard worden uit vochtvariabelen en het humusgehalte. De meest significante variabele is de hoeveelheid lucht in de wortelzone. Voor hangwaterprofielen kan 60,8 % van de productiviteit van de vegetatie verklaard worden uit de vochttoestand van de bodem. Bij hangwaterprofielen is het humusgehalte niet significant van invloed op de productiviteit. De meest significante relatie hebben we gevonden voor de verdampingsreductie tijdens het groeiseizoen hetgeen duidelijk een groeibeperkend effect heeft. Voor het neerslagoverschot tijdens het groeiseizoen en de hoeveelheid lucht op 10 cm is ook een significant verband gevonden.

Vervolgens is de relatie onderzocht tussen de productiviteit van de vegetatie en eigenschappen van de humus, in samenhang met de vochthuishouding eveneens opgesplitst naar hangwater- en grondwaterprofielen. De productiviteit van de vegetatie op grondwaterprofielen blijkt voornamelijk bepaald te worden door fosfaatvoorraden (verklaarde variantie = 55,7%). De P-beschikbaarheid blijkt de belangrijkste sturende factor te zijn. Voorraden en verhoudingen voor andere nutriënten leveren geen significante bijdrage aan de productiviteit van de vegetatie. De invloed van de vochtvariabele is niet erg groot. Dit komt ook overeen met de resultaten van de gewasanalyse, waaruit blijkt dat bij grondwaterprofielen voornamelijk P-beperking voorkomt. Voor de hangwaterprofielen hebben we getracht een model te selecteren met een zo gering mogelijk aantal variabelen om schijnbetrouwbaarheid te voorkomen. Met name de voorraden en de verhouding van C en P en de verdampingsreductie van april t/m augustus blijken een goede voorspeller van de productiviteit te zijn (R^2 = 93,1 %). Wanneer de verdampingsreductie wordt weggelaten verslechtert het model aanzienlijk. Hieruit blijkt duidelijk dat voor hangwaterprofielen een combinatie van humuseigenschappen en vochtbeschikbaarheid bepalend is voor de productiviteit van de vegetatie. Opvallend hierbij is, dat de beschikbaarheid van N of K niet als significante variabele voorkomt, terwijl de meeste standplaatsen op hangwaterprofielen volgens de gewasanalyse N(+K)-beperkt zijn. Dit is waarschijnlijk eraan toe te schrijven dat naast de bodemvoorraad ook de atmosfeer als bron van stikstof van belang is.

Tenslotte hebben we de relatie tussen conditionerende, indirect werkende bodemfactoren en humuseigenschappen onderzocht. Daarbij ging het erom te achterhalen door welke conditionerende factoren die humuseigenschappen worden gestuurd, die tot nu toe van belang zijn gebleken voor de productiviteit. Dit blijken vooral de 'fosfor-variabelen' te zijn. In grondwaterprofielen is de voorraad anorganisch P kleiner naarmate de grondwaterstand dieper is en de hoeveelheid lucht en ijzer in de bodem groter is. Dit bevestigt de hypothese dat bij natte, ijzerrijke bodems, die periodiek slecht geaëreerd zijn, relatief minder P gefixeerd is, omdat de oplosbaarheid van Fe-P mineralen beter is. De voorraad organisch P blijkt ook zeer sterk gecorreleerd te zijn aan de voorraad Fe en de hoeveelheid lucht. Daarnaast spelen zowel calciumverzadiging, als in mindere mate de pH een rol. Een hogere

calciumverzadiging leidt tot een grotere voorraad organisch P. De verhouding tussen anorganisch en organisch P is voor grondwaterprofielen niet bevredigend te verklaren. Voor de hangwaterprofielen zijn, net als bij de grondwaterprofielen, de voorraden P bepalend voor de productiviteit van de vegetatie, maar ook de voorraad C is van belang. Bepalend voor de voorraad C totaal zijn enerzijds pH en de voorraad Al en anderzijds het neerslagoverschot en de verdampingsreductie. Een lagere pH en een grotere Al-voorraad leiden tot een grotere voorraad C totaal omdat de biologische activiteit wordt geremd. Het neerslagoverschot en de verdampingsreductie hebben beide een negatief effect op de voorraad C totaal. Dit kan verklaard worden uit de kleinere input van organische stof bij standplaatsen waar de groei achterblijft door verdampingsreductie. Bij hangwaterprofielen is de totale voorraad P afhankelijk van standplaatsfactoren die de zuurgraad controleren en dezelfde vochtvariabelen als bij de voorraad C totaal. De relatie verloopt volgens optimumverband, waarbij in het middentraject van de zuurgraad de laagste voorraden voorkomen. De voorraad P organisch hangt voornamelijk af van de voorraad Al en de verhouding tussen Al en Fe. Daarnaast speelt de hoeveelheid lucht op 10 cm een rol. De verhouding tussen C totaal en P organisch wordt lager als de calciumverzadiging toeneemt. Daarbij speelt de hoeveelheid lucht op 10 cm ook een rol.

Op basis van de resultaten worden tenslotte aanbevelingen gedaan voor de nutrientenmodellering. Bij hangwaterprofielen zijn de gewasverdamping en de stikstofhuishouding de belangrijkste processen om de productiviteit te kunnen simuleren. Door de fosforhuishouding in de modellering te betrekken ontstaat waarschijnlijk maar een geringe meerwaarde voor de modellen. Indien de fosforhuishouding in beschouwing wordt genomen lijkt de beschikbaarheid ervan via een optimumverloop afhankelijk van de zuurgraad. Onder zure omstandigheden fixeren aluminiumcomponenten het fosfaat en onder basische en omstandigheden kalk. Hoewel kalium een evidente beperkende rol speelt voor de productie is moeilijk aan te geven waardoor de beschikbaarheid wordt gereguleerd. Voor de modellering van grondwaterafhankelijke systemen geldt dat fosfaatopname, fosfaatfixatie door ijzer en de regulatie daarvan onder invloed van reducerende processen noodzakelijke processen zijn om de productie te simuleren. Voor kalium geldt hetzelfde als bij grondwateronafhankelijke profielen.

1 Inleiding

Achtergrond

Er is een brede consensus aanwezig dat de vochttoestand, de basentoestand en de nutriëntentoestand de belangrijkste sturende factoren zijn voor de vegetatiekundige ontwikkeling van een standplaats (Grootjans et al., 1996). Daarbij zijn ecologische modellen (zoals NTM, SMART, MOVE, DEMNAT, NUCSAM, NUCOM, GREINS) waarmee effecten van milieuveranderingen op de vegetatie worden geëvalueerd erop gebaseerd, dat de nutriëntentoestand volledig door de stikstofhuishouding wordt bepaald. Hoewel vooral op de drogere arme standplaatsen meestal de stikstofbeschikbaarheid een beperkende factor is voor de productiviteit van de vegetatie, is dit op kwelafhankelijke, basenrijke standplaatsen niet per definitie het geval. Bestaande modellen zijn daarom minder geschikt voor het evalueren van milieuscenario's, waarbij de effecten van o.a. verdroging, verzuring en vermesting worden ingeschat. Voor een juiste inschatting van effecten is het van belang dat evaluatiemodellen gebaseerd zijn op de juiste mechanismen en sleutelfactoren die bepalend zijn voor de productiviteit.

Probleem

In zijn algemeenheid geldt dat de diversiteit aan soorten afneemt bij een toenemende productiviteit, waarbij veel voor natuurontwikkeling gewenste soorten gebonden zijn aan laagproductieve milieus. De productiviteit van de vegetatie wordt meestal gekoppeld aan de N-leverantie van de bodem in de veronderstelling dat stikstof de beperkende factor is. Uit verschillende studies is echter gebleken dat de N-huishouding van de standplaats niet altijd maatgevend is voor de productiviteit van de vegetatie. Vanuit empirisch ecohydrologisch onderzoek komt naar voren dat vaak fosfor en soms ook kalium beperkend kunnen zijn (Pegtel, 1981; Egloff, 1983; Wheeler & Shaw, 1990; Beltman et al., 1996, Oomes et al, 1998, Kemmers, 1999). Er bestaat onvoldoende inzicht onder welke omstandigheden welke factoren beperkend zijn voor de productiviteit van de vegetatie.

Doel

Recent is binnen Alterra een aantal projecten gestart waarin vragen zijn geformuleerd waarvan de antwoorden moeten leiden tot een realistischer modellering van de nutrientenhuishouding in ecologische modellen:

1. Welke maat geeft de voedselrijkdom van de standplaats weer en hoe kan dat het best worden gemeten ?
2. Hoe kan de respons van soorten op voedselrijkdom het best worden bepaald ? (van Dobbe et al., in voorb)
3. Hoe kunnen in bestaande modellen naast N ook P en K kringlopen worden ingebouwd? (van Dobbe et al., in voorb)
4. Onder welke omstandigheden is welke nutrient(N, P of K) beperkend voor de productiviteit van vegetaties ?
5. Wat is de betekenis van kwel voor de fosfaathuishouding ? (Kemmers, 1999)

6. Hoe snel verloopt verschraling van landbouwgronden die de bestemming natuur krijgen?
7. In hoeverre verschaft het humusprofiel informatie over nutrientkringlopen? (van Dobbe et al., in voorb)

In de keten basisonderzoek, standplaatsmodellering, kennissystemen is het doel van dit onderzoek basiskennis te verzamelen om een antwoord te vinden op de vragen 1 en 4. Getracht zal worden deze kennis te plaatsen in het kader dat in vraag 7 is verwoord. Daartoe zullen empirische gegevens verzameld worden over een brede range van bodemkundige en hydrologische omstandigheden, waarbij gezocht zal worden naar een verklaring van gevonden verbanden tussen bodemeigenschappen en de productiviteit van de vegetatie. De data zullen in een database worden opgeslagen. Dit zal bijdragen aan een vergroting van de kennis onder welke omstandigheden welke factoren beperkend zijn voor de productiviteit van de vegetatie.

Met het resultaat zal een belangrijke impuls kunnen worden gegeven aan de ontwikkeling van een geïntegreerd nutrientenmodel waarmee milieuscenario's op realistische basis kunnen worden geëvalueerd op effecten voor natuurontwikkeling/-behoud. De op te bouwen database en de te ontwikkelen inzichten zijn van strategisch belang voor de verdere ontwikkeling van het kennissysteem NATLES (Runhaar et al., 1999) dat kan worden ingezet voor de evaluatie van natuurontwikkelingsmogelijkheden in landinrichtingsprojecten.

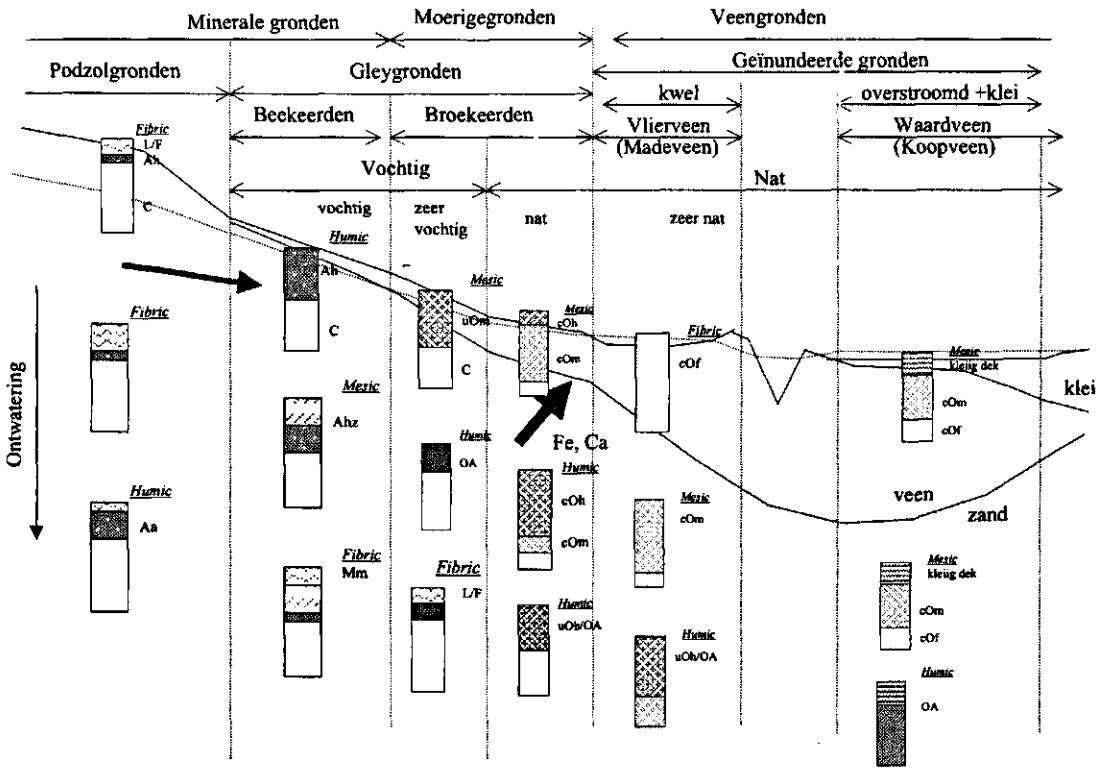
Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt behandeld vanuit welk achterliggend concept het onderzoek is uitgegaan en wordt vervolgens de aanpak van het onderzoek op hoofdlijnen en een aantal richtinggevende hypothesen beschreven. Hoofdstuk 3 geeft een kort overzicht van een aantal kenmerken van de onderzochte standplaatsen en terreinen. Uitgebreide informatie daarover is opgenomen in aanhangsel 1. Hoofdstuk 4 beschrijft een groot aantal hydrologische karakteristieken, die met het model SWAP voor de verschillende standpaatsen aande hand van veldgegevens werden berekend. Hoofdstuk 5 geeft een beschrijving van methoden die gebruikt zijn om bodemmonsters te verzamelen en te analyseren. resultaten worden gepresenteerd in de vorm van voorraden van voedingsstoffen en andere relevante elementen. Hoofdstuk 6 gaat in op de methoden die zijn toegepast om de vegetatie te typeren naar productiviteit en groeibeperkende factoren. Hoofdstuk 7 geeft de resultaten van verkennende berekeningen van enkelvoudige relaties tussen de voedselrijkdom van de bodem en de productie van het gewas. In hoofdstuk 8 worden de resultaten besproken van een geavanceerde multiple regressie, waarbij gegevens uit alle onderzochte ecosysteemcompartimenten zijn betrokken, die van invloed kunnen zijn op de productie van de vegetatie. In hoofdstuk 9 worden tenslotte de belangrijkste bevindingen samengevoegd tot een synthese en aanbevelingen geformuleerd voor ecologische nutrientenmodellen.

2 Concept en werkwijze

2.1 Concept

Als concept wordt uitgegaan van een landschapsmodel, waarbij de productie op een standplaats wordt gecontroleerd door de beschikbaarheid van water, stikstof, fosfor en kalium voor de vegetatie. De humusvorm is daarbij indicatief voor de aard van de beperking. Het landschapsmodel (zie figuur 1) beschrijft op basis van de legenda van de bodemkaart (1 : 50 000) een gradient van zure, droge tot vochtige en arme zandgronden, via beekeerdgronden en moerige gronden naar basische, overstroomde natte veengronden en klei-op-veen gronden. Als algemeen beeld kwam in een verkennende studie (van Dobbe et al., in voorb) naar voren, dat de biomassa-productie niet eenduidig is gekoppeld aan de bodemkundige positie in het landschap of het bodemtype. Over de brede range van pedons, of er nu een dik of dun veenpakket, hoger of lager organisch stofgehalte, meer of minder N in de bodem zit, kan de productie hoog of laag zijn. Wel bleek het mogelijk een verband te leggen tussen de aard van de beperkende factor en de humusvorm van een standplaats.



Figuur 1 Landschapsmodel met bodemtypen en humusprofieltypen in een gradient van zure, droge tot vochtige en arme zandgronden, via beekeerdgronden en moerige gronden naar basische, overstroomde natte veengronden en klei-op-veen gronden

Fibric humusvormen indiceren accumulatie van strooisel en een beperkte mineralisatie door zure en/of natte omstandigheden, humic humusvormen indiceren een goede humificatie en sterke mineralisatie door basische en aerobe omstandigheden. Mesics nemen een tussenpositie in. N-limitaties treden vooral op in combinatie met fibric humusvormen (Van Dobbe et al., in voorb.). Deze humusvorm is kenmerkend voor zure, droge arme zandgronden en voor niet-ontwaterde (veen)systemen. In het algemeen is de decompositie en N-mineralisatie er zo gering dat vooral N limiterend wordt. Fosfaatbeschikbaarheid wordt door aluminium gecontroleerd. Kalium komt bij cytolyse royaal beschikbaar. In jonge bodems kan ook N-beperking ontstaan omdat er nog slechts zeer weinig organische stof in de bodem is opgebouwd. In mesics (en humics) kan K-limitatie optreden, zodra door enige ontwatering mechanische fragmentatie en cytolyse is opgetreden, waarbij K door uitspoeling is verdwenen. Mesics worden gekenmerkt door een matige decompositie en mineralisatie van organische stof: stikstof is redelijk beschikbaar en niet beperkend. Het gunstige effect van drainage op de N-mineralisatie wordt opgeheven door de uitspoeling, met limitatie als gevolg, van het K-ion! Fluviatiele kleigronden ontwikkelen eveneens K-limitatie door hun K-fixerend vermogen. In humics is een intensieve decompositie aanwezig waarbij stikstof ruim beschikbaar komt, maar het mobiele kalium door uitspoeling kan zijn verdwenen. In aanwezigheid van Fe (en Ca) treedt in humics P-limitatie op vooral in combinatie met langdurig verschralend beheer.

2.2 Werkwijze

Met het landschapsmodel als concept zijn over een brede range van bodemkundige en hydrologische omstandigheden standplaatsen met korte vegetaties in natuurgebieden geselecteerd. Van deze standplaatsen is het humusprofiel en de vegetatie beschreven en zijn monsters verzameld van de vaste fase van de bodem. Van deze monsters werden gehalten en voorraden nutrienten bepaald. Van de vegetatie werd de productie vastgesteld ten tijde van peak-standing crop en werden nutrientgehalten in het gewas bepaald. Van elke standplaats werden gegevens verzameld (grondwaterstanden, bodemfysische eigenschappen) om hydrologische modelberekeningen te kunnen maken.

Aldus zijn van 39 standplaatsen op formeel overeenkomende monsterplekken gegevens verzameld van verschillende ecosysteemcompartimenten:
Vegetatiecompartiment:
- Soortsamenstelling
- Nutrientgehalten
- Productie droge stof, stikstof, fosfor en kalium

Bodemcompartiment:
- C, N, P, K gehaltes
- C-, N-, P- en K-voorraden per bodemhorizont in de wortelzone
- pH, basenbezetting, Fe-, Al-gehalte

Hydrologische compartiment:
- Grondwaterstanden
- Bodemvochtkarakteristieken

De gegevens werden bewerkt en geanalyseerd op correlatieve verbanden. Deze verbanden zijn als richtinggevend beschouwd voor de procesidentificatie en het duiden van sleutelfactoren. Hiertoe werden een aantal hypothesen opgesteld die richting hebben gegeven aan het onderzoek:

1. Naast nutrienten kan in grondwateronafhankelijke systemen de productiviteit van de vegetatie ook worden beperkt door vochttekorten.
2. Naast een directe invloed op de productiviteit door vochttekort kan water ook indirect de productiviteit controleren via anaerobie.
3. Fosforlimitatie is te verwachten in kwelmilieus op plaatsen waar door veraarding of een hoge basenstatus humic humusvormen tot ontwikkeling zijn gekomen.
4. Anaerobie is een belangrijk mechanisme om fosforlimitatie op te heffen. IJzer speelt daarbij een belangrijke rol.
5. Stikstoflimitatie is te verwachten in combinatie met fibric humusvormen. Dit kan zowel op droge zure standplaatsen als op natte standplaatsen het geval zijn.
6. Kaliumlimitatie is niet te verwachten op standplaatsen waar fibric humusvormen tot ontwikkeling zijn gekomen.

Op basis van gevonden correlatieve verbanden is een meer geavanceerde statistische analyse uitgevoerd van de respons van de vegetatie op de gemeten standplaatsfactoren. Op basis van een standplaatsmodel werd deze analyse getrapt uitgevoerd. Eerst werd de relatie tussen hydrologische factoren en de productiviteit onderzocht, vervolgens de relatie tussen humuseigenschappen en productiviteit en tenslotte de relatie tussen humuseigenschappen en standplaatsfactoren.

3 Terreinkenmerken

Bij het onderzoek zijn 39 standplaatsen betrokken verspreid over 17 terreinen. In tabel 1 is een kort overzicht gegeven van een aantal terreinkenmerken.

Tabel 1 Overzicht van terreinen en onderzochte standplaatsen met kenmerken van, bodem, grondwatertrap, humusvorm, nutrientenbeperking en vegetatietype.

Terrein	Code	Bodem en Gt	Humusvorm	Nutrient-beperking[1]	Vegetatie
Helsbroek	HB2	kZn23, II	Eerdmoder	P, K	Crepido-Juncetum
	HB3	vWz, II	Eerdmoder	P, K	Crepido-Juncetum
	HB4	Vo, II	Mesimor	P, K	Eriophoro-Ca.. lasiocarpae
	HB5	Vo, I	Eerdmoder	P, K	Caricetum gracilis
	HB6	pZn23, III	Hydromull	P, K	Crepido-Juncetum
Helvoirtse broek	HVB 10	zWz, II	Eerdmoder	N, K	Molinio-Arrhenatheretea
	HVB 12	pZg23, V	Akkermull	N	Lolio-Potent. anserinae
De Borkeld 1)	VL04	KX, V	Schraalmoder	P, K	Arrhenatherion elatioris
	VL04A	KX, V	Vaagmull	P, K	Gent. pneum.-Nardetum
	VL05	kZd, VIII	Wormmull	P	Molinio-Arrhenatheretea
	VL05A	Zd20A,VIII	Schraalmoder	N, K	Arrhenatherion elatioris
Millingerwaard 1)	VL10	Zd20A,VII	Kalkzandmull	N	Br. inermis.-Eryng.camp.
	MW1	Zd20A,VII	Vaagmull	N, K	Br. inermis.-Eryng.camp
	MW2	Zd20A,VII	Mullmoder	N	Br. inermis.-Eryng.camp
Kievitsdel 1)	VL13	Zd21, VIII	Akkermullmoder	N, K	Koelerio-Corynephoretea
A50 1)	VL14	EZ21, VII	Akkermull	N, K	Ornithopodo-Coryneph.
	VL15	Zd21, VIII	Zure zandmull	N, K	Ornithopodo-Coryneph.
Oetert	B24	aVc, I	Eerdmoder	N, K	Calthion
De Marschen	B46	kpZg23, III	Hydromull	P, K	Cirsio-Molinietum nard.
	B50	kpZg23, II	Hydromull	P, K	Junco-Molinion
K'burgerveen 2)	KBD1	vWz, II	Eerdmoder	N, K	Caricion nigrae
	KBA2	vWz, II	Eerdmoder	P, K	Car. curt.-Agrost. caninae
Gr. Zandbrink 2)	G222	Zn23, III	Hydromoder	P, K	Parvocaricetea
	G133	Zn23, III	Hydromull	N, P, K	Cirsio-Molinietum tyicum
	G212	Zn23, III	Hydromoder	P, K	Parvocaricetea
	G109	Zn23, III	Hydromull	P, K	Cirsio-Molinietum typ.
Lemselermaten 2)	L-PB6	Wgt, II	Eerdmoder	N, P	Cirsio-Molinietum parnas.
	L-PB3	Zn23, II	Hydromoder	N, P, K	Lolio-Potent. anserinae
De Barten 2)	BR5	aVc, I	Eerdmoder	N, K	Parvocaricetea

[1] Zie hoofdstuk 6

Terrein	Code	Bodem en Gt	Humusvorm	Nutrient-beperking[1]	Vegetatie
	BR2	aVc, II	Eerdmoder	N, K	Caricion lasiocarpae
Stobberibben 2)	ST-Bd	Vo, I	Veenmosmor	P, K	Parvocaricetea
	ST-Ab	Vo, I	Mesimor	P, K	Scorpidio-Car. diandrae
Ulekryte 2)	UK3	hVs, I	Eerdmoder	P, K	Cirsio-Molinietum peuc.
Wyldlanden 2)	WL3	hVs, I	Eerdmoder	P, K	Parvocaricetea
Meeuwenkampje	MK04	pZn21, V	Vaagmull	N, K	Molinio-Arrhenatheretea
	MK02	vWz, III	Eerdmoder	P, K	Cirsio-Molinietum nard.
	MK03	aVc, I	Eerdmoder	P, K	Caricetum elatae
	MK01	Zn21, II	Eerdmoder	P, K	Junco-Molinion
Wijnjeterperschar	WTS11	pZg 23, III	Hydromullmoder	P, K	?

Het betreft vier grondwateronafhankelijke terreinen (1) waar door Jansen et al. (2000) onderzoek werd gedaan naar de vochthuishouding van natuurlijke vegetaties, zeven natte schraalgraslanen (2) waar door Kemmers et al. (2000) onderzoek werd gedaan naar de basenregulatie en zes terreinen waar in een ander kader gegevens werden verzameld. In aanhangsel 1 is een uitvoerige profielbeschrijving met aanvullende informatie per standplaats opgenomen.

4 Hydrologie

4.1 Inleiding

De vochttoestand is een belangrijke factor voor de samenstelling en ontwikkeling van de vegetatie. In kwantitatieve zin is vocht van essentieel belang voor de fysiologie van de planten. Een tekort aan opneembaar bodemvocht betekent dat er minder water en nutriënten opgenomen worden, de verdamping reduceert en de plantengroei achterblijft. Een teveel aan water als gevolg van een hoge grondwaterstand in het groeiseizoen kan dezelfde gevolgen hebben. Veel plantensoorten kunnen onder anaërobe omstandigheden geen vocht uit de bodem opnemen. Als dergelijke omstandigheden echter structureel voorkomen is de samenstelling van de vegetatie vaak aangepast met soorten die intern de luchthuishouding kunnen regelen waardoor wel vochtopname mogelijk is.

Verder is vocht indirect van belang bij de conditionering van bodemchemische processen. Zo kunnen onder natte, reducerende omstandigheden fosfaten gemobiliseerd worden maar wordt nitrificatie juist geremd. Voor het zoeken naar empirische relaties die de productiviteit van de vegetatie verklaren is het, voor wat betreft de factor water, daarom van belang om hydrologische karakteristieken van standplaatsen vast te stellen die zowel kwantitatieve als conditionele aspecten omvatten.

Bij de beschrijving van de onderzoekslocaties is op grond van meetreeksen van grondwaterstanden of hydromorfe bodemkenmerken een schatting gegeven van de gemiddeld hoogste (GHG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG). De resultaten zijn opgenomen in aanhangsel 1. Deze maten zijn als hydrologische karakteristiek direct bruikbaar, maar ze geven onvoldoende informatie over gemiddelde vochttekorten, de mate van aëratie van de wortelzone en de specifieke omstandigheden in het jaar waarin de productiviteit van de vegetatie gemeten is. Om over uiteenlopende hydrologische maten te kunnen beschikken die betrekking hebben op specifieke perioden en verschillende meteorologische jaren kunnen berekeningen worden uitgevoerd met een hydrologisch model dat de vochttoestand in de bodem beschrijft en waarmee op dagbasis uiteenlopende variabelen kunnen worden berekend.

4.2 Methode

4.2.1 Beschrijving van het model

Voor de berekening van de vochttoestand is gebruik gemaakt van het model SWAP (Feddes et al., 1978; Belmans et al., 1983; van Dam et al., 1997). SWAP, dat staat voor Soil-Water-Atmosphere-Plant, is een ééndimensionaal waterbalansmodel dat de dynamiek beschrijft van het verticale vochttransport in de onverzadigde zone als gevolg van gradiënten in drukhoogten.

Het model gaat uit van de stroming in de onverzadigde zone die aan de hand van een reeks vergelijkingen wordt berekend. Daarbij zijn de bodemfysische eigenschappen van eminent belang. Naast de beginvochttoestand moeten de voorwaarden aan de boven- en onderzijde van het profiel beschreven worden. De bovenrandflux bestaat uit de neerslag, bodemevaporatie en de transpiratie. De bodemevaporatie hangt af van de vraag uit de atmosfeer, van het soort bodem en van de bodembedekking. De transpiratie is gelijk aan de onttrekking van vocht aan de bodem door wortels, die weer afhangt van de vraag door de atmosfeer, de vochtigheid en de textuur van de bodem. Onder droge omstandigheden hangt de reductie van de wateropname door de wortels samen met de drukhoogte in de bodem. In de functie die deze reductie beschrijft zijn waarden gedefinieerd waartussen reductie optreedt. Dat kan het geval zijn onder natte en onder droge omstandigheden. Voor landbouwgewassen worden waarden gebruikt die voor natuurlijke vegetaties niet altijd geschikt zijn. Aangenomen is dat de vegetatie aan natte omstandigheden is aangepast en dat er onder die omstandigheden geen verdampingsreductie plaatsvindt. Voor droge omstandigheden wordt uitgegaan dat de verdamping reduceert vanaf een drukhoogte in de wortelzone van - 320 cm tot het fysieke verwelkingspunt van -16000 cm.

De bodem, waarin tot 5 lagen kunnen worden onderscheiden, wordt toegedeeld aan zogenaamde compartimenten waartussen het vochttransport wordt berekend. Het maximum aantal compartimenten bedraagt 40. De dikte van de compartimenten moet worden gedefinieerd, maar normaliter wordt voor dieptes waarvoor een grotere nauwkeurigheid vereist is dunne compartimenten gekozen. De bodemfysische eigenschappen die van de onderscheiden bodemlagen vereist zijn betreffen de waterretentiekarakteristiek (h-θ relatie) en de onverzadigde doorlatendheid (k-h relatie).

De onderrandvoorwaarde is opgebouwd uit twee fluxen, een regionale flux en een laterale drainageflux. Dit zijn voor dit onderzoek de belangrijkste ijkpunten voor de kalibratie van de modellen omdat voor alle locaties wordt uitgegaan van een aantal gestandaardiseerde omstandigheden en eigenschappen. Doordat een één-dimensionaal model gebruikt wordt, maakt het voor het doel van de berekeningen geen verschil of water aan de onderrand via drainage naar ontwateringsmiddelen verdwijnt of naar het diepere regionale grondwater percoleert, of omgekeerd via infiltratie of kwel toestroomt.

4.2.2 Gebruikte gegevens

Er zijn 39 locaties bij de basisstudie voedselrijkdom betrokken. Van deze locaties zijn beschrijvingen gemaakt en zijn gekalibreerde SWAP-modellen opgesteld.

Vegetatie
In de geselecteerde terreinen komen grasvegetaties voor. Vaak betreft het een schraalgraslandachtige begroeiing. Aspecten als gewashoogte, maaidata en beworteling zijn echter niet systematisch waargenomen. Daarom is voor de beschrijving in SWAP voor alle locaties uitgegaan van eenzelfde grasvegetatie voor wat betreft hoogte, bedekking en ontwikkeling. Voor de beworteling is uitgegaan van een standaard verdeling en diepte (25 cm), met uitzondering van een aantal locaties waar volgens de

profielbeschrijving de situatie duidelijk anders is. De modeleigenschappen voor de standaardgrasvegetatie staan beschreven in van Dam et al. (1997).

Bodem

De bodem van de standplaatsen is aan de hand van profielbeschrijvingen geschematiseerd tot maximaal 5 bodemlagen. De bodemlagen zijn vervolgens toegedeeld aan de 40 bodemcompartimenten waarmee in SWAP gerekend wordt. De 40 compartimenten bestrijken een totale dikte van 7 meter, waarbij de dikte van de compartimenten toeneemt van 1 cm aan het maaiveld tot 1 m aan de onderrand. De bovenste compartimenten zijn dun om de verschillende humushorizonten te kunnen beschrijven en de vochthuishouding in het topsysteem nauwkeurig te kunnen berekenen.

De bodemfysische eigenschappen die van de onderscheiden bodemlagen voor SWAP vereist zijn betreffen de waterretentiekarakteristiek (h-θ relatie) en de onverzadigde doorlatendheid (k-h relatie). Deze relaties zijn op verschillende manieren verzameld. Een gedeelte is in eerder onderzoek door meting aan ongestoorde bodemmonsters vastgesteld (Jansen en Kemmers, 1995; Kemmers et al., 2000). Een ander gedeelte is volgens Van Genuchten (Stolte et al., 1996) berekend aan de hand van de granulaire samenstelling die van verschillende bodemlagen is bepaald (Jansen et al., 2000) en verder is gebruik gemaakt van de bodemfysische eigenschappen van de standaardgronden uit de Staringreeks (Wösten et al., 1994) en van een aantal specifieke grondsoorten (Stolte et al., 1994).

Grondwater

Grondwaterstanden worden gebruikt om de SWAP-modellen te kalibreren. Voor de locaties die zijn overgenomen uit het project 'basenregulatie schraalgraslanden' waren reeksen met grondwaterstanden beschikbaar die gedurende kortere of langere tijd 2-maandelijks gemeten zijn. De locaties uit het project 'vochttoestand soortenrijke graslanden' waren grondwateronafhankelijk. In die gevallen is gebruik gemaakt van de optie 'vrije drainage' waardoor geen grondwaterstanden voor de kalibratie nodig waren. Voor de overige locaties is gebruik gemaakt van de GHG en GLG die uit hydromorfe bodemkenmerken en een aantal aanvullende grondwaterstandsmetingen zijn afgeleid.

Neerslag en verdamping

De onderzoekslocaties liggen zodanig verspreid over Nederland, dat er rekening gehouden moet worden met verschillen in neerslag en verdamping. Omdat er recent nog vegetatiemonsters genomen zijn en binnen de beschikbare tijd geen meteorologische gegevens over die periode beschikbaar komen is besloten de berekeningen uit te voeren voor een reeks jaren (1980-1987) waarin natte, droge en gemiddelde jaren voorkomen. Op grond van de meteoreologische omstandigheden die er voorafgaand aan de bemonstering heersten kunnen geschikte resultaten worden geselecteerd.

De meteorologische gegevens zijn afkomstig van De Bilt. Het betreft de neerslag op dagbasis en de referentieverdamping per decade volgens Makkink (1957). De verdamping is omgerekend naar dagbasis zoals voor het model vereist is.

4.3 Selectie van hydrologische maten

De hydrologische situaties van de locaties lopen uiteen van extreem nat (kraggen) tot extreem droog (humusarm grindrijk zand). Bij de natte standplaatsen zullen nooit vochttekorten optreden die beperkend zijn voor de groei, terwijl dat bij de droogste standplaatsen vaak zeer langdurig het geval kan zijn. Conditionele aspecten van de vochthuishouding kunnen bij alle standplaatsen een rol spelen, maar de processen die daardoor beïnvloed worden kunnen, afhankelijk van de hoeveelheid bodemlucht (zuurstof) of beschikbaar bodemwater, divers zijn.

Terwijl de beschikbaarheid van vocht alleen in de zomer een rol speelt zal dat bij de conditionele aspecten vooral de periode voorafgaand aan het groeizoen het geval zijn. Daarom worden verschillende maten niet alleen berekend voor een heel jaar maar ook voor de periode januari – april. Om rekening te kunnen houden met de meteorologische omstandigheden die aan de bemonstering van de vegetatie vooraf zijn gegaan, zijn de uitkomsten als het 25^e percentiel, gemiddelde en 75^e percentiel gegeven voor respectievelijk een natte, gemiddelde en droge periode.

Niet alle hydrologische maten die worden onderscheiden omvatten zowel de kwantitatieve als conditionele aspecten. In die gevallen kan bij de correlatie-berekeningen daar onderscheid in worden gemaakt (blokvorming). Als hydrologische karakteristieken worden berekend:

- *neerslagoverschot*: neerslag - (interceptieverdamping + actuele evapotranspiratie), voor de periode april - augustus en voor de periode april – oktober
- *verdampingsreductie*: actuele evapotranspiratie – potentiële evapotranspiratie, voor de periode april – augustus en voor de periode april – oktober
- *aantal dagen met een verdampingsreductie*
- *gemiddeld hoogste grondwaterstand* (GHG). Voor een aantal locaties was de GHG bekend en is voor de kalibratie gebruikt. De gepresenteerde GHG is berekend als gemiddelde uit de 3 hoogste standen die jaarlijks op de 14^e of 28^e van maanden oktober – april optreden
- *gemiddeld laagste grondwaterstand* (GLG). Voor een aantal locaties was de GLG bekend en is voor de kalibratie gebruikt. De gepresenteerde glg is berekend als gemiddelde uit de 3 laagste standen die jaarlijks op de 14^e of 28^e van maanden april – oktober optreden
- *gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand* (GVG) als gemiddelde van de grondwater-standen op 1 april
- *gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand* (GVG) als gemiddelde van de grondwater-standen in maart en april
- *aantal dagen* dat in het midden van de wortelzone (12,5 cm) de *drukhoogte* kleiner is dan –100 cm voor de periode januari – april en voor een heel jaar
- *aantal dagen* dat in het midden van de wortelzone (12,5 cm) *verzadiging* optreedt (1), de *luchtinhoud* kleiner is dan 10 volume % (2), de luchtinhoud kleiner is dan 15 volume % (3) voor de periode januari – april en voor een heel jaar
- *luchtinhoud in volume %* in de bovenste 10 cm (1), 15 cm (2) en 20 cm (3) voor de periode januari – april en voor een heel jaar.

4.4 Resultaten

De resultaten voor gemiddelde omstandigheden staan voor de uitkomsten die betrekking hebben op verdamping en grondwaterstanden in tabel 2. In tabel 3 staan de uitkomsten die betrekking hebben op bodemlucht.

De locaties VL13, VL14, VL15, VL4, VL4a, VL5 en VL5a, VL10, MW1 en MW2 zijn grondwateronafhankelijk. Niet verwonderlijk is dat dit de locaties zijn met het grootste neerslagtekort en de grootste verdampingsreductie en dat het daardoor de locaties zijn waar een aanzienlijke groeireductie van de vegetatie zal plaatsvinden. Van de overige locaties valt dat, in mindere mate, alleen te verwachten bij Wyntjeterperschar (WTS11), Meeuwenkampje (MK04) en mogelijk De Marschen (B50).

De locaties waarvoor wel grondwaterstanden zijn berekend, zijn voor een belangrijk gedeelte erg nat, zeker in de winter. Dat uit zich in een hoge GHG, GVG en langdurige verzadiging van de wortelzone. De natste locaties die op grond hiervan kunnen worden onderscheiden zijn Barten (BR2 en 5), Helsbroek (HB5), Lemselermaten (L-Pb3 en 6), Wyldlanen (WL3), Ulekryte (UK3) en De Oetert (B24).

De maat die voor alle locaties een positieve continuiteit in uitkomsten laat zien betreft de hoeveelheid bodemlucht in de bovenste 10 – 20 cm. Ter illustratie zijn in figuur 2 de resultaten voor de laag 0 - 10 cm voor een heel jaar weergegeven.

