

# De fosfaattoestand van de bodem in de Breedbroeken

Inrichtingsmogelijkheden voor het natuurontwikkelingsgebied de Breedbroeken op basis van de fosfaatverzadiging



*Ecologisch adviesbureau*

**Giesen & Geurts**

**Opdrachtgever**  
**Dienst Landelijk Gebied**  
**Regio Zuid, Tilburg**



# De fosfaattoestand van de bodem in de Breedbroeken

Inrichtingsmogelijkheden voor het natuurontwikkelingsgebied de Breedbroeken  
op basis van de fosfaatverzadiging

Opdrachtgever:  
Dienst Landelijk Gebied  
Noord-Brabant



*Ecologisch adviesbureau*

***Giesen & Geurts***

*'t Goor 9, 7071 PC Ulf.*

*Tel. 0315-640460*

*Fax 640252*

*Mail [info@giesen-geurts.nl](mailto:info@giesen-geurts.nl)*

Omslagfoto: De Breedbroeken met de Berkloop. Op de achtergrond de hogere gronden in het westen

© 2006 Giesen & Geurts, Ulf.

De inhoud van dit rapport (in het geheel of in delen) mag zonder schriftelijke toestemming van Giesen & Geurts niet door fotokopie, druk of andere middelen worden gereproduceerd (de opdrachtgever uitgezonderd).

Citaten uit dit rapport zijn alleen toegestaan met volledige bronvermelding:

*Giesen & Geurts, 2007. De fosfaattoestand van de bodem in de Breedbroeken. Inrichtingsmogelijkheden voor het natuurontwikkelingsgebied de Breedbroeken op basis van de fosfaatverzadiging. Giesen & Geurts, Ulf/DLG, Tilburg.*



# Inhoud

	Inleiding	
	Woord van dank	
<b>I</b>	<b>Terrein en probleemstelling</b>	
1	Terrein	1
2	Probleemstelling	1
3	Onderzoek	2
<b>II</b>	<b>Werkwijze en analysemethoden</b>	
1	Bodemkartering en bemonstering	5
2	Bodemanalyses	5
3	Wateranalyses	6
4	Onderzoekaanpak	6
<b>III</b>	<b>Bespreking van de resultaten</b>	
1	Bodembeschrijving	9
1.1	Algemeen	9
1.2	Onderscheiden bodemeenheden	9
2	Bodemanalyses	12
3	Wateranalyses	14
<b>IV</b>	<b>Fosfaattoestand</b>	
1	Fosfaat in de bodem	17
1.1	Achtergrond	17
1.2	De fosfaattoestand in de Breedbroeken	18
	Conclusie	20
<b>V</b>	<b>Vegetatieperspectieven</b>	
1	Waar zou moeten worden afgegraven?	25
2	Wat is het effect van afgraven?	26
	Fosfaat	26
	Grondwater	26
3	Vegetatieperspectief na afgraven	26
<b>VI</b>	<b>Verschralen en uitmijnen</b>	
1	Algemeen	33
2	Methode	33
3	Resultaten	36
<b>VII</b>	<b>Vernatten en inundatie</b>	
1	Algemeen	39
2	Methode	39
3	Permanente inundatie	39
	Fosfaatfracties	41
	Organische stof en ijzerreductie	41
	Pyrietvorming	41
<b>VIII</b>	<b>Samenvattende conclusies en advies</b>	
	Samenvattende conclusies en advies	45
	<b>Literatuur</b>	47

## Bijlagen

1	Beschrijving van de bodemprofielen .....	50
2	Resultaten van de bodemanalyses .....	54
3	Resultaten van de wateranalyses met EC-IR diagram .....	55
4	Kaart met de ligging van de boorpunten en bodemmonsters .....	56

## Figuren

1.1	De ligging van de Breedbroeken ten opzichte van Rijsbergen en Breda .....	1
1.2	Zandweg in de Breedbroeken .....	2
3.1	Materiaal uit boringen .....	9
3.1.a	Bodemkaart van het onderzochte deel van de Breedbroeken in 2007 .....	10
3.1.b	Bodemkaart van de Breedbroeken uit de jaren tachtig .....	11
3.2	Waarden van $(Fe+Al)_{ox}$ , $P_{ox}$ en P-bodemvocht in de onderzochte grondmonsters .....	12
3.3	P-lactaat in de grondmonsters .....	13
4.1	Het theoretische verband tussen P in bodemvocht en de fosfaatverzadigingsindex (PSI) .....	17
4.2	Verschuif van het verband tussen het fosfaat in bodemvocht en de PSI (fosfaatverzadigingsindex) .....	18
4.3	Verschuif van het verband tussen het fosfaat in bodemvocht en de PSD (fosfaatverzadigingsgraad) .....	19
4.4	De gemiddelde PSI en PSD% van de A-horizont in het lagere centrum en de hogere ruggen langs de randen van het terrein .....	20
4.5	De $P_{ox}$ waarden en de PSI van de C-horizont .....	21
5.1	De fosfaatverzadiging van de C-horizont, na afgraven van de A-horizont .....	25
5.2	Dikte van de A-horizont .....	27
5.3	De gemeten P-lactaatwaarden van de C-horizont na afgraven van de A-horizont .....	27
5.4	De GHG in cm-mv na afgraven van de A-horizont .....	29
5.5	Indicatie van te verwachten vegetatietypen op basis van de fosfaatverzadiging van de na afgraven dazomende horizont .....	29
6.1	Verschuif- en uitmijnduur van de boorlocaties in de lagere delen van de Breedbroeken .....	33
6.2	Verschuifduur in jaren voor het bereiken van de richtwaarde voor schraalgrasland .....	34
6.3	Verschuifduur in jaren voor het bereiken van de richtwaarde voor Dotterbloemhooiland .....	34
6.4	Uitmijnduur in jaren voor het bereiken van de richtwaarde voor schraalgrasland .....	35
6.5	Uitmijnduur in jaren voor het bereiken van de richtwaarde voor Dotterbloemhooiland .....	35
7.1	De fracties ijzer-, aluminium- en calciumfosfaat in de monsters uit de lagere delen van de Breedbroeken .....	40

