



ALTERRA

WAGENINGEN UR

Fosfaatonderzoek Kolonievvaart

Onderzoek naar de benodigde inrichtingsmaatregelen voor het behalen van de gewenste natuurdoeltypen in het natuurgebied Kolonievvaart

M. Pleijter
S.P.J. van Delft
R.H. Kemmers
M.M. van der Werff



Alterra-rapport 1755, ISSN 1566-7197



Fosfaatonderzoek Kolonievart

In opdracht van Vereniging Natuurmonumenten

Fosfaatonderzoek Kolonievvaart

Onderzoek naar de benodigde inrichtingsmaatregelen voor het behalen van de gewenste natuurdoeltypen in het natuurgebied Kolonievvaart

**M. Pleijter
S.P.J. van Delft
R. H. Kemmers
M. M. Van der Werff**

Alterra-rapport 1755

Alterra, Wageningen, 2008

REFERAAT

M. Pleijter, S.P.J. van Delft, R .H. Kemmers, en M.M. van der Werff, 2008. *Fosfaatonderzoek Kolonivaart; Onderzoek naar de benodigde inrichtingsmaatregelen voor het behalen van de gewenste natuurdoeltypen in het natuurgebied Kolonivaart*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1755 60 blz.; 17 fig.; 12 tab.; 34 ref.

De Kolonivaart is een akkerbouwgebied dat wordt ingericht als natuurgebied. De natuurdoelen die worden nagestreefd zijn natte heide, bos en ven. Er is geen inzicht in de huidige fosfaattoestand en –beschikbaarheid. Het doel van het onderzoek is driedig en zal leiden tot inzicht in de huidige fosfaattoestand en beschikbaarheid van fosfaat in relatie tot de gewenste natuurdoeltypen, inzicht op de effecten van vernatting op de beschikbaarheid van fosfaat, en een voorstel van inrichtingsmaatregelen die nodig zijn om de gewenste natuurdoeltypen te realiseren. De fosfaattoestand wordt bepaald aan de hand van bodemanalyses, die genomen worden middels een gestratificeerde aselechte steekproef. Uit de interpretatie van de bodemanalyses blijkt dat het gebied Kolonivaart voor het realiseren van de natuurdoeltypen kansrijk is voor uitmijnen en verschralen.

Trefwoorden: Afgraven, fosfaat, interne eutrofiering, natuurdoeltypen

ISSN 1566-7197

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

© 2008 Alterra
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland
Tel.: (0317) 480700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

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

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

[Alterra-rapport 1755/oktober/2008]

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Achtergrond	11
1.2 Probleemstelling en doelstelling van het onderzoek	11
1.3 Afbakening	12
2 Methode	13
2.1 Raamwerk ecologische bodemtypologie	13
2.2 Beoordeling van de kansrijkdom	13
2.3 Beoordeling fosfaattoestand	14
2.4 Uitmijnen of afgraven?	18
3 Aanpak	19
3.1 Beoordeling van de bodemgesteldheid	19
3.2 Beoordeling grondwaterkwaliteit	20
3.3 Beoordeling van de fosfaattoestand	20
3.4 Uitvoering van de bodembemonstering	21
4 Resultaten	23
4.1 Bodemgesteldheid	23
4.1.1 Bodem	24
4.1.2 Grondwatertrappen	24
4.1.3 Beoordeling van de grondwaterkwantiteit	25
4.1.4 pH- profielen	26
4.2 Grondwaterkwaliteit	27
4.2.1 Verwantschap grondwaterkwaliteit met referentiewatertypen	28
4.2.2 Relatie grondwaterkwaliteit en pH- bodem	30
4.3 De fosfaattoestand	31
4.3.1 Fosfaatverzadiging	32
4.3.2 Fosfaatuitspoeling	33
4.3.3 Beoordeling van de fosfaattoestand	35
5 Synthese en inrichtingsadvies	37
5.1 Visie op de bodemgesteldheid en fosfaattoestand	37
5.2 Effecten van maatregelen op de grondwaterstanden	38
5.2.1 Afgraven	39
5.2.2 Peilverhogen	39
5.2.3 Dempnen van sloten	39
5.3 Effecten van maatregelen op de fosfaatvoorraad	40
5.3.1 Vernatten	40
5.3.2 Afgraven	40

5.3.3	Verschralen of uitmijnen	40
5.4	Advies	41
5.4.1	Hydrologie	41
5.4.2	Fosfaattoestand	42
	Literatuur	43
Bijlage 1	Ligging van de boor- en steekproefpunten	47
Bijlage 2	Bodembeschrijvingen	49
Bijlage 3	Analyseresultaten	51
Bijlage 4	pH- profielen en aandelen referentiewatertypen	53
Bijlage 5	Beoordeling kansrijkdom voor schrale vegetaties op basis van de fosfaattoestand	57

Woord vooraf

Alterra heeft in opdracht van de Vereniging Natuurmonumenten onderzoek gedaan naar de voedselrijkdom in het gebied Kolonievart. Over de aanpak en inhoud van het onderzoek is overleg gevoerd tussen de heer Klok van Natuurmonumenten en de heer Pleijter van Alterra, Centrum Bodem. Het onderzoek heeft plaatsgevonden in augustus - november 2008, waarbij de veldgegevens hoofdzakelijk in augustus zijn verzameld. De analyse van de grond/ en watermonsters zijn uitgevoerd door het bodembologisch laboratorium van Centrum Bodem (Wageningen- UR).

Aan het project werkten mee:

Ing. M. Pleijter	projectleiding
Ir. S.P.J. van Delft	interpretatie gegevens
Ir. R.H. Kemmers	wetenschappelijk supervisie
M.M. van der Werff	bodemkartering, verzamelen veldgegevens
W. Klok	contactpersoon Vereniging Natuurmonumenten

Samenvatting

De Kolonievlaart is een akkerbouwgebied dat wordt ingericht als natuurgebied. De natuurdoelen die worden nagestreefd zijn natte heide, bos en ven. Er is geen inzicht in de huidige fosfaattoestand en -beschikbaarheid, waardoor onduidelijkheid is welke inrichtingsmaatregelen nodig zijn om de gewenste natuurdoelen te verwezenlijken. Het doel van dit onderzoek is driedelig

- a) Inzicht in de huidige fosfaattoestand en beschikbaarheid van fosfaat in relatie tot de gewenste natuurdoeltypen;
- b) Inzicht op de effecten van vernatting op de beschikbaarheid van fosfaat;
- c) Voorstel van inrichtingsmaatregelen die nodig zijn om de gewenste natuurdoeltypen te realiseren.

De fosfaattoestand is beoordeeld op basis van de actuele en potentiële beschikbaarheid. De makkelijk beschikbare fractie is afgeleid van het P_w -getal, en de potentieel beschikbare fractie van P_{ox} (oxalaat-extractie). De beoordeling van de potentiële fosfaatbeschikbaarheid is gebaseerd op de theorie dat in zand-, klei- en veengronden de overmaat aan fosfaat wordt gebonden aan ijzer- en aluminiumoxiden. Het risico van interne eutrofiering door vernatting wordt sterk bepaald door de verhouding tussen P en Fe- en Al-oxiden in de bodem. Dit risico is gering bij een overmaat aan Fe en Al in de bodem.

Om inzicht te verkrijgen in de fosfaattoestand van het onderzoeksgebied zijn bodemanalyses uitgevoerd op (de verhouding van) P en Fe- en Al. De monsterlocaties zijn bepaald doormiddel van een aselechte gestratificeerde steekproef. Hiertoe is het gebied verdeeld op basis van landgebruik en bodemtype in drie strata. Per stratum is een verschillend aantal locaties geloot waar van de boven- en ondergrond bodemonsters zijn genomen en aan het laboratorium ter analyse aangeboden op P_w , oxalaat extraheerbaar P en oxalaat extraheerbaar ijzer en aluminium.

De bodemgesteldheid geeft informatie over de abiotische randvoorwaarden voor de te beoordelen doelvegetaties. De bodemgesteldheid is afgeleid van de beschikbare detail bodemkaart, schaal 1:10 000 uit 1985. De informatie op deze kaart is echter verouderd, waardoor er behoefte is aan actualisatie van de gegevens. Dit is gebeurd aan de hand van nieuwe profielbeschrijvingen. Verder zijn EGV-en pH-metingen van het bovenste grondwater gedaan. Daarnaast is de pH van de bodem bepaald met behulp van indicatorstrips. Bovendien zijn grondwatermonsters van het bovenste grondwater genomen, welke zijn geanalyseerd op pH, EGV en de concentratie van macro-ionen (Cl, Ca, K, Mg, Na en SO_4) en anorganisch koolstof.

De bodem bestaat uit keileem waarop een dunne laag dekzand of verweerd keileem aanwezig is. Het keileemoppervlakte is reliëfrijk. Op de moerige afzettingen bevindt zich een zanddekje. In het dekzand en verweerde keileem heeft zich een humuspodzolgrond ontwikkeld. De Kolonievlaart is een infiltratiegebied. Het

grondwater staat sterk onder invloed van neerslag, zowel kwalitatief, als kwantitatief. Het keileem in de zandondergrond werkt als storende laag waar infiltrerend regenwater op stagneert en afstroomt. Ook in kwalitatieve zin wordt het grondwater beïnvloed door de keileem. Waar ondiep keileem voorkomt heeft het grondwater enige invloed van zacht grondwater. Naast verschillen in grondwaterdynamiek zullen ook verschillen in zuurgraad de uiteindelijke vegetatieontwikkeling beïnvloeden. Op de beter gebufferde gronden met ondiep keileem zal de ontwikkeling meer in de richting van heischraal grasland gaan terwijl in de slenk waar keileem dieper zit of ontbreekt natte heide kan ontstaan.

Voor het realiseren van natte heide is vooral de grondwaterstand in het voorjaar van belang. De voorjaargrondwaterstanden voor een grondwatertrap VI zijn te laag voor het natuurdoeltype natte heide, en zullen met enkele decimeters verhoogd moeten worden. In het plan is ook voorzien in de ontwikkeling van plas/ven in de beekdalachtige laagte. Om in de beekdalachtige laagte een plas/ven te creëren moeten maatregelen worden getroffen om zowel de hoogste als laagste grondwaterstanden omhoog te brengen.

De actuele fosfaattoestand en de fosfaatvoorraad worden beïnvloed door het huidige landgebruik. De beschikbaarheid van fosfaat wordt daarnaast beïnvloed door de hoeveelheid oxalaat- extraheerbaar ijzer en aluminium. In de humuspodzolgronden is het aandeel aluminium belangrijker voor de beschikbaarheid van fosfaat. In de veengronden is de hoeveelheid oxalaat- extraheerbaar ijzer hoger dan in de podzolgronden. Hierdoor is de fosfaatbeschikbaarheid van de moerige gronden lager dan van de zandgronden, terwijl de fosfaatvoorraad vergelijkbaar is. Omdat bij vernatting alleen ijzerhydroxiden in oplossing gaan waardoor het daaraan gebonden fosfaat gemobiliseerd wordt is het risico op interne eutrofiëring gering.

De actuele fosfaattoestand van de grasland strata zijn laag, op basis waarvan geen aanvullende maatregelen nodig zijn om het terrein geschikt te maken voor (natte) heide. Er zijn aanvullende maatregelen nodig om het gedeelte waarop maïs wordt verbouwd geschikt te maken voor de gestelde natuurdoelen. Ondanks dat de actuele fosfaatvoorraad hoog is, wordt uitmijnen van de fosfaatvoorraad kansrijk geacht. Afgraven van de bovengrond heeft geen nadelige effecten op het behalen van de gestelde natuurdoelen. Het advies staat per stratum in onderstaand tabel weergegeven.

Overzicht van advies maatregelen om fosfaattoestand en hydrologische situatie terug te brengen naar grenswaarden voor de gestelde natuurdoelen. Onder vernatten wordt het belemmeren van de afvoer verstaan d.m.v. dempen van sloten en het opzetten van het peil.

Stratum	Natuurdoeltype	Fosfaattoestand	Hydrologie
1	natte heide	Uitmijnen	Vernatten
2	natte heide	Verschralen	Vernatten
3	plas/ven	Verschralen	Afgraven+ vernatten

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Het onderzoeksgebied “Kolonievaart” ligt in de provincie Drenthe aan de rand van het Fochteloërveen (figuur 1.1). Het gebied beslaat een oppervlakte van ca. 48 ha en bestaat uit (voormalig) bouwland. Op een gedeelte van het gebied is ongeveer 8 jaar door natuurmonumenten verschravingsbeheer uitgevoerd, terwijl het andere gedeelte tot op heden een akkerbouw functie heeft. Van het gebied is een inrichtingsplan opgesteld. De beschreven natuurdoelen in dit inrichtingsplan zijn: plas/ven, natte heide en bos. In het plan is verder sprake van het afgraven van gronden tot een diepte van 30 – 40 cm, het dempen van sloten en het opbrengen van gronden tot 30 cm. ten opzichte van het huidige maaiveld. De inrichtingsmaatregelen zijn deels gestoeld op het realiseren van natte hydrologische omstandigheden in het gebied. De uitvoering van de voorgestelde inrichtingsmaatregelen zijn echter afhankelijk van de fosfaattoestand van het gebied.



Figuur 1.1: ligging van het onderzoeksgebied Kolonievaart

1.2 Probleemstelling en doelstelling van het onderzoek

De Kolonievaart is een akkerbouwgebied dat binnen de herinrichting Roden- Norg wordt ingericht als natuurgebied. De natuurdoelen die worden nagestreefd zijn natte heide, bos en ven. Er is geen inzicht in de huidige fosfaattoestand en – beschikbaarheid, waardoor onduidelijkheid is welke inrichtingsmaatregelen nodig zijn om de gewenste natuurdoelen te verwezenlijken. Het doel van het onderzoek is drieledig en zal leiden tot:

- Inzicht in de huidige fosfaattoestand en beschikbaarheid van fosfaat in relatie tot de gewenste natuurdoeltypen.
- Inzicht op de effecten van vernatting op de beschikbaarheid van fosfaat, en een
- Voorstel van inrichtingsmaatregelen die nodig zijn om de gewenste natuurdoeltypen te realiseren.

1.3 Afbakening

Binnen de inrichtingsplannen vallen maatregelen die moeten leiden tot het vernatting van het gebied. Binnen dit onderzoek wordt ingegaan op de effecten van vernatting op de fosfaatbeschikbaarheid. Er worden echter geen uitspraken gedaan welke maatregelen moeten worden getroffen om de gewenste hydrologische omstandigheden te creëren.

2 Methode

2.1 Raamwerk ecologische bodemtypologie

In dit hoofdstuk wordt de visie van Alterra ten aanzien van inrichtingsmaatregelen rondom de fosfaatproblematiek in te vormen natuurgebieden verwoord. Dit is ook de leidraad voor het plan van aanpak.

Om tot een optimale inrichting van de terreinen te komen moet onderzocht worden waar de standplaatscondities het beste aansluiten bij de standplaatseisen van de voorgestelde natuurdoeltypen en hoe deze verbeterd kunnen worden indien ze niet optimaal zijn. Uitgangspunt is dat het reliëf in het landschap en daaruit voortvloeiende hydrologische processen als infiltratie en kwel de belangrijkste drijvende krachten zijn voor de ecosysteemontwikkeling. Dit zogenaamde ecohydrologische veld is, gegeven het bodemtype, bepalend voor lokale differentiatie in ecologisch relevante factoren zoals vochtbeschikbaarheid, basentoestand en nutriëntentoestand. Deze hydrologische processen op landschapsschaal worden weerspiegeld in bodemkundige patronen die door ons worden geïnterpreteerd volgens het door ons ontwikkelde Raamwerk Ecologische Bodemtypologie (Kemmers en de Waal, 1999; Van Delft et al. 2002; Kemmers et al. 2002). Natuurdoelen beschouwen wij als functie van de genoemde eco(pedo)logische factoren (abiotische randvoorwaarden) zoals aangestuurd door deze hydrologische processen op landschapsschaal. Het startpunt voor het onderzoek zijn de eisen die de voorgestelde natuurdoelen stellen aan een standplaats (abiotische randvoorwaarden).

Gebruik makend van al beschikbare gegevens en gericht verzamelde aanvullende gegevens wordt getoetst in welke percelen de standplaats al geschikt is, en welke maatregelen genomen moeten worden om ook andere percelen geschikt te maken. Daarbij kan gedacht worden aan maatregelen ter stimulering van de kwel voor herstel van de basentoestand, om oppervlaktewaterpeilen op te zetten voor verbetering van de vochttoestand, of aan uitmijnen of afgraven van de bemeste bovengrond om een overschot aan nutriënten te verwijderen, waarbij afgraven van de bovengrond ook tot een nattere standplaats zal leiden. Bij de eventuele keuze voor afgraven wordt een voorzichtig beleid voorgesteld vanwege de mogelijk negatieve gevolgen voor het functioneren van de bodem (zuur- en fosfaatbuffer, zaadbank en essentieel bodemleven) en mogelijke archeologische en aardkundige waarden. In deze visie wordt uitgegaan van de kansrijkdom, fosfaattoestand en de gewenstheid van afgraven. Deze uitgangspunten worden in de volgende paragrafen toegelicht.

2.2 Beoordeling van de kansrijkdom

Onder *Hoogwaardige Natuur* wordt verstaan: “*natuur die in overeenstemming is met de ongestoorde ecohydrologische positie van de standplaats, zonder invloed van verdroging en bemesting*”. Afhankelijk van het gevoerde beheer kunnen hier verschillende vegetaties bij horen.