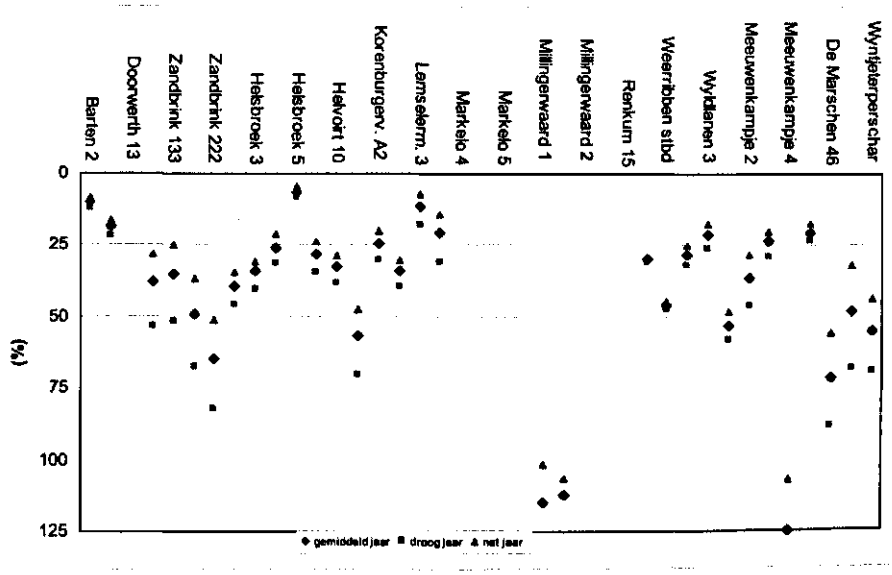


Fig. 2. Hoeveelheid bodemlucht in de laag 0 – 10 cm in een nat, gemiddeld en droog jaar op de onderzoekslocaties

Tabel 2 Overzicht van verschillende hydrologische maten betreffende verdamping en grondwaterstanden van de onderzoekslocaties voor gemiddelde omstandigheden

Standplaats	apr tot okt	apr tot aug	apr tot okt		apr tot aug				
	neerslag - Eact	neerslag - Eact	Eact - Epot	Eact - Epot	Epot>Eact	gvg op 1 april	gvg mrt+apr	ghg	glg
	cm	cm	cm	cm	dagen	cm	cm	cm	cm
Barten 2	-5.1	-5	0	0	0	6.9	8.4	9.9	-32.4
Barten 5	-5.1	-5	0	0	0	-6.5	-1.8	1.5	-39
Doorwerth 13	3.9	1.5	-7.3	-5.1	79	999	999	999	999
Zandbrink 109	-5.1	-5	0	0	0	-18.9	-7.9	0.1	-114.8
Zandbrink 133	-5.1	-5	0	0	0	-17.4	-7	0.1	-102.8
Zandbrink 212	-5.1	-5	0	0	0	-15.9	-6.5	0.6	-115
Zandbrink 222	-5.1	-5	0	0	0	-20.9	-9.6	-0.4	-117.8
Helsbroek 2	-5.1	-5	0	0	0	-22.6	-14.1	0	-71.1
Helsbroek 3	-5.1	-5	0	0	0	-21.9	-13.8	0.1	-68
Helsbroek 4	-5	-5	-0.1	-0.1	1	-14.1	-6	2.9	-59.9
Helsbroek 5	-4.8	-4.8	-0.3	-0.2	-1	-6.4	-1.9	4.2	-31
Helsbroek 6	-5.1	-5	0	0	0	-30.4	-22.3	-6	-89.7
Helvoirt 10	-5.1	-5	0	0	0	-21.8	-13.8	0.3	-69.2
Helvoirt 12	-5	-4.9	-0.1	0	5	-42.7	-32.3	-1.1	-161.3
Korenburgerv. A2	-5.1	-5	0	0	0	-15.1	-8	0.1	-51.2
Korenburgerv. d1	-5.1	-5	0	0	0	-18.4	-11.8	-2	-52.1
Lemselerm. 3	-5.1	-5	0	0	0	-5.9	1.6	2.1	-61.2
Lemselerm. 6	-4.8	-4.7	-0.3	-0.3	1	-3.1	2.3	3.1	-56.6
Markelo 4	1.2	-0.6	-4.6	-3.1	59	999	999	999	999
Markelo 4a	-1	-2.1	-2.7	-1.8	46	999	999	999	999
Markelo 5	3.2	0.9	-7.9	-5.5	81	999	999	999	999
Markelo 5a	3.2	0.9	-7.9	-5.5	81	999	999	999	999
Millingerwaard 1	-2.9	-3.8	-2.3	-1.2	36	999	999	999	999
Millingerwaard 10	4.3	1.8	-9	-6.5	91	999	999	999	999
Millingerwaard 2	-3.1	-3.7	-2	-1.4	44	999	999	999	999
Renkum 14	3.7	1.4	-7.2	-5.1	88	999	999	999	999
Renkum 15	3.6	1.3	-7.2	-5.2	95	999	999	999	999
Weerribben stab	-5.1	-5	0	0	0	-18.5	-17.5	-14.9	-21.5
Weerribben stbd	-5.1	-5	0	0	0	-18.5	-17.5	-14.9	-21.5
Ulekriten 3	-5.1	-5	0	0	0	-25.3	-17.3	-1.9	-63.2
Wyldlanen 3	-5.1	-5	0	0	0	-22.1	-13.3	1.9	-56
Meeuwenkampje 1	-5.1	-5	0	0	0	-29	-22.6	-1.4	-70.3
Meeuwenkampje 2	-5.1	-5	0	0	0	-42.5	-38.3	-2.5	-99.5
Meeuwenkampje 3	-5	-5	-0.1	-0.1	0	-15.2	-7.8	1.3	-46.2
Meeuwenkampje 4	-3.2	-3.8	-1	-0.5	29	-87.6	-84.6	-30.1	-149
De Oetert 24	-5	-5	-0.1	-0.1	1	-13	-6.2	2.2	-40.1
De Marschen 46	-4.9	-4.9	-0.1	-0.1	8	-47.7	-36	-14	-100.9
De Marschen 50	-4.5	-4.6	-0.3	-0.2	13	-23.2	-13.5	0.3	-75.4
Wyntjeterperschar	-3.9	-4.1	-1.2	-1	28	-40.3	-34.6	-9.6	-90.6

Tabel 3 Overzicht van verschillende hydrologische maten betreffende bodemlucht van de onderzoekslocaties voor gemiddelde omstandigheden

Standplaats	<---------- op 12,5 cm diepte ---------->								< ---- hoeveelheid bodemlucht ---->					
	dagen met bodemlucht						drukhoogte		10cm	15cm	20cm	10cm	15cm	20cm
	0% (verzadigd)		<10%		<15%		dgn > -100cm		tot april	tot april	tot april	jaar	jaar	jaar
	tot april	tot okt	tot april	jaar	tot april	jaar	tot april	jaar						
Barten 2	90	269	90	365	90	365	90	365	0.0	0.0	0.0	9.8	12.6	14.3
Barten 5	90	199	90	365	90	365	90	365	0.5	0.5	0.5	18.1	24.8	29.5
Doorwerth 13	0	0	0	0	0	0	0	0	184.0	245.7	308.9	228.5	314.8	403.6
Zandbrink 109	59	127	90	311	90	352	90	320	3.7	4.6	5.0	37.8	57.6	75.9
Zandbrink 133	66	135	90	259	90	319	90	328	3.1	3.7	3.8	35.2	63.4	89.0
Zandbrink 212	67	140	90	315	90	352	90	321	4.4	4.8	4.8	48.9	67.8	85.3
Zandbrink 222	90	318	90	365	90	365	90	319	14.8	15.8	16.5	64.5	82.0	101.0
Helsbroek 2	67	187	90	365	90	365	90	351	9.5	9.5	9.5	39.1	40.6	41.6
Helsbroek 3	50	144	90	329	90	363	90	365	7.9	9.0	9.0	34.1	47.2	52.8
Helsbroek 4	77	211	90	339	90	365	90	365	3.8	4.2	4.2	25.9	35.3	44.0
Helsbroek 5	86	258	90	365	90	365	90	365	0.2	0.2	0.2	6.6	9.1	10.6
Helsbroek 6	30	86	90	343	90	365	90	339	6.1	7.1	7.7	28.1	39.7	52.2
Helvoirt 10	53	150	90	363	90	365	90	360	7.9	8.3	8.4	32.2	39.4	45.4
Helvoirt 12	32	79	90	289	90	328	90	275	11.2	14.4	16.3	56.7	82.6	106.8
Korenburgerv. A2	57	174	90	353	90	365	90	365	4.5	5.5	5.5	24.4	34.4	39.5
Korenburgerv. d1	45	122	90	359	90	365	90	365	12.8	13.1	13.1	33.7	41.3	47.1
Lemselerm. 3	89	248	90	352	90	365	90	362	0.1	0.1	0.1	11.4	18.4	24.3
Lemselerm. 6	90	252	90	341	90	365	90	365	0.1	0.1	0.1	20.5	28.7	33.6
Markelo 4	0	0	0	0	27	74	0	0	153.3	229.5	305.4	190.6	286.7	382.4
Markelo 4a	1	1	24	51	71	157	31	74	114.4	170.5	225.4	165.6	244.9	323.1
Markelo 5	0	0	0	0	85	220	3	8	118.6	180.3	292.2	160.8	244.3	372.3
Markelo 5a	0	0	0	0	85	220	3	8	118.6	180.3	292.2	160.8	244.3	372.3
Millingerwaard 1	0	0	86	199	90	278	77	168	68.9	101.8	133.4	114.7	171.5	227.4
Millingerwaard 10	0	0	90	365	90	365	82	212	44.0	46.3	48.7	112.0	121.5	131.7
Millingerwaard 2	0	0	29	73	88	216	16	34	102.3	153.4	204.5	143.4	215.3	287.3
Renkum 14	0	0	0	0	4	15	82	226	122.7	211.2	306.4	185.6	283.1	386.6
Renkum 15	0	0	0	0	4	16	80	223	125.6	214.5	309.8	173.9	271.9	375.4
Weerribben stab	3	14	90	365	90	365	90	365	27.3	27.4	27.4	29.7	31.0	31.0
Weerribben stbd	0	3	90	365	90	365	90	365	43.1	57.3	57.8	46.0	62.2	64.8
Ulekriten 3	38	115	90	365	90	365	90	365	15.4	17.3	18.1	27.8	33.2	37.4
Wyldlanen 3	56	155	90	365	90	365	90	363	8.1	8.1	11.5	21.1	22.6	35.9
Meeuwenkampje 1	37	105	90	322	90	365	90	363	19.9	21.1	21.3	53.0	35.6	34.1
Meeuwenkampje 2	24	61	89	207	90	330	90	327	8.6	22.3	31.1	36.0	51.6	60.8
Meeuwenkampje 3	57	172	90	343	90	365	90	365	4.9	6.5	7.1	23.1	16.1	14.8
Meeuwenkampje 4	4	4	90	259	90	326	90	214	63.5	82.5	99.5	125.3	113.4	127.8
De Oetert 24	66	201	90	365	90	365	90	365	6.4	7.0	7.0	20.4	12.5	11.5
De Marschen 46	17	43	90	286	90	337	90	296	29.9	40.4	47.8	71.1	60.4	68.0
De Marschen 50	53	140	90	307	90	335	90	313	4.5	5.4	5.9	48.1	26.5	25.8
Wyntjeterperschar	18	40	90	319	90	365	90	276	14.5	18.1	20.1	54.9	32.3	34.1

5 Bodem

5.1 Inventarisatie en bemonstering

Op alle standplaatsen is het bodem- en humusprofielbeschreven (zie aanhangsel 1). Van het humusprofiel werden vervolgens gerichte bodemmonsters genomen per onderscheiden horizont. Per standplaats werden nabij de vier hoekpunten van een opnamevlak (ca. 2x2 m) de humusprofielen gestoken, beschreven en vervolgens per horizont bodemmateriaal tot een mengmonster samengevoegd. Per profiel werden 2 tot 3 horizonten verzameld. Bij de beschrijving werd de effectieve worteldiepte (=ca. 80% van wortelbiomassa) vastgesteld op basis van aanwezige wortels.

Na bemonstering werden de monsters aan de lucht gedroogd, wat 10-20 uur in beslag nam. De luchtdroge grondmonsters zijn gemalen en opgeslagen bij 10 °C. Voor analyse werden de monsters vier uur gedroogd bij 105 °C. De gehalten werden uitgedrukt in gehalten ovendroge grond.

5.2 Chemische analyses

De humusmonsters werden geanalyseerd op een aantal variabelen volgens methoden die zijn beschreven in het analyserapport (Giesen & Geurts, 2000).

- pH_{water}, pH_{KCl},
- Organische stofgehalte (%),
- Uitwisselbaar calcium,magnesium,kalium en natrium in $cmol^{+}.kg^{-1}$, (Bascomb, $BaCl_2$-extractie),
- H-bezetting bij pH=8,1,
- N-totaal ($mg.100g^{-1}$),
- P-totaal ($=P_{ox+}$) ($mg.100g^{-1}$),
- $CaCO_3$ (%),
- Fe-NO3 (mg/100g) (='totaal' Fe)
- Oxalaatextraheerbaar Al,Fe en P (= actief Fe en Al in $mg.100g^{-1}$).

Met behulp van de analyseresultaten zijn een aantal afgeleide variabelen bepaald.

- CEC_{pot} = Uitwisselbare basen + H-bezetting,
- Ca-verzadiging = Uitwisselbaar Ca/ CEC_{pot}
- P-organisch = P-totaal – P-oxalaat,
- C/N = (0,5 x Org. stofgehalte)/N-totaal,
- C/P = (0,5 x Org. stofgehalte)/P-organisch.

Van Koolstof, P-totaal, P-oxalaat, Al-oxalaat, N-totaal en K-uitwisselbaar zijn voorraden in de effectieve wortelzone berekend. Hiertoe werd in het laboratorium het bulkgewicht van een deel van de grondmonsters (basenregulatieonderzoek) bepaald en vermenigvuldigd met het gehalte. De voorraad werd tenslotte omgerekend naar horizontdikte (die uit de humusprofielbeschrijvingen bekend was)

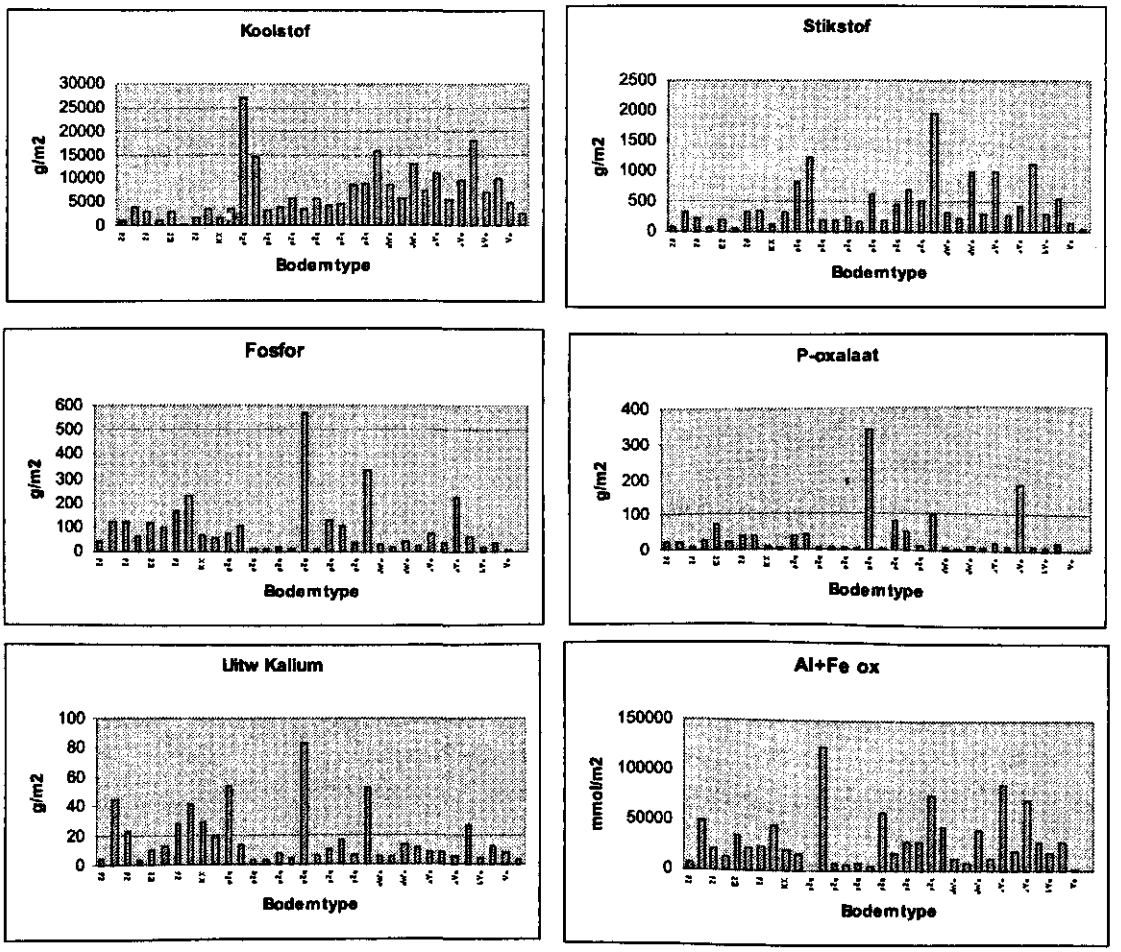
en hectare. De voorraden per horizont werden gesommeerd over de effectieve worteldiepte en uitgedrukt in $g.m^{-2}$. De monsters waarvan het bulkgewicht niet rechtstreeks was bepaald werd berekend via een regressievergelijking die uit de geanalyseerde monsters was afgeleid (Bulk=0,3295Ln(org. stof) + 1.5534; R^2=0,918)

5.3 Resultaten

De resultaten van de chemische analyses, de afgeleide variabelen en de voorraden zijn opgenomen in aanhangsel 2.

5.3.1 Voorraden

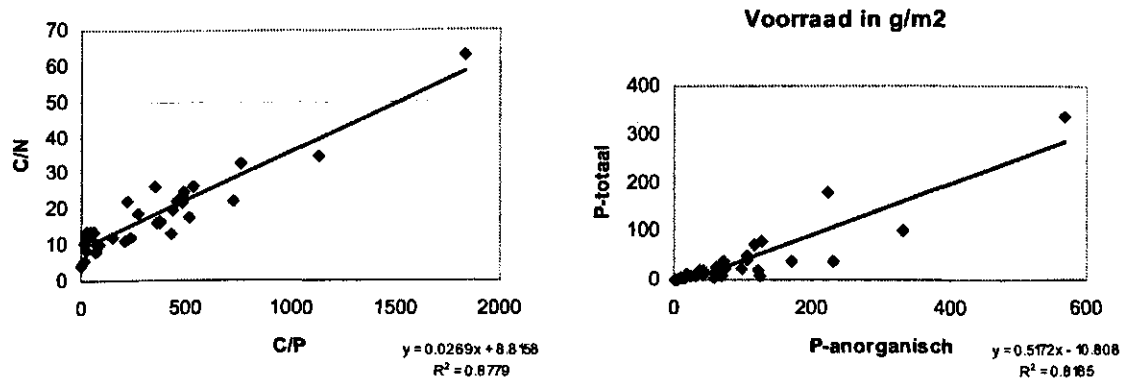
In figuur 3 zijn elementvoorraden weergegeven geordend naar bodemtype van droge zandgronden, via natte zandgronden, moerige gronden naar veengronden. Er blijkt weinig verband te bestaan tussen de elementvoorraden en het bodemtype of vochtcondities.



Figuur 3 Elementvoorraden in de effectieve wortelzone van de standplaatsen gerangschikt naar bodemtype.

5.3.2 Stikstof en fosfor

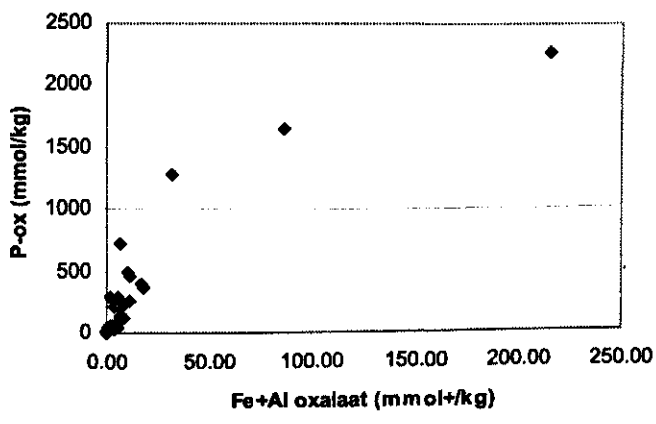
In figuur 4 is de relatie tussen de C/N en C/P verhouding van de organische stof weergegeven. Als de organische stof rijk is aan stikstof is hij tevens rijk aan fosfor en vice versa. Via mineralisatie kan nitraat en fosfaat voor de vegetatie beschikbaar komen. Uit figuur 4 blijkt tevens dat ruwweg de helft van de totaalvoorraad fosfor uit anorganisch fosfaat bestaat. Dit impliceert dat er nog een andere bron van fosfaat in het bodemsysteem aanwezig is.



Figuur 4 C/N en C/P verhouding in de organische stof (links) en de verhouding tussen de totale en anorganische fosforvoorraad in de bodem.

5.3.3 Fe-, Al- en P-oxalaat

In figuur 5 is gehalte oxalaatextraheerbaar fosfaat gerelateerd aan het gehalte oxalaatextraheerbaar Fe + Al. Uit tabel 4 blijkt dat er een sterke zowel lineaire als logaritmische relatie te bestaan tussen extraheerbaar ijzer en aluminium enerzijds en fosfaat anderzijds. De relatie tussen fosfaat en aluminium is zwak. Hieruit kan worden afgeleid dat anorganisch fosfor vooral wordt gefixeerd door ijzer.



Figuur 5 Relaties tussen oxalaatextraheerbaar Al+Fe en fosfaat

Tabel 4 Relaties en verklaarde variantie tussen oxalaat extraheerbaar ijzer, aluminium en fosfaat

	Bodemgehalte (mmol+/kg)					
Bodem-gehalte (mmol/kg)	Fe-oxalaat	R^2	Al-oxalaat	R^2	Fe+Al-oxalaat	R^2
P-oxalaat	266.8Ln(Fe)-77.3	0.63	36.8Ln(Al)+62.6	.23	303.6Ln(Fe+Al)-14.7	.73
P-oxalaat	11.53Fe +134.8	0.80	0.367Al + 108.8	.016	11.9(Al+Fe) + 243.7	.73

5.4 Conclusies

- De gradient van droge zandgronden, via natte zandgronden, moerige gronden naar veengronden komt niet elementvoorraden tot uiting. Er blijkt weinig verband te bestaan tussen de elementvoorraden en het bodemtype of vochtcondities.
- Als de organische stof rijk is aan stikstof is hij tevens rijk aan fosfor en vice versa. Circa de helft van de totale fosforvoorraad in de wortelzone komt in anorganische vorm voor.
- De anorganische fosforvoorraad is sterk gerelateerd aan de voorraad oxalaatextraheerbaar ijzer en (in minder mate) aluminium
- De fosfaatbeschikbaarheid wordt slechts gedeeltelijk door mineralisatie van organische stof gecontroleerd. Fixatie met ijzer speelt een belangrijke rol.

6 Vegetatie

6.1 Inventarisatie en bemonstering

Op alle standplaatsen is een vegetatieopname gemaakt en getypeerd volgens Schaminee et al.. De opnamen zijn opgeslagen in het archief van de afdeling Bodem & Landgebruik van Alterra.

Ten tijde van de maximale productie van het gewas is nabij de pq's is een representatieve plek gezocht om de vegetatie te oogsten. Over een oppervlakte van 50 x 50 cm werd de vegetatie afgeknipt tot op het maaiveld, zodat een minimale stoppel achterbleef. De vegetatie werd aan de lucht gedroogd, gewogen en geanalyseerd op het drogestof en elementgehalten.

6.2 Chemische analyse en databewerking

Van de vegetatiemonsters werd het drooggewicht bepaald na 48 uur drogen bij 70 °C. Van het droge monster werd het N, P en K-gehalte bepaald na Kjeldahl ontsluiting volgens standaardmethoden. De elementgehalten werden vervolgens omgerekend naar de productie N, P en K per m^2.

Op basis van de gewasanalyses zijn nutriëntratio's berekend waaruit werd afgeleid welke voedingsstof beperkend is voor de productiviteit in het gewas. Volgens Koerselman en Meuleman (1996) is bij een N/P verhouding > 16 fosfor en bij een N/P verhouding < 14 stikstof beperkend. In het tussenliggende traject is sprake van een co-limitatie. Pegtel et al. (1996) stellen dat deze methode alleen tot een zinvolle interpretatie leidt als tevens kalium in beschouwing wordt genomenen. Aldus zou een N/K verhouding >1,2 wijzen op kaliumbeperking.

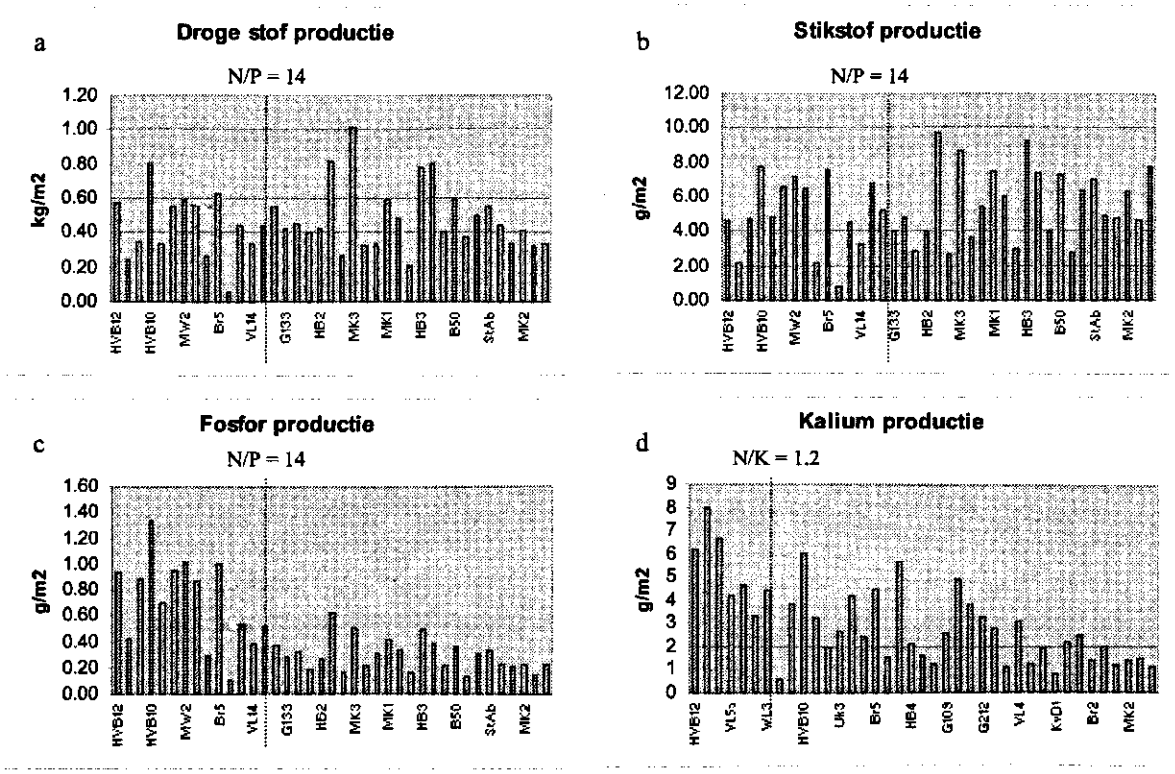
6.3 Resulaten

In aanhangsel 3 is een overzicht van analyseresultaten opgenomen.

6.3.1 Productie van nutrienten

Figuur 6 geeft een overzicht van de berekende voorraden N, P en K in het gewas geordend naar oplopende N/P verhouding voor stikstof- en fosforproductie en N/K verhouding voor de kaliumproductie. De hoogste gewasproductie bedraagt ruim 10 ton.ha^{-1} in een grote zeggengemeenschap (Caricetum elatae) van het Meeuwenkampje. De laagste productie is gemeten in een droog grasland op een kalkhoudende duinvaaggrond in de Millingerwaard (Bromo inermis-Eryngietum campestris) en bedraagt ongeveer 0,5 ton.

Er lijkt geen relatie te bestaan tussen drogestof- en stikstofproductie enerzijds en de N/P ratio anderzijds. De gewasproductie lijkt dus niet afhankelijk van de N/P ratio. Dit betekent dat de gewas- en stikstofproductie niet afhankelijk zijn van de aard van de beperkende factor. Het is echter opvallend dat op de N-beperkte standplaatsen de hoogste P-opbrengsten in het gewas voorkomen (figuur 4c linker gedeelte). Kennelijk weet het gewas hier wel voldoende P te mobiliseren, terwijl onvoldoende stikstof beschikbaar is. Ook blijkt dat de kaliumproductie het hoogst is op plekken waar geen K-beperking (figuur 4d linker gedeelte) aanwezig is.

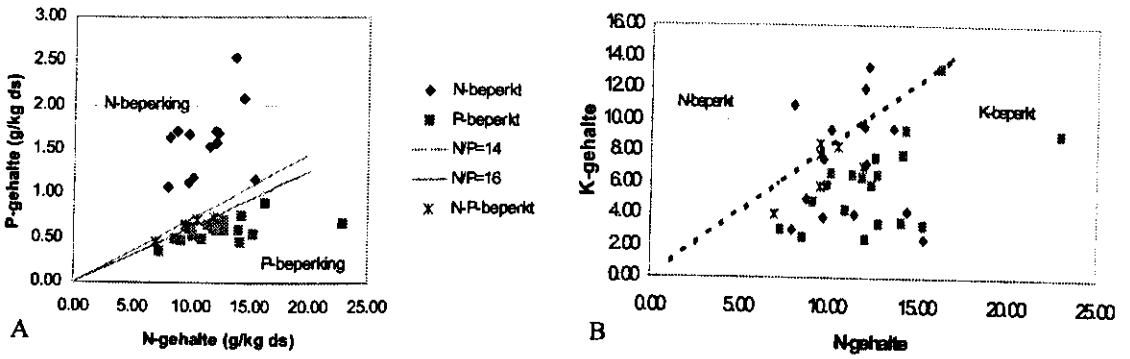


Figuur 6 Productie van droge stof, stikstof, fosfor en kalium in het gewas, gerangschikt naar oplopende N/P verhouding (a,b,c) of N/K (d) verhouding van het gewas.

6.3.2 Nutrientenverhoudingen en beperkende factoren.

In figuur 7a zijn de N- en P-gehalten van het gewas aangegeven alsmede de lijnen die de kritische verhouding voor N- of P-beperking markeren. Daarbij zijn verschillende symbolen gebruikt voor N- en P-beperkte standplaatsen. In figuur 7b zijn de N- en K-gehalten weergegeven, waarbij onderscheid is gemaakt naar P of N-limitatie op basis van de N/P-ratio. Tevens is de lijn voor de kritische verhouding voor N- of K-beperking weergegeven. Het blijkt uit figuur 7b dat alle standplaatsen die volgens figuur 7a P-beperkt zijn tevens K-beperkt zijn. De standplaatsen met een co-limitatie ($14 < N/P < 16$) blijken eveneens K-beperkt te zijn. De meeste N-beperkte standplaatsen volgens figuur 7a blijken tevens K-beperkt te zijn volgens figuur 7b. Slechts een gering aantal standplaatsen heeft uitsluitend een N-beperking. Er is dus in

de meeste situaties sprake van co-limitatie, waarbij een grote groep N+K en een grote groep P+K gelimiteerde standplaatsen is te onderscheiden.



Figuur 7 Nutrientgehaltes en daaruit afgeleide limiterende factoren in korte vegetaties

6.4 Conclusies

- De hoogste gewasproductie bedraagt ruim 10 ton.ha^{-1} in een grote zeggengemeenschap. De laagste productie is gemeten in een droog grasland op een kalkhoudende duinvaaggrond en bedraagt ongeveer 0,5 ton.
- Er lijkt geen relatie te bestaan tussen drogestof- en stikstofproductie enerzijds en de N/P ratio anderzijds. Dit betekent dat de gewas- en stikstofproductie niet afhankelijk zijn van de aard van de beperkende factor.
- Slechts een gering aantal standplaatsen heeft uitsluitend een N-beperking. Er is in de meeste situaties sprake van co-limitatie, waarbij een grote groep N+K en een grote groep P+K gelimiteerde standplaatsen is te onderscheiden.

7 Productiviteit en bodemfactoren

7.1 Een maat voor voedselrijkdom

Een eenduidige maat voor de voedselrijkdom is in die zin moeilijk omdat niet a priori bekend is welke voedingsstof maatgevend is voor de voedselrijkdom. Dit zal ervan afhankelijk zijn welke nutrient de beperkende factor is. Daarnaast moet in beschouwing worden genomen dat een voorraad op zichzelf niet alles zegt, omdat het maar net de vraag is of die voorraad wel gemobiliseerd kan worden. Zo leiden natte of zure condities in combinatie met een grote voorraad organisch gebonden stikstof tot een geringe decompositie en dus geringe beschikbaarheid van stikstof. Iets dergelijks geldt voor fosfaat. Er kan een grote voorraad anorganisch fosfor in de bodem zijn opgeslagen maar zo sterk gefixeerd zijn dat nauwelijks fosfaat in oplossing komt. Er zijn dus interacties te verwachten met conditionerende factoren, waar in hoofdstuk 8 verder op ingegaan zal worden. Dit hoofdstuk gaat slechts in op de vraag of er een relatie bestaat tussen voorraden en productiviteit.

De voedselrijkdom van de bodem kan zowel met intensiteitsparameters (gehalten) als met capaciteitsparameters (voorraden) worden aangegeven. Er vanuitgaande dat de hoeveelheid van een voedingsstof die beschikbaar komt via decompositie vooral bepaald wordt door de totaalvoorraad, is onderzocht of er relaties bestaan tussen voorraden van een voedingsstof in de bodem en de productiviteit van het gewas.

Om de invloed van beperkende factoren in beschouwing te kunnen nemen zijn de gegevens gestratificeerd naar N(+K) beperkte en P(+K) beperkte standplaatsen. De berekende voorraden in de bodem hebben betrekking op de voorraad in de effectieve wortelzone waarbinnen zich ca. 80% van de wortelbiomassa bevindt. Dit berekeningsmethode is in hoofdstuk 5 beschreven. De gemeten productie van de vegetatie is beschreven in hoofdstuk 6

7.2 Relaties tussen bodemvoorraden en droge stofproductie

In tabel 5 zijn de logaritmische of lineaire relaties gegeven die de grootste verklaarde variantie opleverden.

Tabel 5 Relaties tussen de door het gewas geproduceerde voedingsstoffen en de voorraden daarvan in de effectieve wortelzone van de bodem

	Droge stof opbrengst (g/m²)					
Bodem-voorraad (g/m²)	N-beperkt (N/P< 14)	R^2	P-beperkt N/P > 16	R^2	Gehele dataset	R^2
C	68.3 Ln(C)- 107.3	.23	0.0185 C + 331	.18	0.012 C + 379.0	.14
N	0.24 N + 339.3	.39	0.16N + 392	.09	0.20N + 370.6	.20
P-anorg	22.6Ln(P) – 111.7	.11	0.0015P + 2.57	.24	-	<.005
P-totaal	31.9 Ln(P) - 105.9	.39	0.0027P + 27.5	< .10	-	<.01
K-uitw.	0.0017 K +12.54	.26	-	<.01	-	<.05

De verklaarde variantie (r^2) is over het algemeen laag. Opvallend is dat voor de N(+K)-beperkte standplaatsen steeds wel enige relatie aanwezig is tussen de droge stofproductie en elk van de elementen in de bodem afzonderlijk. Van deze relaties zijn de N- en P-voorraad in de bodem nog het meest verklarend voor de droge stofproductie, hetgeen voor N-beperkte standplaatsen logisch is. Er is bij N-beperkte standplaatsen een trend dat een grotere stikstofvoorraad in de bodem leidt tot een hogere gewasproductie. Maar kennelijk is er nog een mechanisme dat de beschikbaarheid van N conditioneert. Te denken valt daarbij uiteraard aan de vocht- en basentoestand van de bodem. De relatie met de overige elementen doet vermoeden dat via een multiple regressie de verklaarde variantie aanmerkelijk groter zal worden.

De relatie tussen droge stofopbrengst en elementvoorraden ontbreekt vrijwel volledig voor de P(+K) beperkte standplaatsen. Het lijkt logisch dat er geen relatie is met de N- en K-voorraad in de bodem. Er is slechts een zwakke relatie met de fosforvoorraad in de bodem. Dit is wel merkwaardig. Fosfor is kennelijk wel beperkend maar de beperking is niet sterk gerelateerd aan de voorraad. Hieruit kan worden afgeleid dat er op P-beperkte standplaatsen kennelijk een mechanisme (conditionerende werking) aanwezig is dat de beschikbaarheid van P reguleert. Hierbij valt te denken aan de aanwezigheid van ijzer, aluminium en calcium in relatie tot fosfor en het optreden van reducerende processen in natte perioden, waarbij fosfaatmobilisatie kan plaatsvinden (Kemmers, 1999). Hieruit kan worden geconcludeerd dat P-beperking niet het gevolg lijkt van een geringe voorraad, maar van een geringe mobilisatie van P uit de bodemvoorraad.

7.3 P-beschikbaarheid

Er blijkt slechts een zwakke relatie te bestaan (tabel 5) tussen de droge stofproductie en de fosfaatvoorraad in de bodem. Een mogelijk mechanisme dat verantwoordelijk is voor de regulatie van de beschikbaarheid van fosfaat is dat onder reducerende omstandigheden ijzerfosfaten in oplossing komen. De impliciete veronderstelling daarbij is dat fosfaten dan vooral gebonden zouden moeten zijn aan ijzer. Uit figuur 5 en tabel 4 was reeds gebleken dat dit een reeele veronderstelling is.

In tabel 6 zijn correlatieve verbanden weergegeven voor de relatie tussen fosfaatvoorraden en (Fe+Al)-voorraden in de bodem uitgesplitst naar N(+K) en P(+K) beperkte standplaatsen.

Tabel 6 Voorraden fosfor in relatie tot de voorraad oxalaatextraheerbaar Fe en (Al+Fe) op N- en P-beperkte standplaatsen (excl standplaats B24)

	Bodemvoorraad Fe + Al ($mmol^+.m^{-2}$)					
Bodem-voorraad ($g.m^{-2}$)	N-beperkt (N/P< 14)	R^2	P-beperkt (N/P > 16)	R^2	Gehele dataset	R^2
P-oxalaat	$0.00001x^{1.464}$	0.71	$0.0128x^{0.667}$	0.81	$0.0029x^{0.86}$	0.59
P-totaal	$0.0005x^{1.21}$	0.76	$0.0596x^{0.647}$	0.82	$0.0195x^{0.796}$	0.66
	Bodemvoorraad Fe ($mmol^+.m^{-2}$)					
P-oxalaat	$0.0136x^{0.829}$	0.33	$0.0238x^{0.646}$	0.79	$0.0108x^{0.778}$	0.53
P-totaal	$0.058x^{0.785}$	0.47	$0.1121x^{0.524}$	0.80	$0.0391x^{0.725}$	0.61

Uit tabel 6 blijkt dat zowel op N- als P-beperkte standplaatsen een sterke relaue bestaat tussen de bodemvoorraad fosfor en de voorraad ijzer en aluminium[2]. Deze relatie is op P-beperkte plaatsen vrijwel net zo sterk indien alleen Fe in beschouwing wordt genomen. Op N-beperkte standplaatsen is dat niet het geval. Dit is een belangrijke aanwijzing dat beschikbaarheid van fosfaat op N-beperkte standplaatsen met name door alumium wordt gecontroleerd en op P-beperkte standplaatsen door ijzer. Op N-beperkte standplaatsen leidt dit kennelijk niet tot P-beperking. Voor P-beperkte standplaatsen zou dit kunnen betekenen dat P alleen beschikbaar komt als er fosfaatdesorptie plaatsvindt. Fosfaatdesorptie in aanwezigheid van ijzer treedt op wanneer onder natte anaerobe omstandigheden ijzer wordt gereduceerd, waarbij P in oplossing komt (o.a. Kemmers, 1999) Het is dus zeer waarschijnlijk dat op de P-beperkte standplaatsen de oplosbaarheid van ijzerfosfaten bepalend is voor de productiviteit.

7.4 Conclusies

- Op stikstof(+kalium)beperkte standplaatsen wordt de productie van het gewas voor een gering deel verklaard uit de voorraden van elk der voedingsstoffen in de bodem. De stikstof- en fosforvoorraad zijn nog het meest verklarend. Waarschijnlijk speelt de vocht- en basentoestand van de bodem daarbij nog een regulerende rol.
- De relatie tussen de productie en elementvoorraden ontbreekt vrijwel volledig voor de P(+K) beperkte standplaatsen. Op dergelijke standplaatsen blijkt een sterke relatie te bestaan tussen de bodemvoorraad fosfor en de voorraad ijzer. Waarschijnlijk wordt de beschikbaarheid van P gereguleerd door mobilisatie van P uit Fe-P-verbindingen tijdens anaerobe perioden met reducerende omstandigheden.

