

## Evaluatie inrichtingsmaatregelen Krimpenerwaard

Ten behoeve van de omvorming van 800 ha landbouwgrond  
naar natuur



Emiel Brouwer  
B-WARE Research Centre  
Heyendaalseweg 135  
6525 AJ Nijmegen

Met dank aan Dick Kerkhof & Rudi Terlouw (Zuid-Hollands Landschap)

Opdrachtgever: Zuid-Hollands Landschap  
Rapportnummer: 2009.09

## 1 Inleiding

Rond 2014 moet in de Krimpenerwaard ruim 2400 ha (!) nieuwe natuur gerealiseerd zijn door omvorming van landbouwgrond. Deze bestaat grofweg voor een derde uit weidevogelgrasland, een derde botanisch grasland en een derde rietland en open water. Het Zuid-Hollands Landschap heeft inmiddels ruime ervaring opgedaan met de omvorming van intensief gebruikte weilanden naar natte schraallanden. De eerste aankoop van een perceel blauwgrasland door het Zuid-Hollands Landschap vond plaats in 1936. Later zijn ook stukken weidevogelgrasland aangekocht. Vanaf 1996 is ook een begin gemaakt met het terugwinnen van schraalgrasland uit intensief gebruikte agrarische percelen. Maar gezien de grote schaal van de huidige plannen ziet zij deze ervaring graag onderbouwd met metingen. Dit rapport doet verslag van een serie metingen in percelen waar allerlei beheer- en inrichtingsmaatregelen zijn genomen.

### 1.1 Nieuwe schraallanden en natte ruigten in de Krimpenerwaard

In de Krimpenerwaard is op verschillende manieren geprobeerd om agrarische percelen om te vormen tot natte schraallanden (zie figuur 1).

#### 1 Maaien en afvoeren

Op perceel 24a wordt al 28 jaar een beheer van maaien en afvoeren gevoerd. Dit heeft nog niet tot een duidelijke verschralling van het grasland geleid.

#### 2 10 cm afplaggen van grasland

Op de percelen 30 en 31a is in 2006 10 cm diep geplagd. Op dit moment zijn deze percelen alweer dichtgegroeid met een eutrafente vegetatie. Er is nog geen duidelijke ontwikkeling richting nat schraalland.

#### 3 20 cm afplaggen van grasland

Op perceel 84a is in 1996 gemiddeld 20 cm van de toplaag verwijderd. De eerste twee jaar na plagen is 3x per jaar gemaaid en afgevoerd en is een dosis korrelkalk van 400 kg/ha per jaar toegediend. Daarna is overgestapt op een botanisch maaibeheer. Hier heeft de vegetatie zich voorspoedig ontwikkeld richting een blauwgrasland.

Ook op perceel 35 is 20 cm afgeplagd, maar dan in 2004. Het vervolgbeheer bestond hier uit het hierboven genoemde. Ook zijn er op diverse plekken natte ruigten aangelegd door 20 cm van de toplaag af te plagen, maar vervolgens niet te bekalken en maaien. Er ontwikkelt zich dan een lage, open pitrusruigte waarin volop plaats is voor allerlei kruiden. Wanneer deze 1x in de 4 jaar gemaaid worden neemt het aandeel van planten uit dotterbloemgrasland en blauwgrasland toe.

#### 4 20 cm afplaggen van maïsland

Op perceel 79a en b is in 2006 20 cm afgeplagd en is daarna het zelfde beheer gevoerd als op de 20 cm diep afgeplagde graslanden. In korte tijd heeft zich hier een vrij dichte pitrusvegetatie ontwikkeld en een grasmat die gedomineerd wordt door eutrafente grassen.

## 1.2 Relatie met bodemsamenstelling

Vrijwel alle percelen in de Krimpenerwaard bestaan uit ongeroerd grasland. De bodem bestaat uit bosveen, met naar de randen toe een dun kleidek. Ook kan de bovenste veenlaag wat veraard zijn. Veen en klei bezitten veel bindingsplaatsen voor fosfaat. Wanneer er van bovenaf bemest wordt, maar de bodem niet geroerd wordt, blijft het fosfaat in de bovenste bodemlagen hangen. Uit de vegetatieontwikkeling in boven beschreven percelen wordt duidelijk dat voornamelijk de bovenste 20 centimeter van het veen verrijkt is met fosfaat. De fosfaatvoorraad in deze toplaag is waarschijnlijk wel heel hoog, na 28 jaar maaien en afvoeren is de vegetatie nog steeds zeer productief.

Een tweede aspect dat bij de ontwikkeling van schraallanden aandacht verdient is de mogelijke bodemverzuring. Het bosveen is relatief goed gebufferd. Maar vrijwel alle veensoorten hebben slechts een beperkte buffercapaciteit en dus bestaat er een risico op verzuring. Op het perceel 84, dat in 1996 geplagd is, breiden diverse veenmossen zich uit (*Sphagnum flexuosum*, *S. subnitens*, *S. squarrosum*, *S. palustre*). Op perceel 28, dat nooit bemest of bekalkt is geweest maar wel is verdroogd, bestaat de moslaag uit zuurtolerante mossen als Gewoon klauwtjesmos (*Hypnum jutlandicum*), Kussentjesmos (*Leucobryum glaucum*) en bestaat de kruidlaag uit de meer zuurtolerante soorten van het blauwgrasland. Haarmossen (*Polytrichum* spp) en heide-achtigen zijn vrijwel afwezig. Het lijkt er op dat er enige kans is op oppervlakkige verzuring, maar dat deze voor een veenbodem vrij gering is. Opvallend is ook dat opdrogende slootbagger niet of nauwelijks verzuurt. Dit duidt er op dat de totale som aan kationen in de bodem groter is dan de hoeveelheid (bij droogval) verzurende stoffen, met name zwavel.

## 1.3 Te beantwoorden vragen

Ten behoeve van de inrichting van de EHS in de nabije toekomst moeten de volgende vragen beantwoord worden:

- A) Tot op welke diepte is de bodem van permanente graslanden en maisland verrijkt met fosfaat uit de landbouw?
- B) Op welke manier(en) kan landbouwgrond worden omgevormd tot schraalland?
- C) Wat is de kans op bodemverzuring?
- D) Is bekalking van percelen noodzakelijk?

## 2 Verzamelen en analyseren van bodemmonsters

Om bovenstaande vragen te beantwoorden, zijn er drie typen metingen uitgevoerd. De samenstelling van de verweerbare fractie van de bodem is bepaald middels een destructie van de bodem met salpeterzuur. De beschikbaarheid van fosfaat is bepaald door een extractie van de bodem met 0,5 molair natriumbicarbonaat (Olsen-P). Verder is een deel van de bodems uitgeschud met 0,2 molair natriumchloride. Aan dit zoutextract is de zuurgraad van de bodem gemeten en de hoeveelheid ammonium, aluminium en basische kationen die aan het kation-uitwisselingscomplex van de bodem gebonden zijn. Elk bodemmonster bestaat uit een mengmonster van ten minste 3 steken die ongeveer een meter van elkaar genomen zijn. Het veldwerk is verricht in oktober 2008.