De standplaatscondities moeten bij de inrichting zo goed mogelijk in overeenstemming gebracht worden met de standplaatsseisen van de voorgestelde natuurdoelen, voor zover dat realistisch is op de gegeven ecohydrologische positie. Natte heide op een enkeerdgrond (droog infiltratieprofiel) wordt bijvoorbeeld niet als realistisch gezien. Voor een goed begrip van de ecohydrologische positie dient op landschapsniveau een *ecohydrologische systeemanalyse* beschikbaar te zijn (Smeenge et al. 2008). Bij het beoordelen van de standplaatscondities wordt uitgegaan van geïntegreerd ecohydrologisch en ecopedologisch onderzoek zoals is uitgewerkt in het Raamwerk ecologische bodemtypologie (Van Delft et al. 2002; Kemmers et al. 2002). Op basis van de bodem- en grondwatertrappenkaart wordt beoordeeld waar de natuurdoelen van nature voor zouden kunnen komen. De bodemkaart van Nederland, schaal 1:50 000 is hiervoor niet geschikt omdat deze alleen informatie op regionaal niveau weergeeft. Bij het beoordelen van de standaardcondities is het daarom belangrijk om informatie over de bodemgesteldheid op detailniveau (schaal 1:10 000 of groter) te hebben. De informatie wordt vervolgens vertaald naar een fysiopenkaart die de ecohydrologische relaties in beeld brengt (Kemmers en van der Bolt 1997; Kemmers et al. 2001; Brouwer et al. 2002). Op basis van deze fysiopenkaart kan aangegeven worden wat bij de huidige hydrologie de meest natuurlijke vegetatie per kaartvlak is, afhankelijk van het beheer. Hiervoor zullen de standplaatskenmerken van de fysiopen vergeleken worden met de abiotische randvoorwaarden in Waterlood (Runhaar en Hennekens 2006) en beschrijvingen in SynBioSys (Hennekens, Schaminée et al. 2001). Op basis van deze fysiopenkaart kan ook aangegeven worden waar vernatting tot verbetering van de condities kan leiden. Omdat vooral hydrologische veranderingen (verdroging) geleid hebben tot een afname van de geschiktheid voor natte natuur zal onderzocht moeten worden waar verhoging van grondwaterstanden noodzakelijk is.

2.3 Beoordeling fosfaattoestand

De fosfaattoestand wordt beoordeeld op basis van de actuele en potentiële beschikbaarheid. Fosfaat kan in verschillende vormen in de bodem voorkomen, waarbij het in meer of mindere mate gebonden is aan bodemdeeltjes (vooral ijzer- en aluminiumoxiden). Slechts een beperkt deel is opneembaar voor de vegetatie. De gebonden fractie kan, bijvoorbeeld door vernatting, deels gemobiliseerd worden en alsnog beschikbaar komen. Of en in welke mate dat gebeurt hangt af van de mate waarin fosfaat gebonden is en de wijze waarop vernatting tot stand komt. Het risico op fosfaatmobilisatie bij vernatting (interne eutrofiëring) is het grootst wanneer permanent vernat wordt met sulfaathoudend water (Van Delft et al. 2005). Uit recent onderzoek is gebleken dat periodieke vernatting, afgewisseld met perioden waarin de bodem droog valt, juist een verlaging van de fosfaatbeschikbaarheid tot gevolg heeft (Kemmers 2007; Kemmers en Nelemans 2007).

Er is een groot aantal verschillende analysemethoden beschikbaar die een kleiner of groter deel van de fosfaatvoorraad in de bodem ontsluiten. De essentie van deze verschillen is de agressiviteit van het extractiemiddel om de bodem te ontsluiten. Bij milde extracties wordt het voor de plant direct beschikbare fosfaat ontsloten.

Naarmate de extractie sterker is, wordt een steeds groter deel van het potentieel beschikbare fosfaat ontsloten. Het heeft bijvoorbeeld geen zin om P-totaal te meten omdat dit voor een groot deel gefixeerd is en niet beschikbaar komt aan de vegetatie. De keuze voor analysemethoden hangt af van de fosfaatfractie die men wil meten. In dit onderzoek zijn twee verschillende fracties bepaald: een makkelijk beschikbare fractie en een potentieel beschikbare fractie. Tussen deze fracties is een chemisch evenwicht aanwezig. De actuele beschikbaarheid wordt bepaald uit de in water oplosbare P. Hiervoor kan het P_w-getal gebruikt worden, maar er is ook een tendens om gebruik te maken van een extractie met CaCl₂ (Kemmers en Nelemans 2007). Daarnaast wordt een kenmerkende P-beschikbaarheid, uitgedrukt in P-Olsen, voor bepaalde vegetatie doeltypen ontleend aan Hommel et al. (2006). In dit onderzoek wordt de makkelijk beschikbare fractie afgeleid van het P_w-getal, en de potentieel beschikbare fractie van P_{ox} (oxalaat-extractie). Voor het P_w-getal en P_{ox}-getal bestaan grenswaarden (Van Delft et al, 2006) die zijn gehanteerd voor het beoordelen van de uitgangssituatie (tabel 2.1 en 2.2).

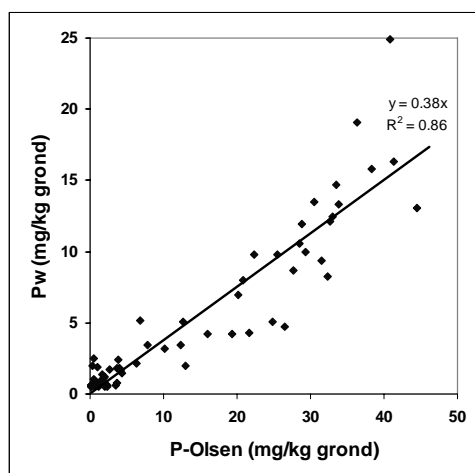
Tabel 2.1 Grenswaarden P_w (mg P₂O₅/l) in de uitgangssituatie.

P _w	Klasse	Omschrijving	Toelichting
< 5	1	Zeër gunstig	Voldoet in de uitgangssituatie
5 – 10	2	Gunstig	Uitgangssituatie gunstig, verlagen P beschikbaarheid door verschralen kansrijk
10 – 20	3	Redelijk	Uitgangssituatie minder gunstig, verlagen P beschikbaarheid door uitmijnen kansrijk
>20	4	Ongunstig	Uitgangssituatie ongunstig, weinig perspectief op korte termijn voor uitmijnen of verschralen

Tabel 2.2 Grenswaarden P_{ox} (mg/kg) in de uitgangssituatie.

P _{ox}	Klasse	Omschrijving	Toelichting
< 200	1	Zeër laag	Voldoet in de uitgangssituatie voor Blauwgrasland of heide
200 – 450	2	Laag	Voldoet in de uitgangssituatie voor Kleine zeggen
450 - 700	3	Matig	Voldoet in de uitgangssituatie voor Veldrusschraalland
700 - 1000	4	Hoog	Voldoet in de uitgangssituatie voor Dotterbloemhooiland
>1000	5	Zeër hoog	Voldoet in de uitgangssituatie niet voor schrale en matig voedselarme vegetaties

Voor het bepalen van de P beschikbaarheid zijn verschillende analysemethoden in gebruik. In dit onderzoek wordt het P_w getal gebruikt, maar in andere studies wordt ook wel P-Olsen gebruikt. Om vergelijking met de P-Olsen bepalingen mogelijk te maken zijn de P_w bepalingen naast de gebruikelijke eenheid mg P₂O₅/l grond ook uitgedrukt in µmol P/l grond. Omdat met de P-Olsen een grotere hoeveelheid P wordt ontsloten dan met P_w kunnen deze waarden niet zonder meer met elkaar vergeleken worden. Daarvoor is een relatie tussen P_w en P-Olsen afgeleid uit analysegegevens van Alterra (Chardon et al. in pres). Hieruit blijkt dat met de P-Olsen extractie ongeveer 2,5 keer zoveel fosfaat wordt gemeten dan met P_w (zie Figuur 2.1).



Figuur 2.1 Relatie tussen P-Olsen en Pw. Gebaseerd op data uit Sival et al. 2004¹.

Uit gezamenlijk onderzoek van Alterra en B-WARE is voor natte heide een optimum van 260 $\mu\text{mol P/l}$ droge bodem op basis van Olsenextractie gevonden (Hommel et al. 2006; Bobbink et al. 2007). Dat komt overeen met 104 $\mu\text{mol P/l}$ grond bij een Pw bepaling. Het bereik van P-Olsen in dat onderzoek bedroeg 100 tot 500 $\mu\text{mol/l}$. Deze grenswaarden liggen boven de grenswaarde die in de Alterra-beoordeling geldt voor de klasse ‘zeer gunstig’ bij Pw = 5 mg $\text{P}_2\text{O}_5/\text{l}$ grond of 70 $\mu\text{mol P/l}$ grond. De bovengrens valt nog in de klasse ‘redelijk gunstig’. In 2.3 worden de verschillende grenswaarden met elkaar vergeleken.

Tabel 2.3 Vergelijking grenswaarden voor beschikbaar P.

Pw grenswaarden			P-Olsen	Grenswaarden
mg $\text{P}_2\text{O}_5/\text{l}$ grond	mg P/l	$\mu\text{mol P/liter}$ grond	$\mu\text{mol P/liter}$ grond	Alterra
5	2,18	70	176	Zeer gunstig
10	4,36	141	352	Gunstig
20	8,73	282	705	Redelijk gunstig
		104 (40-200)	260 (100-500)	Bobbink et al. 2007 Natte heide

De beoordeling van de potentiële fosfaatbeschikbaarheid is gebaseerd op de theorie dat in zand-, klei- en veengronden de overmaat aan fosfaat wordt gebonden aan ijzer- en aluminiumoxiden (o.a. Kemmers en Nelemans 2007). De bodem heeft een bepaalde capaciteit om fosfaat te adsorberen. Anorganisch fosfaat in een bodemvocht-oplossing wordt verondersteld te worden geadsorbeerd aan ijzer- en aluminium-oxiden, waarna zich een evenwichtsreactie instelt. De ligging van het evenwicht, en dus de beschikbaarheid van fosfaat in de bodemvocht-oplossing, wordt

¹ In de figuur zijn beide P bepalingen uitgedrukt in mg P/kg grond. De verhouding is gelijk wanneer deze uitgedrukt zou zijn in $\mu\text{mol/liter}$.

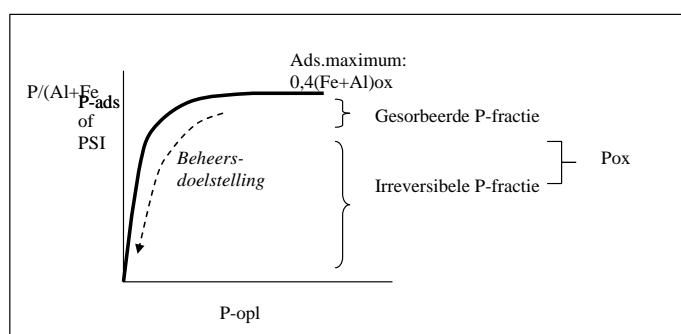
volgens vergelijking 1 bepaald door de verhouding tussen fosfaat en ijzer- en aluminiumoxiden in de bodem: de fosfaatverzadigingsindex (PSI). Zie ook figuur 2.2.

$$PSI = \frac{P_{ox}}{(Al_{ox} + Fe_{ox})} \quad (1)$$

Omdat de adsorptiecapaciteit aan een maximum gebonden is wordt de fosfaatverzadiging ook wel uitgedrukt als fosfaatverzadigingsgraad (PSD) die het percentage aangeeft van de adsorptiecapaciteit die bezet is met fosfaat. Voor zandgronden wordt er van uitgegaan dat als 50% van de oxalaat-extraheerbare Fe en Al-fractie bezet is de bodem fosfaatverzadigd is (zie vergelijking 2).

$$PSD = 100\% \times \frac{P_{ox}}{0,5 \times (Al_{ox} + Fe_{ox})} \quad (2)$$

Naarmate deze index lager is, neemt de beschikbaarheid af. Zowel bodemzuurgraad als vochtcondities beïnvloeden de oplosbaarheid van ijzeroxiden en daarmee de fosfaatverzadigingsindex (zie figuur 2.2).



Figuur 2.2: De beschikbaarheid van P in het bodemvocht (P-opl) is afhankelijk van de verhouding tussen fosfaat en Al- en Fe-oxiden (PSI).

Voor het advies worden grenswaarden gehanteerd voor de fosfaatverzadigingsindex zoals in tabel 2.4 worden weergegeven (naar: Van Delft et al, 2006). Het risico van interne eutrofiering door vernatting wordt sterk bepaald door de verhouding tussen P en Fe- en Al-oxiden in de bodem. Dit risico is gering bij een overmaat aan Fe en Al in de bodem.

Tabel 2.4 Grenswaarden PSI in de uitgangssituatie.

PSD (%)	PSI	Klasse	Omschrijving	Toelichting
≤ 10	< 0,05	1	zeer gunstig	Voldoet in de uitgangssituatie, P in bodemvocht laag
10 – 20	0,05 – 0,10	2	gunstig	Uitgangssituatie gunstig, verlagen P beschikbaarheid door verschraling kansrijk
20 – 50	0,10 – 0,25	3	redelijk	Uitgangssituatie minder gunstig, verlagen P beschikbaarheid door uitmijnen kansrijk
> 50	> 0,25	4	ongunstig	Uitgangssituatie ongunstig, weinig perspectief op korte termijn voor uitmijnen of verschraling

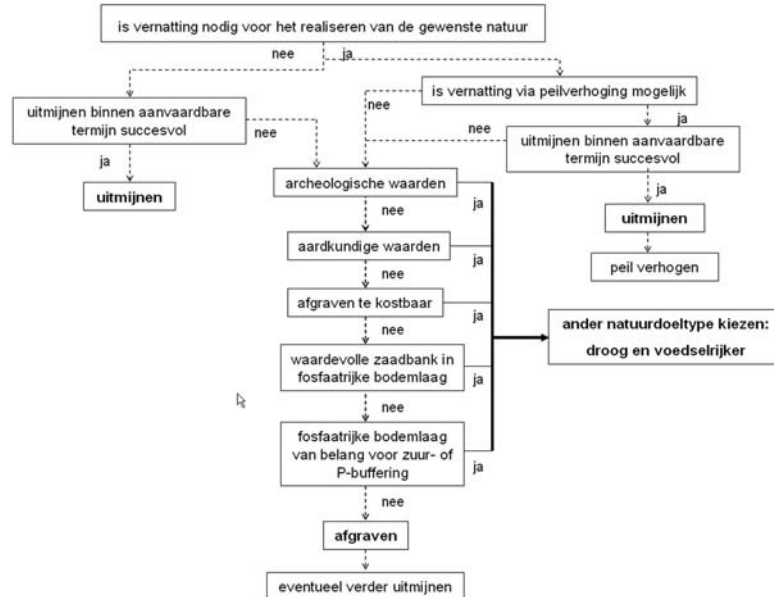
Tabel met opmaak

2.4 Uitmijnen of afgraven?

Ten aanzien van het afgraven van bemeste bovengrond dient de nodige terughoudendheid in acht genomen te worden. Vaak kan de gewenste fosfaattoestand ook door uitmijnen of verschralen bereikt worden en het destructieve karakter van afgraven kan nadelig zijn voor het functioneren van de bodem (zuur- en fosfaatbuffer, zaadbank en essentieel bodemleven). Bovendien kunnen archeologische en aardkundige waarden verloren gaan. Daarnaast heeft afgraven een nadelige invloed op de landschappelijk esthetische waarden en kunnen hydrologische processen worden verstoord, waarbij kwelgebieden kunnen verdwijnen. Hier staat tegenover dat afgraven ook gebruikt kan worden om het oorspronkelijk reliëf te herstellen, bijvoorbeeld waar op een laagte met moerige gronden een zanddek is aangebracht. Bij een studie naar uitmijnen of afgraven is hiervoor een beslisschema opgezet (Chardon 2008). Dit schema is opgenomen in figuur 2.3.

Bij de voorgestelde inrichtingsmaatregelen zal in de afweging eerst nagegaan worden of het natuurdoel bereikt kan worden via verschralen of uitmijnen. Als dit niet het geval is wordt beoordeeld of afgraven zinvol en wenselijk is. Om te bepalen of verschralen of uitmijnen haalbaar is moet een inschatting gemaakt worden van de termijn die nodig is om het gewenste fosfaatiniveau te bereiken. Dat kan door te bepalen hoever het huidige niveau verwijderd is van het streefniveau en dit te vergelijken met de hoeveelheid fosfaat die via verschraling of uitmijnen op jaarbasis afgevoerd kan worden. Uit recent onderzoek is gebleken dat juist de verstoring van de bodem bij het afgraven één van de oorzaken kan zijn van ongewenste ontwikkeling van dominante Pitrusvegetaties (Kemmers et al. 2008). Bij geëgaliseerde of anderszins vergraven percelen gelden deze argumenten in mindere mate. Hierbij kan afgraven eventueel worden gecombineerd met herstel van oorspronkelijk reliëf.

*Figuur 2.3:
Schema voor het
nemen van een
beslissing over
afgraven, uitmijnen
of het kiezen van
een ander
natuurdoeltype.
Bron: (Chardon
2008)*



3 Aanpak

Om het raamwerk van ecologische bodemtypologie te kunnen invullen is informatie nodig betreffende de bodemgesteldheid, grondwaterkwaliteit en de fosfaattoestand. Deze informatie zal in het kader van dit onderzoek worden verzameld, waarmee aan de hand van een ecologische systeemanalyse de mogelijkheden voor het behalen van de gewenste natuurdoeltypen in Kolonievvaart kunnen worden bepaald. De genoemde aspecten vormen de leidraad voor het plan van aanpak, welke in de volgende paragrafen worden besproken.

3.1 Beoordeling van de bodemgesteldheid

De bodemgesteldheid geeft informatie over de abiotische randvoorwaarden voor de te beoordelen doelvegetaties. Verder kunnen met behulp van vlakdekkende bodemkundige informatie ruimtelijke patronen worden vastgelegd die van belang zijn bij de ecohydrologische systeemanalyse. De bodemgesteldheid kan worden afgeleid van de beschikbare detail bodemkaart, schaal 1:10 000 uit 1985 (Makken en Rutten, 1985). In figuur 3.1 is een fragment van deze kaart weergegeven. Volgens de bodemkaart bestaat het onderzoeksgebied uit podzolgronden waarin ondiep (tussen 50 en 120 cm –mv.) in het profiel keileem voorkomt. De keileem heeft een sterk versturende invloed op de waterhuishouding van het gebied. De fluctuaties in de grondwaterstand zijn groot; de hoogste grondwaterstanden komen binnen 40 cm – mv., terwijl de diepste grondwaterstanden tussen 140 en 180 cm – mv. liggen. De keileemgronden worden doorsneden door een (beek)dalvormige laagte waarin zich moerige- en veengronden hebben ontwikkeld. Uit een quick-scan naar de actualiteit van veengronden in 2001 (De vries, 2003) is gebleken dat veel gronden die op bodemkaarten als veengronden staan aangegeven geen veengrond meer zijn. Het is onbekend wat de status van de veengronden en moerige gronden in Kolonievvaart is. Op de bodemkaart (Makken en Rutten, 1985) staan percelen aangegeven waar een diepe grondbewerking zou hebben plaatsgevonden. Deze bodemkaart geeft op een voldoende schaalniveau de benodigde informatie over de bodemgesteldheid. De informatie op deze kaart is echter verouderd (De Vries et al, 2008), waardoor er behoefte is aan actualisatie van de gegevens. Dit is gebeurd aan de hand nieuw uit te voeren profielbeschrijvingen. De locaties van de profielbeschrijvingen zijn op basis van expert-judgement in het veld bepaald. Daarbij is gelet op substraten die gevoelig zijn voor bodemverandering (moerige gronden) en mogelijke diepe bewerkingen die kunnen hebben plaatsgehad. Verder is gelet op de ruimtelijk spreiding en sluiten de locaties zoveel mogelijk aan op de locaties waar een grondwater- of bodembemonstering is uitgevoerd.