[2] Bij deze analyse is standplaats B24 (Oetert) buiten beschouwing gelaten vanwege een sterk afwijkende waarde van het Fe-oxalaatgenalte

8 Respons vegetatie op standplaatsfactoren

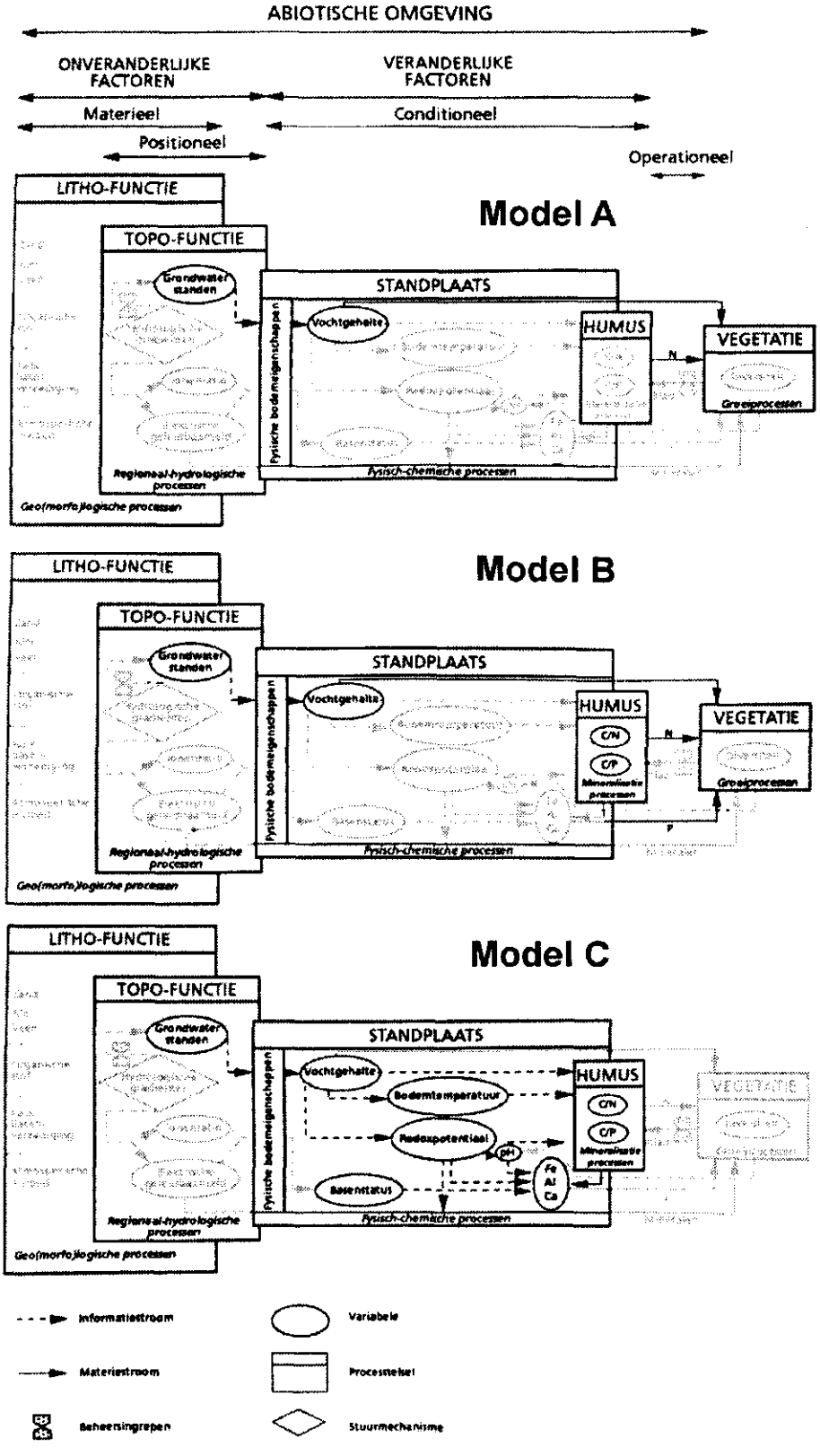
Vanuit de beschikbare gegevens (zie tabel 7) kunnen twee variabelen afgeleid worden die de respons van de vegetatie op de voedselrijkdom van de standplaats beschrijven:

1. Droge stofproductie; Deze volgt uit de massa van de gedroogde gewasmonsters en is een absolute maat voor de productiviteit van de vegetatie. Dit is de belangrijkste responsvariabele.
2. Beperkende factoren; De productiviteit van de vegetatie hangt, ondermeer af van de beschikbaarheid van nutriënten. De mate waarin de productiviteit beperkt wordt, is afhankelijk van de relatieve beschikbaarheid van N, P of K. Wanneer één van deze nutriënten in onvoldoende mate beschikbaar is geldt dit als groeibeperkende factor (zie hoofdstuk 6). Bij de presentatie van gevonden relaties tussen standplaatsfactoren en de droge stofproductie wordt zoveel mogelijk onderscheid gemaakt naar N- of P- beperkte standplaatsen.

8.1 Statistische methoden

8.1.1 Selectie relevante standplaatsfactoren

In figuur 8 zijn de onderlinge relaties tussen verschillende processtelsels binnen een standplaats weergegeven. In tabel 7 staan voor verschillende van deze processtelsels de beschikbare variabelen. Door middel van multiple regressieanalyse zijn de onderlinge relaties onderzocht. We hebben hiervoor het statistische programma GENSTAT (Genstat 5 Committee, 1995) gebruikt. Hierbij is steeds gezocht naar de combinatie van variabelen die een bepaalde relatie het beste beschrijft. Selectie van de beste combinatie van variabelen om een responsvariabele te verklaren kan in Genstat met behulp van de procedure RSELECT (Goedhart & Thissen, 1992) Voor de statistische achtergronden bij deze procedure verwijzen we naar Oude Voshaar (1994). In deze procedure wordt voor alle mogelijke combinaties van verklarende variabelen een regressiemodel afgeleid. Hieruit wordt dan een model gekozen met een zo klein mogelijk aantal verklarende variabelen, waarvoor tevens geldt dat het (bijna) evenveel verklaard als het model waarin alle variabelen zijn opgenomen (het volledige model). Dit wordt getoetst met "Mallow's C_p" (Oude Voshaar 1994). Geschikte modellen zijn modellen waarvoor C_p niet veel groter is dan p en waarvoor p zo laag mogelijk is. Hier staat p voor het aantal te schatten parameters in het model. Dat is 1 parameter voor het intercept, en 1 voor elke geselecteerde variabele. Bij 4 verklarende variabelen is $p = 5$ en moet C_p niet veel groter zijn dan 5. Oude Voshaar (1994) geeft als norm $C_p < p + 3$. Vaak zijn er meerdere modellen die vergelijkbare C_p waarden hebben. Dan moet gekozen worden op niet statistische gronden.



Figuur 8 Hiërarchisch relatiestelsel van standplaatsfactoren (naar Kemmers 1993). De variabelen en relaties die in de afzonderlijke modellen zijn onderzocht zijn in zwart weergegeven.

*Tabel 7 Beschikbare variabelen per processtelsel (zie figuur 8). * Verklaring afkortingen onder transformaties: GW = grondwaterprofiel, HW = hangwaterprofiel, L = logtransformatie, D = verschuiving, S = spiegelen. Variabelen met een grijs vlakje onder GW of HW zijn bij die groep niet beoordeeld.*

Processtelsel					
Variabele-groep				Transformaties*	
Variabele	Omschrijving	Toelichting		GW	HW
Vegetatie					
Productie					
gDS	Droge stof productie (kg/m^2)	Volgt uit gewasanalyse		L	
bep	Aard van beperking gewasgroei (N, N+P of P)			nvt	nvt
Humus					
Gehalte					
Humus	Percentage in bovengrond				L
Voorraden					
vCtot	Voorraad Ctot (g/m2)	afgeleid van voorraad humus * 0,5		LD	
vNtot	Voorraad Ntot (g/m2)	zie 5.3.1		LD	
vPtot	Voorraad Ptot (g/m2)	zie 5.3.1		LD	
vPan	Voorraad Panorganisch (g/m2)	zie 5.3.1		LD	L
vPorg	Voorraad P organisch (g/m2)	zie 5.3.1		LD	L
vK	Voorraad K uitw (g/m2)	zie 5.3.1		LD	
Ratio's					
hCN	C/N			L	LS
Cporg	C/Porganisch			L	
PanPtot	Panroganisch / Ptotaal	aandeel anorganisch P in totaal P		L	L
Standplaats					
Vochtgehalte					
NO410	Neerslagoverschot april – oktober (cm)			LD	
NO48	Neerslagoverschot april – augustus (cm)			LD	
ER410	Verdampingsreductie april – oktober (cm)			LSD	LD
ER48	Verdampingsreductie april - augustus (cm)			LSD	LD
ERD	Aantal dagen met verdampingsreductie			L	LSD
GVG4	GVG op 1 april (cm – mv)			LD	nvt
GVG34	GVG gemiddeld maart + april (cm - mv)			LD	nvt
GHG	GHG (cm - mv)			LD	nvt
GLG	GLG (cm - mv)			L	nvt
Aëratie					
D04	dagen tot april met 0% bodemlucht op 12,5 cm – mv				
D010	dagen tot oktober met 0% bodemlucht op 12,5 cm – mv				
D104	dagen tot april met 10% bodemlucht op 12,5 cm – mv				
D1012	dagen per jaar met 10% bodemlucht op 12,5 cm – mv			LSD	L
D154	dagen tot april met 15% bodemlucht op 12,5 cm – mv				LS
D1512	dagen per jaar met 15% bodemlucht op 12,5 cm – mv			LSD	
H4	dagen tot april met drukhoogte > -100 cm				

Processtelsel					
Variabele-groep				Transformaties*	
	Variabele	Omschrijving	Toelichting	GW	HW
	H12	dagen per jaar met drukhoogte > -100 cm		LSD	
	L104	hoeveelheid bodemlucht op 10 cm tot april		L	
	L154	hoeveelheid bodemlucht op 15 cm tot april		L	
	L204	hoeveelheid bodemlucht op 20 cm tot april		L	LS
	L1012	hoeveelheid bodemlucht op 10 cm per jaar		L	L
	L1512	hoeveelheid bodemlucht op 15 cm per jaar		L	LS
	L2012	hoeveelheid bodemlucht op 20 cm per jaar		L	LS
Basenstatus					
	Caverz	calciumverzadiging	gemiddeld over effectieve wortelzone	L	
	Hverz	waterstofverzadiging	gemiddeld over effectieve wortelzone		
	HCa	Huitw/Cauitw	gemiddeld over effectieve wortelzone	L	L
pH					
	pH	pH-KCl	gemiddeld over effectieve wortelzone	L	
Fe, Al					
	vAlOx	Voorraad Al oxalaat (mmol+/m2)	zie 5.3.1	LD	LD
	vFeOx	Voorraad Fe oxalaat (mmol+/m2)	zie 5.3.1	LD	LD
	vAlFeOx	Voorraad Al + Fe oxalaat (mmol+/m2)	zie 5.3.1	LD	LD

8.1.2 Transformatie van variabelen

Een aantal variabelen heeft een scheve verdeling. Dat wil zeggen dat het grootste aantal waarnemingen niet in de buurt van het gemiddelde voor komt, maar aan één van de uiteinden van de verdeling. Wanneer een verdeling scheef is, met een piek in de buurt van 0 en er komen geen negatieve waarden voor, dan kan een logtransformatie toegepast worden. Hierbij wordt gerekend met het natuurlijke logaritme van de waarde, waardoor vaak wel een normale verdeling verkregen wordt. Een logtransformatie kan alleen toegepast worden op variabelen die geen negatieve waarden hebben. Dit kan ondervangen worden door alle waarden te verhogen met de minimum waarde, waardoor de verdeling in zijn geheel naar de positieve kant verschuift. Wanneer het grootste aantal waarnemingen zich aan de rechterkant van de verdeling bevindt (bij de maximumwaarde), kan voorafgaand aan de logtransformatie de verdeling gespiegeld worden, waardoor de piek bij 0 komt te liggen. In een aantal gevallen is het zinvol een combinatie van deze transformaties toe te passen. Om te voorkomen dat een te transformeren variabele de waarde 0 heeft, hebben we deze variabelen vóór de transformatie verhoogd met 1. Na het afleiden van een regressiemodel met deze getransformeerde variabelen moeten de variabelen voor de presentatie van het model wel terug getransformeerd worden, waarbij ook

gecorrigeerd moet worden voor de verhoging met 1. In tabel 7 is per variabele aangegeven welke transformaties toegepast zijn. Dit hebben we apart beoordeeld voor de grondwater- en de hangwaterprofielen, omdat de verdeling voor een variabele in beide groepen verschillend kan zijn.

De relatie tussen de productiviteit van de vegetatie en standplaatsfactoren hebben we in een aantal stappen onderzocht. Deze stappen zijn in figuur 8 weergegeven door drie verschillende schema's waarin voor elke stap is aangegeven welke variabelen en relaties onderzocht zijn.

8.2 Relatie productie met vochtgehalte en humusgehalte

8.2.1 Werkwijze

Hoewel deze studie tot doel heeft maten te vinden die de voedselrijkdom van standplaatsen beschrijven, kan dat niet los gezien worden van de vochttoestand van de bodem. Uit de analyse met het model SWAP (zie paragraaf 4.3) is een groot aantal variabelen gekomen die op verschillende manieren deze vochttoestand beschrijven. Gezien het beperkte aantal waarnemingen kan het aantal verklarende variabelen niet al te groot zijn. Daarom hebben we in de eerste stap onderzocht welke vochtvariabelen het meest geschikt zijn om (samen met gegevens over voedselrijkdom) de productiviteit van de vegetatie te beschrijven. Deze stap is in figuur 8 weergegeven als model A. Hierbij moest een selectie vooraf gemaakt worden om het aantal verklarende variabelen beperkt te houden. Daarbij hebben we rekening gehouden met de inwisselbaarheid van variabelen. De variabelen D04 t/m D1512 (zie tabel 7) beschrijven bijvoorbeeld allemaal de hoeveelheid bodemlucht op 12,5 cm over een bepaalde periode. Hieruit is daarom een selectie gemaakt, waarbij rekening gehouden is met de frequentieverdelingen en niet statistische overwegingen. Met name voor de hangwaterprofielen moest het aantal variabelen drastisch beperkt worden. In tabel 7 is met een grijze achtergrond in de kolom waar transformaties zijn vermeld, aangegeven welke variabelen voor grondwaterprofielen, of hangwaterprofielen zijn weggelaten.

De wijze waarop de vegetatie reageert op de vochttoestand van de bodem verschilt tussen profielen die (een deel van het jaar) onder invloed staan van grondwater (grondwaterprofielen) en profielen waar het grondwater nooit tot in de wortelzone stijgt (hangwaterprofielen; Ten Cate et al. 1995). Bij grondwaterprofielen is de beschikbaarheid van vocht in elk geval een deel van het jaar voldoende voor de groei, maar kan bij hoge grondwaterstanden een verminderde aëratie optreden die voor de planten directe fysiologische problemen oplevert, maar ook invloed heeft op de afbraak van organische stof en het verloop van redoxprocessen in de bodem. Bij hangwaterprofielen is de aëratie meestal constant, maar kan de beschikbaarheid van voldoende bodemvocht de groei van de vegetatie beperken. Om deze reden hebben we een stratificatie uitgevoerd, waarbij de 39 profielen zijn onderverdeeld in 29 grondwaterprofielen en 10 hangwaterprofielen. De relaties zijn steeds apart voor deze groepen onderzocht.

8.2.2 Resultaten

Uit de voorstudie (Van Dobben et al. in voorb.) komt naar voren dat N-beperkte standplaatsen vooral voorkomen op zure en/of droge standplaatsen, terwijl P-beperkte standplaatsen meer gebonden lijken aan basenrijke situaties, waar de pH en fosfaatbeschikbaarheid wordt gecontroleerd door ijzer. In tabel 8 hebben we de verdeling van N(+K)- en P(+K) (en N+P+K) beperkte standplaatsen weergegeven voor de grondwater- en hangwaterprofielen. Kalium bleek met uitzondering van 4 standplaatsen overal een co-limiterende factor te zijn. N en P geven dus de belangrijkste differentiatie in de gegevens. Daarbij blijkt dat bij de grondwaterprofielen P-beperking, eventueel in combinatie met N-beperking 3 keer zo vaak voorkomt als N-beperking. Voor de hangwaterprofielen is dit beeld juist andersom. Dit komt dus overeen met de conclusies uit de voorstudie.

Tabel 8 Verdeling groeibeperkende factoren over grondwater- en hangwaterprofielen

	Grondwaterprofielen	Hangwaterprofielen	Totaal
N(+K) -beperkt	7	7	14
N+P(+K)-beperkt	6		6
P(+K)-beperkt	16	3	19
Totaal	29	10	39

Zowel voor de grondwaterprofielen als voor de hangwaterprofielen hebben we op basis van de in tabel 7 geselecteerde variabelen, onderzocht welke combinatie van variabelen de variatie in de productiviteit het beste verklaart. Hierbij zijn in eerste instantie alle geselecteerde vochtvariabelen opgenomen, waarna een aantal variabelen alsnog is weggelaten uit de selectie omdat ze bij geen enkel model een significante bijdrage leverden. Omdat, met name voor de grondwaterprofielen, verwacht werd dat het organische stofgehalte een rol zou spelen bij de respons van de vegetatie op vochtvariabelen, is de variabele *humus* ook in de analyse betrokken. Om deze hypothese te testen hebben we vervolgens bij het geselecteerde model *humus* weer weggelaten en vergeleken wat het percentage verklaarde variantie (R^2) voor beide modellen is.

Grondwaterprofielen

Voor de grondwaterprofielen is een model afgeleid voor het logaritme van de droge stofproductie. Dit betekent dat bij terug transformeren van de respons een zogenaamd *multiplicatief* model ontstaat (Oude Voshaar, 1994). Hierin zijn de effecten van de verklarende variabelen proportioneel. Het optimale model voor de grondwaterprofielen ziet er als volgt uit:

$$Ds = e^{(0,730)} * e^{(-0,00181 * Humus)} * e^{(-0,0471 * Ln(ERD + 1)} * e^{(-0,0841 * Ln(GLG + 1)} * e^{(0,457 * Ln(L1512 + 1)} * e^{(-0,405 * Ln(L2012 + 1)} - 1$$

$p = 6$; $Cp = 4,10$; $R^2 = 12,8\ \%$

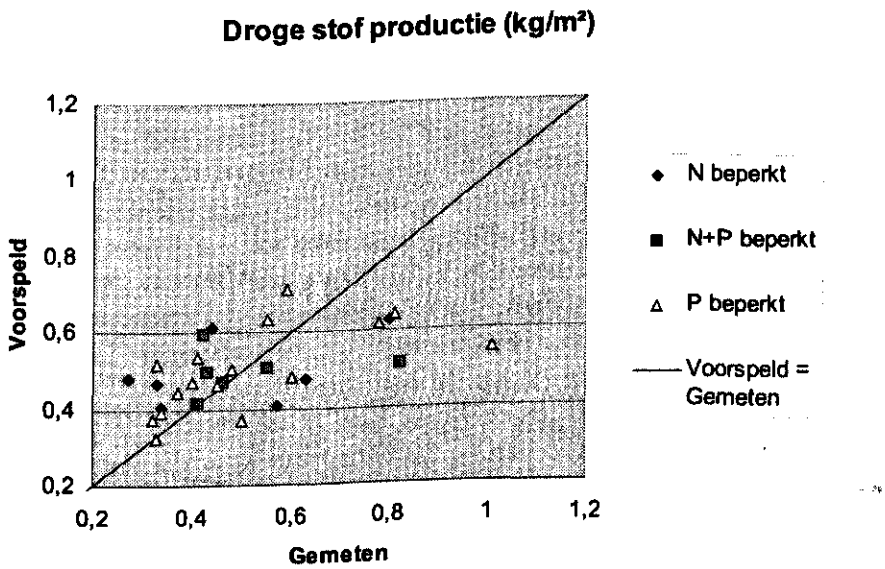
De schattingen en de t-waarden voor de geselecteerde variabelen staan in tabel 9. Het aantal vrijheidsgraden is 23. Hierbij is de kritieke waarde voor t bij een betrouwbaarheidsdrempel van 5 % gelijk aan ± 2,07. Het lage percentage verklaarde

variantie (R^2) duidt er op dat met dit model slechts een beperkt deel van de groei is verklaard. De meeste variabelen hebben ook lage t-waarden. Opvallend is, dat de twee variabelen met de hoogste t-waarden (L1512 en L2012) beide betrekking hebben op de hoeveelheid beschikbare lucht op twee dieptes, gemiddeld over een jaar. Men zou verwachten dat deze variabelen inwisselbaar zijn. Dit zou echter tot uiting moeten komen in veel lagere t-waarden, maar dat is niet het geval. Bij weglaten van één van beide variabelen verslechtert het model aanzienlijk. Een model zonder L2012 gaf een R^2 van 1,9 % waarbij geen van de variabelen significant was. Het effect van de twee variabelen is ook tegengesteld. Naarmate de hoeveelheid lucht op 15 cm groter is, neemt de productie toe. Dit zou een effect van toegenomen aëratie bij diepere grondwaterstanden kunnen zijn, waardoor de vegetatie minder hinder ondervindt van ondiepe grondwaterstanden. Een grotere hoeveelheid lucht op 20 cm diepte geeft juist een negatief effect op de productie te zien. Hier speelt vochttekort gedurende een deel van het groeiseizoen misschien een rol. Het negatieve effect van ERD (verdampingsreductie) en GLG wijzen ook in deze richting.

Wanneer een model wordt afgeleid met dezelfde variabelen, maar zonder humus, zakt R^2 naar 5,6 % en is geen van de variabelen nog significant (| t-waarden | allen < 2,07).

Tabel 9 Schattingen en t-waarden voor geselecteerde variabelen voor een model dat de productiviteit verklaart bij grondwaterprofielen uit vochtvariabelen en humusgehalte

	Met Humus		Zonder Humus	
Variabele	**Schatting**	**t-waarde**	**Schatting**	**t-waarde**
Constante	0,730	2,42	0,339	1,63
Humus	-0,00181	-1,73		
Ln(ERD + 1)	-0,0471	-1,91	-0,0357	-1,44
Ln(GLG + 1)	-0,841	-1,04	0,0020	0,03
Ln(L1512 + 1)	0,457	2,22	0,439	2,05
Ln(L2012 + 1)	-0,405	-2,03	-0,403	-1,94



Figuur 9 Relatie tussen voorspeld en gemeten productieniveau voor een model dat de productiviteit verklaart bij grondwaterprofielen uit vochtvariabelen en humusgehalte.

In figuur 9 hebben we de voorspelde droge stofproductie op basis van het afgeleide model, uitgezet tegen de gemeten productie. De spreiding is vrij groot, wat ook verwacht mag worden gezien de lage R^2 van het model. Verder valt op dat bij hogere productieniveaus de voorspelling lager is dan de werkelijk gemeten productie.

Hangwaterprofielen

Voor de hangwaterprofielen is een model afgeleid voor de droge stofproductie zonder logtransformatie omdat de gemeten waarden normaal verdeeld zijn, en een logtransformatie juist een scheve verdeling als resultaat gaf. Dit levert een *additief* model op (Oude Voshaar 1994). Hierin worden de effecten van de verklarende variabelen opgeteld.

In tabel 7 zijn voor hangwaterprofielen 7 vochtvariabelen geselecteerd om (samen met humus) een model te selecteren dat de droge stofproductie verklaart. Wanneer al deze variabelen geselecteerd worden, wordt een model afgeleid met 99,8 % verklaarde variantie en C_p = 9. Op het eerste gezicht lijkt dit perfect, maar het is eerder een gevolg van het beperkte aantal waarnemingen (10 voor hangwaterprofielen), waardoor bij een relatief groot aantal predictoren een schijnbaar goed model wordt gevonden dat echter vooral op ruis is gebaseerd (Goedhart & Thissen 1992). Daarom wordt aangeraden het aantal verklarende variabelen ten opzichte van het aantal waarnemingen zoveel mogelijk te beperken, waarbij andere dan statistische criteria gehanteerd dienen te worden. Na een verdere beperking van variabelen zijn er drie overgebeleven. Het model (incl. humus) heeft dan een R^2 = 55,8 %. Door de variabele Humus weg te laten, wordt het model verbeterd (R^2 = 60,8 %). Het uiteindelijk geselecteerde model voor hangwaterprofielen ziet er alsvolgt uit:

$$Ds = -6{,}77 - 0{,}379 * NO48 - 1{,}351 * Ln(ER48 + 1) + 1{,}673 * Ln(L1012 + 1)$$

$p = 4$; $Cp = 1{,}74$; $R^2 = 60{,}8\ \%$

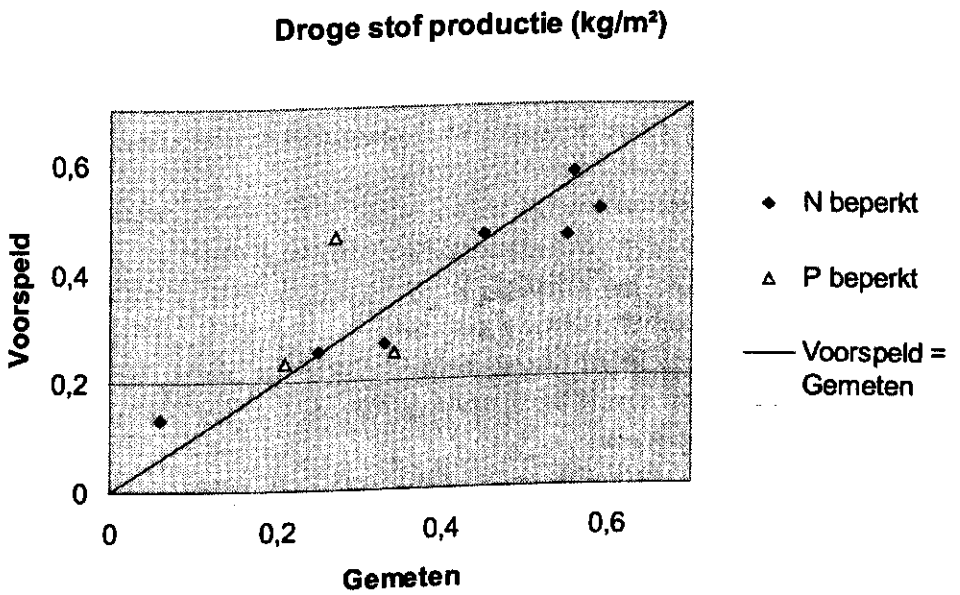
De schattingen en de t-waarden voor de geselecteerde variabelen staan in tabel 10. Het aantal vrijheidsgraden is 6. Hierbij is de kritieke waarde voor t bij een betrouwbaarheidsdrempel van 5 % gelijk aan ± 2,45. Alle variabelen zijn volgens dit model significant. Voor hangwaterprofielen is de vochttoestand van de bodem van groot belang voor de productiviteit van de vegetatie. Verdampingsreductie gedurende het groeiseizoen (april t/m augustus) geeft een afname van de productiviteit. Dit is een logisch gevolg van droogtestress. De hoeveelheid bodemlucht op 10 cm heeft een positief effect op de productiviteit. Dit is niet eenvoudig te verklaren, omdat bij hangwaterprofielen gebrek aan aëratie niet te verwachten is. Voor het neerslagoverschot in deze periode vinden we ook een klein negatief effect. Dit is ook niet logisch, omdat men zou verwachten dat de kans op een vochttekort kleiner is bij een groter neerslagoverschot. Bij 6 van de 10 hangwaterprofielen is sprake van een (klein) positief neerslagoverschot (zie hoofdstuk 4). Er valt dan meer neerslag dan de actuele verdamping. Hierdoor kan de bodemvoorraad (hangwater) aangevuld worden. Een groeireductie door een vochttekort is dan minder waarschijnlijk. Bij de overige 4 hangwaterprofielen is het neerslagoverschot negatief. Hier wordt de voorraad hangwater uitgeput, waardoor mogelijk wel een groeireductie op treedt. Het

kan zijn dat de laatste twee variabelen gecorreleerd zijn aan andere bodemeigenschappen die een groeibeperkend effect hebben.

Tabel 10 Schattingen en t waarden voor geselecteerde variabelen voor een model dat de productiviteit verklaart bij hangwaterprofielen uit vochtvariabelen en humusgehalte.

	Met Humus		Zonder Humus	
Variabele	**Schatting**	**t-waarde**	**Schatting**	**t-waarde**
Constante	-6,98	-3,18	-6,77	-3,32
Humus	-0,0441	-0,57		
NO48	-0,384	-3,38	-0,379	-3,55
Ln(ER48 + 6,5 + 1)	-1,385	-3,65	-1,.51	-3,83
Ln(L1012 + 1)	1,735	3,44	1,673	3,60

In figuur 10 hebben we de voorspelde droge stofproductie uitgezet tegen de gemeten. De spreiding is minder groot dan bij de grondwaterprofielen, wat ook verwacht mag worden gezien de hogere R^2 van het model.



Figuur 10 Relatie tussen voorspeld en gemeten productieniveau voor een model dat de productiviteit verklaart bij hangwaterprofielen uit vochtvariabelen

8.2.3 Conclusies

- Standplaatsen die volgens de gewasanalyse een P (of N+P) beperking hebben komen bij de grondwaterprofielen 3 keer zo vaak voor als standplaatsen met een N beperking. Voor hangwaterprofielen is het net andersom. Daar komt een N beperking vaker voor dan een P beperking.
- Voor grondwaterprofielen kan de productiviteit van de vegetatie voor slechts een klein deel verklaard worden uit vochtvariabelen. De meest significante variabelen betreffen de hoeveelheid lucht op 15 en op 20 cm-mv.

- Het deel van de productiviteit op grondwaterprofielen dat door vochtvariabelen verklaard kan worden is klein. Als alleen vochtvariabelen geselecteerd worden, kan niet meer dan 5,6 % van de variantie verklaard worden. Andere factoren, zoals de voedselrijkdom van de standplaats hebben waarschijnlijk een groter invloed.
- Voor hangwaterprofielen is met name de vochttoestand van de bodem van groot belang voor de productiviteit van de vegetatie. Hiermee kan 60,8 % van de variantie verklaard worden. De meest significante relatie hebben we gevonden voor de verdampingsreductie tijdens het groeiseizoen hetgeen duidelijk een groeibeperkend effect heeft. Voor het neerslagoverschot tijdens het groeiseizoen en de hoeveelheid lucht op 10 cm is ook een significant verband gevonden, maar die relatie is minder eenvoudig te verklaren.

8.3 Relatie productie met humuseigenschappen en vocht

8.3.1 Werkwijze

De voedselrijkdom van de standplaats is afhankelijk van de beschikbaarheid van nutriënten (N, P en K) voor de vegetatie. Deze beschikbaarheid wordt bepaald door de volgende factoren:

- voorraden van de nutriënten, uitgedrukt in $g.m^{-2}$
- verhoudingen waarin de nutriënten voorkomen (C/N, C/P)
- voor P, de vorm waarin het aanwezig is (in organische stof of gefixeerd in ijzer-, aluminium- of calciummineralen, zie o.a. tabel 6)
- de mate waarin organische stof is afgebroken. Dit komt ook tot uiting in de C/N of C/P verhoudingen die kleiner worden naarmate organische stof verder is afgebroken.
- de aëratie van de bodem die bepalend is voor de mineralisatiesnelheid van organische stof en de oplosbaarheid van mineralen in relatie tot de redoxtoestand, waardoor de beschikbaarheid van P wordt beïnvloed.

In deze paragraaf beschrijven we de relatie tussen de productiviteit van de vegetatie en eigenschappen van de organische stof, in samenhang met de vochthuishouding. In figuur 8 is dit schematisch weergegeven door model B. In de volgende paragraaf zal het verband tussen de humuseigenschappen en andere standplaatsfactoren behandeld worden (model C in figuur 8).

We hebben apart voor de grondwaterprofielen en de hangwaterprofielen de relatie van de productiviteit met voorraden nutriënten en de verhoudingen tussen nutriënten onderzocht. De vochtvariabelen die in 8.2.1 geselecteerd zijn, hebben we hierbij ook meegenomen in de selectie. Om de relevantie van deze vochtvariabelen te onderzoeken hebben we het optimale model vergeleken met een model zonder vochtvariabele.

8.3.2 Resultaten

Grondwaterprofielen

Voor de grondwaterprofielen is een model afgeleid voor het logaritme van de droge stof productie. Het optimale model voor de grondwaterprofielen ziet er als volgt uit:

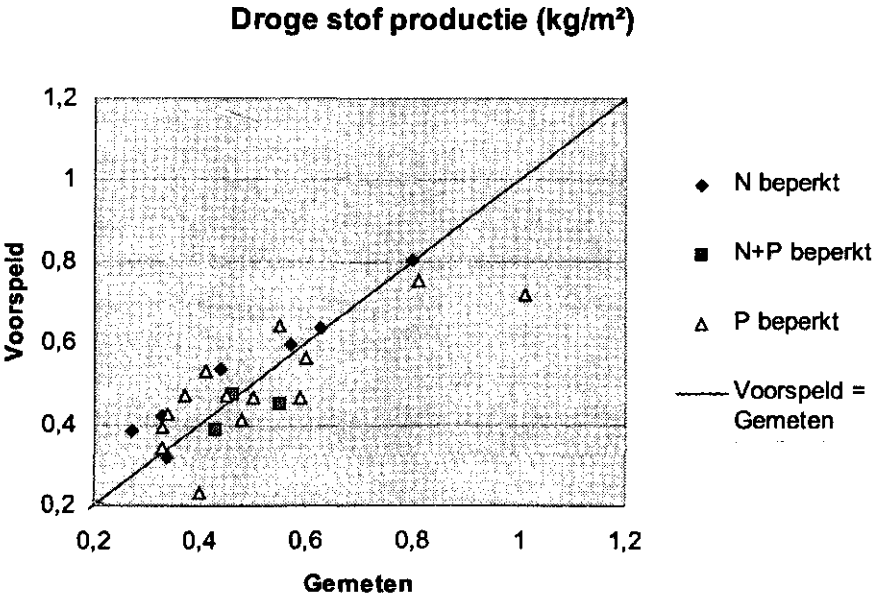
$$Ds = e^{(2,174)} * e^{(0,180 * Ln(vPtot - 1,95 + 1)} * e^{(0,723 * Ln(vPan - 0,61 + 1)} * e^{(-0,840 * Ln(vPorg - 1,34 + 1)} * e^{(0,0424 * Ln(vK - 3 + 1)} * e^{(-5,39 * Ln(PanPtot + 1)} * e^{(-0,0352 * Ln(L2012 + 1)} - 1$$

$p = 6$; $Cp = 6,03$; $R^2 = 55,7\ \%$

De schattingen en de t-waarden voor de geselecteerde variabelen staan in tabel 11. Het aantal vrijheidsgraden is 17. Hierbij is de kritieke waarde voor t bij een betrouwbaarheidsdrempel van 5 % gelijk aan ± 2,11. De productiviteit van de vegetatie wordt voornamelijk bepaald door fosfaatvoorraden en de verhouding tussen organisch en anorganisch P. Hoge waarden voor deze verhouding geven aan dat een relatief groot deel van de P-voorraad gefixeerd is in mineralen met ijzer, aluminium of calcium (zie tabel 6). Voorraden en verhoudingen voor andere nutriënten leveren geen significante bijdrage aan de productiviteit van de vegetatie. Er is een gering negatief effect van de hoeveelheid lucht op 20 cm diepte. Dit kan verband houden met de oplosbaarheid van fosfaatmineralen die toeneemt onder anaërobe omstandigheden. De invloed van deze vochtvariabele is niet erg groot, gezien de kleine t-waarde. Weglaten van L2012 geeft een model met $R^2 = 54,2\ \%$, hetgeen niet veel slechter is dan het oorspronkelijke model. De voorraad K wordt daarmee ook significant.

Tabel 11 Schattingen en t waarden voor geselecteerde variabelen voor een model dat de productiviteit verklaart bij grondwaterprofielen uit humuseigenschappen en vochtvariabelen

	Met vocht		Zonder vocht	
Variabele	**Schatting**	**t-waarde**	**Schatting**	**t-waarde**
Constante	2,174	6,20	2,010	6,08
Ln(vPtot – 1,59 + 1)	0,180	1,02	0,240	1,38
Ln(vPan – 0,61 + 1)	0,723	5,09	0,691	4,86
Ln(vPorg – 1,34 + 1)	-0,840	- 3,52	- 0,883	-3,68
Ln(vK - 3 + 1)	0,0424	1,56	0,0567	2,27
Ln(PanPtot + 1)	- 5,39	-4,95	-5,35	-4,85
Ln(L2012 + 1)	-0,0352	-1,26		



Figuur 11 Relatie tussen voorspeld en gemeten productieniveau voor een model dat de productiviteit verklaart bij grondwaterprofielen uit humuseigenschappen en vochtvariabelen.

In figuur 11 hebben we de voorspelde droge stofproductie uitgezet tegen de gemeten droge stofproductie. Door het opnemen van humuseigenschappen in het model is de spreiding geringer geworden ten opzichtte van het model waarin alleen vochtvariabelen opgenomen waren (figuur 9). Dit komt ook overeen met de hogere R^2. Voor grondwaterprofielen lijkt de P-beschikbaarheid de belangrijkste sturende factor te zijn voor de productiviteit van de vegetatie. Dit komt ook overeen met de resultaten van de gewasanalyse, waaruit blijkt dat bij grondwaterprofielen voornamelijk P-beperking voor komt (zie tabel 8). Maar ook voor standplaatsen die als N-beperkt, of N+P beperkt aangemerkt moeten worden op grond van de gewasanalyse lijkt het model zonder N-beschikbaarheid een goede voorspelling te geven van de groei.

Hangwaterprofielen

Voor de hangwaterprofielen is een model afgeleid voor de droge stofproductie zonder logtransformatie. Omdat het aantal waarnemingen in hangwaterprofielen gering is hebben we getracht een model te selecteren met een zo gering mogelijk aantal variabelen om schijnbetrouwbaarheid te voorkomen. Het model dat met een minimaal aantal verklarende variabelen toch een hoge R^2 geeft bevat 5 variabelen. Ook hier hebben we de invloed van de vochtvariabele getoetst door uit het optimale model de vochtvariabele weg te laten. Door ons te beperken tot significante variabelen, hebben we voor hangwaterprofielen het volgende model afgeleid:

$$Ds = 9{,}85 + 0{,}001206 * vCtot + 0{,}01111 * vPtot - 2{,}713 * Ln(vPorg + 1) - 0{,}06887 * CPorg + 0{,}5033 * Ln(ER48 + 6{,}5 + 1)$$

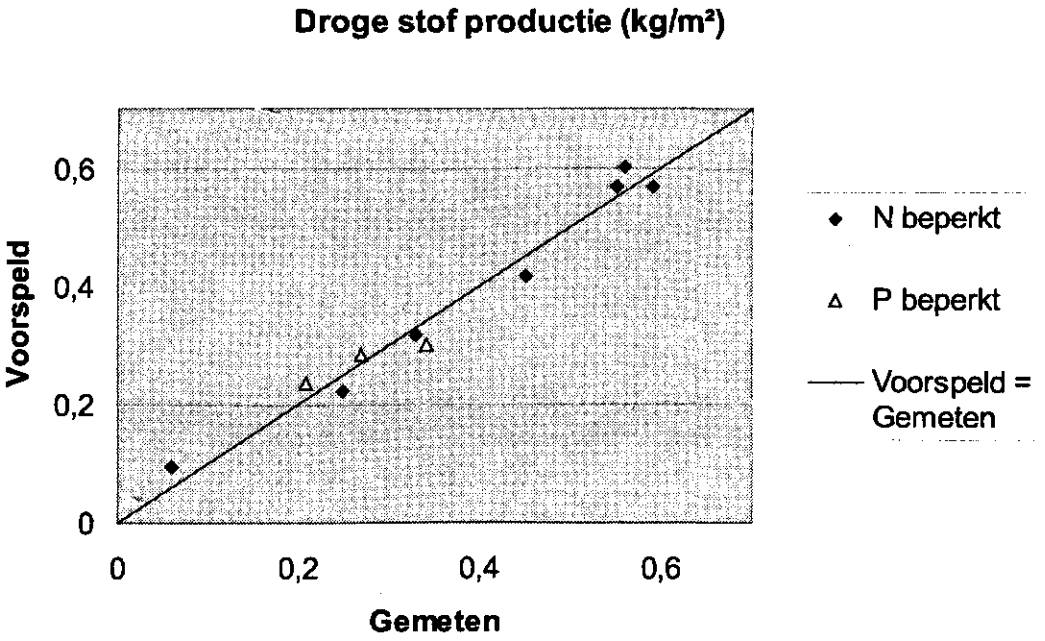
$p = 6$; $Cp = 7{,}70$; $R^2 = 93{,}1\ \%$

De schattingen en de t-waarden voor de geselecteerde variabelen staan in tabel 12. Het aantal vrijheidsgraden is 4. Hierbij is de kritieke waarde voor t bij een betrouwbaarheidsdrempel van 5 % gelijk aan ± 2,78. Alle variabelen zijn volgens dit model duidelijk significant. Wanneer de vochtvariabele ER48, die de verdampingsreductie van april t/m augustus beschrijft, wordt weggelaten verslechtert het model aanzienlijk. Géén van de variabelen is nog significant en R^2 daalt naar 25,8 %. Hieruit blijkt duidelijk dat voor hangwaterprofielen een combinatie van humuseigenschappen en vochtbeschikbaarheid bepalend is voor de productiviteit van de vegetatie.

Met name de voorraden en de verhouding van C en P lijken maatgevend te zijn voor de voedselrijkdom. In hangwaterprofielen wordt de mineralisatie van organische stof niet beperkt door hoge grondwaterstanden en de daarmee samenhangende beperkte aëratie, maar soms wel door een lage pH. Het lijkt dan ook logisch dat deze voorraden direct van invloed zijn op de gewasgroei. Opvallend hierbij is, dat de beschikbaarheid van N of K niet als significante variabele voorkomt, terwijl de meeste standplaatsen op hangwaterprofielen volgens de gewasanalyse N(+K)-beperkt zijn. Hier moet nog eens gememoreerd worden dat er slechts een beperkt aantal standplaatsen met hangwaterprofielen voorkomen en dat het aantal vrijheidsgraden sterk beperkt moest worden. Aan de modelresultaten mag daarom geen overdreven waarde worden toegekend. Zo het is denkbaar dat weglating van stikstof uit het model in aanwezigheid van kalium, zou leiden tot het significant worden van kalium. Dit is niet getoetst. Meer hangwaterprofielen zouden daartoe in beschouwing moeten worden genomen.