Figuur 1: De polder Berkenwoude met de ligging van de bemonsterde percelen.

### 3 Resultaten

In dit hoofdstuk worden eerst de resultaten voor de hele polder besproken in paragraaf 3.1 t/m 3.3. . Daarna worden de resultaten per perceel besproken in paragraaf 3.4 t/m 3.9.

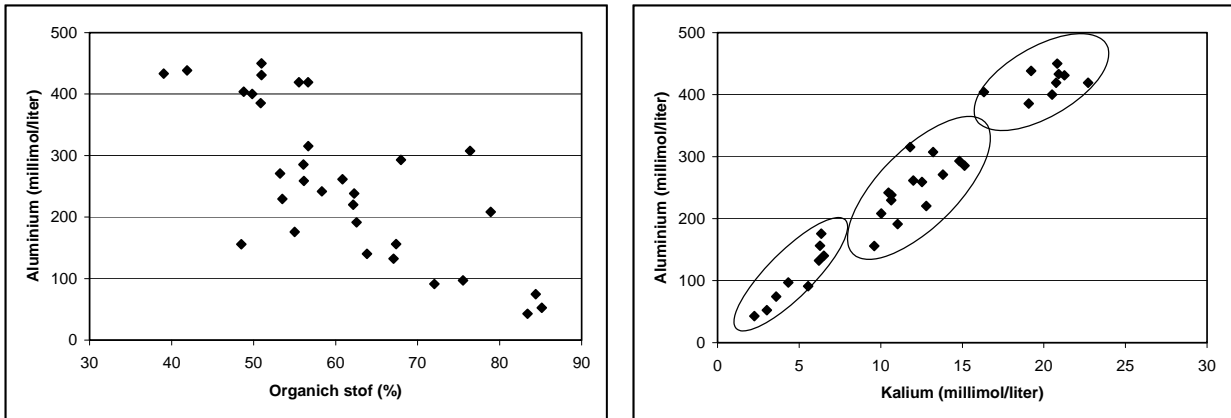
#### 3.1 Samenstelling verweerbare fractie

De bodem in polder Berkenwoude bestaat voornamelijk uit veen. De hoeveelheid organisch materiaal in de verzamelde bodems loopt tamelijk sterk uiteen en varieert tussen 39 en 85% op drooggewichtbasis. Ook is er een grote spreiding te zien in de chemische samenstelling van de bodem. Verschillen in chemische samenstelling zijn vaak gecorreleerd aan het gehalte organisch materiaal. Dit is bijvoorbeeld goed te zien wanneer het gehalte organisch stof wordt uitgezet tegen het dominante element in de bodem: aluminium (figuur 2a).

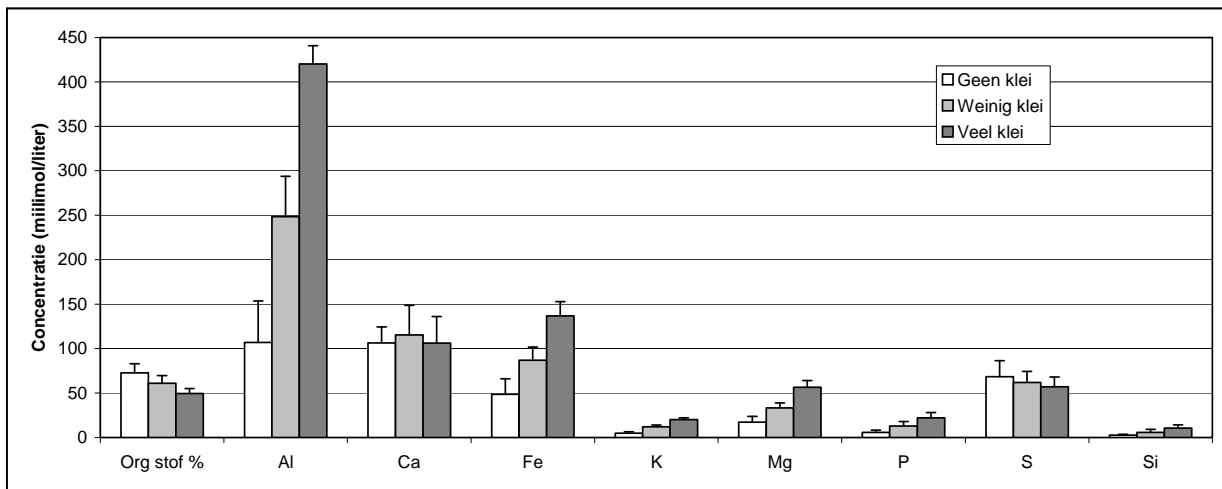
De beste correlaties zijn te vinden tussen de chemische elementen onderling, bijvoorbeeld tussen aluminium, ijzer en kalium. Deze sterke correlatie wijst op een gemeenschappelijke oorsprong, zeer waarschijnlijk een kleifractie. Op basis van de hoeveelheden aluminium en kalium in de bodem is er een onderverdeling gemaakt in drie groepen (figuur 2b); veenbodems zonder klei, veenbodems met weinig klei en veenbodems met veel klei.

Wanneer we deze drie bodemtypen vergelijken wordt duidelijk dat de kleibodems veel meer aluminium, ijzer, kalium, magnesium, fosfor en silicium bevatten (figuur 3). Waarschijnlijk is een groot deel van deze elementen in de kleimineralen zelf aanwezig en dus niet direct voor planten beschikbaar. Deze elementen vertonen onderling ook allemaal een sterke correlatie. Opvallende uitzondering is calcium. Het gehalte neemt niet toe met een toenemende kleifractie en is dus kennelijk weinig hierin aanwezig. Ook is slechts minder dan 10% van het calcium gebonden aan het bodemuitwisselingscomplex, de negatief geladen bodem- en veendeeltjes. Want, de hoeveelheid verkregen met een zoutextract is ruim 10x lager dan de hoeveelheid verkregen met destructie. Ook is er geen correlatie met het gehalte organisch stof en is dus slechts een beperkt deel van het calcium ingebouwd in het organisch materiaal. Interessant zijn de calciumgehalten op de percelen 28 en 29. In deze licht verzuurde percelen zijn de calciumgehalten in de zoutextracten 40% lager dan gemiddeld, terwijl de calciumgehalten in de destructies 3-6x lager zijn dan gemiddeld. Kennelijk kan het in het veen aanwezige calcium tamelijk gemakkelijk oplossen en zodoende nog lange tijd voor een goede basenverzadiging zorgen, wat teruggemeten wordt in het zoutextract. De totale calciumgehalten vertonen wel een goede correlatie met sulfaat; in bijna elke bodem zit 2x zo veel calcium dan sulfaat. Dit duidt er op dat er mogelijk neerslag van calciumsulfaat (gips,  $\text{CaSO}_4$ ) heeft plaatsgevonden. Een dergelijke neerslag is eerder gevonden in veenbodems uit de Limmerpolder die blootstonden aan een verhoogde verdamping. Het overtollige calcium is dan mogelijk als calciumcarbonaat ( $\text{CaCO}_3$ ) aanwezig.