3.2 Beoordeling grondwaterkwaliteit

Bij 12 beschreven boringen is een EGV-meting van het bovenste grondwater gedaan en bij 7 boringen een pH meting. Daarnaast is bij 14 boringen op 6 dieptes (5, 10, 25, 50, 100 en 150 cm - mv.) de pH van de bodem bepaald met behulp van indicatorstrips. Bij 4 beschreven boringen is bovendien een grondwatermonster van het bovenste grondwater genomen. Hiervoor is in het boorgat een watermonster genomen met een zogenaamde rhizosampler waarbij het monster direct is gefiltreerd. De watermonsters zijn geanalyseerd op pH, EGV en de concentratie van macro-ionen (Cl, Ca, K, Mg, Na en SO₄) en anorganisch koolstof.



Figuur 3.1: Fragment van de Bodemkaart van het herinrichtingsgebied Roden-Norg (Makken en Rutton, 1985). Links indeling naar pedogenese, rechts de indeling naar grondwatertrappen.

3.3 Beoordeling van de fosfaattoestand

De gronden in de te onderzoeken percelen hebben allemaal een landbouwkundig verleden en zijn door bemesting in meer of minder sterke mate verrijkt met nutriënten. Over het algemeen wordt hierbij de fosfaatvoorraad als de grootste belemmering gezien voor de ontwikkeling van schrale vegetaties. Bij een verschalingsbeheer nemen de voorraden stikstof en kalium het snelst af. Fosfaat wordt het sterkst gebonden in de bodem waardoor de voorraad minder snel afneemt. Dit hoeft echter geen probleem te zijn zolang de beschikbaarheid van fosfaat maar laag blijft. Daarom wordt naast de actuele fosfaattoestand, in de vorm van een Pw-getal, ook de potentiële fosfaatbeschikbaarheid (PSI) bepaald. Op basis van de PSI

wordt bepaald wat de kansrijkdom is voor verschralen en uitmijnen. Per bodemtype wordt bepaald waar de fosfaattoestand te hoog is, op basis waarvan advies gegeven wordt over te nemen maatregelen binnen percelen en/of kaartvlakken (verschralen, uitmijnen, afgraven). Ook het risico op interne eutrofiëring wordt beoordeeld op basis van bodemchemie en waterkwaliteit (sulfaatgehalte).

3.4 Uitvoering van de bodembemonstering

De bemonsterlocaties zijn bepaald doormiddel van een aselechte gestratificeerde steekproef. Het onderzoeksgebied is op basis van bodemtype (minerale / moerige gronden), beheer (nu: landbouw/ verschralingsbeheer) en inrichtingsmaatregelen (ophogen/niet ophogen) verdeeld in strata (deelgebieden). Per stratum is een verschillend aantal locaties geloot waar op twee verschillende dieptes bodemmonsters zijn genomen. Het op te hogen deel van het onderzoeksgebied is uitgesloten van de bemonstering. De loting is zo opgezet dat voor ieder type landgebruik op 8 locaties is bemonsterd. Binnen het landgebruik gras is verder een verdeling gemaakt tussen zandgrond en moerige gronden (zie tabel 3.1). De indeling in strata en de ligging van de monsterpunten is in figuur 3.2 weergegeven. De locaties zijn in het veld met behulp van GNSS (Global Navigation Satellite System) opgezocht.

Tabel 3.1: Stratumindeling en verdeling van de bemonsteringslocaties over de strata

Stratum	Inrichtings- maatregel (plan)	Landgebruik	Bodem	Oppervlakte [ha]	Aantal locaties
-999	Ophogen	Nvt	Nvt	12	0
1	Afgraven	Akkerbouw	Zand	16	8
2	Afgraven	Gras	Zand	12	4
3	Afgraven	Gras	Moerig	8	4

Ten behoeve van de bemonstering zijn van twee verschillende dieptes monsters geanalyseerd op de beschikbaarheid en voorraad van fosfaat. Grondmonsters zijn in de bouwvoor genomen en op 10 cm onder de grens bouwvoor/ondergrond in de inspoelingshorizont. Wanneer geen duidelijke grens bestaat dan zijn de diepten 25 en 50 cm genomen. Als gevolg van variatie in bodemgesteldheid en de hoeveelheid mest die op een punt terecht is gekomen kunnen er verschillen in de fosfaattoestand zijn rondom een te bemonsteren locatie. Een bodemmonster op één enkele locatie geeft daarom geen goed beeld van de fosfaattoestand. Deze variatie kan in beeld gebracht worden door een groot aantal monsters te nemen rondom het punt, maar dat brengt hoge kosten met zich mee. Door een mengmonster te nemen waarbij materiaal van meerdere steken rondom de monsterlocatie worden samengevoegd tot één monster kan toch een betrouwbare beoordeling van de fosfaattoestand verkregen worden. Bij het nemen van een mengmonster wordt in vier richtingen vanaf het gelote punt op 1 m en 2 meter een monster gestoken van de bovengrond. Samen met een steek op de locatie zelf levert dit een mengmonster op bestaande uit 9 steken. Van de ondergrond is op 10 cm onder de bouwvoor een mono- monster genomen op de gelote locatie.

De bodemonsters zijn na bemonstering gedroogd en gezeefd (2 mm) voordat met chemische analyse wordt begonnen; voor het zeven worden kleimonsters gebroken. Bepalingen die worden uitgevoerd aan de bodem zijn: Pw, een maat voor de fosfaatbeschikbaarheid, en P, Fe en Al gemeten in een oxalaat-extract (resp. P_{ox} , Fe_{ox} en Al_{ox}). P_{ox} is een maat voor de voorraad P die op termijn beschikbaar kan komen, en Fe_{ox} en Al_{ox} zijn een maat voor de omvang van de vastlegingscapaciteit van de bodem voor P.



Figuur 3.2 verdeling van het gebied in strata (links) en ligging van de steekproefpunten (rechts). Het witte gedeelte met code -999 wordt volgens het inrichtingsplan opgehoogd en is buiten de stratificatie gelaten.

4 Resultaten

4.1 Bodemgesteldheid

Verspreid over het gebied zijn op 15 locaties bodemprofielen beschreven tot een diepte van maximaal 1,80 m –mv. De boringen zijn beschreven volgens het Systeem van Bodemclassificatie (De Bakker en Schelling, 1989) en in een digitaal bestand opgeslagen. De gegevens zijn op CD-rom aan de opdrachtgever verstrekt. Bij de beschrijving is extra aandacht besteed aan de dikte van de bovengrond en verstoorde lagen. Naast de profielbeschrijvingen is op de steekproefpunten het huidige bodemtype beoordeeld, zodat op totaal 31 plekken het actuele bodemtype bekend is. De ligging van de locaties waar bodemprofielen zijn beschreven en de locaties van de steekproefpunten staan in bijlage 1 weergegeven. In bijlage 2 staat de kopinformatie van de geclassificeerde bodemprofielen. De in het veld verzamelde gegevens kunnen worden vergeleken met de beschikbare detail- bodemkaart (figuur 4.1).



Figuur 4.1: vergelijking van de waargenomen bodemgesteldheid op de boorlocaties met de bodemgesteldheid volgens de Bodemkaart Rhoden- Norg. Links: bodemtype, rechts: grondwatertrap.

4.1.1 Bodem

In het stratum met moerige gronden komen hoofdzakelijk moerige gronden voor, maar op twee locaties betreft het een zandgrond. Van de 12 profielen in het zandgebied zijn 9 bodemprofielen daadwerkelijk als zandgrond getypeerd, op drie locaties betreffen het moerige gronden. Het bodemtype zoals dat is aangetroffen op de puntlocaties komt dus niet altijd overeen met het bodemtype dat men zou verwachten aan de hand van de bodemkaart. Dit heeft te maken met de zuiverheid van de bodemkaart. De zuiverheid is onder andere afhankelijk van de kaartschaal en de ruimtelijke variatie in bodemtype, maar ook van de ouderdom van de bodemkaart.

In het hele gebied is ondiep keileem in het profiel aangetroffen. De keileem die in het bodemprofiel aanwezig is heeft een sterke invloed op het grondwaterregiem. Belangrijke eigenschappen van keileem zijn: een gering bergend vermogen, slechte doorlatendheid en een grote variatie in doorlatendheid in de ruimte. Kenmerkend voor het grondwaterstandverloop in profielen waarin ondiep keileem voorkomt zijn het voorkomen van schijn- grondwaterspiegels, grote fluctuaties tussen hoogste en laagste grondwaterstand en de sterke reactie van de grondwaterstand op neerslag. In het hele gebied komt keileem in het profiel voor; slechts op een aantal locaties is binnen het boorbereik geen kleileem aangetroffen. Het keileem komt voor ondiep in het profiel (binnen 80 cm –mv.) voor, maar in het beekdalachtige laagte (het moerige stratum) ligt de keileem dieper in het profiel of ontbreekt het binnen 150 cm –mv. Keileem is in mineralogisch opzicht vaak wat rijker dan het bovenliggende dekzand, wat invloed kan hebben op het zuurbufferend vermogen van de bodem.

Uit de boorbeschrijvingen kan ook de dikte van de bovengrond worden afgeleid. De bovengrond is in het gebied relatief dik als gevolg van diepe grondbewerking of dieploegen (toevoeging -F). De bovengronddiktes liggen globaal tussen 20 en 35 cm, maar zijn lokaal dikker dan 35 cm. In het oostelijke gedeelte van het gebied zijn op een aantal locaties matig dikke (30 – 45 cm) bovengronden aangetroffen. Deze bovengronden zijn homogeen van opbouw en doen aan cultuurdekken denken. Het is echter niet uitgesloten dat deze dikke bovengronden zijn ontstaan door intensieve mengen van een restveen laag door de zandondergrond (die nu bovengrond is geworden). De moerige gronden en veengronden hebben een zanddek van 20 – 30 cm dikte; hieronder bevindt zich een veenlaag die varieert van dikte tussen ca. 15 en 60 cm dikte.

4.1.2 Grondwatertrappen

Het grondwaterregiem zoals dat aan de hand van hydromorfe kenmerken van het bodemprofiel is bepaald op de boorlocaties wijkt niet sterk af van de weergegeven grondwatertrappen op de bodemkaart. De hydrologie van de bodemprofielen is sterk afhankelijk van de relatieve hoogte ligging en het voorkomen van keileem in de ondergrond. Op de relatieve hogere delen van het gebied komen grondwaterklassen

Vbo en VIo voor, in de laagste gedeelten veelal grondwatertrap IIIa. Door de aanwezigheid van keileem kunnen echter ook de relatief hoge delen nat worden.

4.1.3 Beoordeling van de grondwaterkwantiteit

De streefgrondwaterstanden zoals in het plan omschreven variëren van een GVG (gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand) >-20 cm –mv. in een plas/ven gedeelte tot een GVG <40 cm mv. voor natte heide (tabel 4.1).

Tabel 4.1: Overzicht van de gewenste en huidige hydrologische situatie voor de gestelde natuurdoelen; natte heide en plas/ven, uitgedrukt in de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) en gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) in cm –mv. De huidige situatie is geschat aan de hand van 15 profielbeschrijvingen. Naar: Waternoed 2.2a

Natuurdoeltype	Gewenste situatie		Huidige situatie		
	GVG	GLG	Gt.	GVG	GLG
Natte heide	-20 - 50	>180	V	40 – 55	125 - >180
			VI	60 - 100	130 ->180
Plas/ven	-100 - 30	<80	III	0 – 40	80 - 120
			V	15 - 40	125 - >180

Voor het realiseren van natte heide is vooral de grondwaterstand in het voorjaar van belang. In het gebied komen op grote schaal grondwatertrappen V en VI voor, waarbij de GVG voor grondwatertrap V varieert tussen 15 en 40 cm –mv. en voor grondwatertrap VI tussen 60 en 100 cm –mv. De voorjaarsgrondwaterstanden voor een grondwatertrap VI zijn te laag voor het natuurdoeltype natte heide, en zullen met enkele decimeters verhoogd moeten worden. In het plan is ook voorzien in de ontwikkeling van plas/ven in de beekdalachtige laagte. Op dit moment komt op de laagste liggende delen van de laagte grondwatertrap III voor. Aan het begin van het seizoen staan de grondwaterstanden hier aan of nabij het maaiveld, aan het einde van de zomer zakken ze tot maximaal 120 cm –mv. Op een locatie komt plasvorming voor. De plas kan zich, afhankelijk van de weersomstandigheden in de zomer handhaven (pers. Mededeling W. Klok). Aan de flanken en minder diep liggende gedeelten van de beekdalachtige laagte komt grondwatertrap V voor. Ook hier komen de grondwaterstanden aan of nabij het maaiveld, maar in het algemeen zakken ze eerder en dieper weg. Om in de beekdalachtige laagte een plas/ven te creëren moeten maatregelen worden getroffen om zowel de hoogste als laagste grondwaterstanden omhoog te brengen.

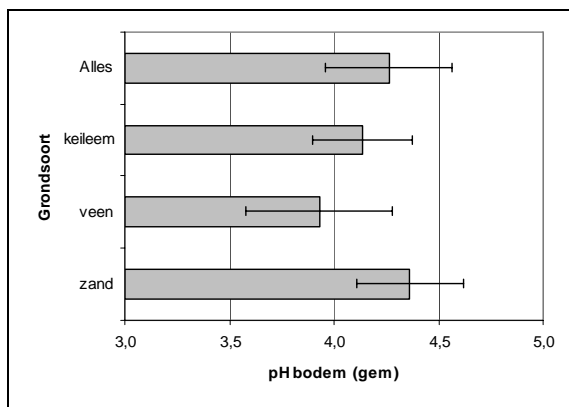
De bodemgesteldheid in het gebied wordt sterk bepaald door de aanwezigheid van keileem in het profiel en de daarop ontwikkelende schijngrondwaterspiegels. Hierdoor hebben de gronden een natter karakter dan andere gronden op vergelijkbare grondwatertrappen. Omdat voor de ontwikkeling van natte heide vooral de voorjaarsgrondwaterstand van belang is biedt dit goede kansen voor de realisatie van het natuurdoeltype. In de beekdalachtige laagte wordt de bodemgesteldheid voornamelijk bepaald door de relatieve hoogteligging. In de laagte vindt toestroom van oppervlakkig afstromend water plaats waardoor de gronden een nat karakter hebben gekregen. Als gevolg van landbouwkundige activiteiten, met

name tijdens natte perioden, kan er lokaal structuurbederf zijn opgetreden, waardoor het bodemprofiel in de bovengrond is vernat.

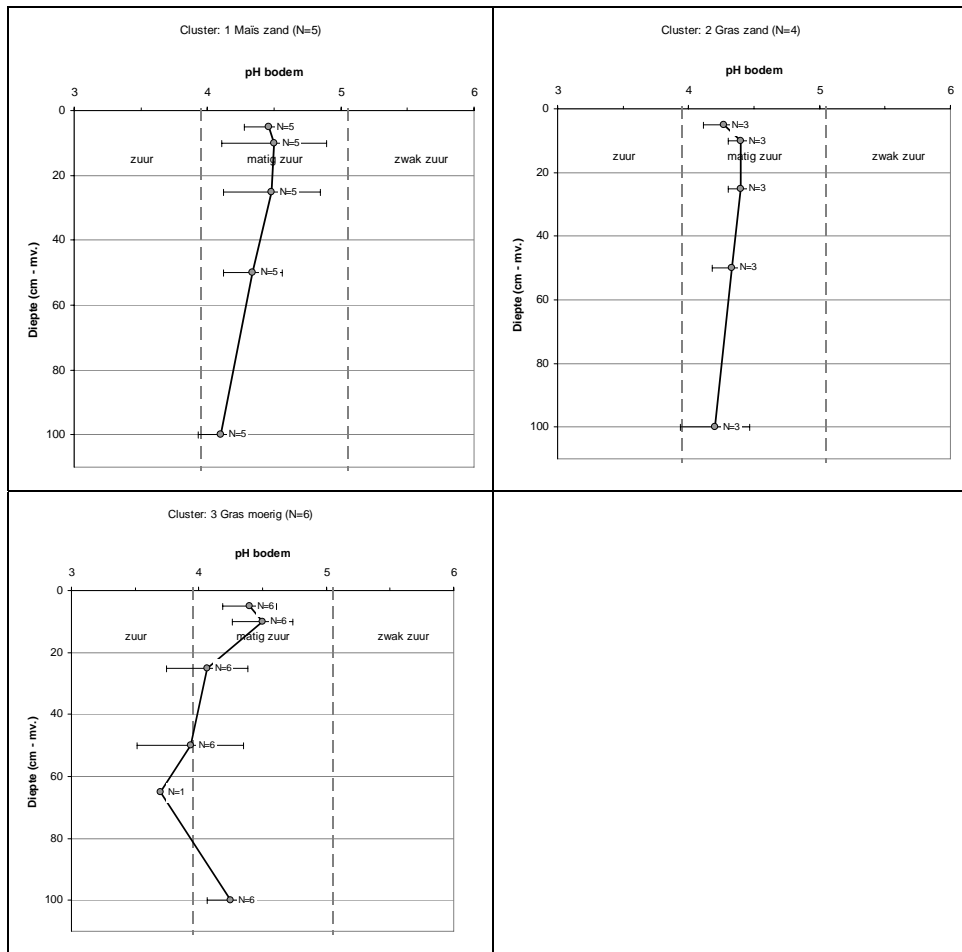
4.1.4 pH- profielen

De veldmetingen van de bodem-pH zijn in bijlage 4 , samen met watertypen, uitgezet in schematische profielen. In totaal zijn 85 pH bepalingen van de bodem gedaan. In §4.2.2 wordt de relatie van de pH- profielen met de aangetroffen watertypen beschreven om tot een synthese van de ecopedologische geschiktheid te komen.