Tabel 12 Schattingen en t-waarden voor geselecteerde variabelen voor een model dat de productiviteit verklaart bij hangwaterprofielen uit humuseigenschappen en vochtvariabelen.

	Met vocht		Zonder vocht	
Variabele	**Schatting**	**t-waarde**	**Schatting**	**t-waarde**
Constante	9,85	9,46	3,38	2,10
vCtot	0,001206	8,93	0,000354	1,79
vPtot	0,01111	9,18	0,00355	1,93
Ln(vPorg + 1)	-2,713	-9,10	- 0,803	-1,97
Cporg	-0,06887	-9,12	- 0,0223	-1,86
Ln(ER48 + 6,5 + 1)	0,5033	7,05		



Figuur 12 Relatie tussen voorspeld en gemeten productieniveau voor een model dat de productiviteit verklaart bij hangwaterprofielen uit humuskenmerken en vochtvariabelen.

In figuur 12 hebben we de voorspelde droge stofproductie uitgezet tegen de gemeten droge stofproductie. Hieruit blijkt dat het model voor hangwaterprofielen weliswaar een goede voorspelling geeft, maar tevens dat de interpretatie nog problematisch is. Dit geldt zowel voor de N-beperkte als voor de P-beperkte standplaatsen.

8.3.3 Conclusies

- Voor grondwaterprofielen is de beschikbaarheid van P de belangrijkste humuseigenschap voor het verklaren van de productiviteit van de vegetatie. Hiermee kan 55,7 % van de variantie verklaard worden. Het gaat hierbij met name om de voorraden P anorganisch, P organisch en de verhouding tussen deze twee variabelen. Hierbij kan geen onderscheid gemaakt worden tussen standplaatsen die volgens de gewasanalyse N of P beperkt zijn.
- De belangrijkste variabele is de voorraad anorganisch P. Deze heeft een positief effect op de productiviteit. Fixatie van P in mineralen hoeft kennelijk niet beperkend te zijn, mits de voorraad maar groot genoeg is. Het is wel zo dat naarmate het aandeel anorganisch P in de totale P voorraad (Pan/Ptot) groter wordt, de productiviteit afneemt. Dit is wel een gevolg van fixatie.
- De invloed van vochtvariabelen is voor grondwaterprofielen zeer klein, ook in combinatie met humuseigenschappen.
- Voor de hangwaterprofielen is een combinatie van humuseigenschappen en de vochtbeschikbaarheid (uitgedrukt als verdampingsreductie) bepalend voor de productiviteit van de vegetatie. Hiermee kan 93,1 % van de variantie verklaard worden. Door weglating van de verdampingsreductie kan maar 25,8 % verklaard worden.

- In hangwaterprofielen lijken de voorraden en de verhoudingen van C en P maatgevend voor de voedselrijkdom. De beschikbaarheid van N of K komt niet voor als significante variabele, terwijl de meeste standplaatsen op hangwaterprofielen volgens de gewasanalyse N(+K) beperkt zijn. Een verklaring hiervoor moet gezocht worden in het verschil in kringloop tussen N, K en P of in een gebrekkig model als gevolg van het geringe aantal onderzochte hangwaterprofielen.

8.4 Relatie humuseigenschappen en standplaatsfactoren

8.4.1 Werkwijze

De humuseigenschappen die in 8.3 significant gebleken zijn voor de productiviteit worden volgens model C in figuur 8 bepaald door verschillende standplaatsfactoren. Deze zijn te rubriceren in groepen die met de vochttoestand, basentoestand en gehalten aan ijzer en aluminium verband houden. We hebben deze relaties voor elk van de relevante humuseigenschappen onderzocht door met de procedure RSELECT een model te selecteren waarin de meest significante standplaatsfactoren opgenomen zijn. Hierbij is steeds gezocht naar een model met een minimaal aantal variabelen dat toch een goede verklaring van de variantie geeft. Voor de vochtvariabelen zijn we hierbij uitgegaan van de variabelen die in 8.2 geselecteerd zijn (zie tabel 9 en 10).

8.4.2 Resultaten

8.4.2.1 Grondwaterprofielen

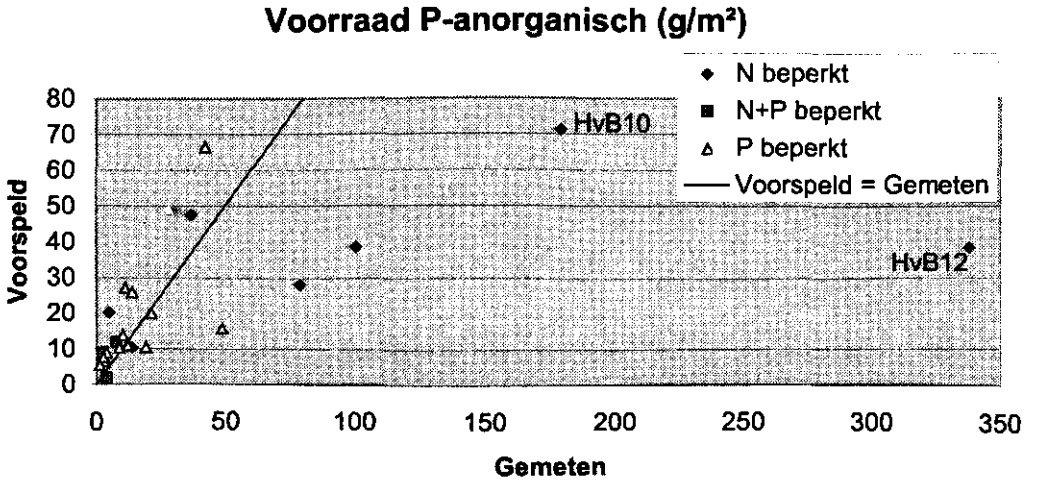
Voor de grondwaterprofielen hebben we onderzocht in hoeverre de voorraden anorganisch P (Pan), organisch P (Porg) en de fractie van de totale P voorraad die uit anorganisch P bestaat (PanPtot), verklaard kunnen worden uit de standplaatsfactoren. In tabel 13 is voor deze eigenschappen aangegeven welke variabelen geselecteerd zijn, en wat de schattingen zijn voor de modelparameters. Bij deze humuseigenschappen is eerst een logtransformatie uitgevoerd, om een normale verdeling in het model te verkrijgen. Dit levert een multiplicatief model op (zie 8.2). Zonder logtransformatie is sprake van een additief model.

Tabel 13 Schattingen en t-waarden voor geselecteerde variabelen voor modellen die de humuseigenschappen verklaren bij grondwaterprofielen uit standplaatsfactoren.

	Ln(vPan – 0,61 + 1)		Ln(vPorg – 1,34 + 1)		Ln(PanPtot + 1)	
	p = 4 Cp = 1,6 R^2 = 55,9		p = 5 Cp = 3,26 R^2 = 67,22		p = 4 Cp = 3,06 R^2 = 17,45	
Variabele	Schatting	t-waarde	Schatting	t-waarde	Schatting	t-waarde
Constante	-4,00	-2,19	1,57	0,48	-0,495	-1,34
Ln(Caverz + 1)			4,29	2,13	-0,548	-2,05
Ln(pH +1)			-3,55	-1,79	0,493	1,87
Ln(vFeOx – 152,4 + 1)	0,728	4,72	0,4639	6,87	0,01327	1,50
Ln(GLG + 1)	-1,621	-1,95				
Ln(L1512 + 1)	1,894	2,48	0,603	1,98		

Voorraad anorganisch P

Alle humuseigenschappen bij grondwaterprofielen blijken gecorreleerd te zijn met de voorraad Fe. De voorraad anorganisch P is daarbij negatief gecorreleerd met de GLG en positief met de hoeveelheid lucht op 15 cm. Dit bevestigt de hypothese dat bij natte, ijzerrijke bodems, die periodiek slecht geaëreerd zijn, relatief minder P gefixeerd is, omdat de oplosbaarheid van Fe-P mineralen beter is. Op drogere standplaatsen is de voorraad anorganisch P groter.

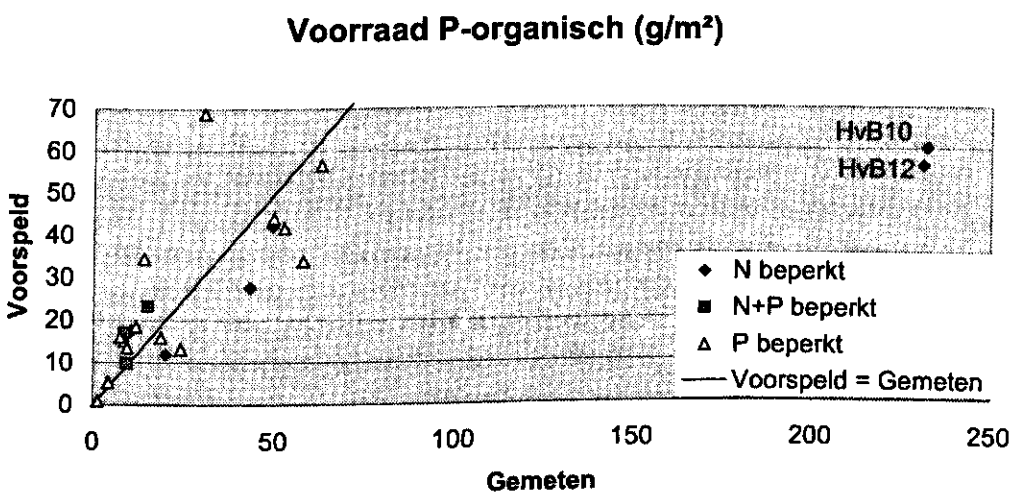


Figuur 13 Relatie tussen voorspeld en gemeten waarden voor een model dat de voorraad anorganisch P verklaart bij grondwaterprofielen uit standplaatsfactoren.

In figuur 13 zijn voor de voorraad anorganisch P de voorspelde waarden uitgezet tegen de gemeten waarden. Standplaatsen waar de gewasanalyse een P beperking of een gecombineerde N+P beperking indiceert, lijken voornamelijk gebonden aan kleinere voorraden anorganisch P (< 50 $g.m^{-2}$). N beperkte standplaatsen komen voor bij alle niveaus. Voor enkele N beperkte standplaatsen blijkt het model een forse onderschatting te geven van de hoeveelheid anorganisch P. Dit geldt met name voor twee locaties uit de Helvoirtse Broek. Beide locaties kennen (als enige in deze dataset) een intensief agrarisch beheer. Ze worden intensief begraasd en worden waarschijnlijk ook bemest. Dit kan de afwijkende P voorraden verklaren.

Voorraad organisch P

De voorraad organisch P blijkt ook zeer sterk gecorreleerd te zijn aan de voorraad Fe en de hoeveelheid lucht op 15 cm. Daarnaast spelen zowel calciumverzadiging, als in mindere mate de pH een rol. Opvallend is dat deze factoren in tegengestelde richting werken. Een hogere calciumverzadiging leidt tot een grotere voorraad organisch P. (leidt.)



Figuur 14 Relatie tussen voorspeld en gemeten waarden voor een model dat de voorraad organisch P verklaart bij grondwaterprofielen uit standplaatsfactoren.

In figuur 14 zijn voor de voorraad organisch P de voorspelde waarden uitgezet tegen de gemeten waarden. De voorraden organisch P vertonen een grotere spreiding dan voor anorganisch P (zie figuur 13). Dit geldt ook voor P beperkte standplaatsen. Er kunnen dus standplaatsen zijn met een grote voorraad P organisch die volgens de gewasanalyse toch P beperkt zijn. P is dan wel aanwezig in de organische stof, maar komt wellicht onvoldoende beschikbaar omdat de afbraak van organische stof beperkt is. Dit kan het geval zijn op natte standplaatsen.

Net als voor de voorraad anorganisch P wordt een aanzienlijke onderschatting gegeven bij de locaties in de Helvoirtse Broek, vanwege de hogere input van P in agrarisch beheerde terreinen.

Verhouding P anorganisch/P totaal

Het aandeel van anorganisch P in de totale P voorraad, blijkt nauwelijks te verklaren uit de onderzochte standplaatsfactoren. Daarom zullen we niet verder op deze factor ingaan.

Conclusies

- Alle voor de gewasgroei relevante humuseigenschappen bij grondwaterprofielen houden verband met de beschikbaarheid van P. Deze blijken in alle gevallen gecorreleerd te zijn met de voorraad Fe.
- De voorraad anorganisch P wordt behalve door Fe ook bepaald door de hoeveelheid bodemlucht op 15 cm en de GLG. Op natte standplaatsen (GLG ondiep en dus weinig bodemlucht) is de oplosbaarheid van ijzerfosfaten relatief groot, waardoor minder anorganisch P voorkomt.
- Standplaatsen waar de gewasanalyse een P beperking of een gecombineerde N+P beperking indiceert, komen vooral voor bij kleinere voorraden anorganisch P (< 50 $g.m^{-2}$). N beperkte standplaatsen komen voor bij alle niveaus. Bij grotere voorraden is de beschikbaarheid van P meestel wel voldoende.
- De voorraad organisch P wordt behalve door Fe , voornamelijk bepaald door de calciumverzadiging en de pH. Het effect van calciumverzadiging en pH is tegengesteld. Een duidelijke verklaring hiervoor hebben we niet.
- Voor de voorraad organische P geldt dat zowel N als P beperkte standplaatsen voorkomen bij kleine en grote voorraden. Een standplaats met een grote voorraad organisch P kan toch volgens de gewasanalyse een tekort aan P laten zien. Dit kan het gevolg zijn van vertraagde afbraak van organische stof op natte standplaatsen.
- De gevonden relaties tussen de beschikbaarheid van P en standplaatsfactoren gelden alleen voor natuurterreinen. Bij een agrarisch beheer is de input van P via bemesting zo groot dat geen relatie met de standplaats gevonden wordt.

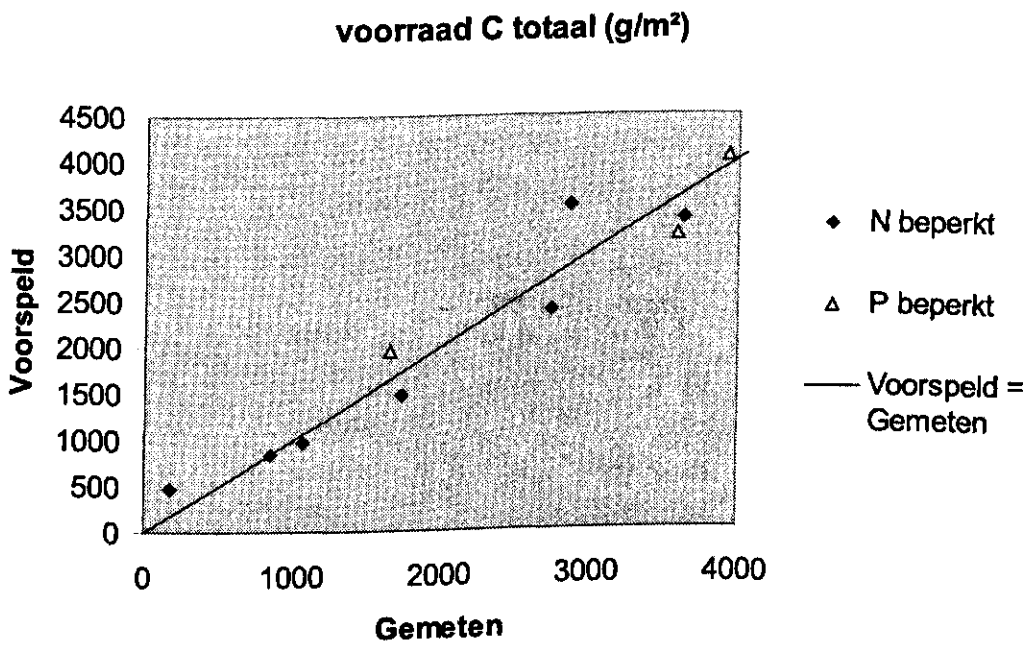
8.4.2.2 Hangwaterprofielen

Ook hier geldt dat het aantal verklarende variabelen beperkt moet blijven in relatie tot het aantal onderzochte standplaatsen (zie paragraaf 8.3.2 en tabel 12) om schijnnauwkeurigheid te voorkomen.

Voor de hangwaterprofielen hebben we onderzocht in hoeverre de voorraden van C totaal (vCtot), P totaal (vPtot), P organisch (vPorg) en C/P organisch (CPorg) verklaard kunnen worden uit de standplaatsfactoren. In tabel 14 is voor deze eigenschappen aangegeven welke variabelen geselecteerd zijn en wat de schattingen zijn voor de modelparameters. Voor P organisch is een logtransformatie uitgevoerd, waardoor een multiplicatief model ontstaat (zie 8.2). De andere humuseigenschappen zijn voor de hangwaterprofielen normaal verdeeld en hoefden dus niet getransformeerd te worden. Voor deze eigenschappen is dus een additief model afgeleid.

Tabel 14 Schattingen en t-waarden voor geselecteerde variabelen voor modellen die de humuseigenschappen verklaren bij hangwaterprofielen uit standplaatsfactoren

	vCtot		vPtot		Ln(Porg + 1)		CPorg	
	p = 5 Cp = 4,95 R^2 = 87,9		p = 7 Cp = 10,98 R^2 = 92,3		p = 4 Cp = 2,11 R^2 = 77,9		p = 3 Cp = 1,42 R^2 = 74,3	
Variabele	**Schatting**	**t**	**Schatting**	**t**	**Schatting**	**t**	**Schatting**	**t**
Constante	13718	6,91	-554	-1,68	8,95	2,73	289	2,32
Ln(Caverz + 1)			296,8	3,65			-86,7	-4,73
Ln(Hca + 1)			36,76	4,60				
Ln(pH +1)	-1140	-6,22	-20,32	-2,26				
Ln(vAlOx – 122,4 +1)	170,9	3,06			0,0877	2,30		
Ln(Al/Fe +1)					-1,047	-2,26		
NO48	-1966	-5,91	-79,1	-3,48				
Ln(ER48 + 6,5 + 1)	-6962	-6,66	-292,7	-3,98				
Ln(L1012 + 1)			175,7	2,33	-0,929	-1,34	-43,3	-1,85



Figuur 15 Relatie tussen voorspeld en gemeten waarden voor een model dat de voorraad C totaal verklaart bij hangwaterprofielen uit standplaatsfactoren.

Voorraad C totaal

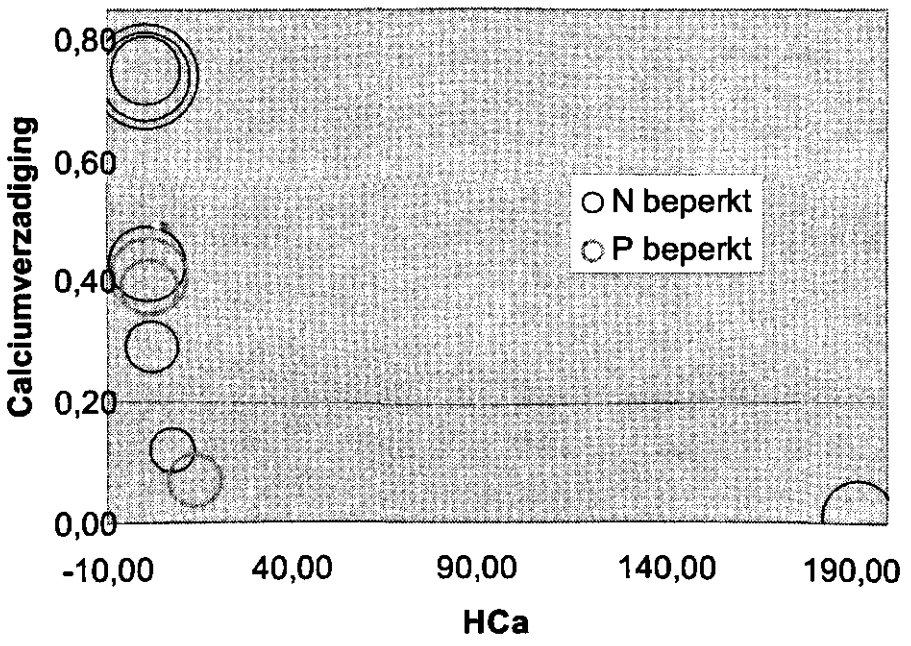
Net als bij de grondwaterprofielen, zijn voor de hangwaterprofielen voorraden P bepalend voor de productiviteit van de vegetatie, maar ook de voorraad C is van belang. Dit is eigenlijk een maat voor de totale voorraad organischstof, die sterk bepalend is voor de beschikbaarheid van nutriënten. Bepalend voor de voorraad C totaal zijn enerzijds pH en de voorraad Al en anderzijds het neerslagoverschot (NO48) en de verdampingsreductie (ER48) van april tot en met augustus. Een hogere pH leidt tot een kleinere voorraad C totaal, omdat de biologische activiteit dan groter is, en de organische stof sneller afgebroken wordt. Omgekeerd is de

oplosbaarheid van Al groter bij een lagere pH, hetgeen een remmende werking heeft op de biologische activiteit, waardoor accumulatie van organische stof plaats vindt, met als gevolg een grotere voorraad C totaal. Het neerslagoverschot en de verdampingsreductie hebben beide een negatief effect op de voorraad C totaal. Het effect van de verdampingsreductie is het grootst. Dit kan verklaard worden uit de kleinere input van organische stof bij standplaatsen waar de groei achterblijft door verdampingsreductie. Het effect van het neerslagoverschot is kleiner, maar is niet te verklaren uit een beperkte gewasgroei. Misschien speelt beperkte strooiselafbraak op droge standplaatsen met een negatief neerslagoverschot een rol.

De door het model voorspelde voorraad C totaal is in figuur 15 uitgezet tegen de gemeten waarden. De voorspelde waarden komen vrij goed overeen met de gemeten waarden, ongeacht het niveau.

Voorraad P totaal

De totale voorraad P is bij hangwaterprofielen afhankelijk van standplaatsfactoren die de zuurgraad controleren en dezelfde vochtvariabelen als bij de voorraad C totaal. De hoeveelheid lucht op 10 cm heeft een positief effect op de voorraad P totaal



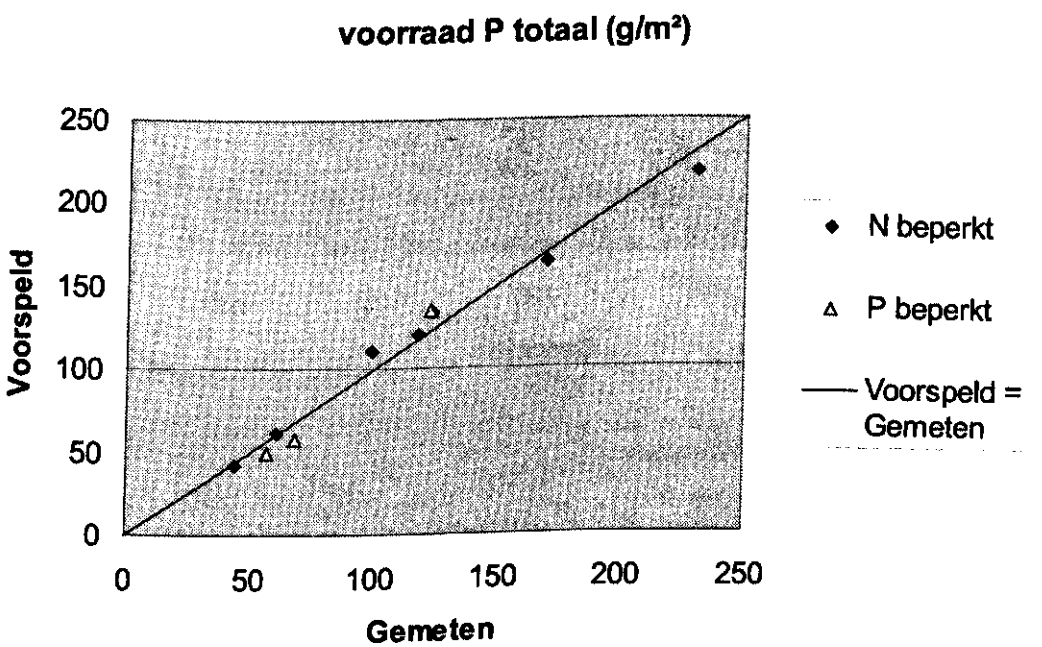
Figuur 16 De relatie tussen calciumverzadiging en de H/Ca verhouding voor hangwaterprofielen. De grootte van de cirkels is afhankelijk van de voorraad P totaal.

De calciumverzadiging en de verhouding tussen geadsorbeerde H en Ca hebben een positief effect op de voorraad P totaal. Het effect van pH is negatief. Hierin zit dezelfde tegenstrijdigheid als welke gevonden werd bij de verklaring van de voorraad P organisch voor de grondwaterprofielen. Mogelijk speelt het verschil in oplosbaarheid van Fe en Al fosfaten enerzijds en Ca fosfaten anderzijds een rol hierbij. De oplosbaarheid van de eerste groep neemt toe bij een toenemende pH

(binnen het traject 4,5 < pH < 6,5), bij de calciumfosfaten juist bij afnemende pH (als pH > 6,5) (Kemmers, 1999) De P-beschikbaarheid zou dan volgens een optimumverloop gerelateerd zijn aan de pH (Bolt & Bruggenwert, 1978).

In figuur 16 is de calciumverzadiging uitgezet tegen de H/Ca ratio voor de hangwaterprofielen, waarbij de voorraad P totaal is weergegeven door de relatieve grootte van de cirkels. Bij een calciumverzadiging > 0,20 neemt de voorraad P totaal toe met de calciumverzadiging. In dit traject wordt het zuurbufferend vermogen bepaald door uitwisseling van Ca en H ionen, of bij zeer hoge waarden door de aanwezigheid van $CaCO_3$. Bij waarden < 0,20 is het effect tegengesteld. Daar neemt de voorraad toe bij een toenemende H/Ca ratio. Bij dit traject gaat de oplosbaarheid van Al een rol spelen in de zuurbuffering, maar ook in de P fixatie. Hieruit kunnen we opmaken dat er verschillende processen een rol spelen die een tegengesteld effect kunnen hebben, afhankelijk van het zuurbuffermechanisme dat in de standplaats relevant is.

Het effect van het neerslagoverschot en de verdampingsreductie op de voorraad P totaal is vergelijkbaar met dat op de voorraad C totaal. Het positieve effect van de hoeveelheid lucht op 10 cm kunnen we uit de beschikbare gegevens niet verklaren.



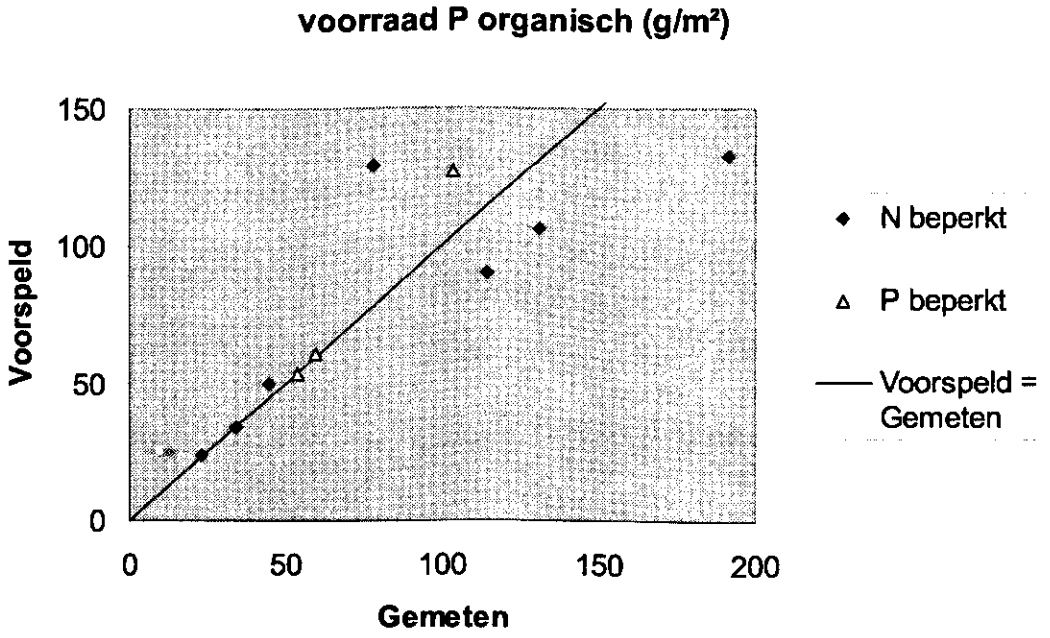
Figuur 17 Relatie tussen voorspeld en gemeten waarden voor een model dat de voorraad P totaal verklaart bij hangwaterprofielen uit standplaatsfactoren.

In figuur 17 zijn de voorspelde en de gemeten waarden voor de voorraad P totaal tegen elkaar uitgezet. Deze komen zeer goed overeen, hetgeen ook te verwachten is, gezien het hoge percentage door het model verklaarde variantie (zie tabel 14).

Voorraad P organisch

De voorraad P organisch hangt voornamelijk af van de voorraad Al en de verhouding tussen Al en Fe. Daarnaast speelt de hoeveelheid lucht op 10 cm een rol.

Er is een positief effect van de voorraad Al, daar staat een negatief effect tegenover wanneer de verhouding Al ten opzichte van Fe toeneemt. Het is aannemelijk dat deze effecten te verklaren zijn vanuit de vorming van Al (en/of Fe) fosfaten. Hoewel die fosfaten tot de anorganische fractie gerekend worden kan het zijn dat ze via daaruit beschikbaar komende hoeveelheid P invloed hebben op de gewasgroei en daarmee op de voorraad organisch P. De hoeveelheid lucht op 10 cm heeft een negatief effect, dat uit de beschikbare gegevens moeilijk te verklaren is.



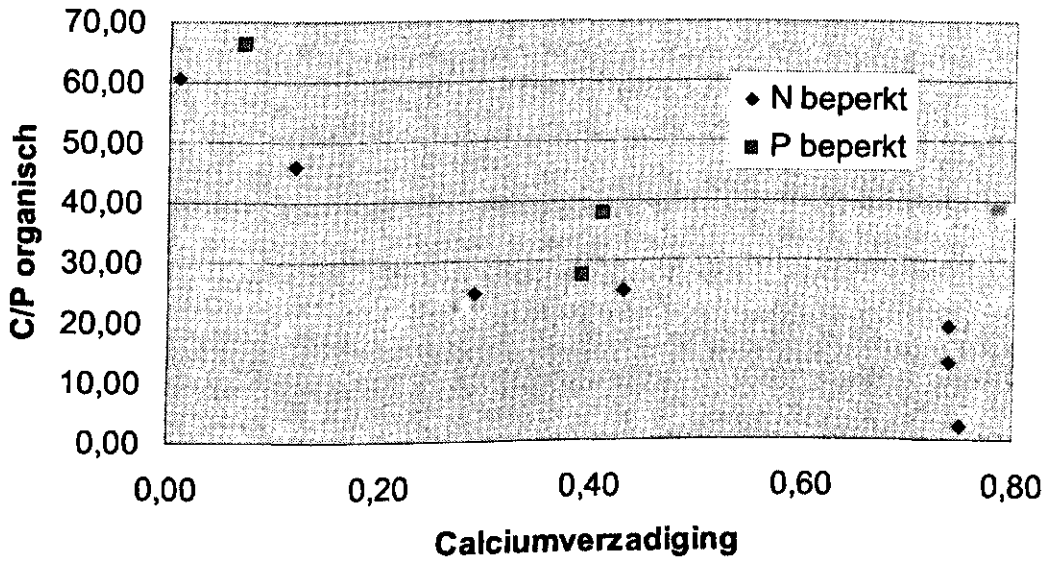
Figuur 18 Relatie tussen voorspeld en gemeten waarden voor een model dat de voorraad P organisch verklaart bij hangwaterprofielen uit standplaatsfactoren

In figuur 18 zijn de door het model voorspelde en de gemeten voorraden P organisch tegen elkaar uitgezet. Bij kleinere voorraden (tot ca 60 g.m^{-2})geeft het model een goede voorspelling. Daarboven is de spreiding veel groter. De afhankelijkheid van de voorraad P organisch van Al en Fe voorraden is kennelijk beperkt tot standplaatsen met een kleine voorraad organisch P. Bij grotere voorraden speelt fixatie aan Al of Fe waarschijnlijk een ondergeschikte rol.

C/P organisch

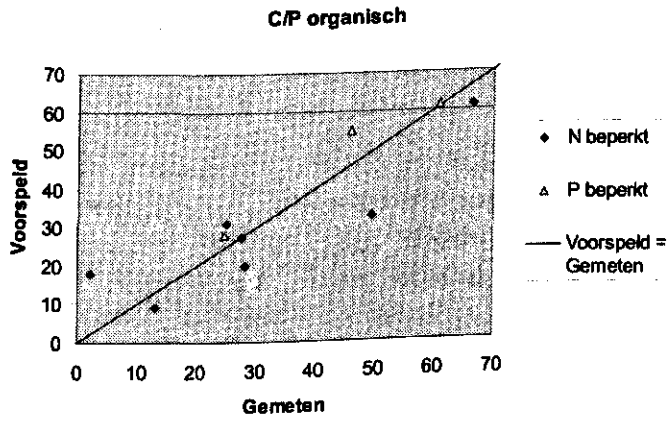
De verhouding tussen C totaal en P organisch blijkt voornamelijk af te hangen van de calciumverzadiging. Daarbij speelt de hoeveelheid lucht op 10 cm ook een rol.

De relatie tussen calciumverzadiging en C/P organisch hebben we uitgezet in figuur 19. Een toename van de calciumverzadiging leidt tot een lagere C/P verhouding. Dit kan wijzen op een verdergaande mineralisatie van de organische stof als gevolg van een actiever bodemleven. Hoewel het aantal waarnemingen beperkt is lijkt het er op dat bij een overeenkomstige calciumverzadiging, de C/P verhouding in P beperkte standplaatsen iets hoger is dan in N beperkte standplaatsen.



Figuur 19 Relatie tussen calciumverzadiging en C/P verhouding voor P organisch bij hangwaterprofielen.

De voorspelde en de gemeten waarden voor de C/P verhouding zijn tegen elkaar uitgezet in figuur 20. De spreiding is constant, ongeacht het niveau.



Figuur 20 Relatie tussen voorspeld en gemeten waarden voor een model dat de C/P verhouding verklaart bij hangwaterprofielen uit standplaatsfactoren

Conclusies

- De voorraad C totaal bij hangwaterprofielen hangt deels af van de pH en de voorraad Al. Bij een hoge pH wordt organische stof sneller afgebroken dan bij een lage. Bij een lage pH is tevens de oplosbaarheid van Al groter hetgeen de afbraak van organische stof remt.
- Een ander deel van de voorraad C totaal hangt af van de verdampingsreductie, als gevolg van verminderde input van organische stof op standplaatsen waar de groei geremd wordt door vochttekort.
- De voorraad P totaal is bij hangwaterprofielen voornamelijk afhankelijk van variabelen die de zuurgraad van de standplaats beschrijven. De relatie verloopt volgens optimumverband, waarbij in het middentraject de laagste voorraden voorkomen.
- De voorraad P organisch in hangwaterprofielen wordt vooral bepaald door de voorraad Al en de verhouding tussen Al en Fe. Een grotere voorraad Al geeft een grotere voorraad P organisch, terwijl een groter aandeel van Al ten opzichte van Fe juist een kleinere voorraad geeft.
- De calciumverzadiging is bepalend voor de C/P (organisch) verhouding in hangwaterprofielen. Bij een hogere calciumverzadiging heeft een lagere C/P verhouding tot gevolg.

9 Beschouwingen, synthese en aanbevelingen

In dit hoofdstuk zullen in paragraaf 9.1 de conclusies geconfronteerd worden met de eerder in hoofdstuk 2 geformuleerde hypothesen die richtinggevend zijn geweest voor het onderzoek. In paragraaf 9.2 zal een antwoord worden geformuleerd op de vragen die in de inleiding gesteld zijn. Uiteindelijk zal in paragraaf 9.3 gepoogd worden tot een synthese te komen en aanbevelingen worden geformuleerd voor de verdere ontwikkeling van ecologische nutrientenmodellen

9.1 Hypothesen

1. Naast nutrienten kan in grondwateronafhankelijke systemen de productiviteit van de vegetatie ook worden beperkt door vochttekorten

Het onderzoek heeft aangetoond dat op droge gronden de productie voor 60% kan worden verklaard (8.2.2) uit alleen hydrologische factoren: de verdampingsreductie, het neerslagoverschot en het luchtgehalte in de wortelzone. Als tevens de eigenschappen van het humusprofiel erbij worden betrokken kan zelfs 93% van de productie worden verklaard. Hoewel de meerderheid van de droge standplaatsen N(+K) beperkt is blijkt de productie tevens uit vooral de voorraad koolstof en fosfor in de wortelzone te kunnen worden verklaard. Zonder de factor hydrologie verklaren de voorraden van elk van de afzonderlijke elementen de productie nauwelijks. De factor hydrologie is dus voor grondwateronafhankelijke standplaatsen een essentiele factor die de productiviteit bepaald. Het is merkwaardig dat er geen significant effect aanwezig is met de N en K-voorraad.

Op natte standplaatsen is vochttekort niet beperkend voor de productie. Slechts 13% van de productie kan worden verklaard uit de factor hydrologie in combinatie met het humusgehalte. Daarbij tonen de aeratie en in mindere mate het vochttekort een significant effect

2. Naast een directe invloed op de productiviteit door vochttekort kan water ook indirect de productiviteit controleren via anaerobie.

Vooral in hangwaterprofielen blijkt het vochttekort direct op de productiviteit van invloed te zijn. In grondwaterprofielen is er een significant effect van de aeratie, maar de verklaarde variantie is beperkt. In grondwaterprofielen blijkt de productiviteit voor 56% te kunnen worden verklaard uit de organische en anorganische fosforvoorraad in de wortelzone. De anorganische voorraad wordt op haar beurt weer door 56% verklaard uit de voorraad ijzer, de GLG en de hoeveelheid bodemlucht. Dit impliceert dat bij natte, ijzerrijke bodems, die periodiek slecht geaëreerd zijn, relatief minder P gefixeerd is, omdat de oplosbaarheid van Fe-P mineralen beter is. In grondwaterprofielen werkt de factor hydrologie dus vooral indirect op de productiviteit in.

3. Fosforlimitatie is te verwachten in kwelmilieus op plaatsen waar door veraarding of een hoge basenstatus humic humusvormen tot ontwikkeling zijn gekomen.

Uit gewasanalyses kon worden afgeleid dat fosforlimitaties vooral voorkomen op (voormalige) kwelplekken. Op dergelijke standplaatsen blijkt een sterke relatie te bestaan tussen de bodemvoorraad fosfor en de voorraad ijzer. Het ijzer is aangevoerd via kwelwater. Het feit dat de voorraad Fe ook voor P organisch de belangrijkste verklarende variabele is doet vermoeden dat de voorraad anorganisch P van invloed is via de volgende serie relaties:

Veel Fe → veel P anorganisch → grotere P beschikbaarheid (tijdens natte perioden) → hogere productie → meer strooiselinput → meer organisch P

Waarschijnlijk wordt de beschikbaarheid van P gereguleerd door mobilisatie van P uit Fe-P-verbindingen tijdens anaerobe perioden met reducerende omstandigheden. Deze standplaatsen worden oorspronkelijk gekenmerkt door een hoge basenstatus, zodat een betrekkelijk rijk bodemleven een redelijke omzetting van organische stof veroorzaakte. Dit heeft de ontwikkeling van 'humic' humusvormprofielen tot gevolg gehad. Er lijkt dus geen oorzakelijke relatie te zijn tussen P-limitatie en de humusvorm.

4. Anaerobie is een belangrijk mechanisme om fosforbeschikbaarheid te reguleren. IJzer speelt daarbij een belangrijke rol.

Grondwaterprofielen ontwikkelen voornamelijk fosforgelimiteerde standplaatsen. Alle fosforvariabelen van het humusprofiel blijken er gecorreleerd te zijn met de voorraad Fe. De voorraad anorganisch P is daarbij negatief gecorreleerd met de GLG en positief met de hoeveelheid lucht op 15 cm. Dit bevestigt de hypothese dat bij natte, ijzerrijke bodems, die periodiek slecht geaëreerd zijn, relatief minder P gefixeerd is, omdat de oplosbaarheid van Fe-P mineralen beter is. Op drogere standplaatsen is de voorraad anorganisch P kleiner.

5. Stikstoflimitatie is te verwachten in combinatie met fibric humusvormen. Dit kan zowel op droge zure standplaatsen als op natte standplaatsen het geval zijn.