Het veen is rijk aan calcium en zeker niet calciumarmer dan de klei. Dit maakt het onwaarschijnlijk dat de klei de bron is geweest voor calcium. Een waarschijnlijk alternatief is dat calcium is aangevoerd met het grondwater en het veen en mogelijk ook de klei heeft aangerijkt met calciumsulfaat en mogelijk calciumcarbonaat. De totale zwavel fractie is ook tamelijk laag. De hoeveelheid zwavel is steeds duidelijk lager dan de hoeveelheid basische kationen, waardoor het veen niet gevoelig is voor snelle verzuring bij uitdroging.



Figuur 2: Correlaties in de bodem tussen de hoeveelheid verweerbaar aluminium en het gehalte organisch stof (a) en de hoeveelheid verweerbaar aluminium en kalium (b). Op grond van de correlatie tussen aluminium en kalium is een verdeling gemaakt in drie groepen (omcirkeld).

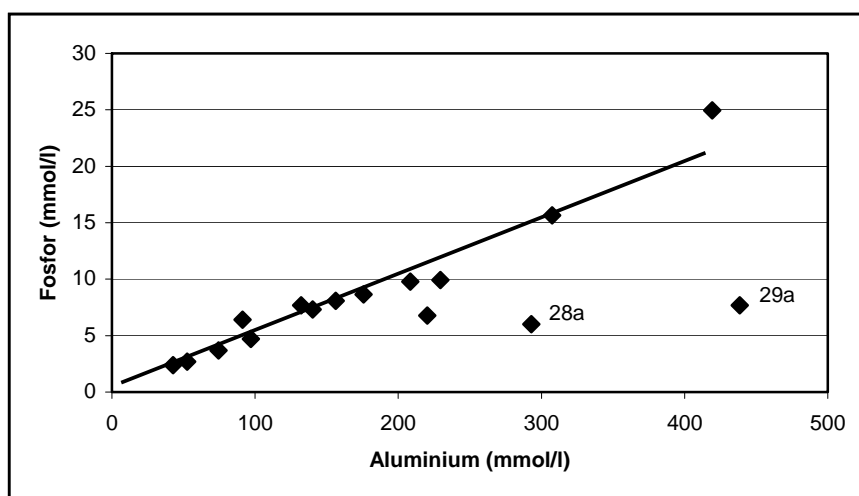


Figuur 3: Vergelijking tussen de samenstelling van de bodems na een verdeling in veenbodems zonder klei, met weinig klei en met veel klei (zie ook figuur 2b).

### 3.2 Fosfaatverrijking

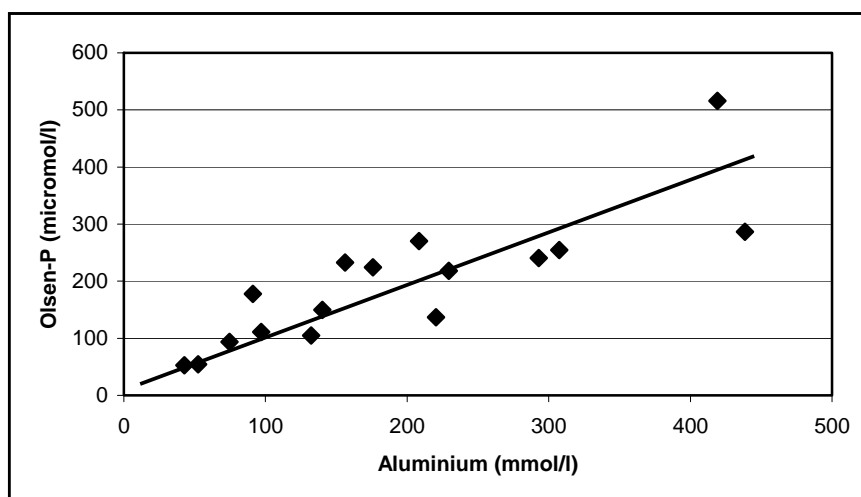
Om de mate van fosfaatanrijking te kunnen bepalen is inzicht nodig in de oorspronkelijke fosforvoorraad en fosfaatbeschikbaarheid van de bodem. Figuur 2 laat zien dat de kleifractie in de veenbodems sterk varieert. Naarmate deze kleifractie hoger is, is zowel de totale fosforvoorraad als de fosfaatbeschikbaarheid hoger. Deze relatie wordt duidelijk wanneer alleen deze alleen wordt berekend voor bodems die vermoedelijk niet of nauwelijks verrijkt zijn met fosfaat. Dit zijn de bodems die verzameld zijn op een diepte van meer dan 20 cm beneden maaiveld (permanent grasland), meer dan 40 cm beneden maaiveld (geroerde bodem) of nooit bemeste bodems (Kooibosjes).

In figuur 4 is de totale aluminiumvoorraad gebruikt als maat voor de kleifractie (zie ook figuur 2b). Er bestaat een sterke correlatie met de totale fosforvoorraad. De twee bodems van de kooibosjes wijken duidelijk af van deze correlatie. De totale fosforvoorraad is bijna 3x lager dan op grond van het aluminiumgehalte verwacht mag worden. Het aluminiumgehalte ligt in het bereik dat verwacht kan worden op basis van het gehalte organisch stof (figuur 2a). Het lijkt er dus op dat er sprake is van een sterke uitputting van fosfor.



Figuur 4: Correlatie tussen de totale gehalten aluminium en fosfor in vermoedelijk onbemeste bodems uit de polder Berkenwoude (zie tekst). De lijn is getrokken op basis van alle getoonde bodems, exclusief die van 28a en 29a (Kooibosjes).