In figuur 4.3 zijn de gemiddelde pH- profielen voor de drie strata weergegeven. De pH- profielen zijn allen kenmerkend voor infiltratieprofielen omdat de pH nergens boven 5,0 uit komt. In de bovengrond is de pH vrijwel altijd hoger dan dieper in het profiel, in tegenstelling tot kwelprofielen, waarbij de pH juist toeneemt met de diepte. Dat is het meest uitgesproken in stratum 3, waar in de ondergrond regelmatig pH < 4 voor komt. Het lijkt er op dat dit komt door moerige- en veenlagen. Het veen bestaat over het algemeen uit oligotroof (veenmos)veen, maar mesotroof veen is ook aangetroffen. Dat de moerige lagen overwegend uit zuur oligotroof veen bestaan lijkt bevestigd te worden in figuur 4.2 waar de pH waarden gemiddeld zijn per grondsoort in de laag waarin gemeten is. De verschillen zijn niet significant, maar er lijkt wel een tendens, waarbij de veenlagen het zuurst zijn (gem. 3,9) en zand het minst zuur (gem. 4,4). Keileem neemt dan een tussenpositie in met een gemiddelde pH 4,1. In het bouwland lijkt de pH van de bovengrond iets hoger dan bij het grasland hetgeen mogelijk een gevolg van bekalking is. Deze verschillen zijn echter klein en niet significant. Wel is in het bouwland op zand de spreiding groter dan bij grasland op zand.



Figuur 4.2 Bodem pH gemiddeld per grondsoort



Figuur 4.3 Gemiddelde pH profielen binnen de drie strata.

Alle bovengronden zijn matig zuur. Naar mate ze langer uit cultuur zijn zullen ze naar verwachting wel zuurder worden door het uitspoelen van toegediende kalk. Bij de profielen in het grasland dat toch al 8 jaar uit cultuur is, is dit nog niet duidelijk te zien.

4.2 Grondwaterkwaliteit

Bij 12 beschreven boringen is een EGV-meting van het bovenste grondwater gedaan en bij 7 boringen een pH meting. Daarnaast is bij 14 boringen op 6 dieptes (5, 10, 25, 50, 100 en 150 cm - mv.) de pH van de bodem bepaald met behulp van indicatorstrips. Bij één boring is een extra pH bepaling gedaan in een laag verslagen veen. De resultaten van de metingen van het bovenste grondwater staan in tabel 4.2 weergegeven. Naast veldmetingen is op een viertal locaties een analyse van de grondwaterkwaliteit in het laboratorium uitgevoerd. De resultaten van deze analyse

staan in tabel 2 van bijlage 3 weergegeven. De locaties waar de veldmetingen en grondwaterbemonsteringen zijn uitgevoerd staan in bijlage 1 weergegeven.

Tabel 4.2 In het veld gemeten elektrisch geleidingsvermogen (EGV) en pH van het bovenste grondwater op 19 september 2008

ID	EGV µs/cm	pH
1002	26	4.58
1003	28	4.72
1004	63	
1005	194	
1007	188	4.30
1008	409	5.16
1009	483	
1010	118	4.67
1011	144	4.86
1012	78	5.03
1013	139	
1014	115	

4.2.1 Verwantschap grondwaterkwaliteit met referentiewatertypen

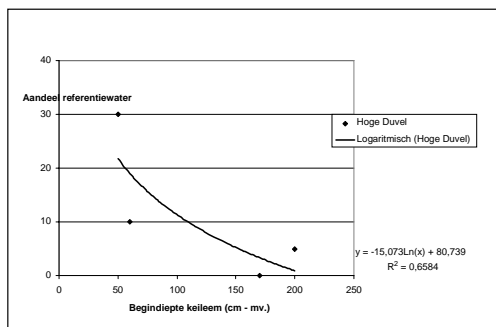
De analysegegevens van de watermonsters (tabel 2 van bijlage 3) zijn met het model MAIONF (Van Wirdum, 1991) geïnterpreteerd naar verwantschap met referentiewatertypen. Hiervoor wordt de samenstelling vergeleken met referentiemonsters van regenwater (atmotroof; atm), rijnwater, zeewater (thalassotroof; thx) en grondwater (lithotroof). Voor lithotroof water kunnen twee verschillende referentiemonsters gebruikt worden. Een monster uit Hoge Duvel (Duvel) is representatief voor zacht grondwater, voor hard grondwater wordt een monster uit Angeren (Ang) gebruikt. In het studiegebied Kolonievart blijken de watermonsters het beste vergeleken te kunnen worden met zacht grondwater (referentie Hoge Duvel). Het verwantschap met rijnwater wordt gebruikt als referentie voor verontreinigd lithotroof water. Vervolgens is een mengverhouding bepaald voor deze referentiewatertypen die nodig zou zijn om de in de monsters gevonden samenstelling te bereiken (tabel 4.3). Hiermee wordt een inschatting gemaakt hoe groot de invloed is van respectievelijk zacht grondwater (referentie Hoge Duvel), neerslagwater (referentie atmotroof) of beïnvloeding door bemesting (referentie rijnwater).

Tabel 4.3 Resultaten MAION berekeningen

Nr	K+A meq/l	K-A %	IR %	Verwantschap referentie (%)					AANDEEL(%)		
				Atm	Rijn	Thx	Lithotroof		Atm	Duvel	Rijn
							Duvel	Ang			
1001	13,8	51	69,5	-20,5	85,5	93,4	4,3	37,7	0	30	70
1002	2,5	3,1	43,2	71,5	19,4	-10	-18,5	-29,9	85	0	15
1003	1,1	13,9	44,9	33,5	10,2	-34,9	9,3	-12,3	80	10	10
1004	3,1	10,4	47,2	51,9	16,1	-5,6	-17,5	-24,2	80	5	15

Het blijkt dat het aandeel atmosferisch (neerslag)water in drie van de vier monsters erg groot is. Alleen in boorpunt 1001 lijkt dit geheel te ontbreken. Daar is een vrij groot aandeel zacht grondwater (Duvel) herkenbaar, maar het monster wordt gedomineerd door verwantschap met rijwater. Dit punt ligt in maïsland en waarschijnlijk is hier sprake van een sterke uitspoeling van meststoffen. Bij de andere drie punten is ook enige invloed van bemesting aanwezig, maar dat is aanzienlijk minder (10-15%). Als er van uit gegaan wordt dat het huidige grasland tot 8 jaar geleden ook als maïsland in gebruik is geweest en toen mogelijk net zo'n grote bemestingsinvloed in het grondwater had, mag geconcludeerd worden dat de waterkwaliteit hier inmiddels aanzienlijk verbeterd is. De grote bemestingsinvloed in boorpunt 1001 maskeert hier waarschijnlijk volledig de neerslaginvloed.

In Koloniewaart komt naar verwachting geen kwel voor. Alle bodemtypen wijzen op een bodemvorming onder invloed van infiltratie van neerslagwater. Dat er toch in drie monsters enige verwantschap met zacht grondwater gevonden wordt, valt te verklaren uit het voorkomen van keileem in de ondergrond. Een dergelijke invloed is ook gevonden voor bossen op keileemgronden (De Waal en Bijlsma 2003). In figuur 4.4 is voor de vier watermonsters het aandeel zacht grondwater uitgezet tegen de begindiepte van de keileem. Bij ondiep voorkomen van keileem neemt de invloed van zacht grondwater sterk toe. Op basis van deze relatie kan op met behulp van de keileemdiepte in de boorgaten een voorspelling gedaan worden van de invloed keileem en daarmee de verwantschap met zacht grondwater (zie het onderste kaartje in bijlage 1).



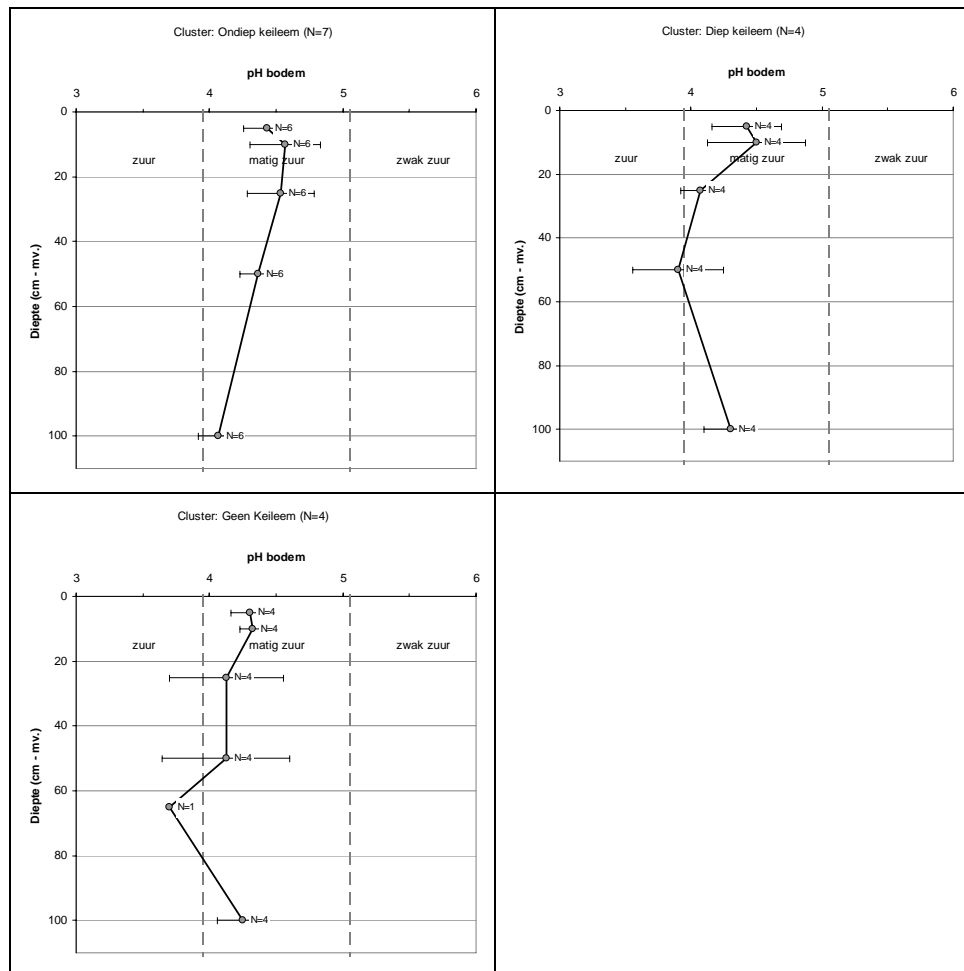
Figuur 4.4 Relatie tussen de begindiepte van het keileem en het aandeel zacht grondwater (referentie Hoge Duvel).

In bijlage 1 is per boring met de letter 'x' aangegeven waar keileem is aangetroffen, achter deze letter staat de diepte in dm. Bij de boorpunten waar geen keileem is aangetroffen staat geen label. Hier is het verwachte aandeel zacht grondwater dan ook 0. Dit is het geval in een strook die in de lengterichting door het gebied loopt, ook in het midden, waar volgens de bodemkaart (Makken en Rutten 1985) wel keileem voor komt. Dat heeft waarschijnlijk te maken met de boringdichtheid van de oude kartering en moet als een onzuiverheid beschouwd worden. Het ontbreken van de keileem in een smalle strook en het relatief diep voorkomen ervan in de strook ernaast, wijst op een erosiegeul in het keileemoppervlak. Deze geul is later opgevuld met dekzand en veen, en nu als beekdalachtige laagte in het landschap zichtbaar. De laagte valt min of meer samen met het voorkomen van veengronden en moerige

gronden. In deze laagte wordt het grondwatersamenstelling voornamelijk bepaald door neerslagwater onder het grasland en door bemesting onder het maïsland. Buiten de laagte, waar de keileem ondieper voor komt is de verwantschap met zacht grondwater groter.

4.2.2 Relatie grondwaterkwaliteit en pH- bodem

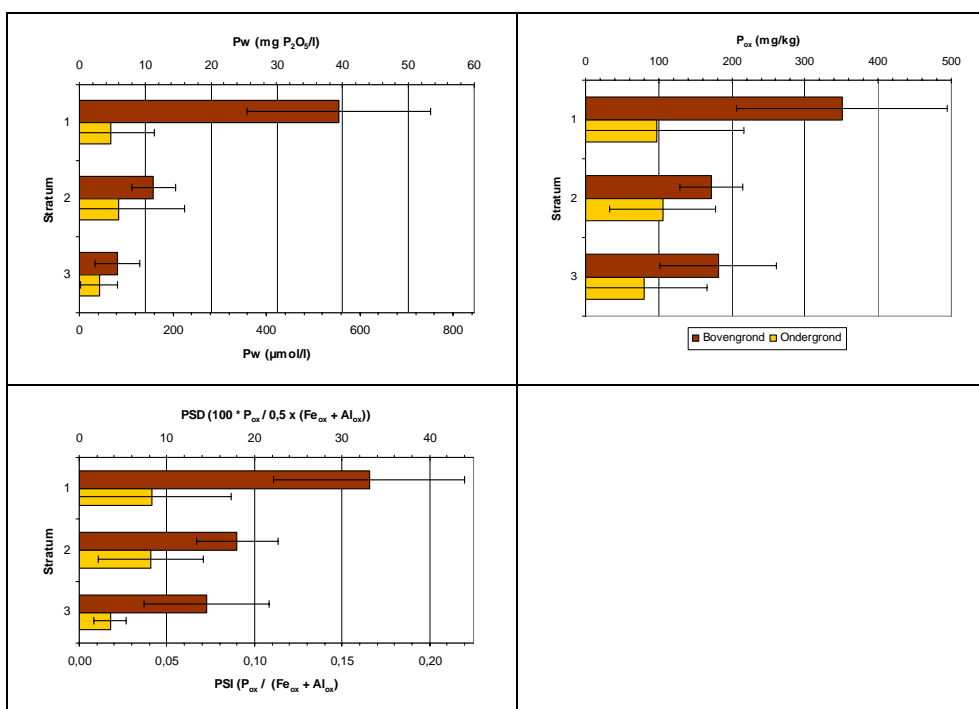
Voor zover de waterkwaliteit beïnvloed wordt door het voorkomen van keileem en daarmee een verwantschap met zacht grondwater zou dit tot uiting kunnen komen in het pH- profiel. In figuur 4.6 zijn de gemiddelde pH- profielen uitgezet voor profielen met ondiep keileem (< 80 cm diep; > 15% zacht grondwater), diep keileem (80 – 180 cm; 0 – 15% zacht grondwater) en zonder keileem (geen grondwaterinvloed). Hieruit blijkt dat bij het ondiep voorkomen van keileem de zuurgraad veel gelijkmatiger verloopt met de diepte dan waar keileem diep of helemaal niet voor komt. Naar verwachting zullen de bodems met ondiep keileem op lange termijn de grootste zuurbuffer hebben.



Figuur 4.6 Gemiddelde pH profielen naar het voorkomen van keileem.

4.3 De fosfaattoestand

Op 16 locaties zijn op basis van een gestratificeerde steekproef bodemonsters genomen van de bovengrond en de laag direct onder de bovengrond. Deze monsters zijn geanalyseerd op de actueel beschikbare hoeveelheid fosfaat (P_w), de potentieel beschikbare hoeveelheid fosfaat (P_{ox}) en de hoeveelheid oxalaat- extraheerbaar ijzer (Fe_{ox}) en aluminium (Al_{ox}). De analyseresultaten staan in tabel 1 van bijlage 3 weergegeven. De te nemen maatregelen zijn afhankelijk van de uitgangssituatie van de fosfaattoestand van de bodem. Deze uitgangssituatie wordt beoordeeld op de actueel beschikbare hoeveelheid fosfaat (P_w), de potentieel beschikbare hoeveelheid fosfaat (P_{ox}) en de fosfaatverzadigingsindex. (PSI of PSD). Per stratum is het gemiddelde van P_w en P_{ox} uitgerekend en weergegeven in figuur 4.7



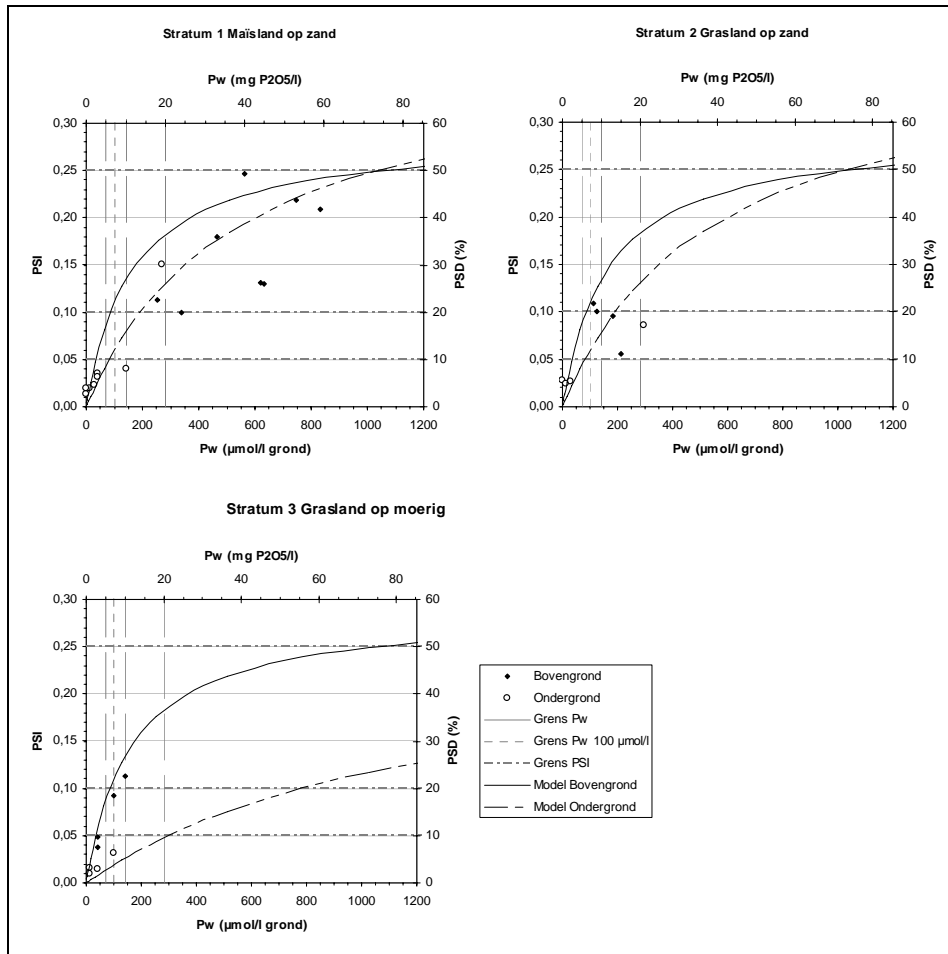
Figuur 4.7: gemiddelde P_w (zowel als $mg\ P_2O_5/l$ en als $\mu mol/l$), P_{ox} (mg/kg) en fosfaatverzadiging (zowel als PSD en als PSI) per stratum van de bovengrond als de ondergrond. Met de balken is de standaardfout weergegeven.