Stikstoflimitatie wordt volgens gewasanalyses vooral aangetroffen bij hangwaterprofielen en bij niet verdroogde grondwaterprofielen. Beide standplaatsen ontwikkelen fibric humusvormen. Statistiche analyse laat echter zien dat vooral de P- en C-voorraad in de bodem de productie verklaard in combinatie met hydrologische factoren en niet door de N-voorraad. De koolstofvoorraad is groter naarmate de pH lager en het aluminiumgehalte hoger is. Kennelijk wordt de biologische activiteit dan zo gering dat organische stof steeds minder wordt afgebroken. Of de C-voorraad een direct effect heeft op de productiviteit is niet duidelijk. Het kan ook zijn dat door een grotere koolstofvoorraad meer vocht in de wortelzone kan worden geborgen, waardoor meer water beschikbaar is voor groei. De fosforvoorraad lijkt via een optimumverloop gecorreleerd te zijn met de pH. Omdat in de hangwaterprofielen ook enkele kalkrijke gronden voorkomen, wordt bij lage pH fosfor gebonden aan aluminium en bij hogere pH aan kalk. De grootste P-beschikbaarheid en dus gewasgroei ligt in het middentraject.

Er is nog geen goede verklaring voor waarom op deze N-beperkte standplaatsen de droge stofproductie niet wordt verklaard uit de stikstofvoorraad en wel uit de fosforvoorraad. Het kan zijn dat de statistische analyse een artefact is vanwege het geringe aantal onderzochte standplaatsen. Het kan ook zijn dat dit te maken heeft met de aard van de kringloop van beide elementen (Aber and Melollo, 1991). Voor N en P is decompositie van organische stof en daarop volgende mineralisatie een belangrijke bron. Voor N komt hier echter ook een belangrijke input bij via neerslag van stikstofverbindingen uit de lucht en vastlegging van stikstof door bacteriën. Kalium komt ook zonder decompositie beschikbaar door mechanische fragmentatie en daarop volgende cytolyse. Kalium is echter zeer mobiel en kan gemakkelijk uitspoelen. N en K kringlopen hebben dus een vrij open karakter. Input van P uit de lucht is zeer klein. Voor input van P in de kringloop is vooral verwering van mineralen in de bodem van belang en dat is een langzaam proces. Bovendien wordt een deel van de beschikbare P gefixeerd in slecht oplosbare mineralen met Fe, Al of Ca. Uitspoeling van P is gering. Het open karakter van de N- en K-kringloop impliceert dat er naast een bodemvoorraad sprake is van meer of minder grote inputstromen van deze elementen en dat deze input direct wordt benut door de vegetatie. Een kleine bodemvoorraad met grote fluxen kan dus eenzelfde productie opleveren als een grote bodemvoorraad met kleine fluxen. Bij een gesloten kringloop zoals bij fosfor het geval is, spelen fluxen geen rol van betekenis en is alleen de bodemvoorraad van belang.

Dat op stikstofgelimiteerde standplaatsen dus alleen een relatie wordt aangetroffen tussen de productie en de fosforvoorraad betekent dus dat de vegetatie kennelijk geen gebruik maakt van de N-voorraad uit de bodem maar van een andere stikstofbron bv. de atmosfeer.

6. Kaliumlimitatie is niet te verwachten op standplaatsen waar fibric humusvormen tot ontwikkeling zijn gekomen.

Volgens gewasanalyse is op enkele standplaatsen na overal kaliumlimitatie aanwezig. Kaliumlimitatie beperkt zich niet tot mesic en humic humusvormen. Ook dit wordt bij statistische anlyse niet bevestigd door de voorrraden.

9.2 Onderzoeksvragen

Het onderzoek had tot doel een antwoord te vinden op een aantal vragen.

1. Welke maat geeft de voedselrijkdom van de standplaats weer en hoe kan dat het best worden gemeten ?

De productiviteit van de vegetatie is de beste maat gebleken om de voedselrijkdom van een standplaats tot uitdrukking te brengen. Er is geen enkele correlatie tussen de productiviteit en de voorraad van de afzonderlijke nutrienten (7.4) In algemene termen kan de hoeveelheid voedingsstoffen in de bodem niet als maat voor de voedselrijkdom worden gebruikt. Uit het onderzoek komt naar voren dat niet zozeer de voorraden maar de beschikbaarheid ervan bepalend is voor de productiviteit. Soms is stikstof en soms fosfor en meestal altijd kalium slecht beschikbaar. Daarom

kan de productiviteit zowel door stikstof als door fosfor of kalium worden beperkt of door combinaties daarvan.

2. Onder welke omstandigheden is welke nutrient(N, P of K) beperkend voor de productiviteit van vegetaties ?

Volgens gewasanalyses zijn de hangwaterprofielen doorgaands N-beperkt en grondwaterprofielen P-beperkt. Vrijwel alle standplaatsen zijn tevens K-beperkt. Door tevens hydrologische factoren bij de analyse te betrekken blijkt dat bij hangwaterprofielen vooral de vochttekorten de productiviteit van het gewas beperken en dat voedingstoffen van ondergeschikte betekenis daarbij zijn. Er kunnen kennelijk best veel nutrienten beschikbaar zijn, maar als er een verdampingsreductie optreedt worden de nutrienten niet met de vochtstroom door de vegetatie opgenomen. Dat op deze N-beperkte standplaatsen de P-voorraad positief correleert met de productie en niet de N-voorraad is wellicht te verklaren doordat N een open kringloop en P een gesloten kringloop kent.
Bij grondwaterprofielen zijn de voedingstoffen juist van doorslaggevend belang. Deze grondwaterprofielen zijn voornamelijk P-beperkt door een sterke binding met ijzer dat door kwel is aangevoerd. De beschikbaarheid van P wordt gereguleerd door afwisselend droge en natte omstandigheden. Onder droge omstandigheden wordt P gefixeerd aan Fe-verbindingen en onder natte reducerende omstandigheden lossen Fe-P verbindingen weer op, waardoor P beschikbaar komt.
Kalium is kennelijk een dermate mobiel ion dat onder alle omstandigheden K-beperking kan ontstaan.

3. In hoeverre verschaft het humusprofiel informatie over nutrientkringlopen? (van Dobbe et al., in voorb)

Het humusprofiel verschaft enige indicatie welk nutrient beperkend is. Bij fibric humusvormen ontstaan doorgaands N-beperkte en bij humic humusvormen doorgaands P-beperkte standplaatsen. Kaliumbeperkte standplaatsen zijn moeilijk te koppelen aan de humusvorm.

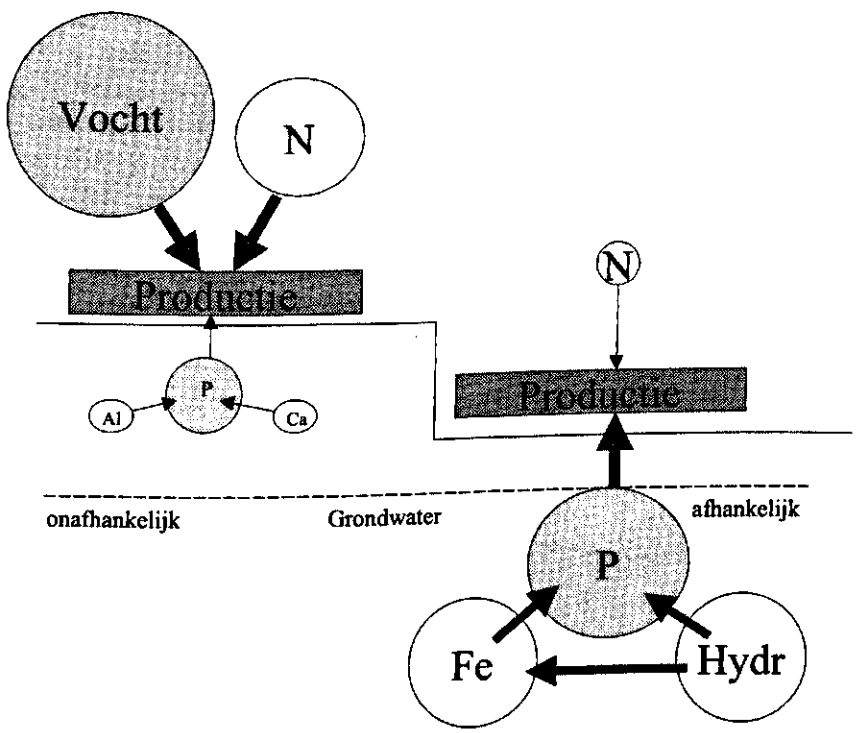
9.3 Synthese en aanbevelingen voor modellering

In deze paragraaf wordt een synthese gemaakt van processen en factoren die bepalend zijn voor de productiviteit van de vegetatie. Deze synthese geeft de contouren van een conceptueel model (zie figuur 21) van de relatie tussen productiviteit en nutrienten en bodemfactoren.

Grondwateronafhankelijke systemen

De productiviteit wordt primair bepaald (60%) door vochttekorten en de daarop volgende verdampingsreductie. Nutrientenvoorraden zijn van secundair belang. Daarbij is de productie met name gerelateerd aan de fosforvoorraad en niet aan de stikstofvoorraad in de bodem. Verdampingsreductie en fosforvoorrad verklaren 93% van de productie. Er komen echter hoofdzakelijk stikstof- en kaliumbeperkte groeiplaatsen voor. Dit impliceert dat het belang van de stikstofkringloop op een ander manier moet worden verklaard dan via de stikstofvoorraad in de bodem.

Kennelijk zijn andere bronnen dan de bodem bepalend voor de beschikbaarheid van stikstof. Het meest waarschijnlijk is dat de atmosfeer deze rol vervult.
Voor de modellering betekent dit dat de gewasverdamping en de stikstofhuishouding de belangrijkste processen zijn om de productiviteit te kunnen simuleren. Door de fosforhuishouding in de modellering te betrekken ontstaat waarschijnlijk maar een geringe meerwaarde voor de modellen. Indien de fosforhuishouding in beschouwing wordt genomen lijkt de beschikbaarheid ervan via een optimumverloop afhankelijk van de zuurgraad. Onder zure omstandigheden fixeren aluminiumcomponenten het fosfaat en onder basische omstandigheden kalk. Hoewel kalium een evident beperkende rol speelt voor de productie, s moeilijk aan te geven waardoor de beschikbaarheid wordt gereguleerd. Waarschijnlijk komt kalium vrij snel en in ruime hoeveelheden beschikbaar bij cytolyse als gevolg van mechanische fragmentatie in een vroeg stadium van de decompositie van ruw strooisel. Door de mobiliteit van het ion spoelt kalium vrij makkelijk uit waardoor te korten ontstaan.



Figuur 21 Conceptueel model voor de productie van de vegetatie als functie van verschillende factoren in grondwateronafhankelijke en –afhankelijke standplaatsen. Hoe groter de cirkels en dikker de peilen des te zwaarder het gewicht en belangrijker voor de relatie.

Grondwaterafhankelijke systemen

In grondwaterafhankelijke systemen wordt de productie van de vegetatie primair bepaald (56%) door nutrientenvoorraden in de bodem. Hydrologische factoren zijn van ondergeschikt belang en alleen indirect van betekenis. De productie is met name gerelateerd aan de fosforvoorraden in de bodem en niet aan de stikstof- of kaliumvoorraad. Er komen hoofdzakelijk fosforbeperkte groeiplaatsen voor. Het is niet duidelijk of, zoals bij de grondwateronafhankelijke systemen, de atmosferische

N-input van belang is voor de productiviteit. Deze wordt immers voor en relatief beperkt deel (56%) verklaard.

De fosforvoorraad in de bodem is sterk gecorreleerd aan de voorraad ijzer, de GLG en de aeratie. Naarmate de GLG dieper is wordt de fosforvoorraad kleiner. Naarmate de GLG ondieper is zal er een sterkere kwelinvloed zijn, waardoor grote voorraden ijzer naar de wortelzone zullen zijn aangevoerd en waardoor fosfaten gefixeerd kunnen worden, zodat er een grote fosforvoorraad wordt opgebouwd. In kwelsystemen wordt fosfor hierdoor vastgehouden (retentie). de productie is groter naarmate de voorraad anorganisch fosfor groter is. De P-beperking op deze standplaatsen komt dus tot stand door ijzerfixatie. De P-beschikbaarheid wordt echter gereguleerd door periodieke anaerobie van deze kwelprofielen, waardoor reducerende processen ontstaan. Door reductie zullen Fe-P verbindingen in oplossing en beschikbaar voor de vegetatie komen. Vandaar dat er tevens een positieve correlatie tussen de fosforvoorraad en de aeratie.

Voor de modellering betekent dit dat in grondwaterafhankelijke systemen fosfaatopname, fosfaatfixatie door ijzer en de regulatie daarvan onder invloed van reducerende processen noodzakelijk zijn. Voor kalium geldt hetzelfde als bij grondwateronafhankelijke profielen.

Literatuur

Aber, J.D. and J.M. Melillo, 1991. *Terrestrial ecosystems. Chapter 14: Plant-Soil Interactions: Summary effects on nutrient cycles. pp. 210-224* Saunders College Publishing Philadelphia.

Belmans, C., J.G. Wesseling & R.A. Feddes, 1983. *Simulation of the water balance of a cropped soil: SWATRE.* Journal of Hydrology 63, 271-286.

Bolt, G.H. en M.G.M. Bruggenwert, 1978. *Soil chemistry A. Basic elements.* Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam.

Cate, J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp, 1995. *Handleiding bodemgeografisch onderzoek; Richtlijnen en voorschriften; Deel D: Interpretatie van bodemkundige gegevens voor diverse vormen van bodemgebruik.* Wageningen, SC-DLO Technisch Document 19D.

Dam, J.C. van, J.Huygens, J.G. Wesseling, R.A. Feddes, P. Kabat, P.E.V. van Walsum, P. Groenendijk & C.A. van Diepen, 1997. *Theory of SWAP version 2.0. Simulation of water flow, solute transport and plant growth in the Soil-Water-Atmosphere_Plant environment.* Wageningen, Agricultural University. Department Water Resources. Report 71. 167 pp.

Dobben, Han van, Rolf Kemmers, Hans Kros en Han Runhaar, 2001. *Modellering nutriëntendynamiek in terrestrische ecosystemen; Voorstudie.* Wageningen Alterra, Rapport in voorb.

Feddes, R.A., P.J. Kowalik & H. Zaradny, 1978. *Simulation of field water use and crop yield. Simulation Monographs.* Wageningen, Pudoc. 189 pp.

Genstat 5 Committee, 1995. *Genstat for Windows Reference Manual Supplement.* Oxford, Numerical Algorithms Group Ltd.

Goedhart, P.W. & Thissen, J.T.N.M. (eds), 1992. *Genstat Procedure Library Manual & GLW Procedure Library Manual. Release 2[3].* Wageningen, DLO-Groep Landbouwwiskunde, Rapport LWA-92-15.

Jansen, P.C. & R.H. Kemmers, 1995. *Ecohydrologisch onderzoek in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'.* Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 398.

Jansen P.C., J. Runhaar, J.P.M. Witte & J.C. van Dam, 2000. *Vochtindicatie van grasvegetatie in relatie tot de vochttoestand van de bodem.* Wageningen, Alterra. Rapport 057.

Kemmers, Rolf, 1993. "Staalkaarten voor een ecologische landevaluatie" In Landschap1993 10/1.

Kemmers, R.H. Jansen, P.C en S.P.J. van Delft, 2000. *De regulatie van de basentoestand in kwelafhankelijke schraalgraslanden en laagveenmoerassen.* Wageningen, EC-LNV/Alterra. OBN-Rapport 8.

Koerselman, W. en A. Meuleman, 1996. *N:P ratio's en nutrientenbeperking.* Landschap 13(4).

Makkink, G.F., 1957. *Testing the Penman formule by means of lysimeters.* J. Int. Water Eng., 11, Pag. 277-288.

Oude Voshaar, J.H., 1994. *Statistiek voor onderzoekers; met voorbeelden uit de landbouw- en milieuwetenschappen.* Wageningen, Wageningen Pers.

Pegtel, D.M., J.P. Bakker, G.L.Verwey and L.F.M. Fresco, 1996. *N, K and P deficiency in chronosequential cut summer-dry grasslands on gley podzol after the cessation of fertilizer application.* Plant and Soil, 178(1):121-131.

Runhaar, J., H.L. Boogaard, S.P.J. van Delft en S. Weghorst. 1999. *Natuurgericht Landevaluatiesysteem (NATLES).* Wageningen. DLO-Staring Centrum. Rapport 704.

Stolte, CJ., C.J. Ritsema, G.J. Veerman & W. Hamminga, 1994. *Bodemfysische schematisatie van drie stroomgebieden in Zuid-Limburg op basis van een erosiegevoeligheidsanalyse.* Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 343.

Stolte, J., J.G. Wesseling & J.H.M. Wösten, 1996. *Pedo transfer functions for hydrolic and thermal properties of soil and the tool HERCULES.* Wageningen, DLO-Staring Centrum. Report 126.

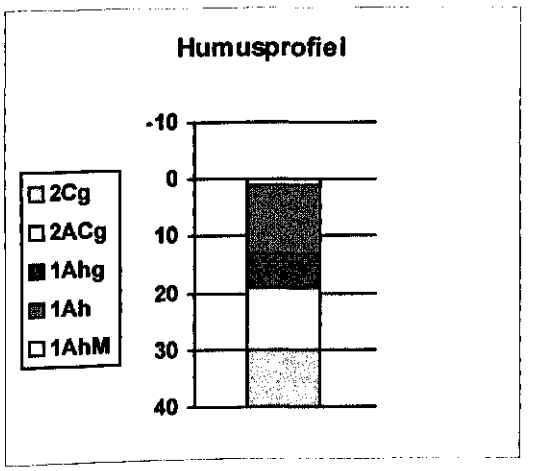
Wösten, J.H.M., G.J. Veerman & J. Stolte, 1994. *Waterretentie- en doorlatendheids-karakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks.* Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Document 18.

Aanhangsel 1 Profielbeschrijvingen onderzochte standplaatsen

Profielbeschrijving B50

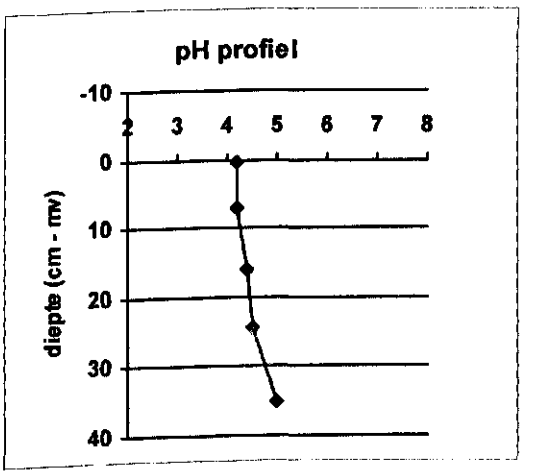
Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
De Marschen			B50	29-8-20
X-coördinaat	Y-coördinaat	m + NAP	Topkaart	
207660	564910	2,52	11E	
Projektnummer	Projekt		Opnemer	
10232	Basisstudie Voedselrijkdom		Bas van Delft	
Bodemgebruik				
GR - grasland, blijvend				
Beheer		Plagjaar		
Maaien (natuur)		0		
Opmerkingen over de locatie				
zie toelichting				



Landschap

Fysiotoop:	
hz3b - lemige dekzandgebieden en dekzand op leem	
Geomorfologie	
dalvormig laagte met kleidek op dekzand op keileem	
Vegetatietype (SBB)	16A-a
Klasse	Molinio-Arrhenatheretea
Verbond	Junco-Molinion
Associatie	RG Succisa pratensis - Carex panicea [Junco-Molini
SubAssociatie	Onbepaald



Hydrologie

Hydrologisch Systeem				
Kwelgebied (zoet)			Berekende GVG	
GHG (veld)	GLG (veld)		polder	stroomgebied
0	75		25	15
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype
0	0	0	0	

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000		Humusvorm	
kpZg23x - IIa		1s12	Beekhydromull
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte	
999	70	20	

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	Fauna D	R	Opmerkingen
1AhM	0,0 - 1,0	SMCL		12			20	55		4,2	1				/	340 W	PFVFRA			
1Ah	1,0 - 13,0	SMGR		12			20	55		4,2	1				/	340 GR	COVFR			granulair dor aggregaten van wormen
1Ahg	13,0 - 19,0	SMCL		10			20	55		4,4	1				/	340 BL	COVFR	wormga		
2ACg	19,0 - 30,0	SMGR						15	160	4,5	1				/	410 SP	VFVFVE			
2Cg	30,0 - 75,0							15	160	5	1				/	410	VFFIVE			
3Cr	75,0 - 150,0			1				70		6	1				/	510 MA	NO			blauw met houtresten

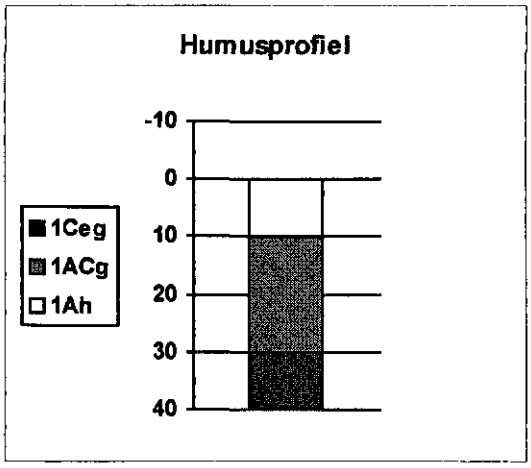
Toelichting

vegetatiebeheer: eenmaal per jaar gemaaid en afgevoerd; in principe in augustus
Kleilaag bovenin afkomstig van holocene beekafzetting? of toch pleistoceen? Verspoelde keileem?

Profielbeschrijving G109b

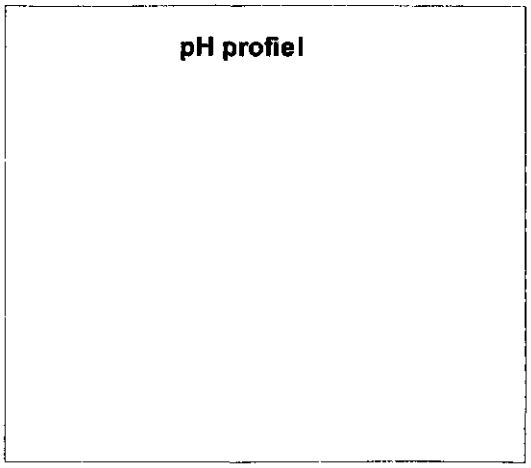
Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
Groot-Zandbrink Zuidwest			G109b	31-8-19
X-coördinaat	**Y-coördinaat**	**m + NAP**	**Topkaart**	
161081,5	459817,2	3,63	32G	
Projektnummer	**Projekt**		**Opnemer**	
85035	Basenregulatie		Bas van Delft en Rolf Kem	
Bodemgebruik				
GR - grasland, blijvend				
Beheer		**Plagjaar**		
Maaien (natuur)		0		
Opmerkingen over de locatie				
Nieuwe beschrijving van G109				



Landschap

Fysiotoop:	
hz3d1 - vochtige dekzandlaagten	
Geomorfologie	
dekzandlaagte	
Vegetatietype (SBB)	16A1a
Klasse	Molinio-Arrhenatheretea
Verbond	Junco-Molinion
Associatie	Cirsio-Molinietum
SubAssociatie	Cirsio-Molinietum typicum



Hydrologie

Hydrologisch Systeem				
Kwelgebied (zoet)			Berekende GVG	
GHG (veld)	**GLG (veld)**		**polder**	**stroomgebied**
0	100		29	19
GWS	**pH (veld)**	**EGV (veld; mS/m)**	**Inundatieduur**	**Inundatietype**
0	0	0	0	

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000		Humusvorm	
Zn23 - IIIa		1s12	Beekhydromull
Ontkalkingsdiepte	**Bewortelbare diepte**	**Effectieve Bewortelbare diepte**	
999	50	10	

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	D	R	Fauna	Opmerkingen
1Ah	0,0 - 10,0	WAGR		5	1		30	140		1					/	412	MA			COFIRA worm	
1ACg	10,0 - 30,0	SMDI		1			20	140		1					/	412	SP			FEFIVE	zwak roestig
1Ceg	30,0 - 50,0						20	140		1					/	412	SP			VFMEV	zwak roestig
1Cgr	50,0 - 85,0			2			15	140		1					/	412	SP			NO	veel houtresten
1Cr	85,0 - 120,0						15	140		1					/	413	SP			NO	veel hotresten + grindjes

Toelichting

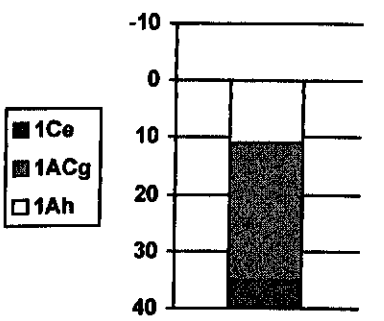
Vegetatietype niet opnieuw opgenomen!
Bovengrond plaatselijk zeer sterk lemig

Profielbeschrijving G133b

Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
Groot-Zandbrink Zuidwest			G133b	31-8-19
X-coördinaat	Y-coördinaat	m + NAP	Topkaart	
161078,8	459821,2	3,61	32G	
Projektnummer	Projekt		Opnemer	
85035	Basenregulatie		Bas van Delft en Rolf Kem	
Bodemgebruik				
GR - grasland, blijvend				
Beheer		Plagjaar		
Maaien (natuur)		0		
Opmerkingen over de locatie				
Nieuwe beschrijving van G133				

Humusprofiel



Landschap

Fysiotoop:	
hz3d1 - vochtige dekzandlaagten	
Geomorfologie	
dekzandlaagte	
Vegetatietype (SBB)	16A1a
Klasse	Molinio-Arrhenatheretea
Verbond	Junco-Molinion
Associatie	Cirsio-Molinietum
SubAssociatie	Cirsio-Molinietum typicum

pH profiel

Hydrologie

Hydrologisch Systeem				
Kwelgebied (zoet)			Berekende GVG	
GHG (veld)	GLG (veld)		polder	stroomgebied
0	90		27	18
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype
0	0	0	0	

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000		Humusvorm	
Zn23 - IIIa		1s12	Beekhydromull
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte	
999	50	10	

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	D	Fauna R	Opmerkingen
1Ah	0,0 - 11,0	SMGR		5			20	140		1					/	412 MA	COVFR			
1ACg	11,0 - 35,0	SMDf		1			15	140		1					/	412 SP	VFFIVE			zwak roestig
1Ce	35,0 - 70,0						20	140		1					/	412 SP	NO			zwak roestig; houtresten
1Cr	70,0 - 120,0						15	140		1					/	413 SP				houtresten

Toelichting

Vegetatietype niet opnieuw opgenomen!

Profielbeschrijving HB6

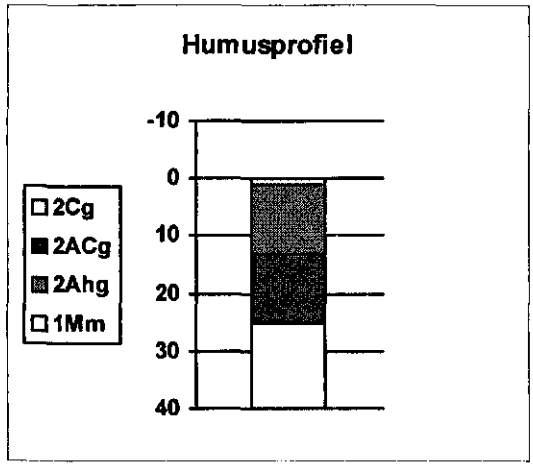
Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
Helsbroek			HB6	1-10-19
X-coördinaat	**Y-coördinaat**	**m + NAP**	**Topkaart**	
141500	393924	0	51A	
Projektnummer	**Projekt**		**Opnemer**	
87590	Klimaat en beken		Bas van Delft	

Bodemgebruik
GR - grasland, blijvend

Beheer
Maaien (natuur)

Opmerkingen over de locatie
dekzandrug langs geul



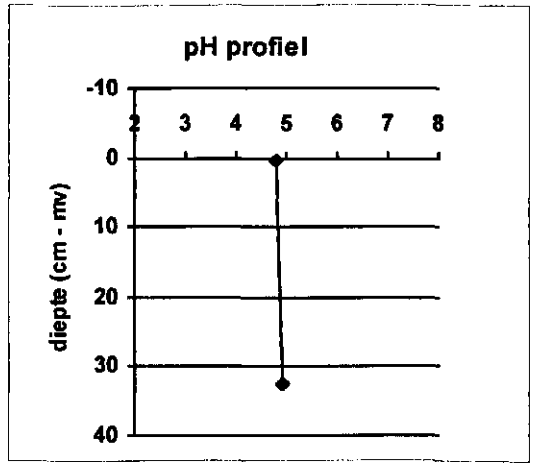
Landschap

Fysiotoop:
hz3b - lemige dekzandgebieden en dekzand op leem

Geomorfologie
dekzandrugje

Vegetatietype (SBB) 16A2c

Klasse	Molinio-Arrhenatheretea
Verbond	Junco-Molinion
Associatie	Crepido-Juncetum
SubAssociatie	*Crepido-Juncetum inops*



Hydrologie

Hydrologisch Systeem
Wegzijgingsgebied, randzône

GHG (veld)	GLG (veld)	Berekende GVG polder	Berekende GVG stroomgebied
5	90	31	22

GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype
36	0	0	0	

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm
pZn23t - IIIa	1s12d Schrale-Beekhydromull

Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte
999	70	13

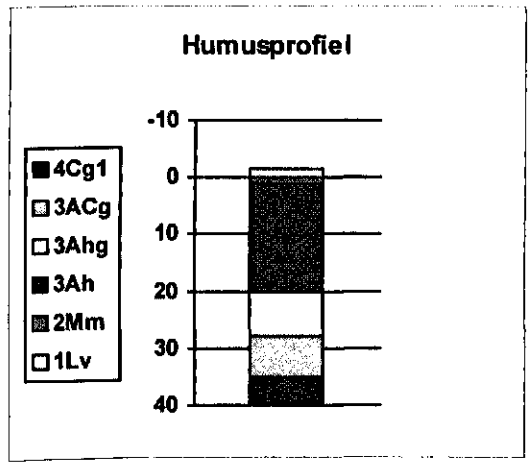
Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	D	R	Fauna	Opmerkingen
1Mm	0,0 - 1,0	WAGR		80		OV				4,8	1				/	190	W			PFVFRA	
2Ahg	1,0 - 13,0	WACL		8	2		5	30	140		1				/	410	MA			COVFR	
2ACg	13,0 - 25,0	SMDI		1	2			25	140		1				/	410	SP			VFFIRA	wormga
2Cg	25,0 - 70,0							30	130	4,9	1				/	410	SP			NO	roestig
2Cgr	70,0 - 90,0							20	140		1				/	410				NO	grijs, roest langs wortelgangen
2Cr	90,0 - 120,0							15	140		1				/	410				NO	grijs
3Cr	120,0 - 180,0							55		6,5	1				/	422				NO	grijs met houtresten

Profielbeschrijving B46

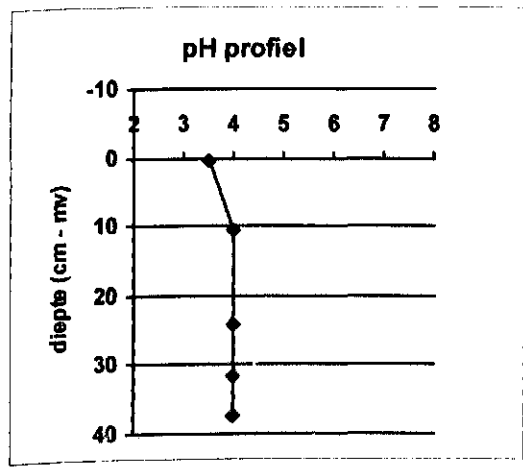
Administratieve gegevens

Terrein				Alfacode	Datum
De Marschen				B46	29-8-20
X-coördinaat	Y-coördinaat	m + NAP		Topkaart	
207650	563925	2,45		11E	
Projektnummer	Projekt			Opnemer	
10232	Basisstudie Voedselrijkdom			Bas van Delft	
Bodemgebruik					
GR - grasland, blijvend					
Beheer			Plagjaar		
Maaien (natuur)			0		
Opmerkingen over de locatie					
foto 513 landschap 514 vegetatie 515 profiel					



Landschap

Fysiotoop:	
hz1c - keileemopduikingen	
Geomorfologie	
flank dekzandrug	
Vegetatietype (SBB)	16A1b
Klasse	Molinio-Arrhenatheretea
Verbond	Junco-Molinion
Associatie	Cirsio-Molinietum
SubAssociatie	Cirsio-Molinietum nardetosum



Hydrologie

Hydrologisch Systeem					
Kwelgebied, gedraineerd			Berekende GVG		
GHG (veld)	GLG (veld)		polder	stroomgebied	
15	100		41	31	
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype	
70	0	0	0		

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50.000			Humusvorm	
kpZg23x - IIIa			1s12d	Schrale-Beekhydromull
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte		
999	80	30		

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	Fauna D	R	Opmerkingen
1Lv	-1,5 -	0,0	WACL												/	190	SP	NO		Nardus pol
2Mm	0,0 -	1,0	SMAB	80	OV					3,5					/	190	W	ABVFRA		
3Ah	1,0 -	20,0	SMGR	12			20	60		4	1	5			/	510	MA	COVFR		
3Ahg	20,0 -	28,0	WAGR	12			20	60		4	1	5			/	510	GR	COVFR		rul
3ACg	28,0 -	35,0	WACL	2			20	60		4	1	4			/	510	MA	FEVFRA		roestig
4Cg1	35,0 -	55,0						25	160	4	1				/	520		VFFIVE		sterk roestig
4Cg2	55,0 -	85,0						25	160	4,3	1				/	520		VFFIVE		zwak roestig; stenen
4Cr3	85,0 -	100,0						25	160	4,8	1				/	520		NO		blauwgrijs met roest
4Cr	100,0 -	150,0						40	160	5,8	1				/	520		NO		blauwgrijs met houtresten

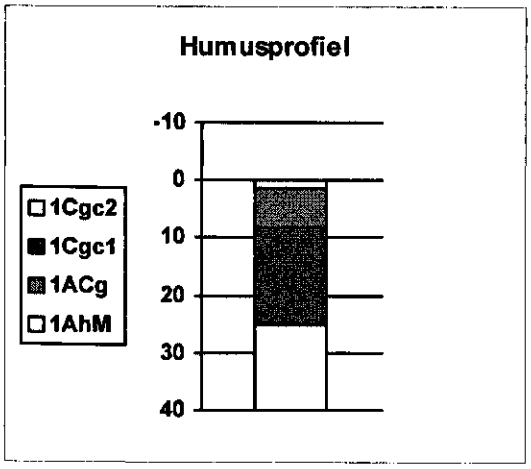
Toelichting

vegetatiebeheer: eenmaal per jaar gemaaid en afgevoerd; in principe in augustus
Kleilaag bovenin zou ook een holocene beekafzetting kunnen zijn. Bij buis B50 is dat waarschijnlijker. B50 ligt in een langerekte laagte.