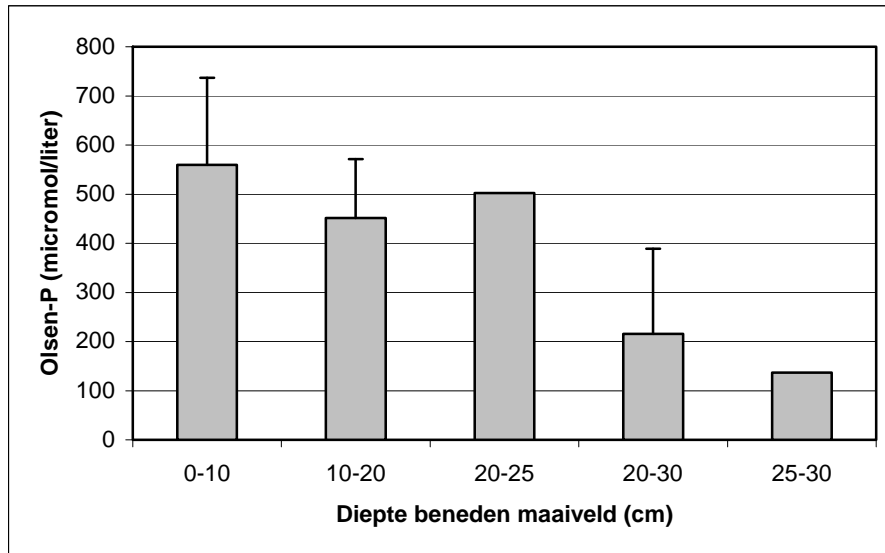
Ook de fosfaatbeschikbaarheid vertoont een duidelijke correlatie met het aluminiumgehalte ofwel de kleifractie. De vrijwel pure veenbodern (met ongeveer 80% organisch materiaal) heeft van oorsprong een fosfaatbeschikbaarheid van minder dan 100 micromol P per liter bodern. De meest kleijge veenbodern (met ongeveer 50% organisch materiaal), hebben van oorsprong een fosfaatbeschikbaarheid van 300 tot 400 micromol P per liter bodern. Ter informatie; onbemeste, zware kleibodern hebben meestal een fosfaatbeschikbaarheid van 500-800 micromol P per liter bodern (van Mullekom e.a., 2008, Witteveen & Bos, 2008).



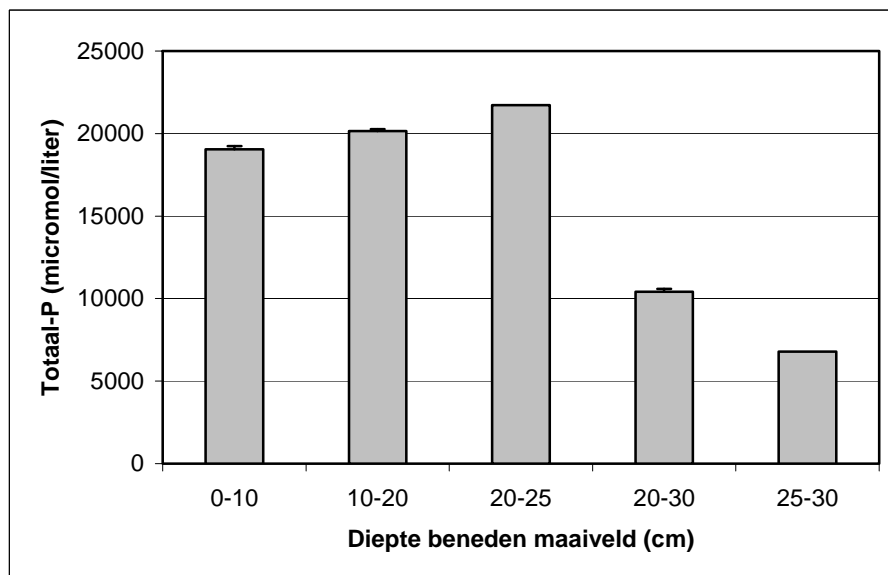
Figuur 5: Correlatie tussen het totale gehalte aluminium en de fosfaatbeschikbaarheid in vermoedelijk onbemeste bodern uit de polder Berkenwoude (zie tekst).

Het grootste deel van de percelen in polder Berkenwoude bestaan uit permanent grasland dat nooit is geroerd. In figuur 6 is voor deze permanente graslanden de fosfaatbeschikbaarheid uitgezet tegen de diepte beneden het (oorspronkelijke) maaiveld. Tot op een diepte van 20 a 25 cm is de fosfaatbeschikbaarheid duidelijk verhoogd. Daaronder is deze tussen de 100 en 200 micromol per liter, wat normale waarden zijn voor een voedselarme veenbodem.

Ook voor de totale fosforvoorraad bestaat er een soort spronglaag op 20 tot 25 cm beneden maaiveld. Ook de totale voorraad halveert hier ongeveer en bereikt waarden die kenmerkend zijn voor voedselarme bodems. De toplaag van de bodem is dus ongeveer 2x zo fosfaatrijk als de onderliggende laag.



Figuur 6: Beschikbaarheid van fosfaat op verschillende diepten beneden het (oorspronkelijke) maaiveld in de percelen 35b, 30, 31, 28, 29 en 84.



Figuur 7: Totale fosforvoorraad op verschillende diepten beneden het (oorspronkelijke) maaiveld in de percelen 35b, 30, 31, 28, 29 en 84.



### 3.3 Verzuring

Om verzuring te voorkomen is er twee jaar achtereen bekalkt op de geplagde en gemaaide delen van perceel 35b (2004 en 2005) en op de geplagde delen van perceel 84 (1996 en 1997). Van deze bekalking is niets meer terug te meten. Er zijn geen verschillen gemeten tussen de toplaag van 0-5 cm en de bodemlaag van 5-10 cm (zie tabel 1). Ook zijn er geen verschillen met niet bekalkte percelen. Opvallend is dat de pH (zout, NaCl) ongeveer 5 is. De pH water is waarschijnlijk nog een halve tot een hele eenheid hoger. Ook zit er veel meer calcium in het zoutextract dan aluminium. De bodem pH is dus ongeveer neutraal en de bodem kent een hoge basenverzadiging. De kansen op verzuring lijken dus gering; althans in de percelen die in agrarisch gebruik (geweest) zijn.

Tabel 1: Zuurgraad van de bodem en de hoeveelheid met zout extraheerbare aluminium, calcium, kalium, magnesium, fosfor, zwavel, nitraat en ammonium in de percelen 35b (geplagd 2004) en 84 (geplagd 1996).