Er zijn duidelijk zichtbare verschillen in de fosfaattoestand tussen de verschillende strata en de bemonsterde lagen. Het stratum met landgebruik maïs (stratum 1) heeft in de bovengrond een beduidend hogere P_w en P_{ox} dan de strata met grondgebruik gras. Dat geldt ook voor de PSI. Het stratum met moerige gronden heeft een lagere actuele fosfaattoestand (P_w) en PSI dan het stratum met zandgronden, maar het potentieel beschikbare hoeveelheid fosfaat (P_{ox}) is in beide strata vergelijkbaar.

4.3.1 Fosfaatverzadiging

In figuur 4.8 is de relatie tussen de fosfaatverzadigingsgraad (PSD) en de actuele beschikbaarheid (Pw) uitgezet voor alle individuele monsters in de drie strata. Het Pw-getal is, uitgezet in $\mu\text{mol/l}$ en in $\text{mg P}_2\text{O}_5/\text{l}$ (zie 2.3). Tegenover de PSI is ook de PSD uitgezet. In de grafiek zijn de gebruikelijke grenswaarden voor Pw en PSI uitgezet. Tevens is de grenswaarde voor Pw = $100 \mu\text{mol/l}$ uitgezet die overeen komt met $250 \mu\text{mol/l}$ bij P-Olsen extractie wat gezien wordt als optimale waarde voor blauwgrasland (Hommel et al. 2006; Bobbink et al. 2007). Voor natte heide komt deze grens ongeveer overeen (resp. 260 en $104 \mu\text{mol/l}$, zie tabel 2.3). Behalve de monsters uit Kolonievvaart is een langmuir-adsorptieisotherm uitgezet die de relatie tussen beschikbaar fosfaat (Pw) en geadsorbeerd fosfaat (PSI of PSD) beschrijft. Deze isotherm is gebaseerd op een groot aantal monsters uit regenwatergevoede zandgronden in de Alterra-database en laat zien dat bij een lage fosfaatverzadigingsgraad de hoeveelheid beschikbaar fosfaat op een laag niveau gebufferd wordt. Bij een hogere verzadigingsgraad neemt het beschikbaar fosfaat sterk toe. Voor de ondergronden is een relatie gebruikt die specifiek is afgeleid voor ondergronden met een laag organische stofgehalte (in stratum 1 en 2) en voor ondergronden met een hoog organische stofgehalte (stratum 3).

Zowel uit de gemiddelden (figuur 4.7) als uit de individuele monsters blijkt duidelijk dat er een groot verschil is tussen het eerste stratum, wat nu nog een intensief landbouwkundig gebruik kent en de andere twee die sinds 8 jaar verschaald worden. De bovengronden in stratum 1 kennen hoge P-waarden die vrijwel overal de normen overschrijden. Het is niet zeker of de gronden in de andere 2 strata voorheen net zo'n hoge fosfaattoestand hadden, maar het is aannemelijk dat deze veel hoger geweest is dan momenteel het geval is. Dat betekent dat het verschrallingsbeheer succesvol is geweest. In stratum 2 vallen voor de Pw 2 punten in de klasse gunstig en 2 punten in de klasse redelijk gunstig. Voor PSI valt 1 punt in de klasse redelijk en 3 in de klasse gunstig. Bij stratum 3 is het beeld nog wat positiever. Hier vallen voor Pw 2 punten in de klasse gunstig en 2 in de klasse zeer gunstig, terwijl voor de PSI bij 1 punt de beoordeling redelijk is, bij 1 punt gunstig en bij 2 punten zeer gunstig.

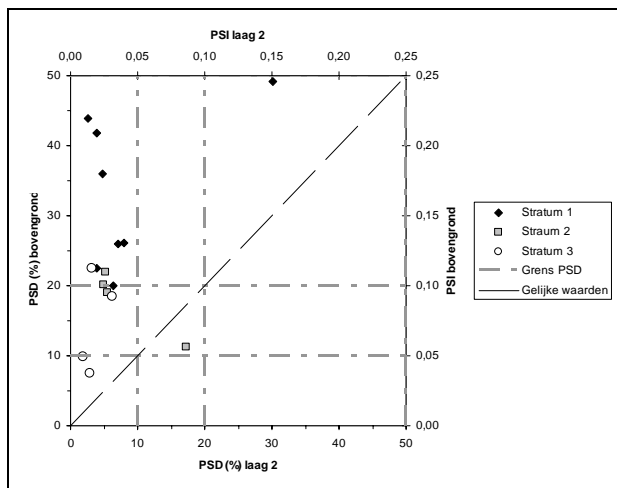


Figuur 4.8 Relatie tussen fosfaatverzadigingsindex (PSI) en actuele beschikbaarheid (Pw) voor alle bodemmonsters in de drie strata.

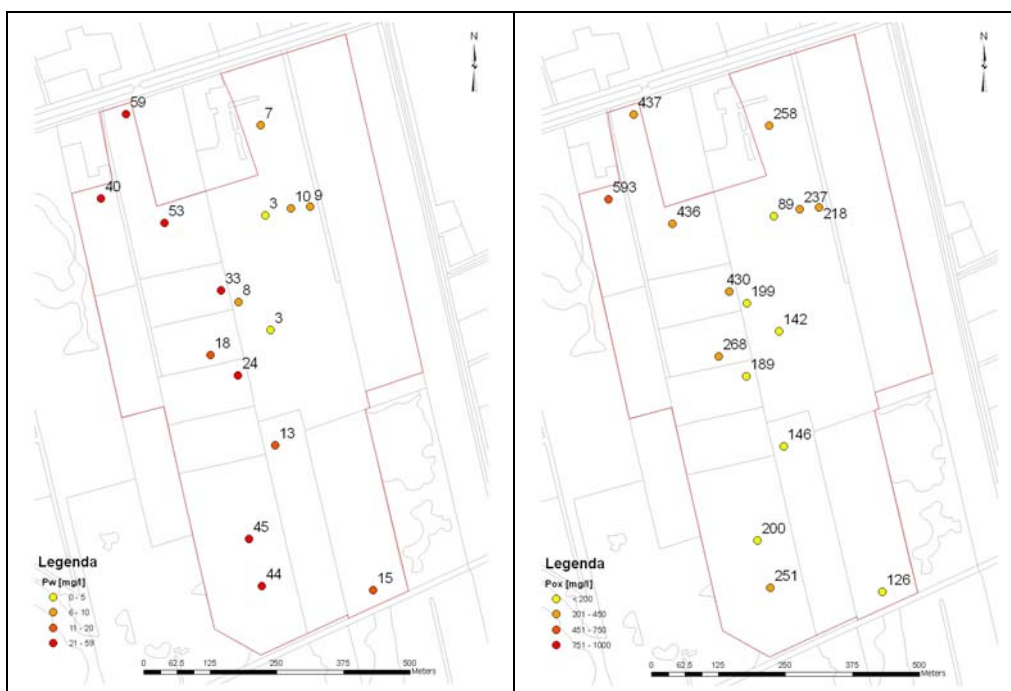
4.3.2 Fosfaatuitspoeling

Bij een hoge fosfaattoestand van de bovengrond bestaat het gevaar dat fosfaat uitspoelt naar de ondergrond. Dat gevaar doet zich vooral voor als een groot deel van de fosfaatadsorptiecapaciteit bezet is met fosfaat (PSD > 50% of PSI > 0,25). Dat is in Kolonievart nergens het geval. In figuur 4.9 is voor de individuele monsterlocaties de fosfaatbezetting van de bovengrond (uitgedrukt als PSD en als PSI) uitgezet tegen fosfaatbezetting in de 2^e laag. Op 2 monsters na vallen alle ondergrondmonsters in de klasse zeer gunstig (PSD < 10%, PSI < 0,05). Hieruit mag geconcludeerd worden dat er vrijwel geen sprake is van fosfaatuitspoeling. Eén punt in stratum 1 heeft in de ondergrond een redelijke verzadigingsgraad. Voor de bovengrond is deze dan ook op de rand van de klasse ongunstig. Hier is duidelijk sprake van uitspoeling. Bij één punt in stratum 2 heeft de ondergrond een licht verhoogde fosfaatbezetting (klasse gunstig), terwijl de bovengrond daar juist in de

klasse zeer gunstig valt. Hier zal in het verleden sprake geweest zijn van uitspoeling, maar de bovengrond is inmiddels zo ver schraald dat hier geen sprake meer van is. Het verschrallingsbeheer heeft weinig of geen invloed op de fosfaatbezetting in de ondergrond. In figuur 4.10 zijn de geanalyseerde P_w en P_{ox} op de steekproefpunten weergegeven.



Figuur 4.9 Vergelijking van de PSD (of PSI) tussen de lagen voor de individuele monsterlocaties.



Figuur 4.10 Links: de actuele fosfaattoestand van de bovengrond in het onderzoeksgebied. Rechts: de potentiële fosfaattoestand van de bovengrond in het onderzoeksgebied.

4.3.3 Beoordeling van de fosfaattoestand

Om een advies te kunnen geven over de te nemen maatregelen in het gebied is gekeken naar de actuele beschikbaarheid van fosfaat (Pw) en de fosfaatverzadigingsindex (PSI) van de huidige bovengrond en de laag onder de bovengrond. Het beheer is van grote invloed op de fosfaatbeschikbaarheid, hetgeen zich uit het Pw-getal. De beoordeling van de fosfaattoestand berust op grenswaarden van Pw en PSI zoals weergegeven in tabel 2.1 en 2.4. Deze grenswaarden zijn gebaseerd op resultaten van onderzoek van natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden (Sival et al. 2004, Van Delft et al, 2007). In tabel 4.4 is het gemiddelde van de fosfaattoestand per stratum weergegeven voor zowel de ondergrond als de bovengrond.

Tabel 4.4 Gemiddelde fosfaattoestand voor de strata: 1) "maïsland op zandgrond", 2) "grasland op zandgrond" en 3) "grasland op moerige grond" in Koloniewaart voor de bovengrond en direct onder de bovengrond. Tussen haakjes is de standaardafwijking weergegeven (zie ook figuur 4.7).

Stratum	Bovengrond		Ondergrond	
	Pw-getal	PSD[%]	Pw-getal	PSD[%]
1	39,5 (13,9)	33,1 (10,9)	4,8 (6,6)	8,3 (9,0)
2	11,3 (3,3)	18,0 (4,7)	6,0 (10,0)	8,2 (6,0)
3	5,8 (3,4)	14,5 (7,1)	3,0 (2,8)	3,5 (1,9)

In tabel 4.5 wordt aan de hand van de gemiddelde fosfaattoestand van de bovengrond een beoordeling gegeven van de bovengrond in de drie strata. Het verschil in de actuele fosfaatbeschikbaarheid van de gronden tussen de strata "maïs" en "grasland" kan volledig worden toegeschreven aan het beheer van de gronden. Het "grasland" wordt sinds 2000 niet meer bemest (beheer maaien en beweiden), terwijl op het "maïs" stratum ieder jaar een hoeveelheid mest wordt toegevoegd. Vóór 2000 week het beheer op het "grasland" stratum niet af van de huidige maïsakker. Terwijl in de tussenliggende tijd op de het maïs stratum de fosfaattoestand als gevolg van de bemestingen toenam, is de fosfaattoestand op het grasland stratum gedaald. In de ondergrond zijn er kleine verschillen in de fosfaatbeschikbaarheid tussen de zandgronden en de moerige gronden. De PSI van de moerige gronden is lager dan van de zandgronden. Dit is waarschijnlijk een natuurlijke variatie die veroorzaakt wordt door een hoger ijzer gehalte in de moerige gronden dan in de zandgronden. De zandgronden bestaan hoofdzakelijk uit veldpodzolgronden waaruit een hoeveelheid ijzer is uitgespoeld. De variatie in de gehalten oxalaat-extraheerbaar ijzer en aluminium is echter te groot om aan de hand van de analyse resultaten te kunnen toetsten.

Tabel 4.5 Beoordeling van de gemiddelde fosfaattoestand voor de strata: 1) "maïsland op zandgrond", 2) "grasland op zandgrond" en 3) "grasland op moerige grond" in Kolonievvaart voor de bovengrond.

Stratum	Pw		PSI	
	omschrijving	toelichting	omschrijving	toelichting
1	Ongunstig	Weinig perspectief voor uitmijnen of verschralen	Redelijk	Verlagen door uitmijnen kansrijk
2	Redelijk tot gunstig	Verlaging door uitmijnen kansrijk	Gunstig (tot redelijk)	Verlagen door verschralen kansrijk
3	Gunstig tot zeer gunstig	Verlaging door verschraling kansrijk	Gunstig	Verlagen door verschralen kansrijk

Hoewel de fosfaattoestand in stratum 1 als ongunstig beoordeeld moet worden, zeker voor de Pw geven de ontwikkelingen in de andere strata reden voor een wat optimistischer kijk op de kansen voor uitmijnen en of verschralen. Door een beheer van uitmijnen zal de fosfaattoestand wellicht nog sneller kunnen afnemen dan in de grasland strata heeft plaatsgevonden. Het is in elk geval belangrijk het huidige grondgebruik als maïsland zo snel mogelijk te staken. Voor de ondergronden geldt dat de fosfaattoestand vrijwel overal (ook in stratum 1) gunstig tot zeer gunstig is. Dat betekent dat afgraven in stratum 1 overwogen zou kunnen worden, maar dat dit goed afgewogen moet worden tegen de perspectieven die verschralen en uitmijnen bieden en andere overwegingen (zie ook figuur 2.3).

Naast fosfaatverzadiging en beschikbaarheid van fosfaat is het van belang te weten hoe groot de voorraad fosfaat in de bodem is. In tabel 4.6 is de beoordeling van de strata op de fosfaatvoorraad in de bodem weergegeven.

Tabel 4.6 Gemiddelde fosfaatvoorraad voor de strata: 1) "maïsland op zandgrond", 2) "grasland op zandgrond" en 3) "grasland op moerige grond" in Kolonievvaart voor de bovengrond en direct onder de bovengrond. Tussen haakjes is de standaardafwijking weergegeven.

Stratum	Bovengrond		Ondergrond	
	Pox -getal	Beoordeling	Pox-getal	Beoordeling
1	350.5 (144.1)	Laag	97.0 (119.5)	Zeer laag
2	172.3 (43.4)	Zeer laag	105.5 (72.7)	Zeer laag
3	181.4 (79.9)	Zeer laag	80.9 (85.3)	Zeer laag

Uit tabel 4.6 blijkt dat de fosfaatvoorraad in het algemeen laag is, ook op het maïs stratum. Wat ook opvalt is dat de variatie in de fosfaattoestand groot is. De verschillen tussen de strata zijn als gevolg van de grote ruimtelijke variatie niet significant.

5 Synthese en inrichtingsadvies

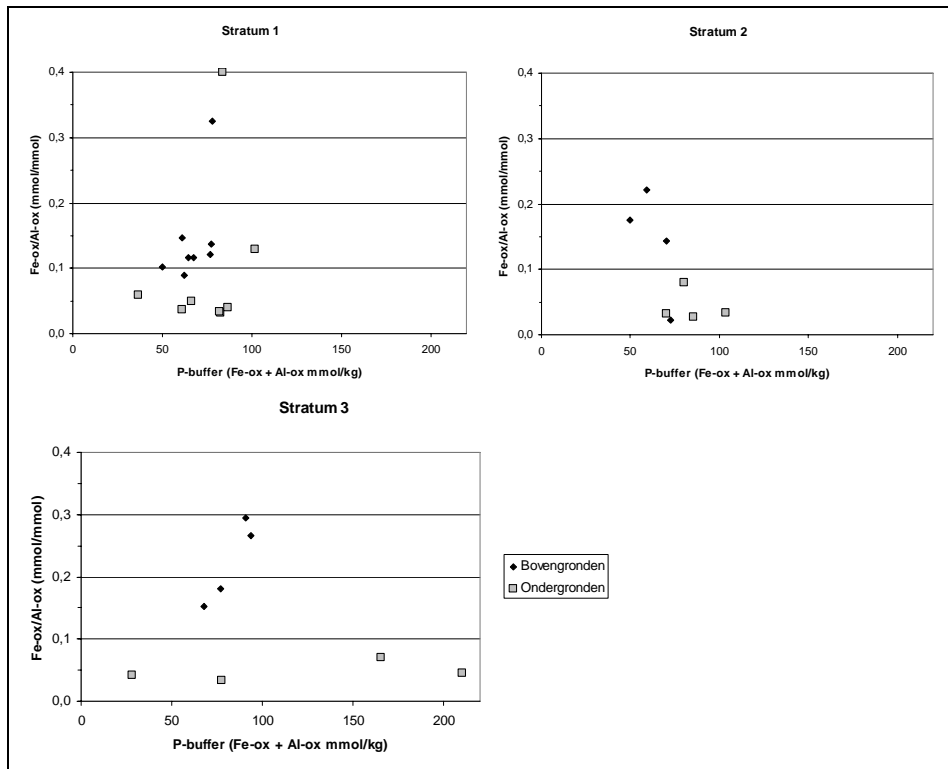
5.1 Visie op de bodemgesteldheid en fosfaattoestand

Het onderzoeksgebied Kolonievvaart ligt op het Drents keileemplateau. De bodem bestaat uit keileem waarop een dunne laag dekzand of verweerd keileem aanwezig is. Het keileemoppervlakte is reliëfrijk. In het midden van het gebied is een erosie geul in het keileem aanwezig die opgevuld is met (premorenaal-) zand en moerige afzettingen. Op de moerige afzettingen bevindt zich een zanddekje. In het dekzand en verweerde keileem heeft zich een humuspodzolgrond ontwikkeld. Samen met de gemeten grondwaterkwaliteit (regenwater) en de pH- profielen wijst dit er op dat het gebied een infiltratie gebied is (zie ook 4.2). Het grondwater staat sterk onder invloed van neerslag, zowel kwalitatief, als kwantitatief. Het keileem in de zandondergrond werkt als storende laag waar infiltrerend regenwater op stagneert en afstroomt. In droge perioden zakken de grondwaterstanden diep weg, maar wanneer er neerslag valt kan op de keileem een schijnwaterspiegel instellen. Deze schijnwaterspiegel bepaalt in grote mate de gemiddeld hoogste grondwaterstanden in het gebied. In de beekdalachtige laagte kan plasvorming optreden doordat oppervlakkig afstromend water zich verzamelt in ingesloten laagten. Ook kan er een lokale grondwaterstroming over het keileem plaatsvinden, waarbij het water zich in de erosiegeul verzamelt.