Profielbeschrijving VL04A

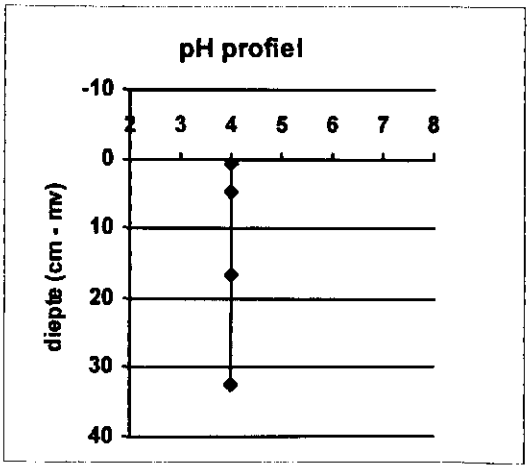
Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
De Borkeld			VL04A	5-7-200
X-coördinaat	**Y-coördinaat**	**m + NAP**	**Topkaart**	
231000	475000	0	28D	
Projektnummer	**Projekt**		**Opnemer**	
10232	Basisstudie Voedselrijkdom		Bas van Delft	
Bodemgebruik				
GR - grasland, blijvend				
Beheer		**Plagjaar**		
Maaien (natuur)		1980		
Opmerkingen over de locatie				
zie toelichting				



Landschap

Fysiotoop	
hz1c - keileemopduikingen	
Geomorfologie	
Bovenkant leemkuil	
Vegetatietype (SBB)	19A2
Klasse	Nardetea
Verbond	Nardo-Galion saxatilis
Associatie	Gentiano pneumonanthes-Nardetum
SubAssociatie	Onbepaald



Hydrologie

Hydrologisch Systeem				
Wegzijgingsgebied		Berekende GVG		
GHG (veld)	**GLG (veld)**	**polder**	**stroomgebied**	
10	201	54	42	
GWS	**pH (veld)**	**EGV (veld; mS/m)**	**Inundatieduur**	**Inundatietype**
0	0	0	0	

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000		Humusvorm	
fKX G - sVad		1t12j	Ferro-Beekvaagmull
Ontkalkingsdiepte	**Bewortelbare diepte**	**Effectieve Bewortelbare diepte**	
999	25	10	

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo	ST	Wortels A	D	R	Fauna	Opmerkingen
1AhM	0,0 - 1,5	SMCL		30		OV		30	140	4	1				/	520	W	PFFIRA				
1ACg	1,5 - 8,0	SMGR		2	2			40	140	4	1	5			/	520	GR	COFIRA				
1Cgc1	8,0 - 25,0							40	140	4	1	5			/	520		FEFIVE				sterk roestig
1Cgc2	25,0 - 150,0						20	60		4	1	5			/	510		NO				sterk roestig + iets MnO; pH op 150 4,

Toelichting

plagjaar is zeer ruwe schatting

Profielbeschrijving MW1

Administratieve gegevens

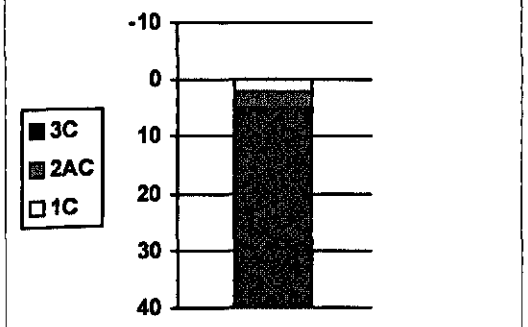
Terrein			Alfacode	Datum
Millingerwaard			MW1	6-7-200
X-coördinaat	Y-coördinaat	m + NAP	Topkaart	
196445	431060	0	40D	
Projektnummer	Projekt		Opnemer	
10232	Basisstudie Voedselrijkdom		Bas van Delft	

Bodemgebruik
GR - grasland, blijvend

Beheer	Plagjaar
Begrazen (extensief)	1999

Opmerkingen over de locatie
zie toel

Humusprofiel



pH profiel

Landschap

Fysiotoop:
ri1b - lage oeverwallen en stroomruggen

Geomorfologie
Jong rivierduin

Vegetatietype (SBB)	31D2
Klasse	Artemisietea vulgaris
Verbond	Dauco-Melilotion
Associatie	Bromo inermis-Eryngietum campestris
SubAssociatie	Onbepaald

Hydrologie

Hydrologisch Systeem
Wegzijgingsgebied

GHG (veld)	GLG (veld)	Berekende GVG polder	Berekende GVG stroomgebied
100	301	142	131

GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype
0	0	0	0	

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000		Humusvorm	
Zd20A - bVIId		1t13	Strandvaagmull
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte	
0	150	10	

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	D	Fauna R	Opmerkingen
1C	0,0 - 2,0	IRCL						2	180	2					/	440 SP	VFFIRA			
2AC	2,0 - 5,0	IRAB		2	1			20	180	3					/	310 SP	FEFIRA			
3C	5,0 - 65,0			1	1			2	180	2					/	440 SP	FEFIVE			
4ACb	65,0 - 90,0			3			13	30	160	3	3				/	310				
4C	90,0 - 110,0			1				2	180	2					/	310				kleilaagjes
4Cg	110,0 - 150,0			3			15	30	170	3					/	310				zandlaagjes

Toelichting

Pas overstoven; veel kale grond

Profielbeschrijving MK04

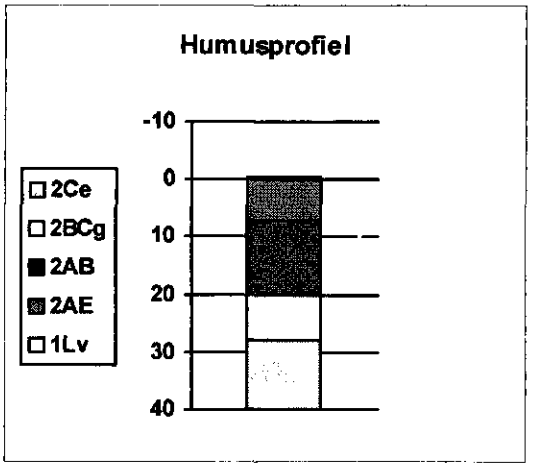
Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
Meeuwenkamp			MK04	25-8-20
X-coördinaat	**Y-coördinaat**	**m + NAP**	**Topkaart**	
166120	451305	0	32G	
Projektnummer	**Projekt**		**Opnemer**	
10232	Basisstudie Voedselrijkdom		Bas van Delft	

Bodemgebruik
GR - grasland, blijvend

Beheer — **Plagjaar**
Maaien (natuur) — 0

Opmerkingen over de locatie
zie toelichting



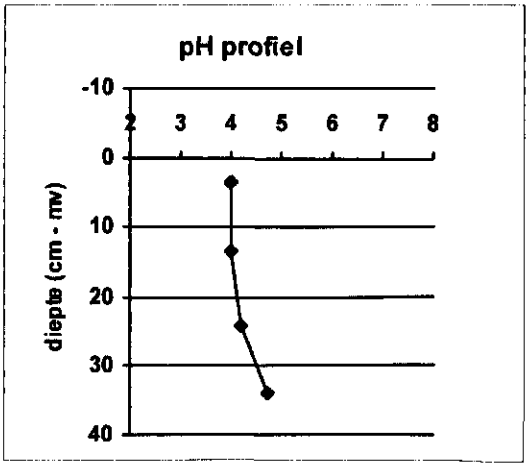
Landschap

Fysiotoop:
hz3a - leemarme droge dekzandgebieden

Geomorfologie
dekzandrug

Vegetatietype (SBB) 16-i

Klasse	Molinio-Arrhenatheretea
Verbond	RG Agrostis capillaris - Hypochaeris radicata [Mol
Associatie	Onbepaald
SubAssociatie	Onbepaald



Hydrologie

Hydrologisch Systeem
Wegzijgingsgebied, randzône

GHG (veld)	GLG (veld)	Berekende GVG polder	Berekende GVG stroomgebied
30	150	61	51

GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype
0	0	0	0	

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm	
pZn21 - Vbo	1t15	Heidevaagmull

Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte
999	30	20

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	D	R	Fauna	Opmerkingen
1Lv	-0,5 - 0,0	SMAB													/	170	SP	FEVFRA			
2AE	0,0 - 7,0	SMGR		3	3		8	130		4	1				/	410	SP	COVFR		keverlar	droog, hydrofoob; licht bruingrijs
2AB	7,0 - 20,0	SMDI		3			11	130		4	1				/	410	SP	COVFR			grijsbruin
2BCg	20,0 - 28,0	SMCL		1			11	130		4,2	1				/	410	SP	FEVFRA			lichtbruin
2Ce	28,0 - 115,0						11	130		4,7	1				/	410		NO			
2Ceg	115,0 - 150,0						11	140		4,7	1				/	410		NO			iets roestig
2Cr	150,0 - 180,0						11	145		4,7	1	3			/	410		NO			slap; houtresten

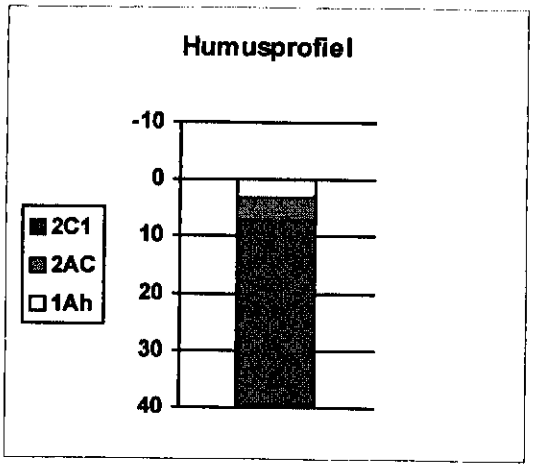
Toelichting

8 meter 210 gr ZZW van diepe peilbuis
foto 504 landschap
505 vegetatie
506 profiel

Profielbeschrijving VL10

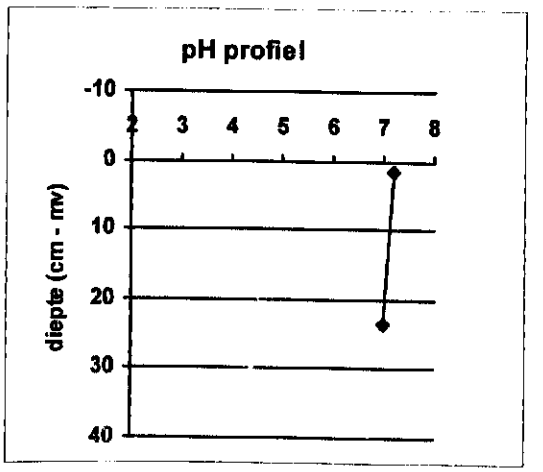
Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
Millingerwaard			VL10	6-7-200
X-coördinaat	Y-coördinaat	m + NAP	Topkaart	
196430	430930	0	40D	
Projektnummer	Projekt		Opnemer	
10232	Basisstudie Voedselrijkdom		Bas van Delft	
Bodemgebruik				
GR - grasland, blijvend				
Beheer		Plagjaar		
Begrazen (extensief)		1980		
Opmerkingen over de locatie				
zie toel				



Landschap

Fysiotoop	
ri2d - hoge oeverwallen en rivierduinen	
Geomorfologie	
Begroeid rivierduin	
Vegetatietype (SBB)	31D2
Klasse	Artemisietea vulgaris
Verbond	Dauco-Melilotion
Associatie	Bromo inermis-Eryngietum campestris
SubAssociatie	Onbepaald



Hydrologie

Hydrologisch Systeem				
Wegzijgingsgebied			Berekende GVG	
GHG (veld)	GLG (veld)		polder	stroomgebied
100	301		142	131
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype
0	0	0	0	

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000		Humusvorm	
Zd20A - bVIId		1t31	Kalkzandmull
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte	
0	150	10	

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	D	R	Fauna	Opmerkingen
1Ah	0,0 - 3,0	SMCL		5			20			7,2	3	5			/	310	MA			COFIRA	bruin
2AC	3,0 - 7,0	SMGR		1				2	170		3				/	440	SP			COFIRA	dunne kleilaagjes (2mm)
2C1	7,0 - 60,0			0,1				2	170	7	3				/	440				VFFIVE	dunne kleilaagjes (2mm - 2 cm)
2C2	60,0 - 100,0			0,3				2	170		2				/	440				NO	dunne kleilaagjes (2 mm - 2cm)
2Ceg	100,0 - 145,0			0,3				2	180	7,5	2				/	440				NO	dunne kleilaagjes (2mm - 2cm)
3Ahbg	145,0 - 150,0			3	1		6	20	180		3				/	440					roestig bruingrijs

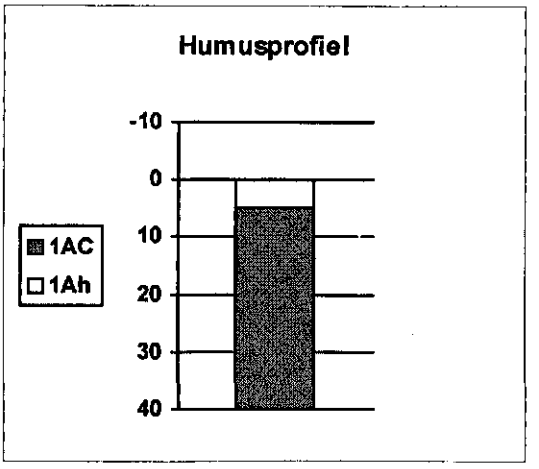
Toelichting

Plagjaar zeer grove schatting
Terrein begraasd met Konik paarden; Vegetatiemonster genomen van relatief onbegraasde plek
foto:
398 Landschap naar ZZW; 339 idem NO
400 Vegetatie
401 Profiel

Profielbeschrijving VL15

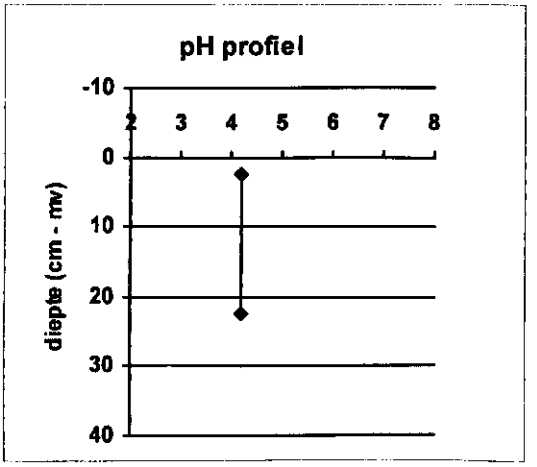
Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
A50			VL15	3-7-200
X-coördinaat	**Y-coördinaat**	**m + NAP**	**Topkaart**	
180750	442900	0	40A	
Projektnummer	**Projekt**		**Opnemer**	
10232	Basisstudie Voedselrijkdom		Bas van Delft	
Bodemgebruik				
GR - grasland, blijvend				
Beheer		**Plagjaar**		
Maaien (natuur)		0		
Opmerkingen over de locatie				
zie toelichting				



Landschap

Fysiotoop:	
hz1b - puinwaaiers en leemarme stuwwallen	
Geomorfologie	
in puinwaaier ingeggraven weg	
Vegetatietype (SBB)	14C1
Klasse	Koelerio-Corynephoretea
Verbond	Thero-Airion
Associatie	Ornithopodo-Corynephoretum
SubAssociatie	Onbepaald



Hydrologie

Hydrologisch Systeem					
Wegzijgingsgebied			Berekende GVG		
GHG (veld)	GLG (veld)		polder	stroomgebied	
151	201		165	158	
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype	
0	0	0	0		

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000			Humusvorm	
Zd21 G - VIIId			1t32	Zure-zandmull
Ontkalkingsdiepte	**Bewortelbare diepte**	**Effectieve Bewortelbare diepte**		
999	60	5		

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	Fauna D	R	Opmerkingen
1Ah	0,0 - 5,0	WACL		5	3		8	180		4,2	1				/	692	SP	COFIRA	worm	bruinzwart
1AC	5,0 - 60,0			2	3		8	180		4,2	1				/	692	SP	VFFIRA		bruin met grind
1C	60,0 - 150,0						4	230			1				/	530		NO		geelgrijs met grind; op 1 m grote roest

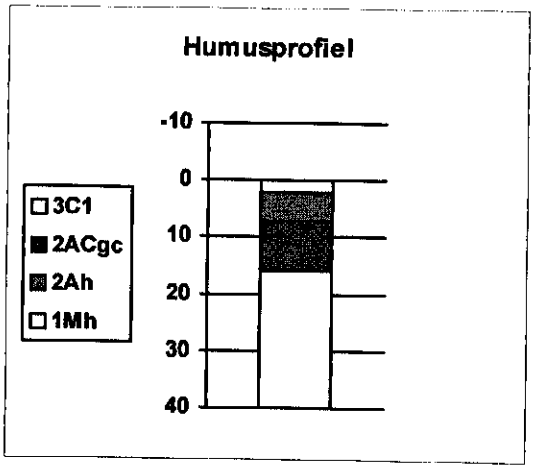
Toelichting

Langs oprit A50 bij Heelsum
Weg is ingegraven in puinwaaier en daarna 60 cm ophegoogd
foto
362 landschap naar NW
363 vegetatie
364 profiel

Profielbeschrijving VL05

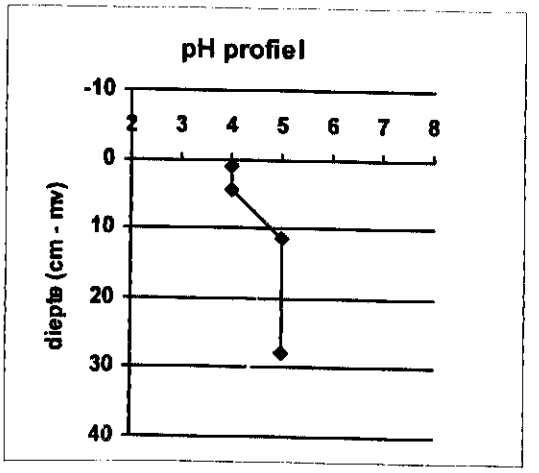
Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
De Borkeld			VL05	5-7-200
X-coördinaat	**Y-coördinaat**	**m + NAP**	**Topkaart**	
231000	475000	0	28D	
Projektnummer	**Projekt**		**Opnemer**	
10232	Basisstudie Voedselrijkdom		Bas van Delft	
Bodemgebruik				
GR - grasland, blijvend				
Beheer		**Plagjaar**		
Maaien (natuur)		1980		
Opmerkingen over de locatie				
zie toelichting				



Landschap

Fysiotoop	
hz1b - puinwaaiers en leemarme stuwwallen	
Geomorfologie	
bodem leemkuil	
Vegetatietype (SBB)	16-i
Klasse	Molinio-Arrhenatheretea
Verbond	RG Agrostis capillaris - Hypochaeris radicata [Mol
Associatie	Onbepaald
SubAssociatie	Onbepaald



Hydrologie

Hydrologisch Systeem				
Wegzijgingsgebied			Berekende GVG	
GHG (veld)	GLG (veld)		polder	stroomgebied
151	301		182	173
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype
0	0	0	0	

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000		Humusvorm	
kZd21 G - sVIIId		1t44j	Ferro-Schraalwormmull
Ontkalkingsdiepte	**Bewortelbare diepte**	**Effectieve Bewortelbare diepte**	
70	16	16	

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	D	R	Fauna	Opmerkingen
1Mh	0,0 - 2,0	SMCL		40		OV				4					/	190 W	ABVFRA				
2Ah	2,0 - 7,0	SMCL		5	2			40	160	4	1				/	520 GR	COFIRA				bruingrijs
2ACgc	7,0 - 16,0	SMAB		1			18	40		5	1	5			/	510 GR	FEFIRA				platerig; ijzerconcreties; oranjebruin
3C1	16,0 - 70,0							6	160	5	1				/	630 SP	NO				geelgrijs
3C2	70,0 - 110,0							6	160		2				/	630 SP	NO				geen roest wel wat lichte vlekken
3C3	110,0 - 150,0							6	160	7,5	3				/	630 SP	NO				

Toelichting

Plagjaar schatting voor afgraven
foto 387 landschap (op achtergrond VL04);
388 vegetatie;
389 390 profiel

Profielbeschrijving HVB12

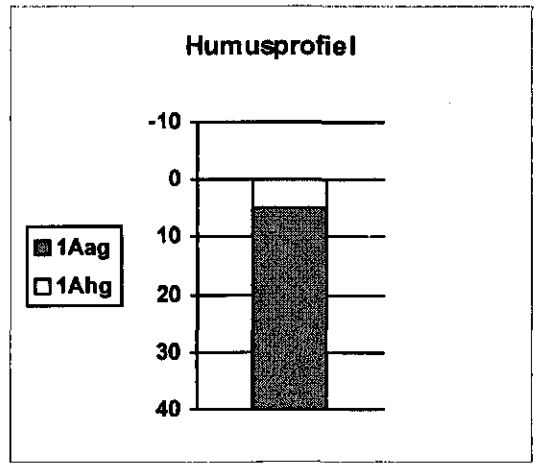
Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
Helvoirtse Broek			HVB12	4-7-200
X-coördinaat	**Y-coördinaat**	**m + NAP**	**Topkaart**	
146023	404300	4,95	45C	
Projektnummer	**Projekt**		**Opnemer**	
81384	GGR-De Leijen		Bas van Delft	

Bodemgebruik
GR - grasland, blijvend

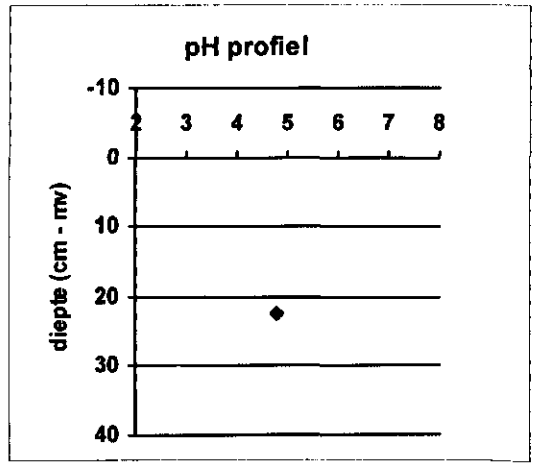
Beheer	Plagjaar
Begrazen (intensief)	0

Opmerkingen over de locatie
zie toelichting



Landschap

Fysiotoop:	
hz5c - verdroogde beekdalen	
Geomorfologie	
opgehoogd deel beekdalflank	
Vegetatietype (SBB)	12B-j
Klasse	Plantaginetea majoris
Verbond	Lolio-Potentillion anserinae
Associatie	RG Agrostis stolonifera [Lolio-Potentillion anseri
SubAssociatie	Onbepaald



Hydrologie

Hydrologisch Systeem
Kwelgebied, gedraineerd

		Berekende GVG	
GHG (veld)	**GLG (veld)**	**polder**	**stroomgebied**
0	160	39	28

GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype
87	0	0	0	

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000		Humusvorm	
fpZg23t H - Vao		1t51	Enkakkermull
Ontkalkingsdiepte	**Bewortelbare diepte**	**Effectieve Bewortelbare diepte**	
999	40	40	

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo	ST	Wortels A	D	R	Fauna	Opmerkingen
1Ahg	0,0 - 5,0	SMDI		4	1		25	140			1		w	7.5	4/2	692	MA	COVFR				kleur van grond
1Aag	5,0 - 40,0			4	1		25	140		4,8	1		w		/	692	MA	FEVFRA			wormen	zwak roestig
2Cgc	40,0 - 80,0						60			5,3	1		b		/	422	MA	NO				lichtgrijs met roest
2Cgr	80,0 - 110,0						45	110			1		m		/	422		NO				blauwgrijs met roest
3Cgr	110,0 - 150,0						20	120		5,4	1		m		/	412						
4Cr	150,0 - 160,0						60				1				/	422						
5Cr	160,0 - 180,0						20	120		5,8	1				/	412						

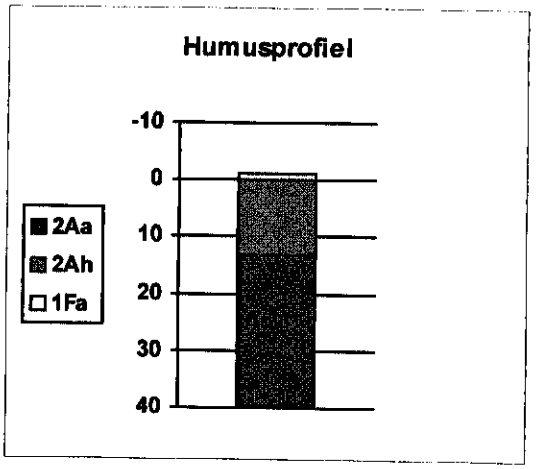
Toelichting

Perceel nog weinig begraasd; grasmonster voor nutriënten onderzoek van onbegraasd stuk
Oude GLG waarschijnlijk op 80 cm - mv.

Profielbeschrijving VL14

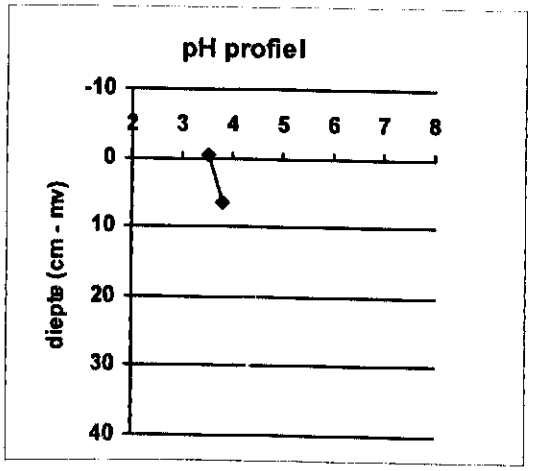
Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
A50			VL14	3-7-200
X-coördinaat	**Y-coördinaat**	**m + NAP**	**Topkaart**	
180800	442950	0	40A	
Projektnummer	**Projekt**		**Opnemer**	
10232	Basisstudie Voedselrijkdom		Bas van Delft	
Bodemgebruik				
GR - grasland, blijvend				
Beheer		**Plagjaar**		
Maaien (natuur)		0		
Opmerkingen over de locatie				
zie toelichting				



Landschap

Fysiotoop:	
hz1b - puinwaaiers en leemarme stuwwallen	
Geomorfologie	
Opgehoogd; verkeersplein	
Vegetatietype (SBB)	14C1
Klasse	Koelerio-Corynephoretea
Verbond	Thero-Airion
Associatie	Ornithopodo-Corynephoretum
SubAssociatie	Onbepaald



Hydrologie

Hydrologisch Systeem				
Wegzijgingsgebied			Berekende GVG	
GHG (veld)	GLG (veld)		polder	stroomgebied
100	201		125	116
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype
0	0	0	0	

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000		Humusvorm	
zEZ21 H - sVIId		1t51	Enkakkermull
Ontkalkingsdiepte	**Bewortelbare diepte**	**Effectieve Bewortelbare diepte**	
999	60	15	

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	D	R	Fauna	Opmerkingen
1Fa	-1,0 - 0,0	SMAB								3,5					/	170	NM			FEFIRA	dood gras
2Ah	0,0 - 13,0	SMGR		4	2		8	180		3,8	1				/	692	SP			COVFR	zwartbruin
2Aa	13,0 - 60,0			3	3		14	180			1				/	692				FEFIRA	donkerbruin
2AC1	60,0 - 80,0			1	3		12	180			1				/	692				NO	grind; vlekkerig geelbruin
2AC2	80,0 - 100,0			3	3		18	180			1				/	692				NO	grind; bruin
2ACg	100,0 - 120,0			3	3		18	180			1				/	692				NO	grind; nat!
3Ahb	120,0 - 130,0			5	3		18	180			1				/	530				NO	zwart
3Bh	130,0 - 150,0			4	3		18	180			1				/	530				NO	bruin

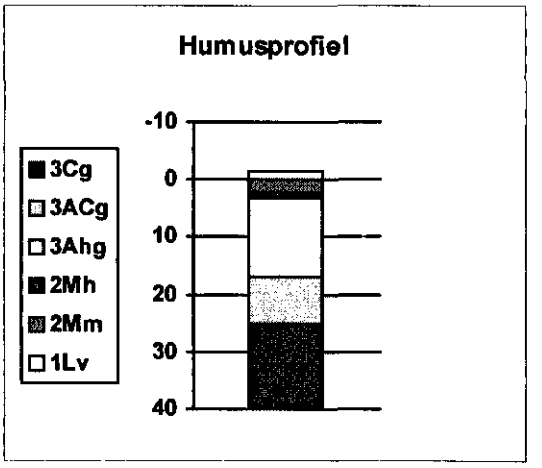
Toelichting

Op verkeersplein A50 bij Heelsum; Ca 120 cm opgebracht materiaal op een podzol; Water stagneert op begraven profiel
foto:
365 Landschap naar ZZO
366 vegetatie
367 profiel

Profielbeschrijving WTS11

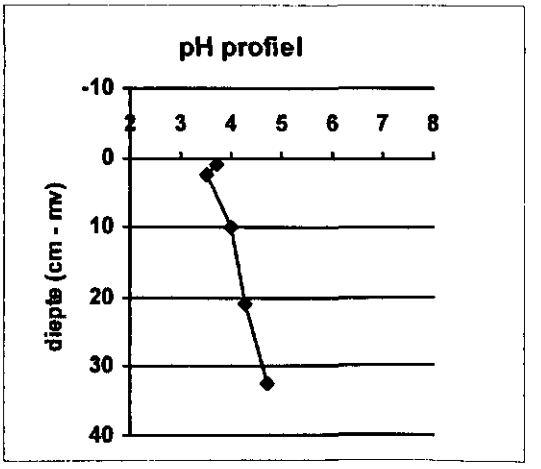
Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
Wyntjeterper Schar			WTS11	29-8-20
X-coördinaat	**Y-coördinaat**	**m + NAP**	**Topkaart**	
206150	563900	0	11E	
Projektnummer	**Projekt**		**Opnemer**	
10232	Basisstudie Voedselrijkdom		Bas van Delft	
Bodemgebruik				
GR - grasland, blijvend				
Beheer		**Plagjaar**		
Maaien (natuur)		0		
Opmerkingen over de locatie				
zie toelichting				



Landschap

Fysiotoop:	
hz3b - lemige dekzandgebieden en dekzand op leem	
Geomorfologie	
dekzandvlakte op keileen	
Vegetatietype (SBB)	
Klasse	Onbepaald
Verbond	Onbepaald
Associatie	Onbepaald
SubAssociatie	Onbepaald



Hydrologie

Hydrologisch Systeem				
Kwelgebied, gedraineerd			Berekende GVG	
GHG (veld)	**GLG (veld)**		**polder**	**stroomgebied**
10	90		35	26
GWS	**pH (veld)**	**EGV (veld; mS/m)**	**Inundatieduur**	**Inundatietype**
0	0	0	0	

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000		Humusvorm	
pZg23x - IIIa		2s11	Schraalhydromullmoder
Ontkalkingsdiepte	**Bewortelbare diepte**	**Effectieve Bewortelbare diepte**	
999	90	20	

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo	ST	Wortels A	D	R	Fauna	Opmerkingen
1Lv	-1,5 - 0,0	SMAB													/	170	SP	NO				
2Mm	0,0 - 2,0	SMAB		80		OV				3,7	1				/	190	W	ABVFRA				
2Mh	2,0 - 3,0	SMAB		60		OV				3,5	1				/	190	GR	PFVFRA				
3Ahg	3,0 - 17,0	SMDI		6	2		25	160		4	1				/	410	MA	COVFR				roest langs wortels
3ACg	17,0 - 25,0			1	2		25	160		4,3	1				/	410		FEFIVE				
3Cg	25,0 - 65,0						15	160		4,7	1				/	410		VFFIVE				
3Ce	65,0 - 90,0						15	160		4,7	1				/	410		NO				geen roest
4Cr	90,0 - 150,0						80			5,7	1	5			/	510		NO				blauwgroen; hier en daar houtresten

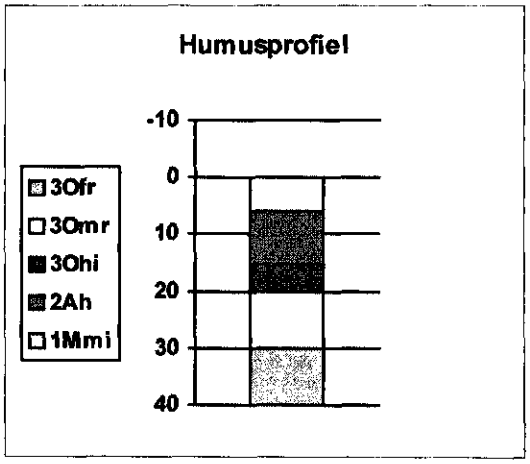
Toelichting

Keileem blauwgroen
foto: 521 522 Landschap
523 vegetatie
524 profiel

Profielbeschrijving WL3b

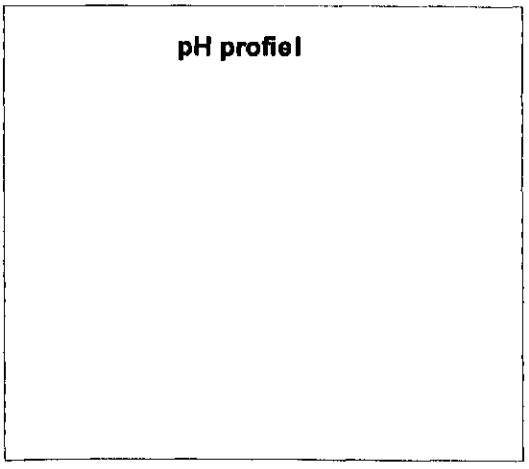
Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
Wyldlanden/Ule Krite			WL3b	25-9-19
X-coördinaat	Y-coördinaat	m + NAP	Topkaart	
189648	569605	-0,6	11A	
Projektnummer	Projekt		Opnemer	
85035	Basenregulatie		Bas van Delft en Rolf Kem	
Bodemgebruik				
GR - grasland, blijvend				
Beheer		Plagjaar		
Maaien (natuur)		0		
Opmerkingen over de locatie				
Nieuwe beschrijving van WL3				



Landschap

Fysiotoop:	
lv1b - zoete veenweiden	
Geomorfologie:	
Moerassige vlakte (boezemland)	
Vegetatietype (SBB)	09-i
Klasse	Parvocaricetea
Verbond	RG Molinia caerulea - Sphagnum palustre {Parvocari
Associatie	Onbepaald
SubAssociatie	Onbepaald



Hydrologie

Hydrologisch Systeem				
Wegzijgingsgebied			Berekende GVG	
GHG (veld)	GLG (veld)		polder	stroomgebied
0	30		17	9
GWS	pH (veld)	EGV (veld, mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype
0	0	0	2	Oppervlaktewater

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000			Humusvorm	
hVs - wla			2s11v	Overstroomde-Schraalhydromullmoder
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte		
999	30	15		

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	D	R	Fauna	Opmerkingen
1Mmi	0,0 - 6,0	SMDI		60	OV					1					/	190	W			PFVFRA	
2Ah	6,0 - 15,0	SMDI		3			20			1	4				/	211	GR			COVFR	
3Ohi	15,0 - 20,0	SMGR		60	D		10			1	3				/	110	BL			FEFIRA	Overgang
3Omr	20,0 - 30,0			90	S					1	2				/	150	BL			VFFIRA	donker roodbruin, snel zwart
3Ofr	30,0 - 120,0			95	S					1	1				/	150	SP			NO	

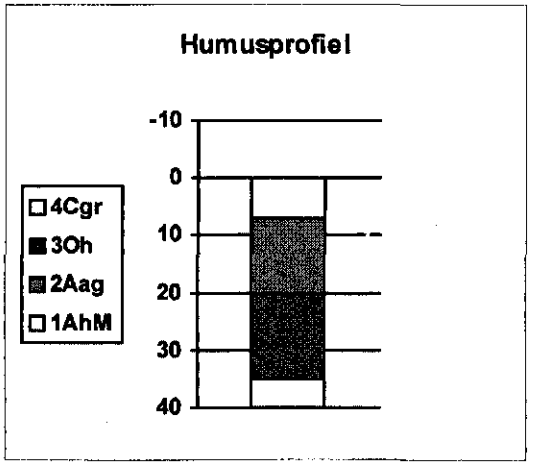
Toelichting

Vegetatietype niet opnieuw opgenomen!

Profielbeschrijving HVB10

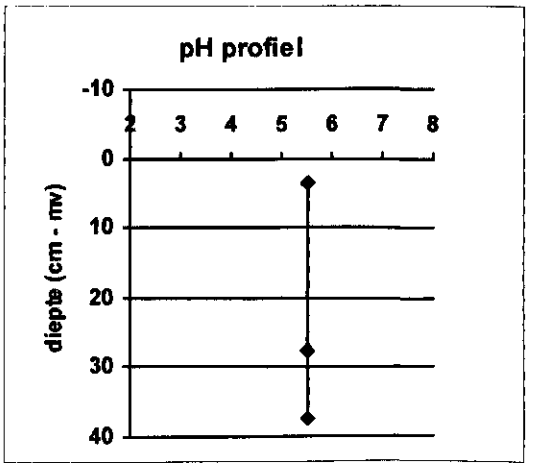
Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
Helvoirtse Broek			HVB10	4-7-200
X-coördinaat	**Y-coördinaat**	**m + NAP**	**Topkaart**	
145932	404223	4,02	45C	
Projektnummer	**Projekt**		**Opnemer**	
81384	GGR-De Leijen		Bas van Delft	
Bodemgebruik				
GR - grasland, blijvend				
Beheer		**Plagjaar**		
Begrazen (intensief)		0		
Opmerkingen over de locatie				
Bovengrond vertrapt; foto's zie toelichting				



Landschap

Fysiotoop:	
hz5b - natte beekdalen	
Geomorfologie	
beekdal	
Vegetatietype (SBB)	16-I
Klasse	Molinio-Arrhenatheretea
Verbond	RG Holcus lanatus - Festuca pratensis - Lolium per
Associatie	Onbepaald
SubAssociatie	Onbepaald



Hydrologie

Hydrologisch Systeem				
Kwelgebied (zoet)			Berekende GVG	
GHG (veld)	**GLG (veld)**		**polder**	**stroomgebied**
0	70		24	15
GWS	**pH (veld)**	**EGV (veld, mS/m)**	**Inundatieduur**	**Inundatietype**
10	0	0	0	

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000			Humusvorm	
zWz F - IIa			2s15v	Overstroomde-Wormhydromullmoder
Ontkalkingsdiepte	**Bewortelbare diepte**	**Effectieve Bewortelbare diepte**	**Spreiding profiel kenmerken**	
999	50	35	M ontbreekt soms	

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	D	R	Fauna	Opmerkingen
1AhM	0,0 - 7,0	SMDI		15		OV	25	130		5,5	1		o		/	692	W	PFFIRA		wormen	ontbreekt plaatselijk
2Aag	7,0 - 20,0	WADI		12	2		25	130			1		m		/	692	MA	COFIRA		worm	
3Oh	20,0 - 35,0	BRCL		50		DZ				5,5	1		o		/	110	MA	COFIRA			
4Cgr	35,0 - 45,0			2			30			5,5	1	4	w		/	340	MA	FEFIRA			grijs, iets gevlekt
5Cr	45,0 - 130,0							18	140	6,5	1				/	413		NO			

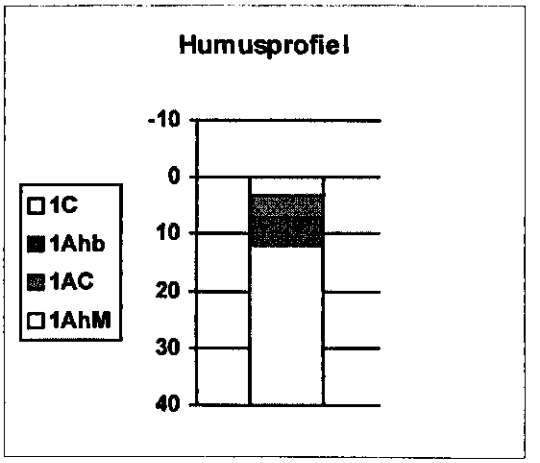
Toelichting

Foto:
374 landschap naar ZW, 375 idem NO
376 vegetatie
377 profiel

Profielbeschrijving MW2

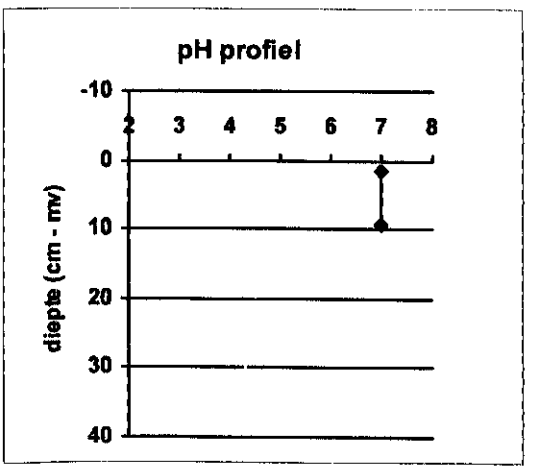
Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
Millingerwaard			MW2	6-7-200
X-coördinaat	Y-coördinaat	m + NAP	Topkaart	
196660	431300	0	40D	
Projektnummer	Projekt		Opnemer	
10232	Basisstudie Voedselrijkdom		Bas van Delft	
Bodemgebruik				
GR - grasland, blijvend				
Beheer		Plagjaar		
Begrazen (extensief)		0		
Opmerkingen over de locatie				
zie toelichting				



Landschap

Fysiotoop	
ri2d - hoge oeverwallen en rivierduinen	
Geomorfologie	
rivierduin	
Vegetatietype (SBB)	31D2
Klasse	Artemisietea vulgaris
Verbond	Dauco-Melilotion
Associatie	Bromo inermis-Eryngietum campestris
SubAssociatie	Onbepaald



Hydrologie

Hydrologisch Systeem				
Wegzijgingsgebied			Berekende GVG	
GHG (veld)	GLG (veld)		polder	stroomgebied
110	201		133	124
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype
0	0	0	0	

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000			Humusvorm	
Zd20A - bVIId			2t11	Vlakmullmoder
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte		
0	150	12		

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	D	R	Fauna	Opmerkingen
1AhM	0,0 - 3,0	WADI		5	1		2	180		7	3				/	440 W	PFFIRA				
1AC	3,0 - 7,0	WACL		2	1		2	180			3				/	440 SP	COFIRA			worm	wormgangen
1Ahb	7,0 - 12,0	WACL		3	1		2	180		7	3				/	440 SP	COFIRA			wormga	
1C	12,0 - 150,0			2	1		2	180			3				/	440	VFFIVE				gelaagd

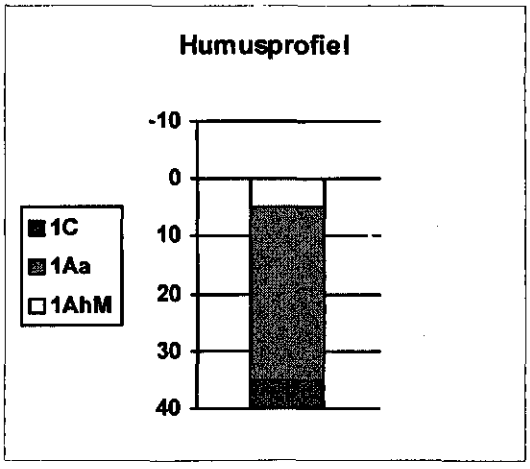
Toelichting

begraasd met Konik paarden; vegetatiemonster van weinig begraasd deel

Profielbeschrijving VL13

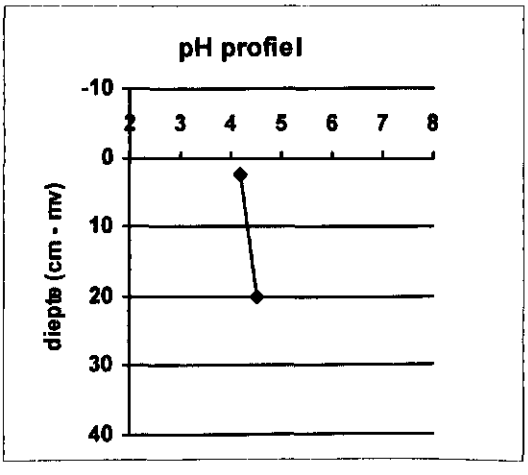
Administratieve gegevens

Terrein			Afkcode	Datum
Kievitsdel			VL13	3-7-200
X-coördinaat	Y-coördinaat	m + NAP	Topkaart	
181550	443700	0	40A	
Projektnummer	Projekt		Opnemer	
10232	Basisstudie Voedselrijkdom		Bas van Delft	
Bodemgebruik				
GO - grasland, algemeen				
Beheer		Plegjaar		
Maaien (natuur)		0		
Opmerkingen over de locatie				
zie toelichting				



Landschap

Fysiotoop:	
hz1b - puinwaaiers en leemarme stuwwallen	
Geomorfologie	
Smeltwaterwaaier	
Vegetatietype (SBB)	14-p
Klasse	Koelerio-Corynephoretea
Verbond	RG Agrostis capillaris - Hypochaeris radicata [Koe
Associatie	Onbepaald
SubAssociatie	Onbepaald



Hydrologie

Hydrologisch Systeem				
Wegzijgingsgebied			Berekende GVG	
GHG (veld)	GLG (veld)		polder	stroomgebied
201	201		205	199
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype
0	0	0	0	

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000		Humusvorm	
gcZd21 - VIIId		2t14	Akkermullmoder
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte	
999	35	5	

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	Fauna D	R	Opmerkingen
1AhM	0,0 - 5,0	IRDI		5	2		8	180		4,2	1				/	692 W	VFVFRA			bruingrijs
1Aa	5,0 - 35,0			4	2		8	180		4,5	1				/	692 SP	VFVFRA			bruingrijs, met grind; hydrofoob
1C	35,0 - 150,0						4	220			1				/	530 SP	NO			geelgrijs, iets bont, met grind

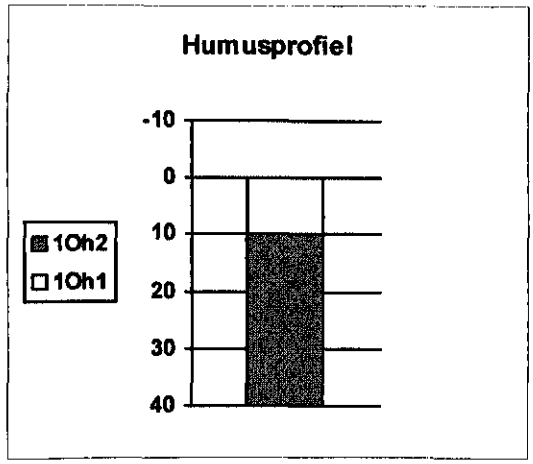
Toelichting

Voormalig gazon voor Hotel Kievitsdel
foto:
368 Landschap
369 vegetatie
370 profiel