Behandeling	pH	Zout	Al	Ca	K	Mg	P	S	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>
Plag + kalk 2004 0-5 cm	5,09		34	24899	3983	25170	1,20	16070	6	114
Plag + kalk 2004 5-10 cm	4,99		31	26164	3803	24288	0,76	16369	7	80
Plag 2004 0-5 cm	5,21		23	28296	3960	23992	3,05	16446	28	145
Plag 2004 5-10 cm	5,00		53	27890	3697	23207	5,18	16068	44	65
Plag + kalk 1996 0-5 cm	4,65		109	28715	4437	25787	1,16	15965	2	152
Plag + kalk 1996 5-10 cm	4,82		36	31267	4186	23527	0,72	15693	19	129

De totale hoeveelheid kalk die is toegediend bedraagt 800 kg per hectare. Wanneer we uitgaan van een gemakkelijk verweerbaar calciumfractie van 100 millimol per liter bodem, betekent dit dat de totale calciumvoorraad in de bovenste 10 centimeter 4000 kilogram per hectare bedraagt. De toegediende 800 kg kalk bevat ongeveer 320 kilogram calcium. Theoretisch wordt de totale hoeveelheid verweerbaar calcium in de bovenste 10 cm dus ook maar met minder dan 10% verhoogd door de bekalking. In dit licht is het niet vreemd dat de bekalking niet terug te meten is in de bodem.

### 3.4 Perceel 35b: 20 cm plaggen 2004

Afplaggen van 20 centimeter van de bodem is op de meeste plaatsen voldoende om de fosfaatverrijkte toplaag te verwijderen. Wanneer vervolgens gemaaid en afgevoerd wordt, ontstaat een schraalgrasland, met bijvoorbeeld veel blauwe zegge (*Carex panicea*). In de niet gemaaide delen treedt veel pitrus op, maar er blijft ook ruimte over voor lagere gewassen. Met name echte koekoeksbloem (*Lychnis flos-cuculi*), gevleugeld hertshooi (*Hypericum quadrangulum*) en teer guichelheil (*Anagallis tenella*) geven aan dat de fosfaatbeschikbaarheid laag is en pitrus op langere termijn geen probleem zal zijn.

Op veel plekken is met enig reliëf geplagd, wat goed is voor de variatie in het terrein. Wel valt onmiddellijk op dat de plekken waar het minste bodem is verwijderd een meer eutrafente vegetatie dragen. Soorten als gewone waternavel (*Hydrocotyle vulgaris*), pitrus en gestreepte witbol (*Holcus lanatus*) laten hier geen ruimte voor echte schraallandsoorten. Op deze plekken is de fosfaatbeschikbaarheid en de totale fosforvoorraad enkele malen hoger dan op de schrale plekken (tabel 2). Ook is de stikstofbeschikbaarheid hoger. Het weghalen van 20 cm van de toplaag is dus echt een minimum om op korte termijn schraallandvegetaties te ontwikkelen.

Tabel 2: Samenstelling van de huidige toplaag van de bodem (0-10 cm) op de in 2004m geplagde delen. Zowel in de ruigte als in het grasland zijn een deel met een oligotrafente en een eutrafente vegetatie met elkaar vergeleken.

	pHzout	K-zout	NO3-zout	NH4-zout	P-zout	Olsen-P	Tot-P
Pitrus voedselarm	5,12	4087	12	97	1,17	105	7692
Grasland voedselarm	5,32	3821	3	79	0,58	137	6791
Pitrus voedselrijk	5,09	3571	61	112	7,07	512	25676
Grasland voedselrijk	5,09	3452	10	175	2,25	502	21722

### 3.5 Perceel 30 & 31: 10 cm plaggen

Figuur 6 en 7 laten zien dat de landbouwkundige fosfaatverrijking tot zeker 20 centimeter diep in de bodem reikt. Dat blijkt ook op de percelen 30 en 31. Na het verwijderen van 10 centimeter, is de overgebleven toplaag nog steeds vrijwel even rijk aan fosfaat. Pas beneden 10 centimeter, dus 20 centimeter beneden de oorspronkelijke bouwvoor, loopt de fosfaatbeschikbaarheid terug. Bij het monster van perceel 30 is deze afname in beschikbaarheid en in totaal fosforgehalte zeer klein en worden waarden gemeten van 516 micromol resp. 25 millimol per liter. In ieder geval plaatselijk is de bodem dus tot op meer dan 20 cm duidelijk verrijkt met fosfaat uit de landbouw.

### 3.6 Perceel 28/29: oud blauwgrasland

In het blauwgrasland bij de kooibosjes heeft, zoals eerder vermeld, een fikse uitputting van de natuurlijke fosforvoorraad plaatsgevonden. Dit geldt evenzeer voor calcium en zwavel, twee elementen die in 5-10x hogere hoeveelheden in de bodem voorkomen dan fosfor. Opvallend genoeg is er nog geen verminderde fosfaatbeschikbaarheid. De bodem heeft een relatief laag gehalte aan organisch stof en bijgevolg een vrij hoge kleifractie. Dit weerspiegelt waarschijnlijk de vrij sterke veraarding die heeft plaatsgevonden in de toplaag van dit perceel.

Waarschijnlijk heeft de oppervlakkige verdroging, in combinatie met het achterwege blijven van kalkgiften, geleid tot zuurvorming als gevolg van oxidatie van ijzer-zwavel verbindingen zoals pyriet. Dit zuur heeft waarschijnlijk ijzerfosfaten opgelost, waardoor de fosfaatbeschikbaarheid relatief hoog is en er bij gevolg veel fosfor uit de bovenste bodemlaag is uitgespoeld. Het zuur heeft ook calcium opgelost. Het eindresultaat is dan dat zowel fosfaat, als calcium en zwavel uitspoelen. Een andere verklaring is dat de elementen zijn afgevoerd met het maaisel. Dan zou echter ook het kaliumgehalte moeten zijn afgenomen en dat is niet het geval.

In het perceel heeft tevens een vrij sterke ontkalking plaatsgevonden, zonder dat dit heeft geleid tot een sterke verzuring (tabel 3). De beschikbaarheid van aluminium is veel groter dan in alle andere bodems, maar de aluminium/calcium ratio is nog steeds gunstig. De pH zout is gemiddeld iets meer dan 4, wat kenmerkend is voor heischrale bodems. De vegetatie bevat ook veel heischrale elementen, zowel onder de hogere planten als onder de mossen en paddestoelen. Opvallend is de combinatie van klokjesgentiaan met slijmwasplaat (*Hygrocybe laeta*) en adonismycena (*Mycena adonis*); deze is in Nederland verder alleen aan te treffen op de hogere zandgronden. Ondanks dat dit perceel het sterkst ontkalkt is, is er vrijwel nergens sprake van dominantie van veenmossen of haarmossen.