Ook in kwalitatieve zin wordt het grondwater beïnvloed door de keileem. Waar ondiep keileem voorkomt heeft het grondwater enige overeenkomst met zacht grondwater. Dat is ook te zien aan de pH profielen. Op de lange termijn mag verwacht worden dat de huidige zuurgraad van de bovengrond zal verschuiven. Thans is die overal matig zuur. In de bodems waar keileem ontbreekt of op grotere diepte zit zal deze opschuiven naar zuur, terwijl bij ondiep keileem deze natuurlijke verzuring minder ver zal doorgaan. Dat betekent dat, naast verschillen in grondwaterdynamiek ook verschillen in zuurgraad de uiteindelijke vegetatie-ontwikkeling zullen beïnvloeden. Op de beter gebufferde gronden met ondiep keileem zal de ontwikkeling meer in de richting van heischraal grasland gaan terwijl in de senk waar keileem dieper zit of ontbreekt natte heide kan ontstaan.

De actuele fosfaattoestand en de fosfaatvoorraad worden beïnvloed door het huidige landgebruik. De beschikbaarheid van fosfaat wordt daarnaast beïnvloed door de hoeveelheid oxalaat- extraheerbaar ijzer en aluminium. In de humuspodzolgronden is ijzer van de bovengrond uitgespoeld naar de ondergrond, waardoor het aandeel aluminium belangrijker wordt voor de beschikbaarheid van fosfaat. In de veengronden is de hoeveelheid oxalaat- extraheerbaar ijzer hoger dan in de podzolgronden. Hierdoor is de fosfaatbeschikbaarheid van de moerige gronden lager dan van de zandgronden, terwijl de fosfaatvoorraad vergelijkbaar is. In figuur 5.1 is dit geïllustreerd door de verhouding tussen Fe_{ox} en Al_{ox} uit te zetten tegen de totale fosfaatbuffer. Als deze verhouding gelijk is aan 1 hebben Fe en Al een gelijke bijdrage. Als de verhouding groter is dan 1 is ijzer dominant. Dat zien we vaak bij

kwelgevoede zandgronden (beekeerdgronden). In Kolonievart is de verhouding overal laag ($< 0,4$) en is aluminium duidelijk dominant. Het relatieve aandeel van ijzer is in de bovengronden hoger dan in de ondergronden en het hoogst in de moerige gronden. In de ondergrond is de verhouding bijna overal lager dan 0,1 wat betekent dat het aandeel van aluminium in de P-buffer 10 tot 20 keer zo groot is als dat van ijzer. Omdat bij vernatting alleen ijzerhydroxiden in oplossing gaan waardoor het daaraan gebonden fosfaat gemobiliseerd wordt is het risico op interne eutrofiëring hier gering.



Figuur 5.1 Relatie tussen P-buffer en de verhouding tussen ijzer en aluminium in de bodemmonsters.

5.2 Effecten van maatregelen op de grondwaterstanden

In dit onderzoek is geen uitgebreide inventarisatie gedaan naar de huidige bodemgesteldheid van het gebied. Op basis van de profielbeschrijvingen is globaal inzicht gegeven in het grondwaterstandverloop. Op basis van deze gegevens is het niet mogelijk een advies te geven welke maatregelen effectief zijn om de gewenste hydrologische omstandigheden voor de gestelde natuurdoeltypen te verwezenlijken. Deze paragraaf is bedoeld om een richting aan te geven hoe het grondwaterstandverloop zich zal ontwikkelen bij bepaalde ingrepen. Overigens zal bij vernatting ook rekening gehouden moeten worden met de gevolgen voor het maai-beheer (of uitmijnen). In alle gevallen zal het noodzakelijk zijn om een verschravingsbeheer toe te passen om de gewenste verschraving te bewerkstelligen.

Na vernatting zal de draagkracht van de bodem afnemen, waardoor hoge eisen gesteld worden aan de timing van de werkzaamheden en het te gebruiken materieel. Ook voor begrazing (nabeweiding) geldt dat dit onder natte omstandigheden tot structuurbederf van de bodem kan leiden. Uit recent onderzoek (Kemmers et al. 2008) is gebleken dat werkzaamheden onder natte omstandigheden de ontwikkeling van pitrusvegetaties in de hand werkt. Overwogen kan worden vernattingsmaatregelen uit te stellen tot de verschraling ver genoeg is doorgevoerd.

5.2.1 Afgraven

Door (een deel van) de bovengrond af te graven wordt het maaiveld dichterbij de grondwaterstand gebracht. Hierdoor zal de gemiddelde grondwaterstand aan het begin van het groeiseizoen kunnen worden verhoogd. Dit zal een gunstig effect hebben op de hoogste grondwaterstanden op de keileemgronden en op de hoogste en laagste grondwaterstanden in de beekdalachtige laagte. De effectiviteit van de maatregel is afhankelijk van de relatieve hoogte ligging van de percelen. In de beekdalachtige laagte zal het effect door oppervlakkig toestromend water groter zijn dan op de hoogste keileemkoppen.

5.2.2 Peilverhogen

Door het verhogen van de oppervlakte waterpeil in de afwateringsmiddelen te verhogen zal het grondwater hoger stijgen in natte perioden en minder ver uitzakken in droge perioden. De effectiviteit van de maatregel is afhankelijk van de doorlaadbaarheid van de bodem. De keileemondergrond zal een storend effect hebben bij de beheersing van het grondwaterniveau. Het grootste effect kan verwacht worden in natte perioden wanneer de afstroom van water wordt belemmerd door een hoog oppervlaktewaterpeil. In de beekdalachtige laagte zal peilverhoging ook een effect hebben op de laagste grondwaterstanden.

5.2.3 Dempnen van sloten

Door het dempen van sloten wordt de afvoer van water belemmerd. Aangezien veel water in het gebied oppervlakkig wordt afgevoerd zal het dempen van sloten een groot effect hebben op de grondwaterstanden. Tijdens natte perioden zal het water dat normaal via sloten wordt afgevoerd stagneren op de kleileem- ondergrond. Met name in de beekdalachtige laagte zal door het dempen van sloten ook in de zomer een vernattend effect optreden.

5.3 Effecten van maatregelen op de fosfaatvoorraad

5.3.1 Vernatten

Bij vernatting van het bodemprofiel kan ijzer in oplossing gaan en samen met sulfaat pyriet vormen. Het aan ijzer gebonden fosfaat komt dan ter beschikking voor de plant. Dit proces wordt in de literatuur aangeduid met de term interne eutrofiëring. Wanneer de grondwaterspiegel daalt en het gevormde pyriet oxideert zal het aanwezige fosfaat zich weer kunnen binden aan het ijzer. Bij sterk wisselende grondwaterstanden kan door dit proces ijzer uit diepere lagen in de bovengrond neerslaan waardoor het fosfaatbindend vermogen toeneemt. Het optreden van interne eutrofiëring is dus afhankelijk van het verwachte grondwaterregiem na de inrichting, het sulfaat gehalte van het grondwater en de mate waarin ijzer voorkomt in het profiel in verhouding met aluminium (zie boven). In de Kolonievvaart is vanwege de sterk wisselende grondwaterstanden, doordat de PSI voor een relatief groot deel afhankelijk is van aluminium, en het feit dat de sulfaatgehalten in het grondwater niet groot zijn de kans op interne eutrofiëring klein. Bij de realisatie van plas/ven waarbij continue water op het maaiveld wordt gecreëerd moet echter wel rekening worden gehouden dat het aanwezig fosfaat mobiel kan worden en in het milieu terecht komt. Daarom kan het verstandig zijn hier de bovengrond af te graven. Dat moet dan wel samen gaan met voldoende vernatting om mineralisatie van het veen tegen te gaan (zie volgende pragraaf).

5.3.2 Afgraven

Een maatregel om van de voorraad fosfaat in de bovengrond af te komen is het afgraven van de bovengrond. Om de volledige bouwvoor te verwijderen zullen hierbij ontgravingsdiepten van 25 – lokaal 45 cm moeten worden gehanteerd. Dit heeft gevolgen voor de profielopbouw en hydrologische situatie van het bodemprofiel. Bij de humuspodzolgronden zal na afgraving het keileem aan of nabij het oppervlakte komen te liggen. De bergingscapaciteit van het bodemprofiel voor neerslagwater neemt hierbij af. Ontgraven van de bovengrond bij de moerige gronden houdt in dat het zanddek op de veenlaag wordt verwijderd. Dit kan bij lage grondwaterstanden een versneld effect hebben op de oxidatie van de veenlaag. De oxidatie van het veen kan een verhoogde nitraat uitspoeling naar het grondwater tot gevolg hebben. Pas op het moment dat de veenlaag volledig uit het profiel is verdwenen zal de waterkwaliteit sterk verbeteren (Die Vries et al, 2008). Het oxidatie proces vindt vooral plaats in de zomer, zodat dit pas tegen gegaan kan worden wanneer de grondwaterstand permanent aan of boven het maaiveld staat.

5.3.3 Verschralen of uitmijnen

Een andere methode om de hoeveelheid fosfaat uit het bodemprofiel te verlagen is het af te voeren met het gewas door middel van verschralen of uitmijnen. Uitmijnen is een min of meer geforceerde manier van verschralen waarbij de groei van het

gewas door middel van stikstof bemesting zo groot mogelijk te laten zijn, zodat het gewas in staat is grote hoeveelheden fosfaat op te nemen. Het gewas wordt vervolgens, met een hoeveelheid fosfaat, afgevoerd. Bij verschralen wordt geen bemesting toegepast, maar wordt het gewas gemaaid en afgevoerd. Bij verschralen vonden Sival en Chardon (2004) een fosfaat onttrekking van ca 10 kg P / ha/ jaar, bij uitmijnen kan dit oplopen tot 50 kg P / ha/ jaar. Een tussenvorm is ook denkbaar, waarbij zonder bijbemesting, frequenter gemaaid wordt. Wanneer de productiviteit terugloopt door uitputting van stikstof of kalium zal ook de fosfaatonttrekking afnemen, maar dat betekent ook dat de verschraling dan effect heeft. Als indicatie om na te gaan of doormiddel van verschralen of uitmijnen binnen acceptabele termijn de fosfaatverzadiging en fosfaatvoorraad terug gebracht kunnen worden tot de grenswaarden kan de het deel van het terrein waarop sinds 2000 maaï en beweïd beheer wordt uitgevoerd worden vergeleken met het deel van het terrein waar tot op heden op de gangbare manier maïs wordt verbouwd. In bijlage 5 staat per bemonsteringspunt de verwachte termijn waarbinnen de fosfaatverzadiging binnen de grenswaarden kan worden teruggebracht, uitgaande van de door Sival en Chardon (2004) gevonden fosfaatonttrekking. Gezien de ontwikkeling van de fosfaattoestand in Kolonievart (maïs versus verschralingsbeheer) zijn de in bijlage 5 vermelde verwachte termijnen voorzichtige schattingen.

5.4 Advies

5.4.1 Hydrologie

Om de gewenste hydrologische omstandigheden te realiseren zijn aanvullende maatregelen nodig. Voor het realiseren van natte heide zal door het dempen van sloten en het opzetten van het peil de grondwaterstand aan het begin van het groeiseizoen voldoende stijgen om aan de hydrologische voorwaarden voor het natuurdoeltype te voldoen. In het beekdalachtige laagte zal het effect van het dempen van sloten en het opzetten van het peil een groot effect hebben op de grondwaterstanden aan het begin en eind van het groeiseizoen. Op basis van de huidige bodemgesteldheid is echter de verwachting dat de grondwaterstanden ook na deze ingrepen dieper dan het maaiveld zullen zakken. Om zeker van te zijn dat ook onder droge omstandigheden het plas/ven zich kan handhaven kan overwogen worden om de bouwvoor af te graven.

Tabel 5.1: Overzicht van grondwatertrap en beoordeling van de hydrologische ligging en effectiviteit van maatregelen om grenswaarden voor de gestelde natuurdoelen te realiseren.

Gt	Natuurdoeltype	Beoordeling	Opzetten peil	Dempen sloten	Afgraven
III	plas/ven	ongunstig	++	++	+
V	plas/ven	ongunstig	++	++	++
V	natte heide	redelijk gunstig	o	++	+
VI	natte heide	ongunstig	o	++	+

++ effectief + redelijke effectief o minder effectief

5.4.2 Fosfaattoestand

Bij de beoordeling van de fosfaattoestand is onderscheid gemaakt in het stratum waarin maïs wordt verbouwd en de strata die als grasland in gebruik zijn. De actuele fosfaattoestand van de grasland strata zijn laag, op basis waarvan geen aanvullende maatregelen nodig zijn om het terrein geschikt te maken voor (natte) heide. Er zijn aanvullende maatregelen nodig om het gedeelte waarop maïs wordt verbouwd geschikt te maken voor de gestelde natuurdoelen. Ondanks dat de actuele fosfaatvoorraad hoog is, wordt uitmijnen van de fosfaatvoorraad kansrijk geacht. Afgraven van de bovengrond heeft geen nadelige effecten op het behalen van de gestelde natuurdoelen. Wel moet bedacht worden dat er aanzienlijke dikke bovengronden voorkomen en dat lokaal afgraven een negatief effect kan hebben op de landschapswaarde van het gebied. Bovendien kan er door de slecht doorlatende keileem ondergrond het zoogenaamde badkuip effect optreden, waarbij oppervlakkig afstromend water zich verzamelt in de afgegraven delen. In bijlage 5 staat een beoordeling van kansrijkdom voor schrale vegetaties op basis van de fosfaattoestand en per maatregel een schatting op welke termijn de fosfaatverzadiging binnen de grenswaarden zal bereiken. In tabel 5.2 staat per stratum het advies weergegeven, hetgeen gebaseerd is op de huidige fosfaattoestand.

Tabel 5.2: Overzicht van fosfaattoestand en advies maatregelen om fosfaattoestand terug te brengen naar grenswaarden voor de gestelde natuurdoelen; natte heide.

Stratum	Pw	Pox	PSI	Advies
1	Ongunstig	Laag	Redelijk	Uitmijnen
2	Redelijk gunstig tot gunstig	Zeer laag	Gunstig (tot redelijk)	Verschralen
3	Gunstig tot zeergunstig	Zeer laag	Gunstig	Verschralen

In tabel 5.3 zijn per stratum de adviezen voor maatregelen om de fosfaattoestand en hydrologie terug te brengen naar grenswaarden voor de gestelde natuurdoeltypen weergegeven. Daarnaast kunnen er nog andere overwegingen zijn (zoals: regelgeving, kosten – baten analyse, en inpassing in het beheer) waardoor de beslissing voor het nemen van een bepaalde maatregel wordt genomen. Op basis van dit onderzoek is gebleken dat afgraven niet noodzakelijk is om het natuurdoeltype natte heide te realiseren; de gewenste fosfaattoestand kan op termijn behaald worden door verschralen of uitmijnen. De hydrologische situatie is redelijk gunstig voor de realisatie voor natte heide, maar minder gunstig voor het realiseren van plas/ven. Om permanent water op het maaiveld te realiseren zal de bovengrond moeten worden afgegraven. Hiermee wordt tevens het gevaar van interne eutrofiëring als gevolg van permanente vernatting uitgesloten.

Tabel 5.3: Overzicht van advies maatregelen om fosfaattoestand terug te brengen naar grenswaarden voor de gestelde natuurdoelen; natte heide en om bodemgesteldheid terug te brengen naar grenswaarden voor de gestelde natuurdoeltypen. Onder vernatten wordt het belemmeren van de afvoer verstaan d.m.v. dempen van sloten en het opzetten van het peil.

Stratum	Fosfaattoestand	Hydrologie
1	Uitmijnen	Vernatten
2	Verschralen	Vernatten
3	Verschralen	Afgraven+ vernatten

Literatuur

- Bakker, H. de en J. Schelling. 1989. *Systeem voor bodemclassificatie voor Nederland. De hogere niveau's*. Wageningen, Staring Centrum
- Brouwer, F., J. A. M. ten Cate en A. Scholten, 1992. *Bodemgeografisch onderzoek in landinrichtingsgebieden; Bodemvorming, methoden en begrippen*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport: 157
- Brouwer, F., S. P. J. van Delft en R. H. Kemmers, 2002. *Landinventarisatie en ruimtelijke systeemanalyse van het herinrichtingsgebied De Vechtstreek, fase 2 : resultaten van een bodemgeografisch onderzoek*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport379:
- Brus, D. J. en E. Kiestra, 2002. *Kan de efficiëntie van bodemkarteringen op schaal 1 : 10 000 worden vergroot met het Actuele Hoogtebestand Nederland? .* Wageningen, Alterra. Alterra-rapport: 498
- Chardon, W. J., 2008. *Uitmijnen of afgraven van voormalige landbouwgronden ten behoeve van natuurontwikkeling; Een studie in het kader van 'Bodemdiensten'*. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport: 1683
- Delft, B. v., R. Kemmers en R. de Waal, 2002. "Ecologische typering van bodems onder korte vegetaties : Het humusprofiel als graadmeter voor standplaatsontwikkeling." *Landschap* 19(3): 152-164.
- Delft, S. P. J. van, R. H. Kemmers en A. G. Jongmans, 2005. *Pyrietvorming in relatie tot interne eutrofiëring en verzuring*. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport: 1161
- Delft, S. P. J. van, G. H. Stoffelsen en F. Brouwer, 2007. *Natuurpotentie van Zwartebroek en Allemanskamp; Ecopedologisch onderzoek naar de mogelijkheden voor natuurontwikkeling* Wageningen, Alterra. Alterra-rapport:
- Delft, S. P. J. van, F. Brouwer en R. H. Kemmers, 2008. *Natuurpotentie Schraallanden Wielrevelt; Ecopedologisch onderzoek naar de mogelijkheden voor natuurontwikkeling*. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport: 1658
- Delft, S.P.J. van, en P.C. Jansen. 2004. *Randvoorwaarden natuurontwikkeling Onderlaatsse Laak; Bodemkundige en hydrologische kansen en beperkingen voor de realisatie van natuurdoelen*. Alterra rapport 799. Alterra, Wageningen
- Delft, S.P.J. van, W.J.M. de Groot en W.J. Chardon. 2006. *Bemonstering landbouwgronden en bepaling van de beschikbaarheid van fosfaat in verband met voorgenomen natuurontwikkeling*. Alterra rapport 1332. Alterra, Wageningen

Dienst Landelijk Gebied. 2008. *Natuurberstelplan Gorselse beide*. Arnhem

Gruijter, J. d., Dick Brus, M. Bierkens en M. Knotters, 2006. *Sampling for Natural Resource Monitoring*. Berlin Heidelberg, Springer.