Profielbeschrijving B24

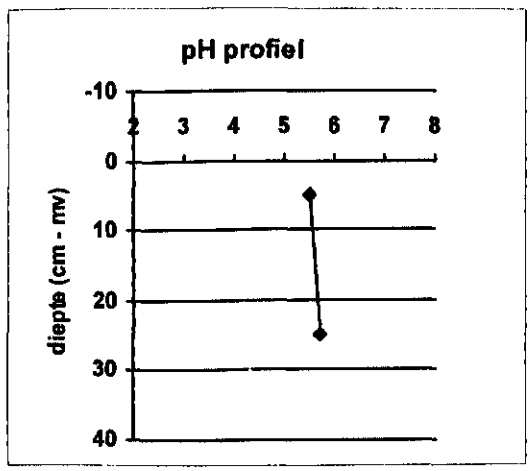
Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
De Oetert			B24	23-8-20
X-coördinaat	Y-coördinaat	m + NAP	Topkaart	
176800	380600	0	51H	
Projektnummer	Projekt		Opnemer	
10232	Basisstudie Voedselrijkdom		Bas van Delft en Rein de	
Bodemgebruik				
GR - grasland, blijvend				
Beheer		Plagjaar		
Maaien (natuur)		0		
Opmerkingen over de locatie				
zie toelichting				



Landschap

Fysiotoop	
hz5b - natte beekdalen	
Geomorfologie	
veen in beekdal	
Vegetatietype (SBB)	16B-c
Klasse	Molinio-Arrhenatheretea
Verbond	Calthion palustris
Associatie	RG Filipendula ulmaria [Calthion palustris]
SubAssociatie	Onbepaald



Hydrologie

Hydrologisch Systeem				
Kwelgebied (zoet)			Berekende GVG	
GHG (veld)	GLG (veld)		polder	stroomgebied
0	40		19	10
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype
17	0	0	3	Onbekend

Profielgegevens

Bodemkaart 1: 50 000		Humusvorm	
aVc - wla		3s14	Beekeerdmoder
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte	
999	40	40	

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	D	R	Fauna	Opmerkingen
1Oh1	0,0 - 10,0	SMGR		70		BM				5,5					/	130	W			PFFIRA	zwartbruin
1Oh2	10,0 - 40,0			70		BM				5,7					/	130	BL			COFIRA	bruinzwart
1Omr	40,0 - 120,0			70		BM				6					/	130				NO	

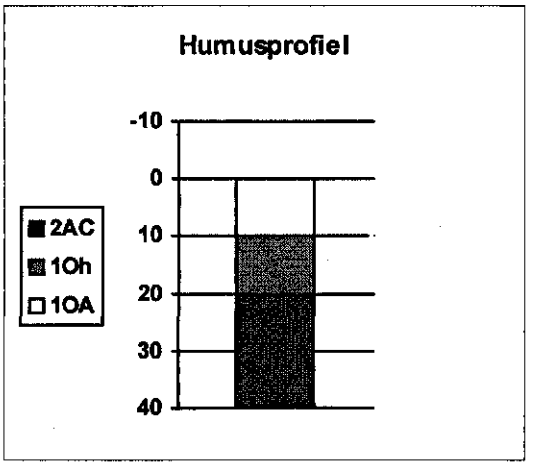
Toelichting

referentiepunt: 5 m west (265 graden) van peilbuis B24
hoogteligging: 0.55 m onder top B24 (+ 0.04/ -0.01) – (NAP-hoogte peilbuis niet bekend)
vegetatiebeheer: eenmaal per jaar gemaaid en afgevoerd in periode medio augustus – medio september
foto: 471 landschap
472 en 473 vegetatie

Profielbeschrijving MK02

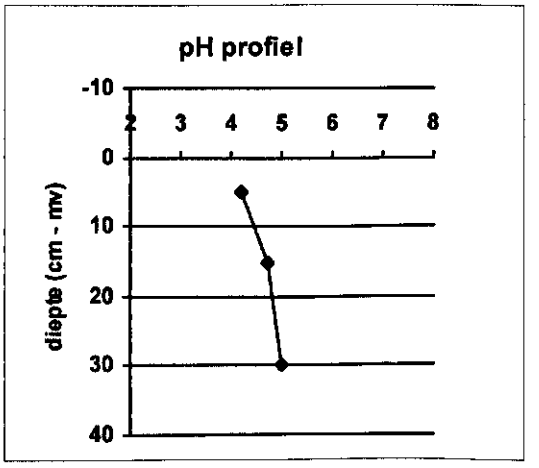
Administratieve gegevens

Terrein				Alfacode	Datum
Meeuwenkamp				MK02	25-8-20
X-coördinaat	**Y-coördinaat**	**m + NAP**		**Topkaart**	
166035	451215	0		32G	
Projektnummer	**Projekt**			**Opnemer**	
10232	Basisstudie Voedselrijkdom			Bas van Delft	
Bodemgebruik					
GR - grasland, blijvend					
Beheer			**Plagjaar**		
Maaien (natuur)			0		
Opmerkingen over de locatie					
zie toelichting					



Landschap

Fysiotoop:	
hz3d2 - vochtige dekzandlaagten met veen	
Geomorfologie	
dekzandvlakte met dun veendekje	
Vegetatietype (SBB)	16A1b
Klasse	Molinio-Arrhenatheretea
Verbond	Junco-Molinion
Associatie	Cirsio-Molinietum
SubAssociatie	Cirsio-Molinietum nardetosum



Hydrologie

Hydrologisch Systeem					
Kwelgebied, gedraineerd			**Berekende GVG**		
GHG (veld)	**GLG (veld)**		**polder**	**stroomgebied**	
0	100		29	19	
GWS	**pH (veld)**	**EGV (veld; mS/m)**	**Inundatieduur**	**Inundatietype**	
45	0	0	0		

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000		**Humusvorm**	
vWz - IIIa		3s14	Beekeerdmoder
Ontkalkingsdiepte	**Bewortelbare diepte**	**Effectieve Bewortelbare diepte**	
999	50	20	

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	D	R	Fauna	Opmerkingen
1OA	0,0 - 10,0	SMGR		35		D				4,2	1				/	110	GR			worm	
1Oh	10,0 - 20,0	SMCL		50		D				4,7	1				/	110	BL			FEFIRA	
2AC	20,0 - 50,0			1			16	140		5	1				/	410				VFFIVE	
2Ce	50,0 - 100,0						16	140		5,1	1				/	410				NO	
2Cr	100,0 - 150,0						20	120		5,5	1				/	410				NO	

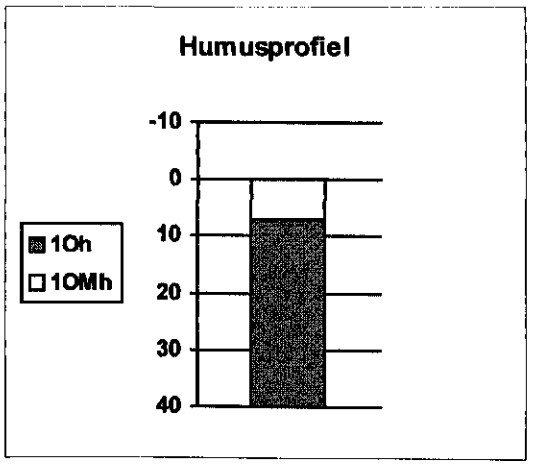
Toelichting

6 meter ZZO (230 gr) van buis 10 komt ongeveer overeen met opname 205 uit 1986
foto: 497 landschap
498 vegetatie
499 landschap

Profielbeschrijving MK03

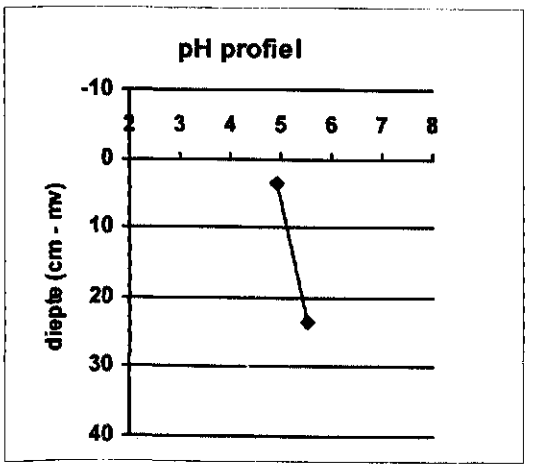
Administratieve gegevens

Terrein			Afkode	Datum
Meeuwenkamp			MK03	25-8-20
X-coördinaat	Y-coördinaat	m + NAP	Topkaart	
166065	451230	0	32G	
Projektnummer	Projekt		Opnemer	
10232	Basisstudie Voedselrijkdom		Bas van Delft	
Bodemgebruik				
GR - grasland, blijvend				
Beheer		Plagjaar		
Maaien (natuur)		0		
Opmerkingen over de locatie				
zie toelichting				



Landschap

Fysioloop	
hz3d2 - vochtige dekzandlaagten met veen	
Geomorfologie	
Met veenopgevulde laagte	
Vegetatietype (SBB)	08C6b
Klasse	Phragmitetea
Verbond	Magnocaricion
Associatie	Caricetum elatae
SubAssociatie	Caricetum elatae inops



Hydrologie

Hydrologisch Systeem				
Kwelgebied (zoet)			Berekende GVG	
GHG (veld)	GLG (veld)		polder	stroomgebied
0	45		20	11
GWS	pH (veld)	EGV (veld, mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype
26	0	0	4	Stagnatie (regen)w

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000			Humusvorm	
aVc - wla			3s14d	Schrale-Beekeerdmoder
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte		
150	150	45		

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	D	Fauna R	Opmerkingen
1OMh	0,0 - 7,0	SMGR		70		OV				4,9	1	3			/	110 W	PFV	FRA		zwartbruin
1Oh	7,0 - 45,0	SMGR		80		D				5,5	1	3			/	110 MA	COV	FR		zwartbruin
1Omr	45,0 - 150,0			80		BM				5,9	1	2			/	130	VFF	IVE		bruin
2Cr	150,0 - 180,0			10				70		6,8	3	2			/	160	NO			grijsbruin, meerbodem?

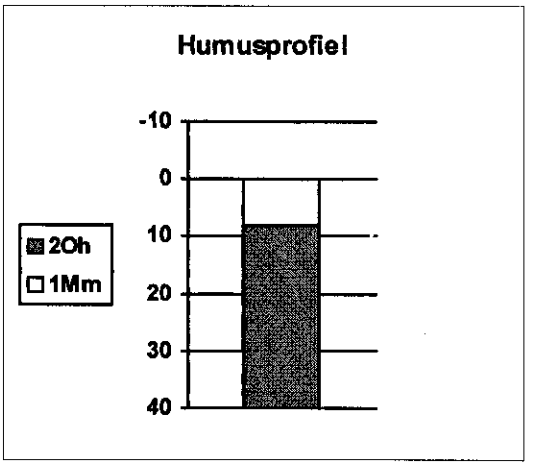
Toelichting

15 meter ZO (135 gr) van buis 9

Profielbeschrijving BR2b

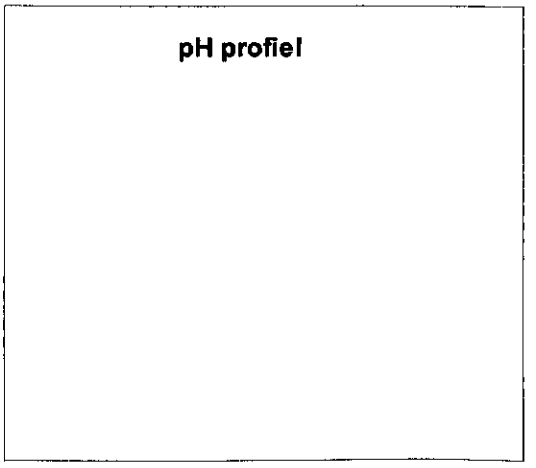
Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
De Barten			BR2b	23-9-19
X-coördinaat	**Y-coördinaat**	**m + NAP**	**Topkaart**	
204703	548451	0	16E	
Projektnummer	**Projekt**		**Opnemer**	
85035	Basenregulatie		Bas van Delft en Rolf Kem	
Bodemgebruik				
GR - grasland, blijvend				
Beheer		**Plagjaar**		
Maaien (natuur)		0		
Opmerkingen over de locatie				
Nieuwe beschrijving van BR2				



Landschap

Fysiotoop:	
hz5b - natte beekdalen	
Geomorfologie	
beekdalbodem met veen	
Vegetatietype (SBB)	09B-b
Klasse	Parvocaricetea
Verbond	Caricion lasiocarpae
Associatie	RG Menyanthes trifoliata [Caricion lasiocarpae]
SubAssociatie	Onbepaald



Hydrologie

Hydrologisch Systeem					
Kwelgebied (zoet)			**Berekende GVG**		
GHG (veld)	**GLG (veld)**		**polder**	**stroomgebied**	
0	50		21	12	
GWS	**pH (veld)**	**EGV (veld; mS/m)**	**Inundatieduur**	**Inundatietype**	
0	0	0	.	6	Kwelwater (zoet)

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000			**Humusvorm**	
aVc - wlla			3s14d	Schrale-Beekeerdmoder
Ontkalkingsdiepte	**Bewortelbare diepte**	**Effectieve Bewortelbare diepte**		
999	45	8		

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	D	Fauna R	Opmerkingen
1Mm	0,0 - 8,0	SMDI		70		OV					1				/	190	W	PFFIRA		
2Oh	8,0 - 45,0			50		DK					1				/	110	MA	FEFIRA		zwart
2Om	45,0 - 120,0			70		BM					1				/	130	SP	NO		bruin

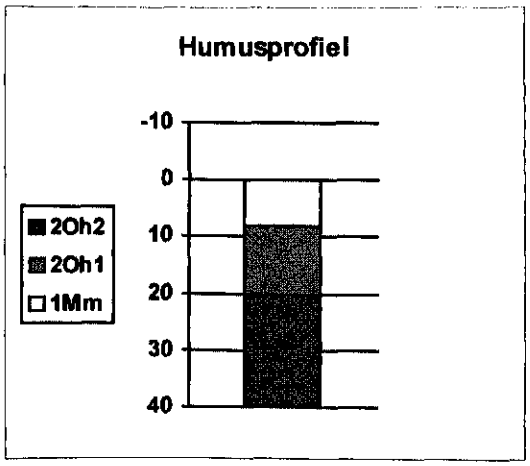
Toelichting

Vegetatietype niet opnieuw opgenomen!

Profielbeschrijving BR5b

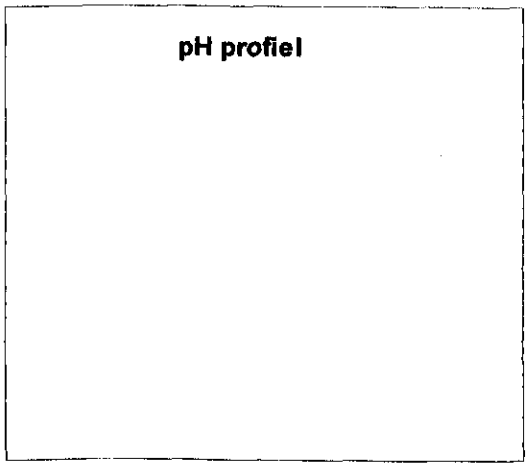
Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
De Barten			BR5b	23-9-19
X-coordinaat	Y-coordinaat	m + NAP	Topkaart	
204745	548149	0	16E	
Projektnummer	Projekt		Opnemer	
85035	Basenregulatie		Bas van Delft en Rolf Kem	
Bodemgebruik				
GR - grasland, blijvend				
Beheer		Plagjaar		
Maaien (natuur)		0		
Opmerkingen over de locatie				
Nieuwe beschrijving van BR5				



Landschap

Fysiotoop:	
hz5b - natte beekdalen	
Geomorfologie	
beekdalbodem met veen	
Vegetatietype (SBB)	09-f
Klasse	Parvocaricetea
Verbond	RG Carex rostrata - Potentilla palustris [Parvocar
Associatie	Onbepaald
SubAssociatie	Onbepaald



Hydrologie

Hydrologisch Systeem				
Kwelgebied (zoet)			Berekende GVG	
GHG (veld)	GLG (veld)		polder	stroomgebied
0	40		19	10
GWS	pH (veld)	EGV (veld, mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype
0	0	0	6	Kwelwater (zoet)

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000		Humusvorm	
aVc - wla		3s14d	Schrale-Beekeerdmoder
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte	
999	40	20	

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	D	R	Fauna	Opmerkingen
1Mm	0,0 - 8,0	SMDI		75		OV									/	190	W	ABFIRA			
2Oh1	8,0 - 20,0	SMDI		55		D									/	110	W	PFVFRA			
2Oh2	20,0 - 40,0			55		D									/	110		COVFR			
2Ohr	40,0 - 100,0			50		DZ									/	110		NO			zandig
3Ofr	100,0 - 120,0			70		BM									/	130		NO			

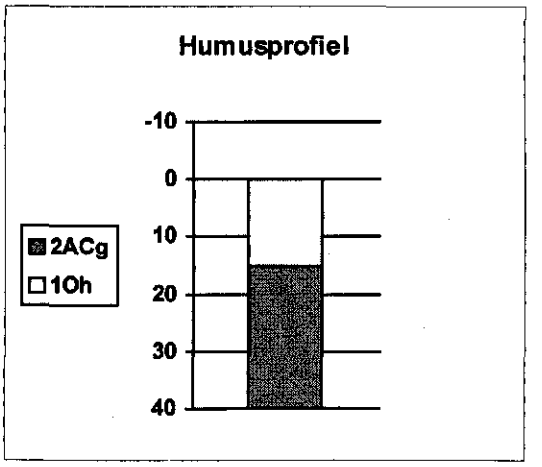
Toelichting

Vegetatietype niet opnieuw opgenomen!
Wortelmat ontstaan na vernatting begin jaren 90

Profielbeschrijving HB3

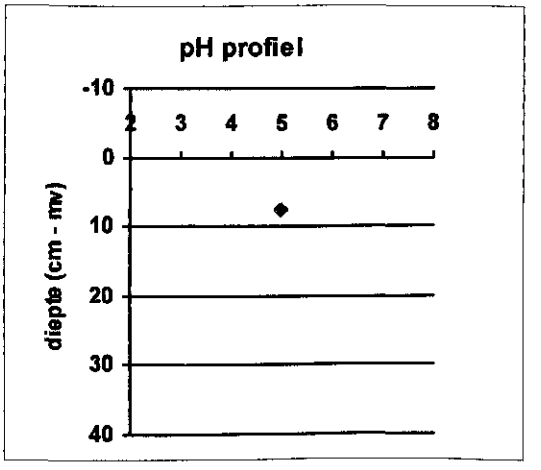
Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
Helsbroek			HB3	1-10-19
X-coördinaat	Y-coördinaat	m + NAP	Topkaart	
141615	393969	0	51A	
Projektnummer	Projekt		Opnemer	
87590	Klimaat en beken		Bas van Delft	
Bodemgebruik				
GR - grasland, blijvend				
Beheer				
Maaien (natuur)				



Landschap

Fysiotoop	
hz3d1 - vochtige dekzandlaagten	
Geomorfologie	
rugje	
Vegetatietype (SBB)	16A2c
Klasse	Molinio-Arrhenatheretea
Verbond	Junco-Molinion
Associatie	Crepido-Juncetum
SubAssociatie	Crepido-Juncetum inops



Hydrologie

Hydrologisch Systeem				
Kwelgebied, gedraineerd			Berekende GVG	
GHG (veld)	GLG (veld)		polder	stroomgebied
0	70		24	15
GWS	pH (veld)	EGV (veld, mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype
19	0	0	1	Stagnatie (regen)w

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000		Humusvorm	
vWz - wIIa		3s15	Vaageerdmoder
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte	
999	50	15	

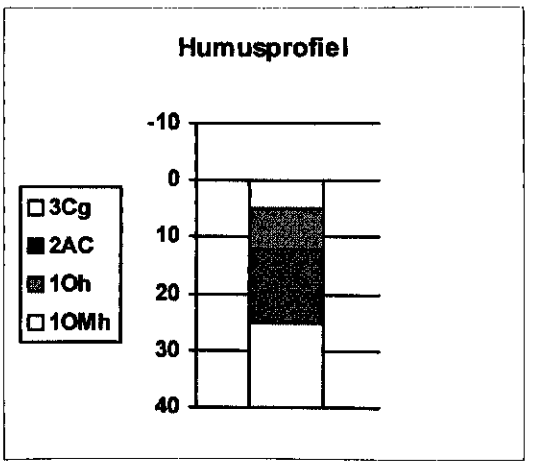
Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	Fauna D	R	Opmerkingen
1Oh	0,0 - 15,0	SMCL		40		DK	20			5					/	110	MA	COFIRA worm		
2ACg	15,0 - 45,0			1			15	30	140						/	340	MA	FEFIVE		
3Cg	45,0 - 70,0							16	140	6,5					/	410	SP	NO		
3Cr1	70,0 - 130,0							16	160						/	410	SP	NO		
3Cr2	130,0 - 160,0							55							/	422		NO		
3Cr3	160,0 - 180,0							16	160	6,1					/	412		NO		

Profielbeschrijving HB2

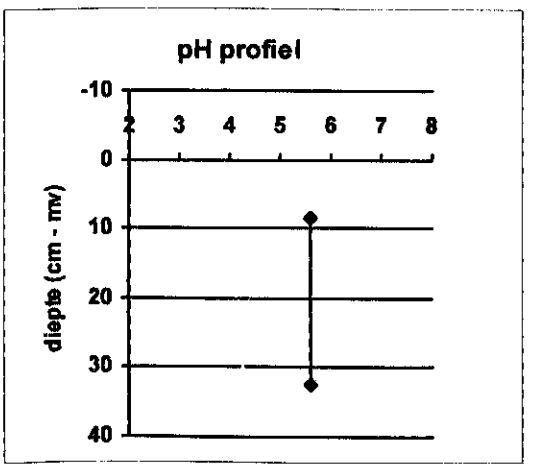
Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
Helsbroek			HB2	1-10-19
X-coordinaat	Y-coordinaat	m + NAP	Topkaart	
141634	393983	0	51A	
Projektnummer	Projekt		Opnemer	
87590	Klimaat en beken		Bas van Delft	
Bodemgebruik				
GR - grasland, blijvend				
Beheer				
Maaien (natuur)				



Landschap

Fysiotoop	
hz3d1 - vochtige dekzandlaagten	
Geomorfologie	
Rand van laagte	
Vegetatietype (SBB)	16A2c
Klasse	Molinio-Arrhenatheretea
Verbond	Junco-Molinion
Associatie	Crepido-Juncetum
SubAssociatie	Crepido-Juncetum inops



Hydrologie

Hydrologisch Systeem				
Kwelgebied, gedraineerd			Berekende GVG	
GHG (veld)	GLG (veld)		polder	stroomgebied
0	70		24	15
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype
18	0	0	1	Stagnatie (regen)w

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50.000		Humusvorm	
kZn23t - wIIa		3s15d	Schrale-Vaageerdmoder
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte	
999	30	15	

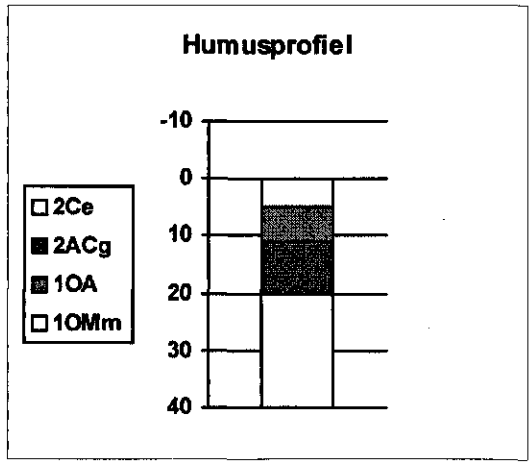
Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	D	R	Fauna	Opmerkingen
1OMh	0,0 - 5,0	IRDI		50		DK	20				1				/	110	GR			PFVFRA	worm	granulair door worm?
1Oh	5,0 - 12,0	IRGR		50		DK	20			5,6	1				/	110	GR			COVFR		
2AC	12,0 - 25,0	IRDI		6			20				1				/	340	MA			FEFIRA		1 dikke elzewortel
3Cg	25,0 - 60,0							25	160	5,6					/	413				NO		
3Cgr	60,0 - 100,0							55							/	422				NO		Blauw met iets roest
3Cr1	100,0 - 150,0							55							/	422				NO		blauw, gelaagd
3Cr2	150,0 - 180,0							18	140	7	1				/	412				NO		blauwgrijs

Profielbeschrijving MK01

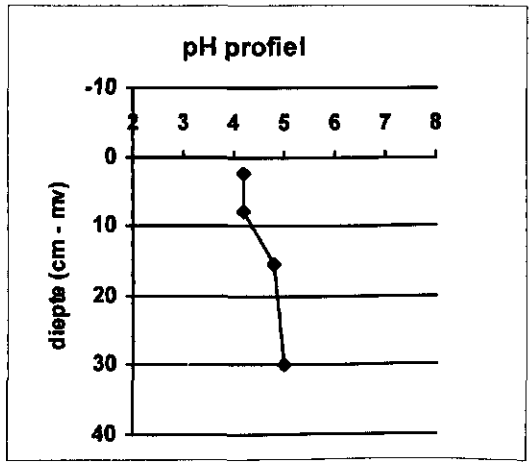
Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
Meeuwenkamp			MK01	25-8-20
X-coördinaat	**Y-coördinaat**	**m + NAP**	**Topkaart**	
166020	451300	0	32G	
Projektnummer	**Projekt**		**Opnemer**	
10232	Basisstudie Voedselrijkdom		Bas van Delft	
Bodemgebruik				
GR - grasland, blijvend				
Beheer		**Plagjaar**		
Maaien (natuur)		0		
Opmerkingen over de locatie				
zie toelichting				



Landschap

Fysiotoop	
hz3d2 - vochtige dekzandlaagten met veen	
Geomorfologie	
dekzandlaagte met veen	
Vegetatietype (SBB)	16A-c
Klasse	Molinio-Arrhenatheretea
Verbond	Junco-Molinion
Associatie	RG Agrostis canina [Junco-Molinion]
SubAssociatie	Onbepaald



Hydrologie

Hydrologisch Systeem					
Kwelgebied (zoet)			Berekende GVG		
GHG (veld)	**GLG (veld)**		**polder**	**stroomgebied**	
0	70		24	15	
GWS	**pH (veld)**	**EGV (veld, mS/m)**	**Inundatieduur**	**Inundatietype**	
45	0	0	0		

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000			Humusvorm	
Zn21v - IIa			3s15d	Schrale-Vaageerdmoder
Ontkalkingsdiepte	**Bewortelbare diepte**	**Effectieve Bewortelbare diepte**		
999	70	20		

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	D	R	Fauna	Opmerkingen
1OMm	0,0 - 5,0	SMDI		40		D				4,2	1				/	110	W			ABVFRA	worm	
1OA	5,0 - 11,0	WACL		20		DZ				4,2	1				/	110	MA			COVFR		
2ACg	11,0 - 20,0			1	3		15	140		4,8	1				/	410				FEFIRA		iets roest
2Ce	20,0 - 60,0						15	140		5	1				/	410				VFMEV		
3Oh	60,0 - 70,0			70		BM					1				/	130				VFFIRA		bruinzwart
3Omr	70,0 - 100,0			80		C				5,7	1				/	130				NO		roodbruin
4Ogr	100,0 - 130,0			70		GY				6,2	1				/	160				NO		lichtbruin, meerbodem

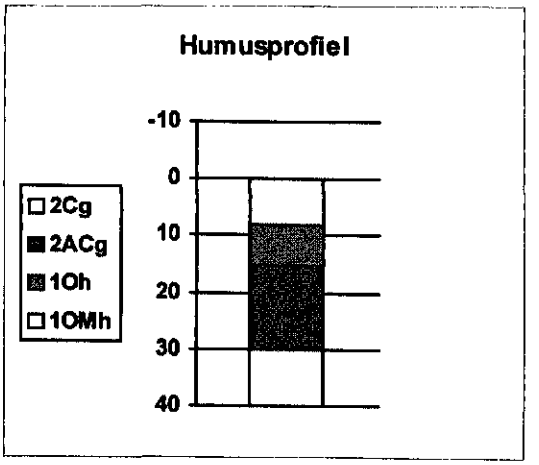
Toelichting

1 meter van buis B006. MK01 zou overeen moeten komen met opname 55 uit 1986
De huidige buis B006 ligt op een andere plaats dan de oorspronkelijke buis 6 (zie Jansen en Kemmers 1995)
foto: 494 landschap
495 vegetatie
496 profiel

Profielbeschrijving L-PB6b

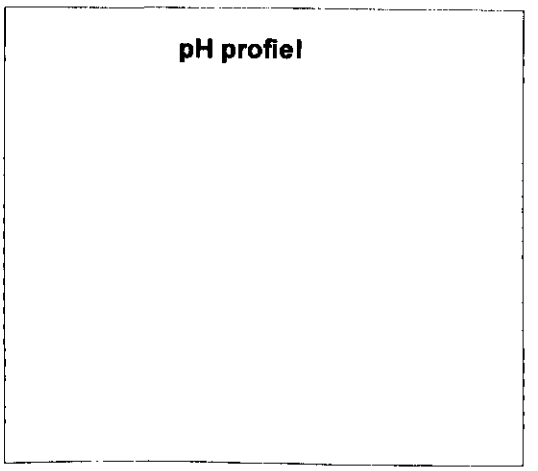
Administratieve gegevens

Terrein				Alfacode	Datum
Lemselermaten				L-PB6b	24-9-19
X-coördinaat	Y-coördinaat	m + NAP		Topkaart	
256340	485380	0		28H	
Projektnummer	Projekt			Opnemer	
85035	Basenregulatie			Bas van Delft en Rolf Kem	
Bodemgebruik					
GR - grasland, blijvend					
Beheer			Plagjaar		
Maaien (natuur)			0		
Opmerkingen over de locatie					
Nieuwe beschrijving van L-PB6					



Landschap

Fysiotoop	
hz5b - natte beekdalen	
Geomorfologie	
beekdal	
Vegetatietype (SBB)	16A1d
Klasse	Molinio-Arrhenatheretea
Verbond	Junco-Molinion
Associatie	Cirsio-Molinietum
SubAssociatie	Cirsio-Molinietum parnassietosum



Hydrologie

Hydrologisch Systeem					
Kwelgebied (zoet)			Berekende GVG		
GHG (veld)	GLG (veld)		polder	stroomgebied	
0	60		22	13	
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype	
0	0	0	2	Kwelwater (zoet)	

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50.000			Humusvorm	
Wgt - wlla			3s15d	Schrale-Vaageerdmoder
Ontkalkingsdiepte	Beworteibare diepte	Effectieve Beworteibare diepte		
60	30	15		

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	D	R	Fauna	Opmerkingen
1OMh	0,0 - 8,0	WADI		80	D					1			/			190	W			ABVFRA	
1Oh	8,0 - 15,0	WAGR		80	D					1			/			110	MA			COVFR worm	
2ACg	15,0 - 30,0	WAGR		1				55		1			/			413	MA			FEFIVE	roestige leem
2Cg	30,0 - 45,0							30	170	1			/			413	SP			VFFIVE	gelaagd
2Cgr	45,0 - 60,0							55		1			/			413				NO	blauwgrijs, iets roest, houtresten
2Cr	60,0 - 120,0							55		3			/			413				NO	blauwgrijs, wortelresten

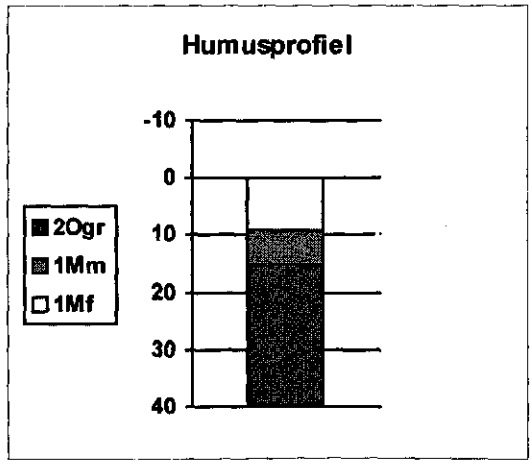
Toelichting

Vegetatietype niet opnieuw opgenomen!
Cr horizont kalkrijk door secundaire neerslag $CaCO_3$

Profielbeschrijving HB5

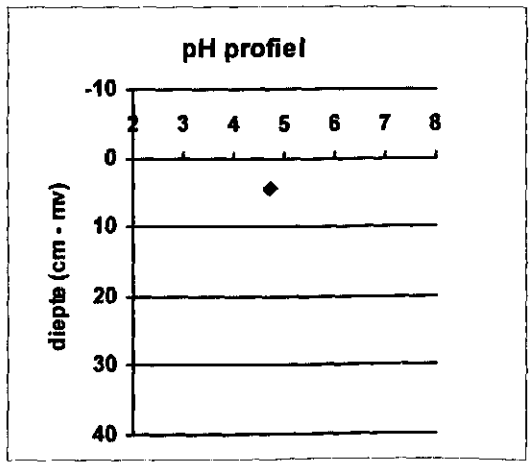
Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
Helsbroek			HB5	1-10-19
X-coördinaat	**Y-coördinaat**	**m + NAP**	**Topkaart**	
141529	393926	0	51A	
Projektnummer	**Projekt**		**Opnemer**	
87590	Klimaat en beken		Bas van Delft	
Bodemgebruik				
GR - grasland, blijvend				
Beheer				
Maaien (natuur)				
Opmerkingen over de locatie				
kraggeachtige geulopvulling				



Landschap

Fysiotoop:	
hz3d2 - vochtige dekzandlaagten met veen	
Geomorfologie	
kraggeachtige geulopvulling	
Vegetatietype (SBB)	08C2b
Klasse	Phragmitetea
Verbond	Magnocaricion
Associatie	Caricetum gracilis
SubAssociatie	Caricetum gracilis potentilletosum palustri



Hydrologie

Hydrologisch Systeem					
Kwelgebied (zoet)			Berekende GVG		
GHG (veld)	**GLG (veld)**		**polder**	**stroomgebied**	
0	30		17	9	
GWS	**pH (veld)**	**EGV (veld, mS/m)**	***Inundatieduur***	***Inundatietype***	
0	0	0	6	Stagnatie (regen)w	

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000			Humusvorm	
Vo - wla			3s16d	Schrale-Meereerdmoder
Ontkalkingsdiepte	**Bewortelbare diepte**	**Effectieve Bewortelbare diepte**		
999	30	15		

Profielopbouw

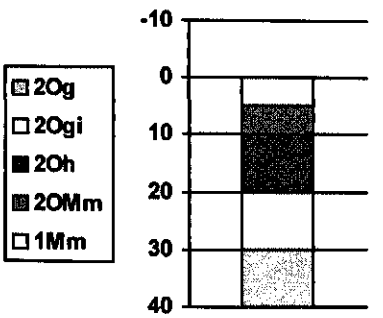
Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo	ST	Wortels A	D	R	Fauna	Opmerkingen
1Mf	0,0 - 9,0			95	OV					4,7	1	1			/	190	W	ABVFRA				
1Mm	9,0 - 15,0			70	OV						1	1			/	190	W	PFFIRA				
2Ogr	15,0 - 60,0			70	BM						1	1			/	130	W	COFIRA				
3Cr	60,0 - 140,0			5			30	140		5,8	1	1			/	340		NO				Prut
4Ofr	140,0 - 150,0			70	BM						1	1			/	130	BL	NO				
5Cr	150,0 - 180,0	AB					15	140		6,1	1	1			/	410	SP	NO				

Profielbeschrijving UK3b

Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
Wyldlanden/Ule Krite			UK3b	25-9-19
X-coördinaat	Y-coördinaat	m + NAP	Topkaart	
191950	570850	-0,5	11B	
Projektnummer	Projekt		Opnemer	
85035	Basenregulatie		Bas van Delft en Rolf Kem	
Bodemgebruik				
GR - grasland, blijvend				
Beheer		Plagjaar		
Maaien (natuur)		0		
Opmerkingen over de locatie				
Nieuwe beschrijving van UK3				

Humusprofiel



Landschap

Fysiotoop	
lv1b - zoete veenweiden	
Vegetatietype (SBB)	16A1c
Klasse	Molinio-Arrhenatheretea
Verbond	Junco-Molinion
Associatie	Cirsio-Molinietum
SubAssociatie	Cirsio-Molinietum peucedanetosum

pH profiel

Hydrologie

Hydrologisch Systeem				
Wegzijgingsgebied			Berekende GVG	
GHG (veld)	GLG (veld)		polder	stroomgebied
0	40		19	10
GWS	pH (veld)	EGV (veld mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype
0	0	0	1	Onbekend

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm
hVs - wla	3s16v Overstroomde-Meereerdmoder

Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte
999	30	10

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	D	R	Fauna	Opmerkingen
1Mm	0,0 - 5,0	SMGR		80		OV									/	190	W			ABFIRA	
2OMm	5,0 - 10,0	SMDI		50		DK	10				1	3			/	110	W			PFFIRA	
2Oh	10,0 - 20,0	SMDI		50		DK	20				1	3			/	110	MA			COFIRA	
2Ogi	20,0 - 30,0	SMDI		70		DK	5				1	3			/	110	SP			FEFIRA	
2Og	30,0 - 60,0			80		C					1				/	130				NO	
2Omr	60,0 - 120,0			90		S					1				/	150				NO	

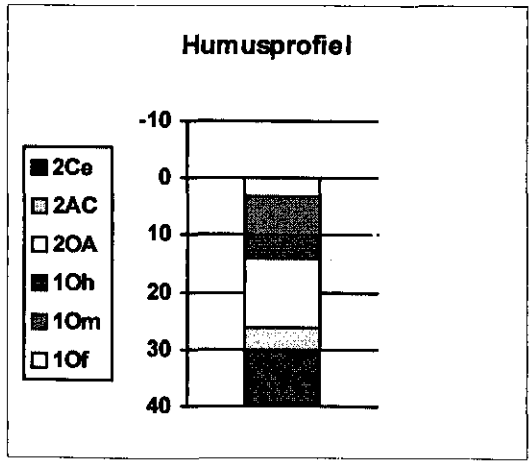
Toelichting

Vegetatietype niet opnieuw opgenomen!

Profielbeschrijving KBA2b

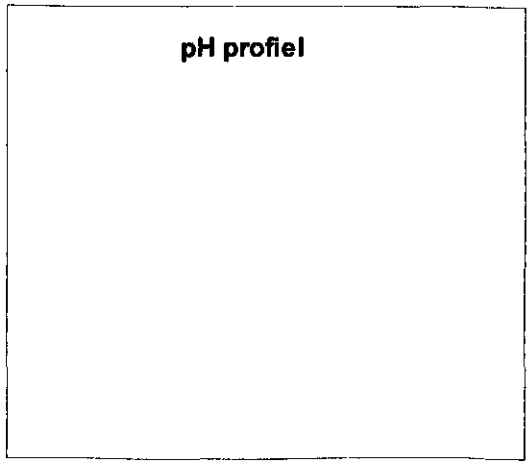
Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
Korenburgerveen			KBA2b	1-9-199
X-coördinaat	Y-coördinaat	m + NAP	Topkaart	
242780	445059	2,5	41E	
Projektnummer	Projekt		Opnemer	
85035	Basenregulatie		Bas van Delft en Rolf Kem	
Bodemgebruik				
GR - grasland, blijvend				
Beheer		Plagjaar		
Maaien (natuur)		0		
Opmerkingen over de locatie				
Nieuwe beschrijving van KBA2				



Landschap

Fysiotoop	
hz4c - overgangsvenen	
Geomorfologie	
dekzandvlakte met veen	
Vegetatietype (SBB)	09A3c
Klasse	Parvocaricetea
Verbond	Caricion nigrae
Associatie	Carici curtae-Agrostietum caninae
SubAssociatie	Carici curtae-Agrostietum caninae juncetosum acuti



Hydrologie

Hydrologisch Systeem				
Kwelgebied, gedraineerd			Berekende GVG	
GHG (veld)	GLG (veld)		polder	stroomgebied
0	70		24	15
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype
0	0	0	0	

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50.000			Humusvorm	
vWz - wIIa			3s18	Moereerdmoder
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte		
999	40	25		

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Worteis A	Fauna D	R	Opmerkingen
1Of	0,0 - 3,0	WACL		95		S									/	150	SP	VFVFHO		met haarmos
1Om	3,0 - 10,0	IRCL		80		S									/	150	SP	PFFIRA		
1Oh	10,0 - 14,0	WADI		60		C									/	130		COVFR		
2OA	14,0 - 26,0	WADI		20		D									/	110	MA	COVFR		
2AC	26,0 - 30,0	WADI		3			15	140							/	413	SP	FEFIRA		
2Ce	30,0 - 70,0						15	140							/	413	SP	NO		houtresten
2Cr	70,0 - 120,0						15	140							/	413	SP	NO		houtresten

Toelichting

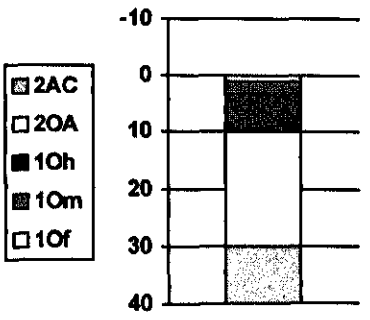
Vegetatietype niet opnieuw opgenomen!