In de percelen 28 en 29 liggen diverse permanente quadraten, waar medewerkers van Zuid-Hollands Landschap de vegetatie volgen. De vegetatie is daar in de afgelopen 10 jaar nauwelijks van samenstelling veranderd. Op de percelen en in de quadraten is nauwelijks veenmos aanwezig. Dit groeit vooral aan de slootranden. Waarschijnlijk zijn de percelen aan de droge kant voor veenmossen en vindt aan de slootkanten minder uitdroging plaats in de zomer. Kussentjesmos (*Leucobryum glaucum*) heeft een soortgelijke ecologie als veenmos, maar is minder gevoelig voor uitdroging. Dit mos komt veel voor in het hele perceel. De ontwatering heeft dus enige verdroging tot gevolg. Maar ook op langere termijn vindt geen ernstige verzuring plaats en handhaven zich de meer zuurtolerante soorten uit het blauwgrasland zoals spaanse ruit (*Cirsium dissectum*) en blauwe zegge (*Carex panicea*). Veenmosgroei wordt door de verdroging juist voorkomen. Tegengaan van de verdroging kan

mogelijk leiden tot een snelle groei van veenmos. De waargenomen, bedreigde paddestoelen zijn juist zeer gevoelig voor vernatting en zullen bij een hoger (sloot-)peil snel verdwijnen. Vernatting kan hier dus belangrijke nadelige gevolgen hebben.

Tabel 3: Samenstelling van de toplaag van de bodem (0-10 cm) in het schraalgrasland bij de kooibosjes en in het schraalgrasland op perceel 84, dat in 1996 geplagd is.

	pHzout	Orgstof(%)	Al-zout	Ca-zout	Ca-tot	P-zout	P-Olsen	Zn-zout	NO3-zout	NH4-zout
Kooibosjes 29a	4,33	42	586	17094	42473	0,25	287	30	23	181
Kooibosjes 28a	4,01	68	1806	11305	14471	0,80	240	27	6	280
Blauwgrasland 84a west	4,59	84	110	27352	81718	1,01	93	5	17	179
Blauwgrasland 84a oost	4,88	76	35	32629	107033	0,87	111	1	3	102

### 3.7 Perceel 84: 20 cm plaggen 1996

Ook op perceel 84 is (ruim) 20 cm plaggen afdoende gebleken om aan blauwgrasland verwante vegetaties te herstellen. De blootgelegde bodem is zeer weinig veraard. Het hoge gehalte organisch stof leidt tot een zeer lage fosfaatbeschikbaarheid, die ruim 2x lager is dan in de veraarde toplaag in de kooibosjes (tabel 3). Wel is dit verse en minder zure veen makkelijker afbreekbaar, waardoor er waarschijnlijk meer kooldioxide geproduceerd wordt. In combinatie met de gemiddeld nattere omstandigheden, schept dit gunstiger omstandigheden voor veenmosgroei. Bekalken als maatregel om deze veenmosgroei tegen te gaan is waarschijnlijk niet zo zinvol. Aan de ene kant zal het tijdelijk leiden tot een stijging van de pH en een remming van de veenmosgroei. Aan de andere kant worden carbonaten uit de kalk omgezet in kooldioxide en stimuleert kalk de veenafbraak en dus de productie van kooldioxide. Deze dubbele productie van kooldioxide stimuleert juist de veenmosgroei, zo lang het milieu zwak zuur tot neutraal blijft. Recente proeven in de Nieuwkoopse plassen en in beekdalgraslanden op de Veluwe (van Mullekom e.a., 2009) laten zien dat een bekalking met 2 ton kalk/ha nodig is om veenmos weg te krijgen en dat voor de soorten van overgangsvveen waarschijnlijk een nog hogere dosis nodig is. De gebruikte dosis van 400 kg is dus waarschijnlijk niet acuut toxisch voor de veenmossen in perceel 84, maar remt mogelijk wel de vestiging. In 2008 was geen bekalkingseffect meer te meten en zijn op veel plekken dichte kussens van snelgroeiende veenmossoorten te zien.

De vegetatie-ontwikkeling op perceel 84 is sinds het plaggen op de voet gevolgd door Dick Kerkhof. Al in het eerste jaar vestigden zich diverse soorten die kenmerkend zijn voor blauwgrasland. De eerste jaren waren soorten van eutrofe graslanden echter dominant, bijvoorbeeld kruipende boterbloem (*Ranunculus repens*) en fioringras (*Agrostis stolonifera*). Verder opvallend was het abundant optreden van kleine topkapselmossen als roodknolknikmos (*Bryum rubens*), oranjeknolknikmos (*B. tenuisetum*) en slankmos (*Leptobryum pyriforme*). Deze en andere topkapselmossen zijn in vrijwel alle bekalkingsexperimenten in het veld en in het lab gevonden. Bijvoorbeeld op heidevelden (Schapedobbe in Friesland, Kroondomeinen het Loo), in kleine zeggen gemeenschappen (Hierdense beek) en op verzuurde, bekalkte kraggen (Nieuwkoopse plassen). Het lijkt er op dat door bekalking de bovenste millimeters van de bodem het meest kalkrijk worden en dat hier mogelijk de afbraak van organisch materiaal wordt gestimuleerd. Hierdoor kunnen zich mossen van min om meer basisch en vaak wat voedselrijker milieu vestigen.

De bekalking verklaart echter nog niet de hoge abundantie van eutrafente hogere planten. De bodemmetingen in perceel 35 en in het Hierdense beekdal laten zien dat de bekalking niet terug te meten is in de bovenste 10 cm van de bodem. De hogere planten reageren waarschijnlijk meer op een verhoogd aanbod van voedingsstoffen na plaggen. Dit kan dan een restant zijn van uitspoeling uit de bouwvoor, of een gevolg van de blootstelling van vers veen aan de lucht. Ook speelt mee dat er in het begin geen concurrenten aanwezig zijn. In latere jaren nemen vooral de zeggen toe en hiermee ook de concurrentie. De vegetatie ontwikkelt zich dan meer richting de vegetatie die verwacht wordt op basis van de gemeten fosfaatbeschikbaarheden. Elementen van blauwgrasland en heischraal grasland breiden zich uit.