Hennekens, S. M., J. H. J. Schaminée en A. H. F. Stortelder, 2001. *Symbiosis, een biologisch kennisstelsel ten behoeve van natuurbeheer, natuurbeleid en natuurontwikkeling*. Wageningen, Alterra.

Hommel, P.W.F.M., E. Brouwer, E.C.H.E.T. Lucassen, A.J.P. Smolders en R.W. de Waal, 2006. *Selectie van ecologisch relevante bodemeigenschappen - een verkennend onderzoek aan de hand van 92 SBB-referentiepunten*. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport: 1445

Kemmers, R., R. de Waal, B. van Delft en P. Mekking, 2002. "Ecologische typering van bodems : Actuele informatie over bodemkundige geschiktheid voor natuurontwikkeling." *Landschap* 19(2): 88-103.

Kemmers, R., P. Bolhuis, E. J. Lammers en B. d. Jong, 2008. *Voorkomen en bestrijden van dominantie van Pteris in natte schraallanden; Praktijkexperiment Gees*. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport: 1620

Kemmers, R. H. en F. J. E. van der Bolt, 1997. *Fysiotopentypologie voor beekdallandschappen : een ruimtelijke schematisering van het beekdallandschap voor het Geïntegreerd Ruimtelijk Evaluatie-Instrumentarium voor Natuurontwikkelings-Scenarios (GREINS)*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport / DLO-Staring Centrum502:

Kemmers, R. H. en R. W. de Waal, 1999. *Ecologische typering van bodems : Deel 1 Raamwerk en humusvormtypologie*. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport: 667-1

Kemmers, R. H., R. W. de Waal en S. P. J. van Delft, 2001. *Ecologische typering van bodems : Deel 3 Van typering naar kartering*. Wageningen, Alterra Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport: 352

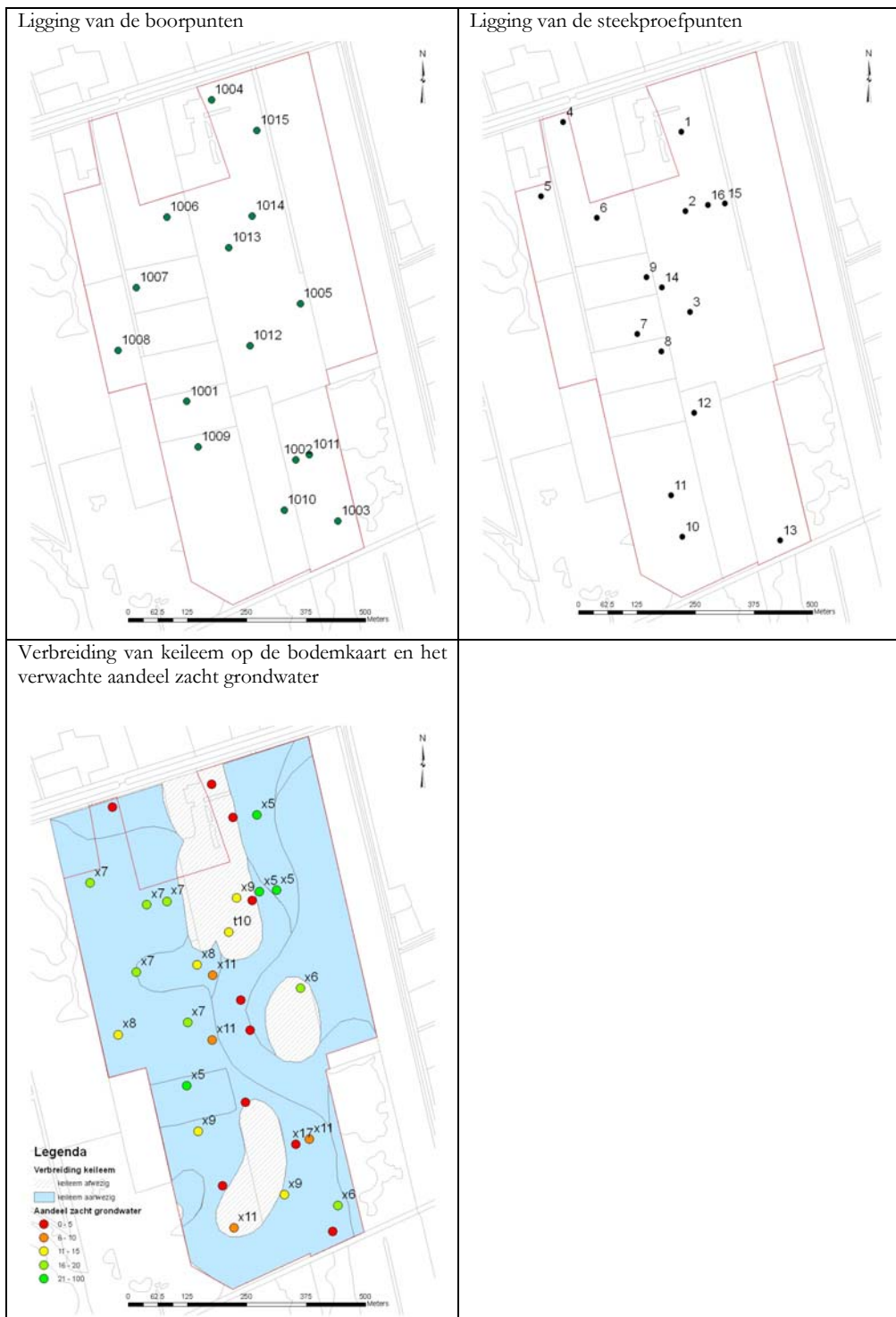
Kemmers, R. H., S. P. J. v. Delft en J. W. J. v. d. Gaast, 2005. *Kwel en Watermood; Ontwikkeling van een methode voor kartering van kwel en de evaluatie van de gevolgen van peilbeheer voor kwelatronen*. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport: 1034

Kemmers, R. H., 2007. *Desorptie en adsorptie van fosfaat na vernatting van veengrond uit het Hunzedal*. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport: 1575

Kemmers, R. H. en J. A. Nelemans, 2007. *Vergroting van de fosfaatadsorptiecapaciteit en afname van de chemische beschikbaarheid van fosfaat in gronden door misselvochtigheid?; Resultaten van desorptie en adsorptie-experimenten met zand- klei- en veengrond*. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport: 1546

- Knotters, M., J. d. Gruijter en D. J. Brus, 2005. *Steekproefopzet regionale nitraatmonitoring*. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport: 1154
- Makken en Rutten, 1985. *Bodemgesteldheid van het berinrichtingsgebied Roden- Norg*. Wageningen, Staring Centrum. Rapport: 1733
- Runhaar, H. en S. Hennekens, 2006. *Hydrologische Randvoorwaarden Natuur' Versie 2.2; Gebruikershandleiding*. Wageningen, Alterra.
- Runhaar, J. R., H. Kuijpers, H. L. Boogaard, E. P. A. G. Schouwenberg en P. C. Jansen, 2003. *Natuurgericht Landevaluatiesysteem (NATLES) versie 2*. Wageningen, Alterra Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport: 550
- Runhaar J., J.C. Gehrels, G. van der Lee, S.M. Hennekens, W. Wamelink, W. van der Linden en P.G.B. van der Louw, 2002. *Doelrealisatie natuur. Waterlood-rapport deel 5*. STOWA, Utrecht, rapport 2002-26.
- Smeenge, H., B. Klaver, E. Brouwer, A. Jansen, R. Kemmers, B. v. Delft, J. Holtland en N. Straathof, 2008. "Natuurontwikkeling in de EHS, nu zorgen voor kwaliteit!" *Vakblad Natuur Bos Landschap* 5(1): 26-29.
- Stortelder, A. H. F., P. W. F. M. Hommel en R. W. de Waal, 1998. *Broekbossen*. Utrecht, KNNV Uitgeverij. Boscosectoren van Nederland. Natuurhistorische bibliotheek 66:
- Sival, F.P. & W.J. Chardon. 2002. *Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden in relatie tot de beschikbaarheid van fosfaat*. SKB rapport SV-511. CUR, Gouda.
- Sival, F.P., W.J. Chardon & M.M. van der Werff. 2004. *Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden in relatie tot de beschikbaarheid van fosfaat: evaluatie van verschalingsmaatregelen*. Alterra rapport 951. Alterra, Wageningen.
- Vries, F. d., R. Hendriks, R. Kemmers en R. Wolleswinkel, 2008. *Het veen verdwijnt uit Drenthe; omvang, oorzaken en gevolgen*. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport: 1661
- Waal, R.W. de en R.J. Bijlsma, 2003. *Bossen van de keileemgronden; Betekenis van stagnerend grondwater voor de ontwikkeling van humusprofielen en vegetatie*. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport: 804
- Wirdum, G. v., 1991. *Vegetation and hydrology of floating rich-fens*. Maastricht, Datawyse.

Bijlage 1 Ligging van de boor- en steekproefpunten



Bijlage 2 Bodembeschrijvingen

Tabel 1: Kopinformatie van de beschreven bodemprofielen

ID	X	Y	TOP	JAAR	GEBRU_	Standaardpuntencode				GT	DIKTE_BOV [cm.]	OMSCHRIJVING	OPMERKING
						LET_	CIJF	TOE	VERG_				
1	227485	559438	12C	2008	GR	2m	432			IIIa	25	Moerpodzolgrond	monsterlokatie
2	227493	559269	12C	2008	GR	2m	432	x9	F	sVao	30	Moerpodzolgrond	monsterlokatie
3	227502	559054	12C	2008	GR	2m	432		F	IIIa	30	Moerpodzolgrond	monsterlokatie
4	227232	559460	12C	2008	AM	2r	433					Veldpodzolgrond	monsterlokatie
5	227185	559301	12C	2008	AM	4k	433	x7	F	Vao	65	Beekeerdgrond	monsterlokatie
6	227304	559255	12C	2008	AM	2r	432	x7	F	sVIo	30	Veldpodzolgrond	monsterlokatie
7	227390	559007	12C	2008	AM	2r	432	x7	F	sVId	40	Veldpodzolgrond	monsterlokatie
8	227442	558970	12C	2008	AM	2r	432	x11	F	sVId	40	Veldpodzolgrond	monsterlokatie
9	227410	559128	12C	2008	AM	2r	432	x8	F		50	Veldpodzolgrond	monsterlokatie
10	227487	558574	12C	2008	AM	2r	433	x11	F		55	Veldpodzolgrond	monsterlokatie
11	227463	558663	12C	2008	AM	2r	432		F	VId	30	Veldpodzolgrond	monsterlokatie
12	227511	558839	12C	2008	GR	2q	432			VIIId	35	Laarpodzolgrond	monsterlokatie
13	227695	558566	12C	2008	GR	2r	432			VIo		Veldpodzolgrond	monsterlokatie
14	227443	559106	12C	2008	GR	2r	432	x11	F	VId	30	Veldpodzolgrond	monsterlokatie
15	227577	559285	12C	2008	GR	2r	432	x5	F	VId	30	Veldpodzolgrond	monsterlokatie
16	227541	559282	12C	2008	GR	2q	432	x5		VId	35	Laarpodzolgrond	monsterlokatie
1001	227388	558873	12C	2008	AM	2r	432	x5		Vbo	25	Veldpodzolgrond	profielbeschrijving
1002	227617	558750	12C	2008	GR	2m	432	x17		sVao	20	Moerpodzolgrond	profielbeschrijving
1003	227706	558621	12C	2008	GR	2r	432	x6		sVIo	20	Veldpodzolgrond	profielbeschrijving
1004	227440	559509	12C	2008	GR	1t	z7			sVao	20	Meerveengrond	profielbeschrijving
1005	227627	559079	12C	2008	GR	2r	432	x6		sVIo	25	Veldpodzolgrond	profielbeschrijving
1006	227346	559262	12C	2008	AM	2q	432	x7		VId	30	Laarpodzolgrond	profielbeschrijving
1007	227282	559113	12C	2008	AM	2r	433	x7		Vbo	30	Veldpodzolgrond	profielbeschrijving
1008	227244	558981	12C	2008	AM	2r	432	x8	F	sVao	45	Veldpodzolgrond	profielbeschrijving
1009	227412	558777	12C	2008	AM	2r	432	x9		VIo	35	Veldpodzolgrond	profielbeschrijving
1010	227593	558644	12C	2008	GR	2m	432	x9		Vbo	25	Moerpodzolgrond	profielbeschrijving
1011	227646	558761	12C	2008	GR	1t	z7	x11		IIIa	20	Meerveengrond	profielbeschrijving
1012	227521	558990	12C	2008	GR	2r	432			Vbo	20	Veldpodzolgrond	profielbeschrijving
1013	227477	559197	12C	2008	GR	2m	432	t10		IIa	15	Moerpodzolgrond	profielbeschrijving
1014	227526	559264	12C	2008	GR	2m	432			Vbo	25	Moerpodzolgrond	profielbeschrijving
1015	227536	559444	12C	2008	GR	2r	432	x5	F	sVId	45	Veldpodzolgrond	profielbeschrijving

Tabel 2: toelichting op tabel 1

Naam	Betekenis
ID	Identificatienummer van de boring. Nummers onder de 1000 zijn steekproefpunten, nummers boven de 1000 zijn locaties waar profielbeschrijvingen zijn opgemaakt. De profielbeschrijvingen zijn digitaal aan de opdrachtgever verstrekt.
X	X- coördinaat van het punt in het RD-stelsel
Y	Y- coördinaat van het punt in het RD-stelsel
TOP	Kaartblad nummer waarop de ligging van het punt wordt weergegeven
JAAR	Jaar van opname
GEBRU_	Landgebruik: GR= gras, AM, akkerbouw, mais
LET_	Letterdeel van de standaardpuntencode; geeft bodemtype weer
CIJF_	Cijferdeel van de standaardpuntencode; geeft textuur weer
TOE_	Toevoeging op standaardpuntencode; geeft afwijking in het profiel weer
GT	Grondwatertrap (geschat op puntlocatie aan de hand van hydromorfe kenmerken)
DIKTE_BOV	Dikte (in cm) van de bouwvoor
OMSCHIJVING	Naamgeving van het beschreven bodemtype
OPMERKING	Monsterlocatie (steekproefpunt) of locatie waar een profielbeschrijving is gemaakt.

Bijlage 3 Analyseresultaten

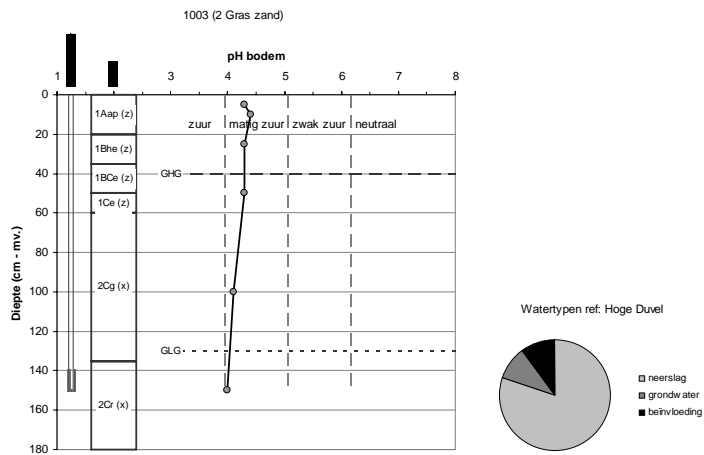
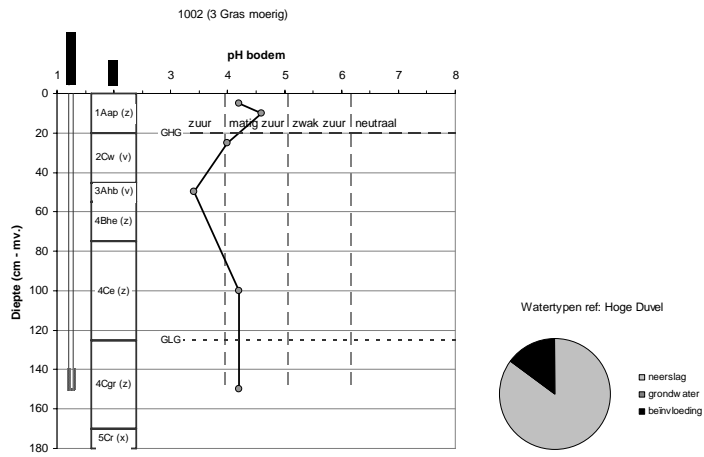
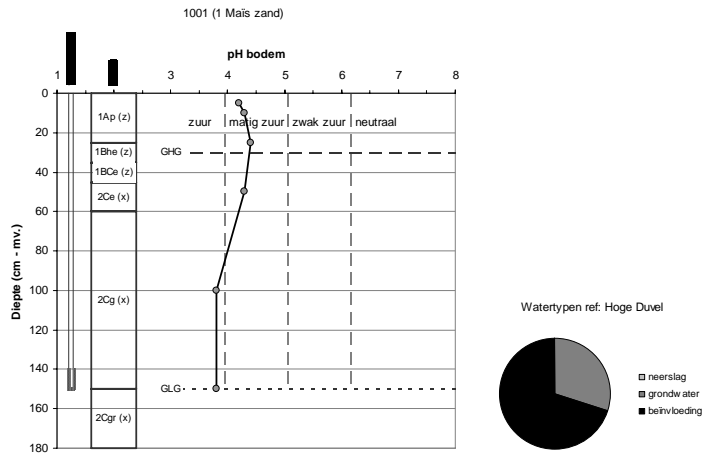
Tabel 1 : Analyse resultaten bodemonsters: actuele beschikbaarheid van fosfaat uitgedrukt in Pw (mg fosfaat / liter grond) en de potentiële fosfaatbeschikbaarheid uitgedrukt in de verhouding van oxalaatextractie van ijzer + aluminium en fosfor.