Profielbeschrijving KBD1b

Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
Korenburgerveen			KBD1b	1-9-199
X-coördinaat	Y-coördinaat	m + NAP	Topkaart	
242662	445039	2,5	41E	
Projektnummer	Projekt		Opnemer	
85035	Basenregulatie		Bas van Delft en Rolf Kem	
Bodemgebruik				
GR - grasland, blijvend				
Beheer		Plaqjaar		
Maaien (natuur)		0		
Opmerkingen over de locatie				
Nieuwe beschrijving van KBD2				

Humusprofiel



Landschap

Fysiotoop	
hz4c - overgangsvenen	
Geomorfologie	
dekzandlaagte met veen	
Vegetatietype (SBB)	09A-a
Klasse	Parvocaricetea
Verbond	Caricion nigrae
Associatie	RG Carex nigra - Agrostis canina [Caricion nigrae]
SubAssociatie	Onbepaald

pH profiel

Hydrologie

Hydrologisch Systeem				
Kwelgebied, gedraineerd			Berekende GVG	
GHG (veld)	GLG (veld)		polder	stroomgebied
0	60		22	13
GWS	pH (veld)	EGV (veld, mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype
0	0	0	0	

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000		Humusvorm	
vWz - wIIa		3s18	Moereerdmoder
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte	
999	30	10	

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	D	R	Fauna	Opmerkingen
1Of	0,0 - 1,0	WACL		95		S									/	150	SP	FEVFHO			
1Om	1,0 - 3,0	WACL		80		C									/	130	SP	FEVFRA			
1Oh	3,0 - 10,0	SMCL		50		C									/	130	MA	PFVFRA			
2OA	10,0 - 30,0	SMDI		20		D									/	110	MA	FEVFRA			insluiting zand (mol?)
2AC	30,0 - 40,0			10			15	160							/	410	MA	VFVFVE			
2Ce	40,0 - 50,0						15	160							/	410	SP	NO			overgang Cr moeilijk te zien
2Cr	50,0 - 120,0						15	160							/	410	SP	NO			

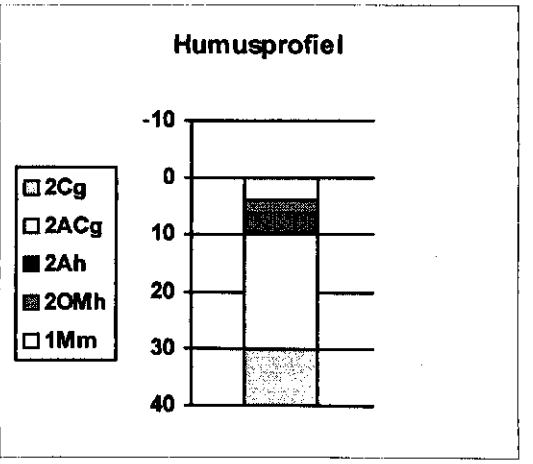
Toelichting

Vegetatietype niet opnieuw opgenomen!

Profielbeschrijving G212b

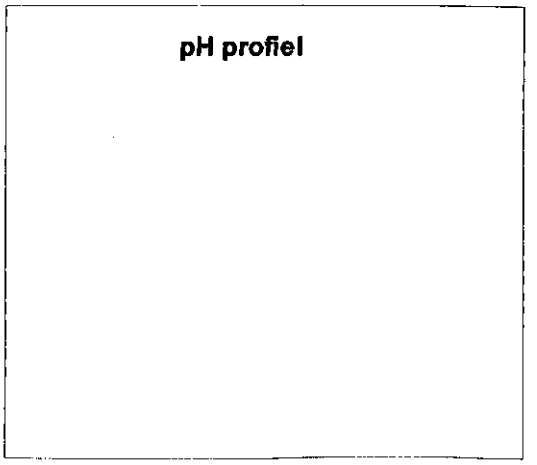
Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
Groot-Zandbrink Zuidoost			G212b	15-9-19
X-coördinaat	**Y-coördinaat**	**m + NAP**	**Topkaart**	
161280,7	459797,2	3,84	32G	
Projektnummer	**Projekt**		**Opnemer**	
85035	Basenregulatie		Bas van Delft	
Bodemgebruik				
GR - grasland, blijvend				
Beheer		**Plagjaar**		
Maaien (natuur)		0		
Opmerkingen over de locatie				
Nieuwe beschrijving van G212				



Landschap

Fysiotoop:	
hz3d1 - vochtige dekzandlaagten	
Geomorfologie	
dekzandlaagte	
Vegetatietype (SBB)	09-i
Klasse	Parvocaricetea
Verbond	RG Molinia caerulea - Sphagnum palustre [Parvocari
Associatie	Onbepaald
SubAssociatie	Onbepaald



Hydrologie

Hydrologisch Systeem				
Kwelgebied, gedraineerd			Berekende GVG	
GHG (veld)	**GLG (veld)**		**polder**	**stroomgebied**
0	90		27	18
GWS	**pH (veld)**	**EGV (veld; mS/m)**	**Inundatieduur**	**Inundatietype**
0	0	0	2	Stagnatie (regen)w

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50.000			Humusvorm	
Zn23 - wIIIa			3s21	Schraalhydromoder
Ontkalkingsdiepte	**Bewortelbare diepte**	**Effectieve Bewortelbare diepte**		
999	70	10		

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	D	R	Fauna	Opmerkingen
1Mm	0,0 - 4,0	SMCL									1				/	190	W			ABFIRA	
2OMh	4,0 - 6,0	SMGR		40		OV	15		140		1				/	412	W			PFFIRA	
2Ah	6,0 - 10,0	SMDI		10			15		140		1				/	412	MA			COFIRA	
2ACg	10,0 - 30,0	SMDI		2			15		140		1				/	412	SP			VFFIVE	
2Cg	30,0 - 70,0						15		140		1				/	412	SP				

Toelichting

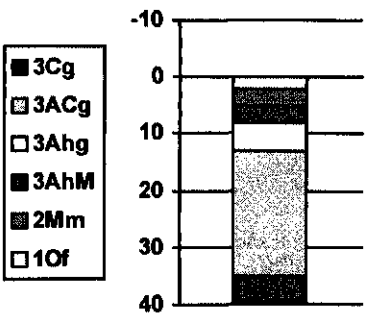
Vegetatietype niet opnieuw opgenomen!

Profielbeschrijving G222b

Administratieve gegevens

Terrein			Afkcode	Datum
Groot-Zandbrink Zuidoost			G222b	31-8-19
X-coördinaat	**Y-coördinaat**	**m + NAP**	**Topkaart**	
161267	459807	3,82	32G	
Projektnummer	**Projekt**		**Opnemer**	
85035	Basenregulatie		Bas van Delft en Rolf Kem	
Bodemgebruik				
GR - grasland, blijvend				
Beheer		**Plagjaar**		
Maaien (natuur)		0		
Opmerkingen over de locatie				
Nieuwe beschrijving van G222				

Humusprofiel



Landschap

Fysiotoop	
hz3d1 - vochtige dekzandlaagten	
Geomorfologie	
dekzandlaagte	
Vegetatietype (SBB)	09-i
Klasse	Parvocaricetea
Verbond	RG Molinia caerulea - Sphagnum palustre [Parvocari
Associatie	Onbepaald
SubAssociatie	Onbepaald

pH profiel

Hydrologie

Hydrologisch Systeem			Berekende GVG	
Kwelgebied, gedraineerd			polder	stroomgebied
GHG (veld)	**GLG (veld)**		27	18
0	90			
GWS	**pH (veld)**	**EGV (veld, mS/m)**	**Inundatieduur**	**Inundatietype**
0	0	0	0	

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm
Zn23 - IIIa	3s21h Zure-Schraalhydromoder

Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte
999	50	13

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	Fauna D	R	Opmerkingen
1Of	0,0 - 2,0	SMCL		90		S					1				/	150 SP	FEFIRA	worm		
2Mm	2,0 - 5,0	WACL		70		OV					1				/	190 W	PFVFRA			
3AhM	5,0 - 8,0	WAGR		30		OV	20	140			1				/	412 W	PFFIRA			wat loodzand
3Ahg	8,0 - 13,0	IRDI		6			20	140			1				/	412 MA	COFIRA			leembrokjes
3ACg	13,0 - 35,0			1			20	140			1				/	412 SP	FEFIVE			wat roest
3Cg	35,0 - 50,0						20	140			1				/	412 SP	VFFIVE			wat roest
3Cgr	50,0 - 75,0						20	130			1				/	412 SP	NO			weinig roest
3Cr	75,0 - 120,0						16	140			1				/	413 SP	NO			grijs + houtresrten

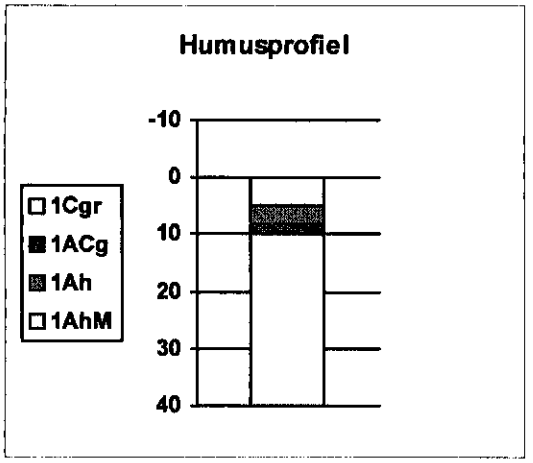
Toelichting

Vegetatietype niet opnieuw opgenomen!

Profielbeschrijving L-PB3b

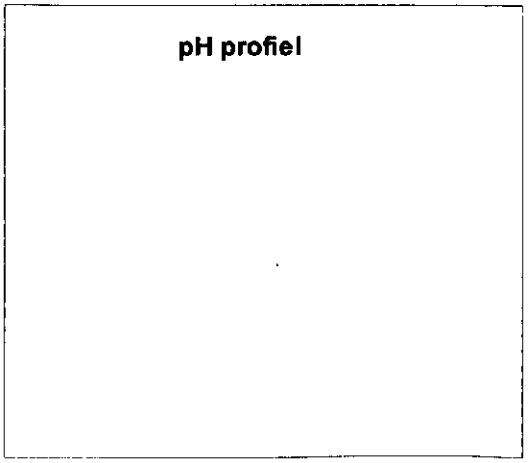
Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
Lemselermaten			L-PB3b	24-9-19
X-coördinaat	Y-coördinaat	m + NAP	Topkaart	
256340	485380	0	28H	
Projektnummer	Projekt		Opnemer	
85035	Basenregulatie		Bas van Delft en Rolf Kem	
Bodemgebruik				
GR - grasland, blijvend				
Beheer		Plagjaar		
Maaien (natuur)		1989		
Opmerkingen over de locatie				
Nieuwe beschrijving van L-PB3				



Landschap

Fysiotoop:	
hz5b - natte beekdalen	
Geomorfologie	
beekdal	
Vegetatietype (SBB)	12B-b
Klasse	Plantaginetea majoris
Verbond	Lolio-Potentillion anserinae
Associatie	RG Eleocharis quinqueflora [Lolio-Potentillion ans
SubAssociatie	Onbepaald



Hydrologie

Hydrologisch Systeem			Berekende GVG	
Kwelgebied, gedraineerd			polder	stroomgebied
GHG (veld)	GLG (veld)		22	13
0	60			
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype
0	0	0	4	Kwelwater (zoet)

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000		Humusvorm	
Zn23t - wlla		3s25	Wormhydromoder
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte	
60	30	100	

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	D	R	Fauna	Opmerkingen
1AhM	0,0 - 5,0	SMDI		10			45	140		1					/	413 W	PFFIRA				
1Ah	5,0 - 8,0	SMDI		10			45	140		1					/	413 MA	COFIRA			worm	
1ACg	8,0 - 10,0	SMDI		2			60	140		1					/	413 MA	FEFIRA			wormga	
1Cgr	10,0 - 60,0						40	140		1					/	413	VFFIVE				zandlenzen
1Cr	60,0 - 120,0						60	140		3					/	413	NO				gelaagd, met houtr. kalk bovenin

Toelichting

Vegetatietype niet opnieuw opgenomen!
Cr horizont bovenin kalkrijk door secundaire neerslag $CaCO_3$

Profielbeschrijving VL04

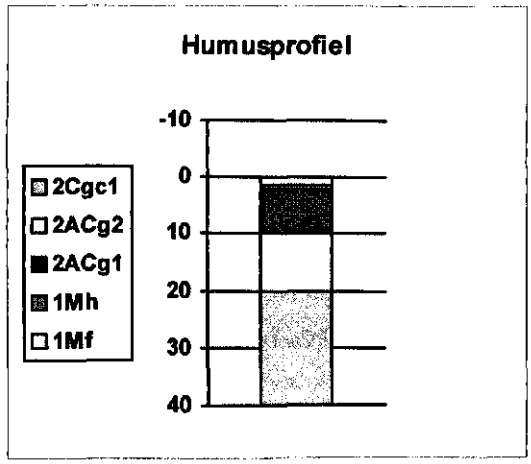
Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
De Borkeld			VL04	5-7-200
X-coördinaat	Y-coördinaat	m + NAP	Topkaart	
231000	475000	0	28D	
Projektnummer	Projekt		Opnemer	
10232	Basisstudie Voedselrijkdom		Bas van Delft	

Bodemgebruik
GR - grasland, blijvend

Beheer	Plagjaar
Maaien (natuur)	1980

Opmerkingen over de locatie
zie toelichting

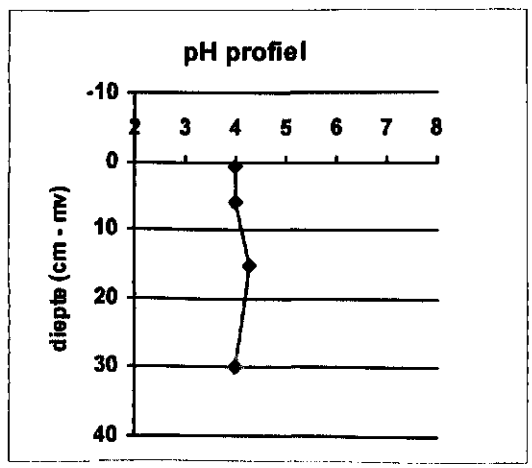


Landschap

Fysiotoop
hz1c - keileemopduikingen

Geomorfologie
Bovenrand leemkuil

Vegetatietype (SBB)	16C-e
Klasse	Molinio-Arrhenatheretea
Verbond	Arrhenatherion elatioris
Associatie	RG Hieracium lactucella [Arrhenatherion elatioris]
SubAssociatie	Onbepaald



Hydrologie

Hydrologisch Systeem
Wegzijgingsgebied

GHG (veld)	GLG (veld)	Berekende GVG polder	Berekende GVG stroomgebied
10	201	54	42

GWS	pH (veld)	EGV (veld, mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype
0	0	0	0	

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50.000		Humusvorm	
fKX - sVad		3t36	Schraalmoder
Ontkalkingsdiepte	Beworteibare diepte	Effectieve Beworteibare diepte	
999	60	10	

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	D	R	Fauna	Opmerkingen
1Mf	0,0 - 1,5	SMCL								4					/	190	W			ABFIRA	
1Mh	1,5 - 2,0	SMCL													/	190	W			PFFIRA	
2ACg1	2,0 - 10,0	SMGR		2			18	35		4	1	5			/	510	GR			COVFR	zwak roestig
2ACg2	10,0 - 20,0			1			18	35		4,3	1	5			/	510	BL			FEFIRA	roestig
2Cgc1	20,0 - 60,0						18	35		4	1	5			/	510	MA			VFFIVE	gevlekt lichtgrijs + roodbruin
2Cgc2	60,0 - 85,0							20	165		1				/	520	SP			NO	egaal roodbruin
2Cg1	85,0 - 115,0							20	165	4,7	1				/	520	SP			NO	licht bruingrijs, zwak roestig
2Cg2	115,0 - 150,0						18	35			1	4			/	510	MA			NO	plastisch; roestig

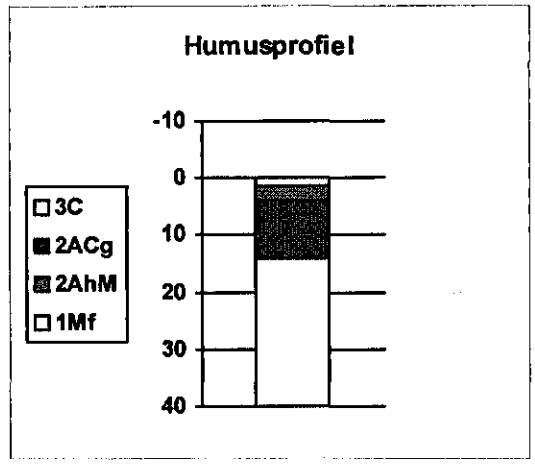
Toelichting

plagjaar schatting voor afgraving
Foto;s
382 en 383 Landschap aan bovenrand leemkuil
384 leemkuil waar VL05 ligt
385 vegetatie
386 Profiel

Profielbeschrijving VL05A

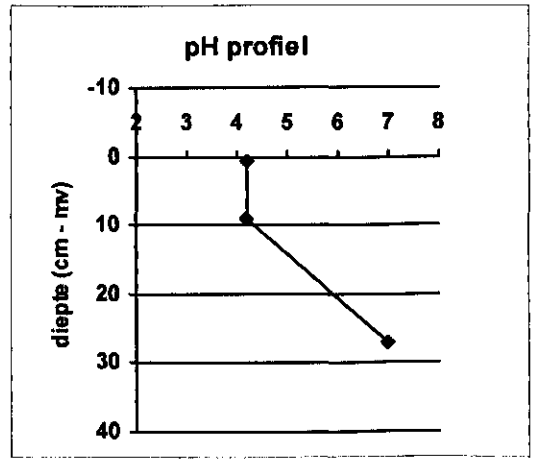
Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
De Borkeld			VL05A	5-7-200
X-coördinaat	Y-coördinaat	m + NAP	Topkaart	
231000	475000	0	28D	
Projektnummer	Projekt		Opnemer	
10232	Basisstudie Voedselrijkdom		Bas van Delft	
Bodemgebruik				
GR - grasland, blijvend				
Beheer		Plagjaar		
Maaien (natuur)		1980		
Opmerkingen over de locatie				
zie toelichting				



Landschap

Fysiotoop:	
hz1b - puinwaaiers en leemarme stuwwallen	
Geomorfologie	
bodem leemkuil	
Vegetatietype (SBB)	16C-f
Klasse	Molinio-Arrhenatheretea
Verbond	Arrhenatherion elatioris
Associatie	RG Dactylis glomerata - Arrhenatherum elatius [Arr
SubAssociatie	Onbepaald



Hydrologie

Hydrologisch Systeem				
Wegzijgingsgebied			Berekende GVG	
GHG (veld)	GLG (veld)		polder	stroomgebied
151	301		182	173
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype
0	0	0	0	

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000		Humusvorm	
Zd20A G - VIIId		3t36	Schraalmoder
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte	
14	14	14	

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	Fauna D	R	Opmerkingen
1Mf	0,0 - 1,5	SMCL		80		OV				4,2					/	190 W	ABFIRA			
2AhM	1,5 - 4,0	SMDI		5	2		30	140			1				/	520 W	PFVFRA			
2ACg	4,0 - 14,0	SMDI		1	2		30	140		4,2	1				/	520 GR	COVFR			roestig
3C	14,0 - 150,0						8	160		7	3				/	630 SP	NO			pH onderin 7,5

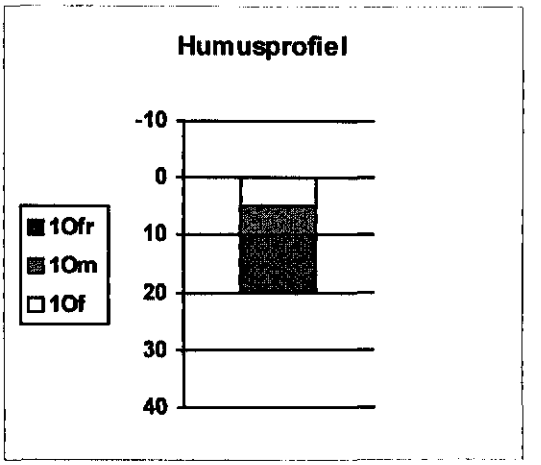
Toelichting

plagjaar schatting voor afgraven
hoger productie dan bij VL05 (kropaar/gewoon struisgras;
Veel (gele) mierenhopen
foto;
391 landschap
392 vegetatie
393 profiel

Profielbeschrijving ST-Bdb

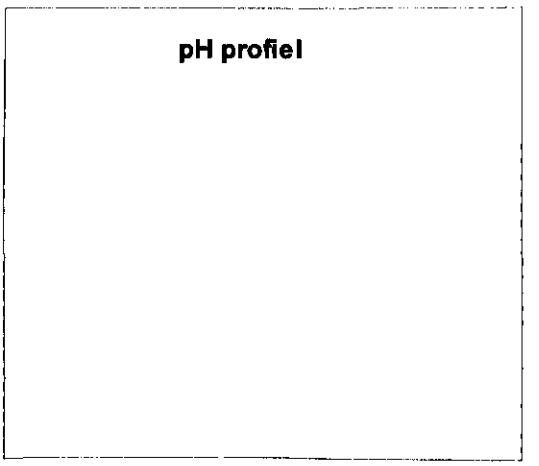
Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
Stobberibben			ST-Bdb	23-9-19
X-coördinaat	Y-coördinaat	m + NAP	Topkaart	
195195	533137	0	16D	
Projektnummer	Projekt		Opnemer	
85035	Basenregulatie		Bas van Delft en Rolf Kem	
Bodemgebruik				
WN - natuurterreinen, natte vegetatie (o.a. slikken)				
Beheer		Plagjaar		
Maaien (natuur)		0		
Opmerkingen over de locatie				
Nieuwe beschrijving van ST-Bd;				



Landschap

Fysiotoop	
lv2d - diepe zoete laagveenplassen	
Geomorfologie	
kragge	
Vegetatietype (SBB)	09-i
Klasse	Parvocaricetea
Verbond	RG Molinia caerulea - Sphagnum palustre [Parvocari
Associatie	Onbepaald
SubAssociatie	Onbepaald



Hydrologie

Hydrologisch Systeem			
Kraggesysteem		Berekende GVG	
GHG (veld)	GLG (veld)	polder	stroomgebied
0	10	14	6
GW/S	pH (veld)	EGV (veld, mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype
0	0	0	0	

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50.000	Humusvorm
Vo - wla	5s12 Rauwveenmosmor

Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte
999	10	10

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	D	R	Fauna	Opmerkingen
1Of	0,0 - 5,0	WADI		95		S					1				/	150	SP			FEFIRA	met haarmos
1Om	5,0 - 10,0	SMCL		95		OV					1				/	190	CM			FEMEV	Haarmoslaag
1Ofr	10,0 - 20,0	SMDI		95		S					1				/	150	SP			VFMER	

Toelichting

Vegetatietype niet opnieuw opgenomen!
Op het profiel 8 cm levend veenmos

Profielbeschrijving ST-Abb

Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
Stobberibben			ST-Abb	23-9-19
X-coördinaat	Y-coördinaat	m + NAP	Topkaart	
195228	533212	0	16D	
Projektnummer	Projekt		Opnemer	
85035	Basenregulatie		Bas van Delft en Rolf Kem	

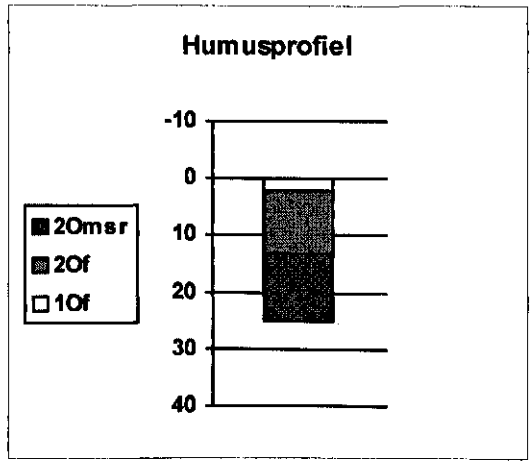
Bodemgebruik

WN - natuurterreinen, natte vegetatie (o.a. slikken)

Beheer	Plagjaar
Maaien (natuur)	0

Opmerkingen over de locatie

Nieuwe beschrijving van ST-Ab



Landschap

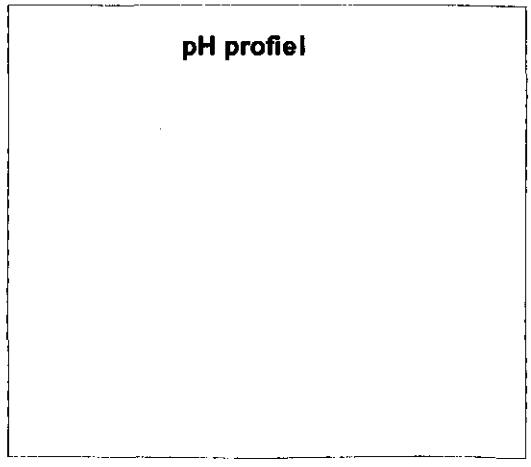
Fysiotoop:

lv2d - diepe zoete laagveenplassen

Geomorfologie

kragge

Vegetatietype (SBB)	09B3
Klasse	Parvocaricetea
Verbond	Caricion lasiocarpae
Associatie	Scorpidio-Caricetum diandrae
SubAssociatie	Onbepaald



Hydrologie

Hydrologisch Systeem

Kraggesysteem

GHG (veld)	GLG (veld)	Berekende GVG polder	Berekende GVG stroomgebied
0	10	14	6

GWS	pH (veld)	EGV (veld, mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype
0	0	0	0	

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm
Vo - wla	5s25 Veenmesimor

Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte
999	13	13

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo ST	Wortels A	D	R	Fauna	Opmerkingen
1Of	0,0 - 2,0	SMCL		95		OV									/	190	SP	VFFIRA			Schorpioenmos
2Of	2,0 - 13,0	SMDI		95		C									/	130	W	ABFIRA			wortels met schorpioenmos
2Omsr	13,0 - 25,0			90		C									/	130	W				meer gytja

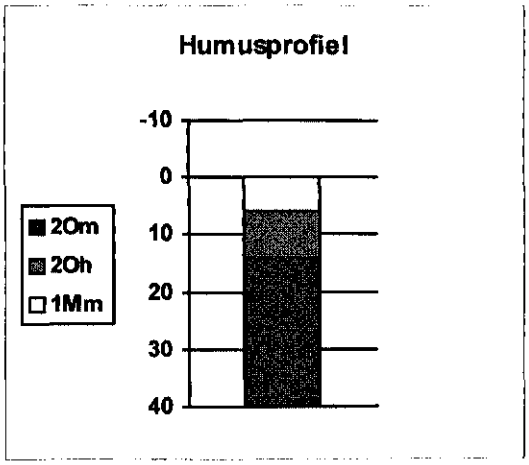
Toelichting

Vegetatietype niet opnieuw opgenomen!

Profielbeschrijving HB4

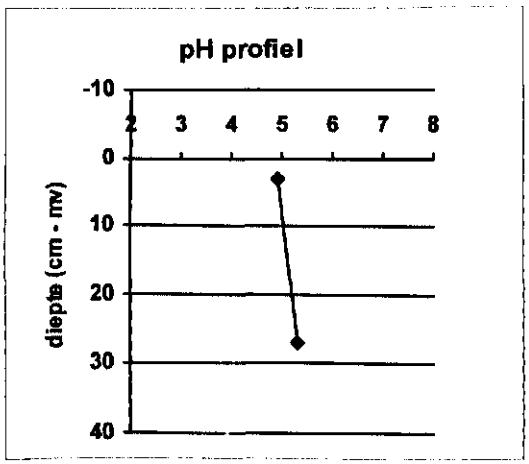
Administratieve gegevens

Terrein			Alfacode	Datum
Helsbroek			HB4	1-10-19
X-coördinaat	Y-coördinaat	m + NAP	Topkaart	
141554	393939	0	51A	
Projektnummer	Projekt		Opnemer	
87590	Klimaat en beken		Bas van Delft	
Bodemgebruik				
GR - grasland, blijvend				
Beheer				
Maaien (natuur)				



Landschap

Fysiotoop:	
hz3d2 - vochtige dekzandlaagten met veen	
Geomorfologie	
met veen opgevulde slenk	
Vegetatietype (SBB)	09B2a
Klasse	Parvocaricetea
Verbond	Caricion lasiocarpae
Associatie	Eriophoro-Caricetum lasiocarpae
SubAssociatie	Eriophoro-Caricetum lasiocarpae typicum



Hydrologie

Hydrologisch Systeem				
Kwelgebied (zoet)			Berekende GVG	
GHG (veld)	GLG (veld)		polder	stroomgebied
0	60		22	13
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype
0	0	0	2	Stagnatie (regen)w

Profielgegevens

Bodemkaart 1 : 50 000			Humusvorm	
Vo - wIIa			5s26d	Schrale-Beekmesimor
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte		
160	40	15		

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue	V/C	Geo	ST	Wortels A	D	R	Fauna	Opmerkingen
1Mm	0,0 - 6,0	SMCL		80		OV				4,9	1				/	190	W	ABVFRA				
2Oh	6,0 - 14,0	WADI		60		DK	15				1	2			/	110	MA	COVFR				
2Om	14,0 - 60,0			60		DZ				5,3	1				/	130	BL	VFFIRA				
3Cr	60,0 - 160,0			2				15	170		1	2			/	340	SP	NO				gelaagd, wat grind en houtresten
3Cr	160,0 - 180,0							55		6,8	3				/	422	MA	NO				

Aanhangsel 2 Resultaten chemische analyses grondmonsters

Standplaats	Bodemvoorraden g/m2						prof. gem	mmol+/m2		C/N	C/P	N/P
Code	C-tot	N-tot	P-tot	P-anorganisch	P-organisch	K-uitw	pH-KCl	Al+Fe ox	Fe-ox		Bodem	
HvB12	5614.49	637.35	568.73	337.91	230.82	83.34	5.00	59619.5	31159.0	8.8	24.3	2.8
VL15	1069.56	78.03	43.45	20.12	23.33	3.90	3.90	7377.5	3026.5	13.7	45.8	3.3
MK04	4530.75	455.89	128.46	78.94	49.52	10.15	3.80	28849.0	7703.3	9.9	91.5	9.2
HvB10	15803.03	1960.38	332.70	100.82	231.88	52.23	5.40	44017.2	32169.2	8.1	68.2	8.5
Br2	5370.4	284.78	34.14	13.99	20.16	7.74	4.97	20388.9	18003.5	18.9	266.4	14.1
VL10	767.74	109.03	107.10	30.02	77.09	18.01	7.10	24287.2	17441.1	7.0	10.0	1.4
MW2	1724.87	319.60	169.55	38.52	131.03	27.82	7.20	24204.4	17582.2	5.4	13.2	2.4
VL13	854.32	82.28	61.20	26.48	34.72	2.84	4.60	14368.6	5071.1	10.4	24.6	2.4
KvD1	5736.585	220.40	15.82	5.11	10.71	4.65	4.40	7304.9	6508.6	26.0	535.4	20.6
Br5	9513.048	432.16	222.38	179.04	43.34	5.62	5.12	71790.6	67505.7	22.0	219.5	10.0
MW1	181.67	45.10	99.38	21.59	77.80	12.54	8.00	22899.9	17149.9	4.0	2.3	0.6
VL14	2738.51	197.99	117.34	72.32	45.02	10.40	3.60	34522.2	13221.1	13.8	60.8	4.4
VL5a	2862.17	234.98	123.50	9.01	114.49	22.88	4.30	21672.0	14811.1	12.2	25.0	2.1
B24	27041.80	830.12	72.55	37.07	35.48	53.12	5.60			32.6	762.1	23.4
Lm6	7337.004	294.80	22.97	7.97	15.00	10.87	5.66	12187.5	9598.7	24.9	489.1	19.7
G133	3825.3	195.63	11.42	2.72	8.70	3.05	4.80	5373.5	3282.5	19.6	439.5	22.5
Lm3	4225.023	188.82	13.25	3.94	9.32	6.58	6.32	18071.7	13510.3	22.4	453.6	20.3
VL5	3930.18	331.34	122.69	19.50	103.19	44.14	4.10	50732.2	37006.5	11.9	38.1	3.2
MK03	18004.63	1119.98	62.08	12.27	49.81	26.69	4.70	28090.3	22281.6	16.1	361.4	22.5
WLA3	9647.289	545.58	37.89	19.08	18.81	12.04	4.42	29195.6	14127.1	17.7	512.8	29.0
MK01	8440.69	711.97	106.83	48.87	57.96	16.03	3.70	28473.8	14665.5	11.9	145.6	12.3
G222	3606.908	166.81	10.25	2.74	7.51	4.41	3.72	5301.4	1944.5	21.6	480.2	22.2
VL4a	3592.06	334.47	57.13	3.06	54.07	19.61	3.50	16665.6	6689.7	10.7	66.4	6.2
StBd	2456.283	39.12	1.95	0.61	1.34	3.00	2.96	274.8	152.4	62.8	1834.0	29.2
Uk3	6819.008	309.27	19.70	10.29	9.41	4.39	4.81	17596.9	10152.9	22.0	724.5	32.9
B50	11080.94	1005.92	74.18	21.46	52.72	8.21	4.10	85898.9	42925.4	11.0	210.2	19.1
KvA2	8438.632	320.67	33.03	8.79	24.24	5.39	3.34	11438.0	3964.7	26.3	348.1	13.2
G212	5737.63	243.39	15.83	3.98	11.85	7.63	3.34	7024.7	3560.2	23.6	484.1	20.5
StAb	4827.186	139.32	5.59	1.35	4.24	7.76	5.83	831.6	495.2	34.6	1139.7	32.9
B46	14611.54	1230.28	105.15	42.38	62.77	13.41	3.60	124083.4	51737.2	11.9	232.8	19.6
WTS11	8774.83	522.95	35.54	12.39	23.15	6.34	3.60	75469.7	55277.7	16.8	379.0	22.6
MK02	13005.62	1009.57	41.72	11.35	30.36	13.12	3.90	40836.9	22135.6	12.9	428.3	33.2
G109	3263.25	201.14	11.84	3.11	8.72	3.48	4.77	7536.8	3531.8	16.2	374.1	23.1
VL4	1655.27	121.39	68.42	8.46	59.96	28.76	3.60	21020.0	10735.1	13.6	27.6	2.0

Aanhangsel 3 Resultaten chemische analyses van het gewas

Terrein	Stand-plaats code	d.s kg/m2	N g/kg d.s.	P g/kg d.s.	K g/kg d.s.	N/K gewas	N/P gewas	P-oogst g/m2	N-oogst g/m2	K-oogst g/m2	C/N (-)	C/P (-)	C/K (-)
Helvoirtse I	HVB12	0.57	8.08	1.63	10.90	0.74	4.95	0.93	4.58	6.18	61.9	306.3	45.9
A50	VL15	0.25	8.79	1.71	5.00	1.76	5.16	0.42	2.19	1.24	56.9	293.2	100.0
Meeuwk	MK4	0.34	13.62	2.54	9.44	1.44	5.35	0.88	4.69	3.25	36.7	196.5	53.0
Helvoirtse I	HVB10	0.80	9.73	1.67	7.52	1.29	5.83	1.34	7.80	6.03	51.4	299.6	66.5
Barten	Br2	0.33	14.40	2.09	4.18	3.44	6.9	0.70	4.80	1.39	34.7	239.7	119.6
Mill.waard	VL10	0.55	12.00	1.71	12.02	1.00	7.01	0.95	6.63	6.64	41.7	291.8	41.6
Mill.waard	MW2	0.59	12.20	1.70	13.41	0.91	7.17	1.01	7.22	7.94	41.0	294.1	37.3
Doorwerth	VL13	0.56	11.49	1.54	3.95	2.91	7.48	0.87	6.48	2.23	43.5	325.4	126.4
Korenburg	KvD1	0.27	8.00	1.07	3.07	2.61	7.5	0.28	2.12	0.82	62.5	467.3	162.9
Barten	Br5	0.63	12.10	1.60	7.24	1.67	7.6	1.00	7.58	4.54	41.3	313.3	69.1
Mill.waard	MW1	0.06	11.98	1.57	9.55	1.25	7.63	0.10	0.76	0.61	41.7	318.4	52.4
Markelo	VL5a	0.45	10.15	1.18	9.34	1.09	8.61	0.53	4.54	4.17	49.3	424.3	53.6
A50	VL14	0.33	9.72	1.13	3.82	2.54	8.63	0.38	3.24	1.27	51.4	444.1	130.8
De Oetert	B24	0.44	15.34	1.17	2.44	6.28	13.16	0.51	6.77	1.08	32.6	429.0	204.6
Lemselerm	Lm6	0.55	9.50	0.65	8.46	1.12	14.5	0.36	5.26	4.68	52.6	765.7	59.1
Gr-Zandbri	G133	0.43	9.50	0.65	7.82	1.21	14.6	0.28	4.05	3.34	52.6	768.0	63.9
Lemselerm	Lm3	0.46	10.50	0.70	8.34	1.26	15	0.32	4.79	3.80	47.6	711.2	60.0
Helsbroek	HB5	0.41	7.03	0.45	4.01	1.75	15.49	0.18	2.86	1.63	71.1	1101.9	124.7
Helsbroek	HB2	0.42	9.52	0.61	5.71	1.67	15.63	0.26	4.00	2.40	52.5	820.8	87.6
Helsbroek	HB6	0.82	11.90	0.75	6.98	1.70	15.91	0.61	9.71	5.69	42.0	668.5	71.6
Markelo	VL5	0.27	9.97	0.61	5.89	1.69	16.29	0.16	2.65	1.57	50.2	817.1	84.8
Meeuwk	MK3	1.01	8.58	0.49	2.51	3.41	17.54	0.49	8.67	2.54	58.3	1022.7	198.9
Helsbroek	HB4	0.32	11.36	0.65	6.55	1.73	17.60	0.21	3.67	2.12	44.0	774.7	76.3
Wyldlande	WL3	0.33	16.20	0.90	13.30	1.22	18	0.30	5.37	4.41	30.9	555.6	37.6
Meeuwk	MK1	0.59	12.78	0.70	3.37	3.79	18.22	0.41	7.50	1.98	39.1	713.2	148.4
Gr-Zandbri	G222	0.48	12.40	0.67	5.81	2.13	18.5	0.32	5.96	2.79	40.3	742.9	86.1
Markelo	VL4a	0.21	14.24	0.76	9.39	1.52	18.85	0.16	3.00	1.98	35.1	662.1	53.3
Helsbroek	HB3	0.78	11.85	0.62	6.36	1.86	19.08	0.48	9.24	4.97	42.2	805.6	78.6
Stobberibb	StBd	0.81	9.10	0.48	4.78	1.90	19.2	0.38	7.34	3.86	54.9	1052.6	104.6
Ulekrite	Uk3	0.40	10.10	0.53	6.64	1.52	19.3	0.21	4.03	2.65	49.5	950.6	75.3
De Marsch	B50	0.60	12.08	0.60	2.40	5.02	20.23	0.36	7.28	1.45	41.4	837.2	207.9
Korenburg	KvA2	0.37	7.30	0.36	3.00	2.43	20.6	0.13	2.72	1.12	68.5	1404.5	166.7
Gr-Zandbri	G212	0.50	12.70	0.60	6.57	1.93	21	0.30	6.36	3.29	39.4	829.2	76.1
Stobberibb	StAb	0.55	12.60	0.59	7.61	1.66	21.2	0.33	6.98	4.21	39.7	841.8	65.7
De Marsch	B46	0.45	10.94	0.50	4.26	2.57	22.02	0.22	4.89	1.90	45.7	1006.9	117.5
Wijnjeterp	WTS11	0.34	14.06	0.60	3.54	3.98	23.44	0.20	4.77	1.20	35.6	833.6	141.4
Meeuwk	MK2	0.41	15.30	0.55	3.34	4.59	27.85	0.23	6.27	1.37	32.7	910.0	149.8
Gr-Zandbri	G109	0.33	14.10	0.46	7.81	1.81	30.6	0.15	4.60	2.55	35.5	1089.3	64.0
Markelo	VL4	0.34	22.91	0.66	9.22	2.48	34.55	0.22	7.74	3.12	21.8	754 1	54.2