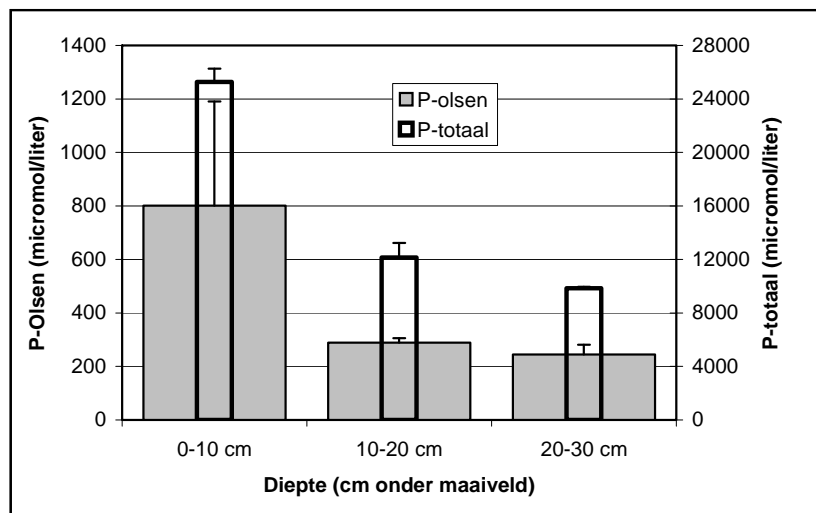
Een mogelijke bedreiging voor het blauwgrasland op perceel 84 is de opkomst van veenmossen sinds 2000 en vooral 2001. In de eerste 4 jaar zijn nauwelijks veenmossen aangetroffen. De toplaag van het

verse veen was kennelijk ongeschikt voor vestiging. Het ligt voor de hand dat de toplaag niet zuur genoeg was. Uit de metingen blijkt dat het veen zelf tamelijk goed gebufferd is. Maar ook de bekalking kan hieraan hebben bijgedragen. Waarschijnlijk is de bovenste centimeter van de bodem gaandeweg licht verzuurd/ontkalkt, waardoor de vestiging van veenmossen mogelijk is geworden. Wanneer zich eenmaal veenmossen hebben gevestigd, kunnen deze de toplaag snel verder verzuren en zich snel uitbreiden. Het is wellicht raadzaam om perceel 84 nogmaals licht te bekalken, in ieder geval op experimentele schaal.

### 3.8 Perceel 24: 28 jaar maaien en afvoeren

Na 28 jaar maaien en afvoeren is de fosfaatbeschikbaarheid en de totale fosfaatvoorraad in de toplaag van perceel 24 nog steeds duidelijk verhoogd. In dit perceel zijn zelfs de hoogste waarden van het hele onderzoek gemeten. Het lijkt er sterk op dat in de afgelopen 28 jaar nauwelijks netto fosfaatafvoer heeft plaatsgevonden.

Toch is er wel een positief punt te noemen. De verhoogde fosfaatbeschikbaarheid speelt zich vrijwel geheel af in de bovenste 10 centimeter. De meest voor de hand liggende verklaring is dat de fosfaatindringing 28 jaar geleden pas gevorderd was tot de bovenste 10 centimeter van het perceel. Het staken van de bemesting heeft vervolgens erger voorkomen. Omdat er op slechts 2 plekken profielen gestoken zijn, is deze conclusie niet bijzonder hard.

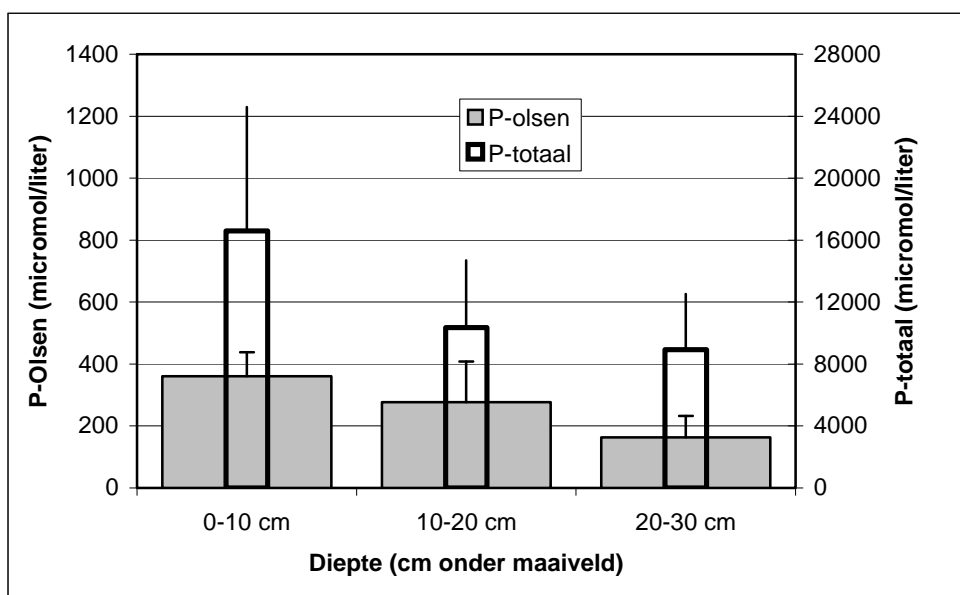


Figuur 8: Fosfaatbeschikbaarheid (Olsen-P) en totale hoeveelheid verweerbaar fosfor (P-totaal) in 2 bodemprofielen uit perceel 24.

### 3.9 Perceel 79: 20 cm plagen van maisperceel

Perceel 79 is ten behoeve van de maaisbouw omgewerkt. Van deze omgewerkte bodem is de bovenste 20 centimeter verwijderd. Momenteel staat er een eutrafente vegetatie op het afgeplagde perceel. De fosfaatbeschikbaarheid in de huidige toplaag is echter slechts licht verhoogd (figuur 9). De absolute gemiddelde waarde is met 333 micromol P per liter vrij hoog, maar de bodem bevat ook een relatief hoge kleifractie. Als daarvoor wordt gecorrigeerd, blijft slechts een geringe verhoging van enkele tientallen procenten over, ten opzichte van de natuurlijke fosfaatbeschikbaarheid. Dit geldt ook voor de totale hoeveelheid fosfor. Op 10-20 cm diepte is de kleifractie kleiner en neemt de fosfaatbeschikbaarheid en totale fosforvoorraad af. Op 20-30 cm diepte bevindt zich in beide monsters een zeer venige en fosfaatarme bodem.

Het lijkt er dus sterk op dat de veraarde en fosfaatverrijkte bovenlaag tot op 40 cm diepte in de oorspronkelijke bodem gewerkt is. Verwijdering van de bovenste 20 cm heeft geleid tot een matig hoge fosfaatbeschikbaarheid. Met een beheer van maaien en afvoeren is hier waarschijnlijk binnen een aantal jaren een vegetatie te ontwikkelen die verwant is aan dotterbloemgrasland, bijvoorbeeld met veel echte koekoeksbloem. Voor ontwikkeling richting blauwgrasland is het waarschijnlijk nodig om nog eens 10 tot 20 cm van de bodem te verwijderen.



Figuur 9: Fosfaatbeschikbaarheid (Olsen-P) en totale hoeveelheid verweerbaar fosfor (P-totaal) in 2 bodemprofielen uit perceel 79.