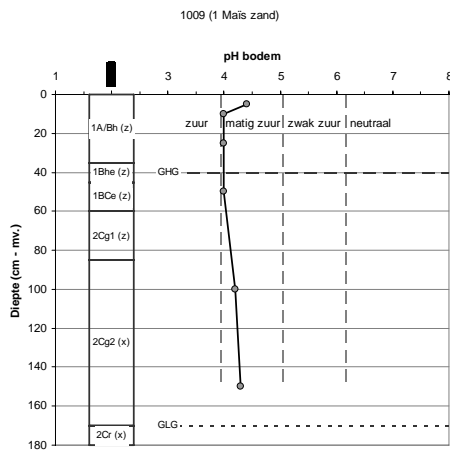
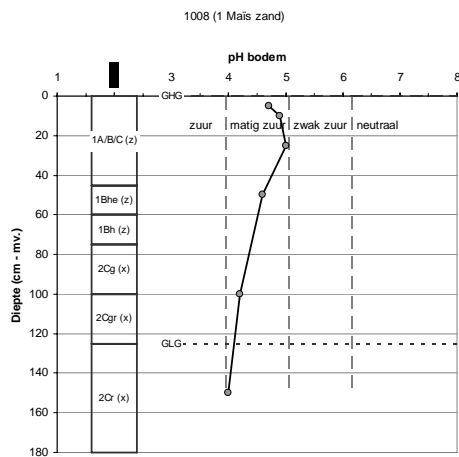
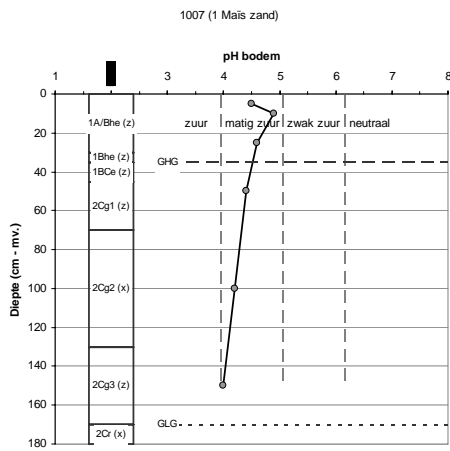
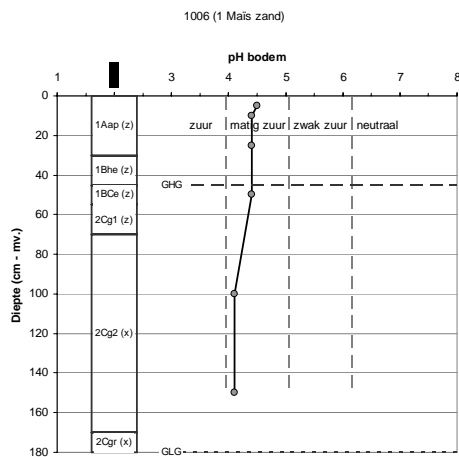
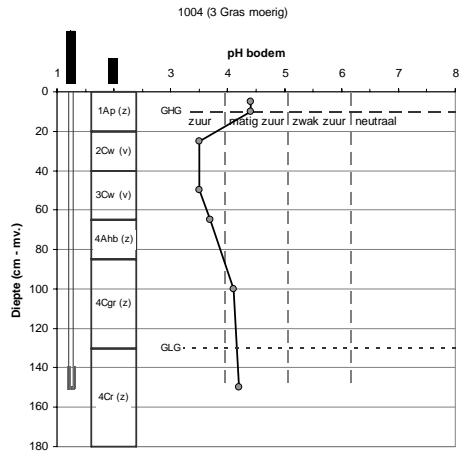
Monster nr.	Diepte [cm-mv]	Stratum	Bodem	Land-gebruik	Alox [mg/kg]	Feox [mg/kg]	Pox [mg/kg]	Pw [mgP ₂ O ₅ /l]
4.1	20	1	Zand	Mais	1638	392	437	59
4.2	40	1	Zand	Mais	2154	143	50.1	1.5
5.1	20	1	Zand	Mais	1589	1069	593	40
5.2	40	1	Zand	Mais	1615	1337	391	19
6.1	20	1	Zand	Mais	1556	376	436	53
6.2	40	1	Zand	Mais	2430	648	41.8	1.5
7.1	20	1	Zand	Mais	1854	463	268	18
7.2	40	1	Zand	Mais	2251	182	52.2	1.5
8.1	20	1	Zand	Mais	1437	436	189	24
8.2	40	1	Zand	Mais	1597	121	59.8	3
9.1	20	1	Zand	Mais	1838	520	430	33
9.2	40	1	Zand	Mais	2148	149	60	1.5
10.1	20	1	Zand	Mais	1539	282	251	44
10.2	40	1	Zand	Mais	1712	176	81.4	10
11.1	20	1	Zand	Mais	1222	259	200	45
11.2	40	1	Zand	Mais	934	115	39.9	3
12.1	20	2	Zand	Gras	1139	415	146	13
12.2	40	2	Zand	Gras	1828	121	60	1.5
13.1	20	2	Zand	Gras	1915	86.8	126	15
13.2	40	2	Zand	Gras	2010	331	214	21
14.1	20	2	Zand	Gras	1300	597	199	8
14.2	40	2	Zand	Gras	2246	126	69.4	1.5
15.1	20	2	Zand	Gras	1659	491	218	9
15.2	40	2	Zand	Gras	2707	184	78.5	1.5
1.1	20	3	Moerig	Gras	1886	1151	258	7
1.2	40	3	Moerig	Gras	5433	499	202	7
2.1	20	3	Moerig	Gras	1754	659	88.5	3
2.2	40	3	Moerig	Gras	4174	609	75.8	3
3.1	20	3	Moerig	Gras	1994	1096	142	3
3.2	40	3	Moerig	Gras	730	63.1	8.01	1.5
16.1	20	3	Moerig	Gras	1591	504	237	10
16.2	40	3	Moerig	Gras	2019	139	37.9	1.5

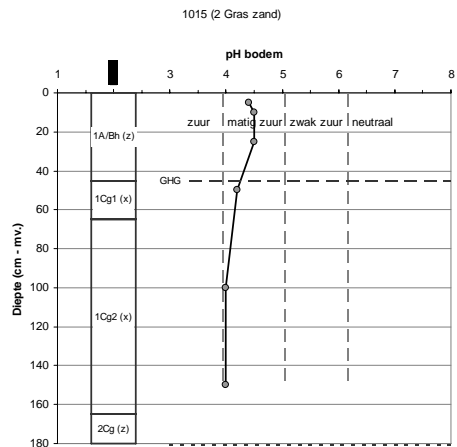
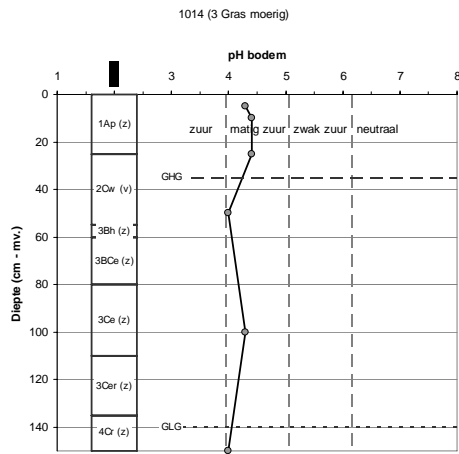
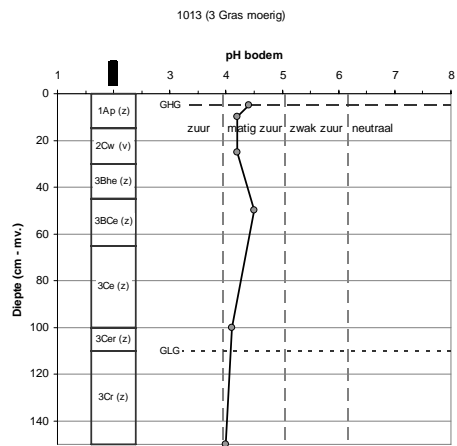
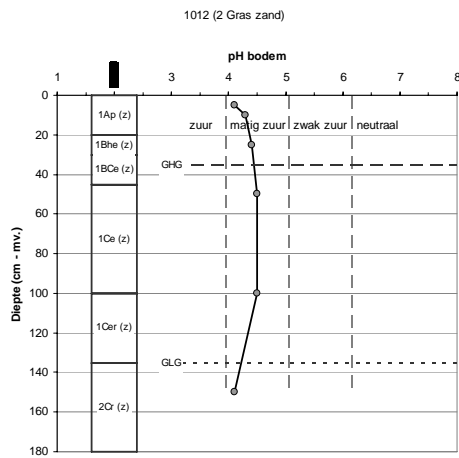
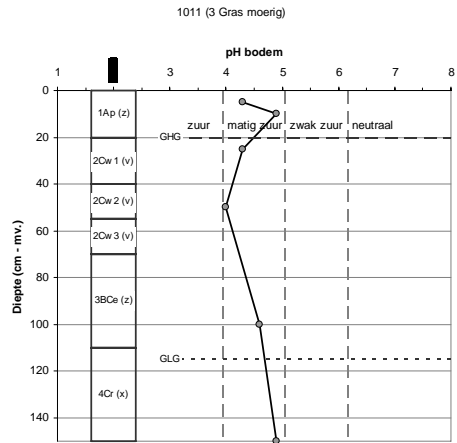
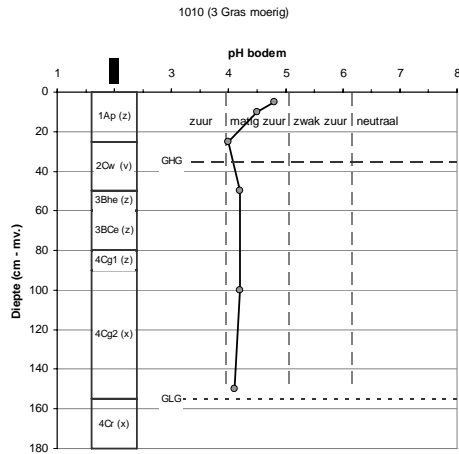
Tabel 2 : Analyse resultaten grondwatermonsters: pH, EGV en de concentratie van macro-ionen (Cl, Ca, K, Mg, Na en SO₄) en anorganisch koolstof in grondwater.

Monster nr	EC [µS/cm]	Cl [mg/l]	Ca [mg/l]	K [mg/l]	Mg [mg/l]	Na [mg/l]	S [mg/l]	pH	IC [mg/l]
1001	1220	79.8	103.0	11.6	40.80	35.0	17.9	4.05	2.0
1002	153	16.5	7.1	6.1	3.49	10.7	10.9	5.71	3.0
1003	69	8.7	4.0	2.8	2.15	3.8	2.6	5.53	6.0
1004	184	21.8	11.0	6.7	7.61	8.6	12.6	4.91	2.2

Bijlage 4 pH- profielen en aandelen referentiewatertypen







Bijlage 5 Beoordeling kansrijkdom voor schrale vegetaties op basis van de fosfaattoestand

Tabel 1 : Beoordeling van de ontwikkelingsduur van per bemonsteringslocatie in stratum 1 en het gemiddelde van stratum 1

Monster	diepte	bouww.	Pw	PSD	Pox	Fe-ox	Ontwikkelingsduur			Beoordeling									Kansrijkdom						
							Verschralen			Uitmijnen			Huidig			Verschralen			Uitmijnen			Dotterbloem		Natte hei	
							PSD 20%	Pox 1000	Pox 200	PSD 20%	Pox 1000	Pox 200	Pw	PSD	Pox	PSD 20%	Pox 1000	Pox 200	PSD 20%	Pox 1000	Pox 200	Kansrijk	Maatregel	Kansrijk	Maatregel
Stratum 1																									
4.1	0-20	b	59	41,7	437	392	62	0	64	12	0	13	4	3	2	2	1	2	1	1	1	2	U of A	2	U of A
4.2	20-40	o	1	3,93	50,1	143	0	0	0	0	0	0	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
5.1	0-20	b	40	49,1	593	1069	95	0	107	19	0	21	4	3	1	2	1	1	1	1	1	2	U of A	2	U of A
5.2	20-40	o	19	30,1	391	1337	37	0	54	7	0	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
6.1	0-20	b	53	43,7	436	376	64	0	64	13	0	13	4	3	2	3	1	3	2	1	2	3	A of X	3	A of X
6.2	20-40	o	0	2,65	41,8	648	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
7.1	0-20	b	18	22,5	268	463	8	0	18	2	0	4	4	3	3	3	1	3	2	1	2	3	A of X	3	A of X
7.2	20-40	o	0	3,89	52,2	182	0	0	0	0	0	0	3	3	2	3	1	3	1	1	2	2	U of A	3	A of X
8.1	0-20	b	24	20	189	436	0	0	0	0	0	0	4	3	2	3	1	3	2	1	2	3	A of X	3	A of X
8.2	20-40	o	3	6,29	59,8	121	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
9.1	0-20	b	33	35,8	430	520	52	0	62	10	0	12	3	3	2	1	1	2	1	1	1	1	N	2	U of A
9.2	20-40	o	2	4,71	60	149	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
10.1	0-20	b	44	26,1	251	282	16	0	14	3	0	3	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
10.2	20-40	o	10	7,89	81,4	176	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
11.1	0-20	b	45	25,9	200	259	12	0	0	2	0	0	4	3	2	3	1	3	2	1	2	3	A of X	3	A of X
11.2	20-40	o	3	7,02	39,9	115	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
Boven	gem		40	33,1	351	474,6	39	0	41	8	0	8	4	3	2	2	1	2	1	1	1	2	U of A	2	U of A
Onder			4,8	8,31	97	358,9	5	0	7	1	0	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
Boven	stdev		14	10,9	144	255,5	34	0	39	7	0	8													
Onder			6,6	8,99	119	432,9	13	0	19	3	0	4													

Tabel 2 : Beoordeling van de ontwikkelingsduur van per bemonsteringslocatie in stratum 2en het gemiddelde van stratum 2

Monster	diepte	bouwv.	Pw	PSD	Pox	Fe-ox	Ontwikkelingsduur			Beoordeling									Kansrijkdom													
							Verschralen			Uitmijnen			Huidig			Verschralen			Uitmijnen			Dotterbloem		Natte hei								
							PSD 20%	Pox 1000	Pox 200	PSD 20%	Pox 1000	Pox 200	Pw	PSD	Pox	PSD 20%	Pox 1000	Pox 200	PSD 20%	Pox 1000	Pox 200	Kansrijk	Maatregel	Kansrijk	Maatregel							
Stratum 2																																
12.1	0-20	b	13	19	146	415	0	0	0	0	0	0	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N				
12.2	20-40	o	0	5,54	60	121	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N				
13.1	0-20	b	15	11,2	126	86,8	0	0	0	0	0	0	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N				
13.2	20-40	o	21	17,2	214	331	0	0	4	0	0	1	4	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N				
14.1	0-20	b	8	21,8	199	597	5	0	0	1	0	0	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N				
14.2	20-40	o	2	5,24	69,4	126	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N				
15.1	0-20	b	9	20	218	491	0	0	5	0	0	1	2	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N				
15.2	20-40	o	1	4,89	78,5	184	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N				
Boven	gem		11	18	172	397,5	1	0	1	0	0	0	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N				
Onder			6	8,21	105	190,5	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N				
Boven	stdev		3,3	4,68	43,3	220,1	2	0	2	0	0	0																				
Onder			10	5,98	72,7	97,93	0	0	2	0	0	0																				

Tabel 3 : Beoordeling van de ontwikkelingsduur van per bemonsteringslocatie in stratum 3en het gemiddelde van stratum 3

Monster	diepte	bouwv.	Pw	PSD	Pox	Fe-ox	Ontwikkelingsduur			Beoordeling									Kansrijkdom							
							Verschralen			Uitmijnen			Huidig			Verschralen			Uitmijnen			Dotterbloem		Natte hei		
							PSD 20%	Pox 1000	Pox 200	PSD 20%	Pox 1000	Pox 200	Pw	PSD	Pox	PSD 20%	Pox 1000	Pox 200	PSD 20%	Pox 1000	Pox 200	Kansrijk	Maatregel	Kansrijk	Maatregel	
Stratum 3																										
1.1	0-20	b	7	18,4	258	1151	0	0	16	0	0	3	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	N	2	U of A	
1.2	20-40	o	7	6,2	202	499	0	0	0	0	0	0	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N	
2.1	0-20	b	3	7,44	88,5	659	0	0	0	0	0	0	2	3	2	1	1	2	1	1	1	1	N	2	U of A	
2.2	20-40	o	3	2,95	75,8	609	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N	
3.1	0-20	b	3	9,8	142	1096	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N	
3.2	20-40	o	1	1,83	8,01	63,1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N	
16.1	0-20	b	10	22,5	237	504	7	0	10	1	0	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
16.2	20-40	o	1	3,16	37,9	139	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
Boven	gem		5,8	14,5	181	852,5	2	0	6	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N	
Onder			3	3,54	80,9	327,5	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N	
Boven	stdev		3,4	7,1	79,9	320	4	0	8	1	0	2														
Onder			2,8	1,87	85,3	267,1	0	0	0	0	0	0														

Tabel 4 : Toelichting op de beoordelingstabellen

diepte	cm –mv.				
bouwv. = bouwvoor	b = bovengrond	o = ondergrond			
Pw	mg P2O5/l grond				
PSD	%				
Pox	mg/kg				
Fe-ox	mg/kg				
Ontwikkelingsduur	jaar				
Beoordeling	1 = gunstig	2 = redelijk	3 = ongunstig	A = afgraven	X=natuurdoel aanpassen
Maatregel	N = niets doen	V = verschralen	U = uitmijnen		