## 4 Conclusies

### 4.1 Conclusie bodem algemeen

Onderzoek aan de toplaag van de bodem ten noordwesten van Berkenwoude levert enkele belangrijke inzichten op in de geschiedenis van de Krimpenerwaard. De bodem bestaat vooral uit veen, iets wat door de bodemkaart wordt bevestigd. De analyses wijzen er echter op dat er in het veen een kleifractie aanwezig is. Bodems met een hogere kleifractie bevatten meer aluminium, ijzer, magnesium, zink, kalium en fosfor. De meest pure veenbodems, daarentegen, bevatten meer calcium, sulfaat en silicium. Merkwaardig genoeg is de klei dus armer aan calcium dan het veen. Ook volgens de bodemkaart zijn langs de Hollandse IJssel vooral kalkarme klei-afzettingen te vinden. Het veen is aanzienlijk rijker aan calcium, wat het onwaarschijnlijk maakt dat de klei-afzettingen deze kalk hebben geleverd. Gezien de tegelijk hogere hoeveelheden zwavel en silicium, is het veel waarschijnlijker dat het veen gevoed werd door regionaal grondwater dat relatief rijk was aan calcium, sulfaat en silicium.

Tegenwoordig is deze kwel waarschijnlijk afwezig, gezien de diepe ontwatering van bijvoorbeeld de Zuidplaspolder. Omdat het veen flink opgeladen is met basen, kunnen de basenminnende vegetaties uit het verleden nog wel terugkeren. Omdat er echter een inzijsituatie is ontstaan, worden de bovenste centimeters van het veen tegenwoordig vooral door regenwater gevoed en niet meer door grondwater. Dit overigens zonder te verzuren. Door de inzijsituatie wordt na verloop van tijd o.a. de groei van veenmossen mogelijk, die slecht overweg kunnen met het calcium en ijzer in grondwater. Alleen daar waar door kleine reliëfverschillen in het terrein zeer lokaal ijzerhoudend bodemvocht uittreedt, blijven veenmossen weg.

Voor de te kiezen doeltypen in de polder zou het bovenstaande betekenen dat door veenmossen gekenmerkte vegetaties uiteindelijk op veel plekken dominant zullen worden op plekken die nu het doeltypen soortenrijk schraalland dragen. De schraallanden hebben waarschijnlijk het meeste toekomst op plekken die nog enigszins gevoed worden door grondwater. Dit kan zowel grondwater uit klei-afzettingen als veen-afzettingen zijn. Ook blijkt dat de bestaande schraallanden zich bij lichte verdroging lang handhaven en dat veenmos hier weinig kans krijgt.

Opvallend is dat krabbescheer met name voorkomt op de veenbodems aan de noordwestrand van de polder. Mogelijk is krabbescheer hier gebonden aan veenbodems met een lichte kleifractie. Deze bodems bevatten veel meer ijzer en zijn veel beter in staat om zwavel te binden en hiermee de aanwezigheid van vrij sulfide te voorkomen. De veenbodems zijn vrij arm aan ijzer en van nature al

vrij rijk aan zwavel. De meest pure veenbodems bevatten zelfs meer dan 2x zo veel zwavel als ijzer, wat inhoudt dat bij afbraak vrij sulfide gevormd wordt.

#### 4.2 Puntsgewijze conclusies:

- Fosfaten uit de landbouw zijn in de polder Berkenwoude 20-25 cm diep in de permanente graslanden doorgedrongen. Percelen die geroerd zijn, zijn tot op 40 cm diepte verrijkt met fosfaat. Op perceel 79, waar de bemesting 28 jaar geleden is stopgezet, is het fosfaat slechts ruim 10 centimeter doorgedrongen in de bodem. Mogelijk is een groot deel van de fosfaatindringing dus van vrij recente datum.
- Maaaien en afvoeren leidt niet tot een meetbare afvoer van fosfaat uit de toplaag van de landbouwpercelen (perceel 79). Ook ontstaat geen stikstoflimitatie, waarschijnlijk omdat er continu nalevering plaatsvindt door aerobe en anaërobe afbraak van veen.
- De toplaag van de bodem bevat een lager gehalte organisch materiaal en een hogere kleifractie. Dit duidt op veraarding van de toplaag onder de huidige drooglegging.
- De bodem is niet gevoelig voor acute verzuring bij droogvallen. Ook na vele tientallen jaren van geleidelijke verdroging is de basenverzadiging nog hoog. Wel treedt er uitloging op van calcium, fosfaat en zwavel in de toplaag, waarschijnlijk als gevolg van pyrietoxidatie na verdroging.
- De bodem bevat vrijwel overal een vrij grote hoeveelheid calcium, dat niet als mineraal of ingebouwd in organisch materiaal of gehecht aan het kationuitwisselingscomplex aanwezig is. Waarschijnlijk gaat het om neerslagen van calciumsulfaat en mogelijk ook calciumcarbonaat, wat duidt op aanvoer van calciumsulfaat rijk grondwater in het verleden.
- In de toplaag van de percelen 28 en 29 is de totale calciumvoorraad 60-80% lager dan in de overige percelen. Dit calcium is waarschijnlijk verdwenen als gevolg van verzurende processen.
- Omdat de afgeplagde bodem niet erg gevoelig is voor verzuring, is bekalking geen voor de hand liggende, aanvullende maatregel na plaggen. In de bodem is een vrij grote voorraad vrij makkelijk verweerbare calcium aanwezig. Bekalken zorgt hooguit voor een aanvulling van deze fractie met 10%.
- Ondanks de geringe verzuring treedt enkele jaren na plaggen wel lokaal te sterke veenmosgroei op. Deze wordt waarschijnlijk mogelijk gemaakt doordat er momenteel sprake is van een inzijsituatie en (hierdoor?) van tamelijk ijzerarm grondwater. Veenmosgroei in blauwgraslanden kan worden voorkomen door toediening van ijzer(chloride) of, indien mogelijk, door ijzerrijk grondwater in maaiveld te brengen gedurende een deel van het groeiseizoen. Ook lichte verdroging beperkt de veenmosgroei. Overigens is de ontwikkeling van hoogveenachtige vegetatie een toegevoegde waarde voor het terrein als geheel.

## Literatuur

- Van Mullekom, M, Brouwer, E, Smolders, A.J.P., Poelen, M. & Dijcker, R., 2008. Hydrologische en biochemische quickscan “De Meren”. B-ware rapport nr 2008.20
- Van Mullekom, M. Smolders, A.J.P., Brouwer, E. & J.G.M. Roelofs, 2009. Onderzoek naar de kansen voor natuurontwikkeling en –herstel in het Hierdense beekdal binnen Landgoed Staverden. Concept eindrapportage. B-ware Rapport nr. 200844a
- Witteveen & Bos, 2008. Ecohydrologisch onderzoek Bentwoud. Witteveen & Bos Rapport nr. gv873-1\_004.