## Tabellen

3.1	Gemiddelde en afgeronde concentraties oxalaat extraheerbaar ijzer+aluminium (Fe+Al), fosfaat (P) en P-bodemvocht in gronden uit andere terreinen en van locaties in de Breedbroeken .....	14
4.1	Gemiddelde waarden per horizont en bodemtype van oxalaat extraheerbaar Fe, Al en P .....	19
5.1	Gemiddelde gehalten met standaardafwijking van oxalaat extraheerbaar ijzer, aluminium en fosfaat en de fosfaatverzadigingsindex van een viertal plantengemeenschappen in natuurterreinen en van de na afgraven dazomende horizonten (tot C/Cr) in de Breedbroeken .....	28

## Inleiding

Binnen het landinrichtingsgebied Weerijns (Noord-Brabant, ten zuiden van Breda) ligt het gebied de Breedbroeken. De vegetatie van de Breedbroeken bestaat nu voor een groot deel uit de triviale graslandgemeenschappen. In het kader van de natuurontwikkeling van het gebied zijn natuurdoeltypen opgesteld: vochtig schraalland en vochtig bloemrijk grasland. Vroeger is het gebied als hooiland in gebruik geweest, maar begin jaren zeventig is intensief agrarisch beheer begonnen. Sinds het gebied bij Staatsbosbeheer in eigendom is gekomen, is het beheer niet veranderd.

Van Dienst Landelijk Gebied (Tilburg) heeft Giesen & Geurts opdracht ontvangen de grond nader te onderzoeken op aspecten die van belang zijn voor de ontwikkeling van de beoogde natuurdoeltypen. Het onderzoek is in twee fasen gesplitst. In deze eerste fase wordt onderzocht wat de fosfaattoestand van de bodem is. In een eventuele tweede fase zou de basenverzadiging en hydrologie onderzocht worden. DLG heeft besloten de tweede fase voorlopig niet uit te voeren.

Na oplevering van het conceptrapport is een aanvullende onderzoek uitgevoerd naar verschralingsduur en vernatten.

Hiertoe is veldwerk verricht, met grondboringen, om het bodemtype vast te leggen en de dikte van de voedselrijke bouwvoor te bepalen. Van een aantal profielen werd op 2-3 diepten de fosfaattoestand onderzocht.

In dit rapport komen o.a. aan de orde:

- \* Gehanteerde onderzoeksmethoden.
- \* Resultaten van boringen en analyses.
- \* Evaluatie van de resultaten met adviezen.

## Woord van dank

Wij danken Dienst Landelijk Gebied in Tilburg voor het mogelijk maken van dit onderzoek en in het bijzonder Roy de Beijer, Ton Geensen en John van Wijgerden voor de begeleiding. Verder gaat onze dank uit naar Joop Vrielink, voor zijn hulp bij de boringen en profielbeschrijvingen.



Giesen & Geurts,  
Ecologisch Adviesbureau,  
't Goor 9,  
7071 PC Uift.

Augustus 2007.







# I

## Terreinen en probleemstelling





# 1 Terrein

Het onderzoeksgebied ligt langs de A12 juist ten zuiden van Breda en ten oosten van Rijsbergen (fig. 1.1). De Breedbroeken is een complex van agrarische gronden in een laagte, omgeven door enkele meters hogere ruggen. Van zuid naar noord loopt de Berkloop en langs de oostkant loopt de Hazeldonksche beek. Het gebied is een van oorsprong afvoerloze laagte, waar later in het noorden een doorbraak is gemaakt in de hogere rug. EGV metingen aan grondwater in mei 2006 (DLG, Noord-Brabant) laten zien dat er sprake is van grondwater met lange verblijftijd (of aanrijking met mineralen uit bodemlagen; Giesen & Geurts, 2002). In delen van het gebied kwam eind jaren tachtig een GVG (gemiddelde voorjaars grondwaterstand) van 0-30 cm-mv voor.

De bodem is in de jaren tachtig gekarteerd als broekeerdgrond met zanddek (zWz, fig. 3.1b).

# 2 Probleemstelling

De agrarische gras- en akkerlanden van de Breedbroeken verkeren in een voedselrijk stadium. Gezien het voedselrijke karakter van de huidige gras- en akkerlanden is het de vraag of de gestelde natuurdoeltypen 'vochtig schraalland en vochtig bloemrijk grasland' zondermeer haalbaar zijn. Om de gestelde doelen 'vochtig schraalland' en vochtig bloemrijk grasland' te bereiken zal een ander beheer moeten worden toegepast.

Van de exacte voedselrijkdom van de graslanden in de huidige toestand

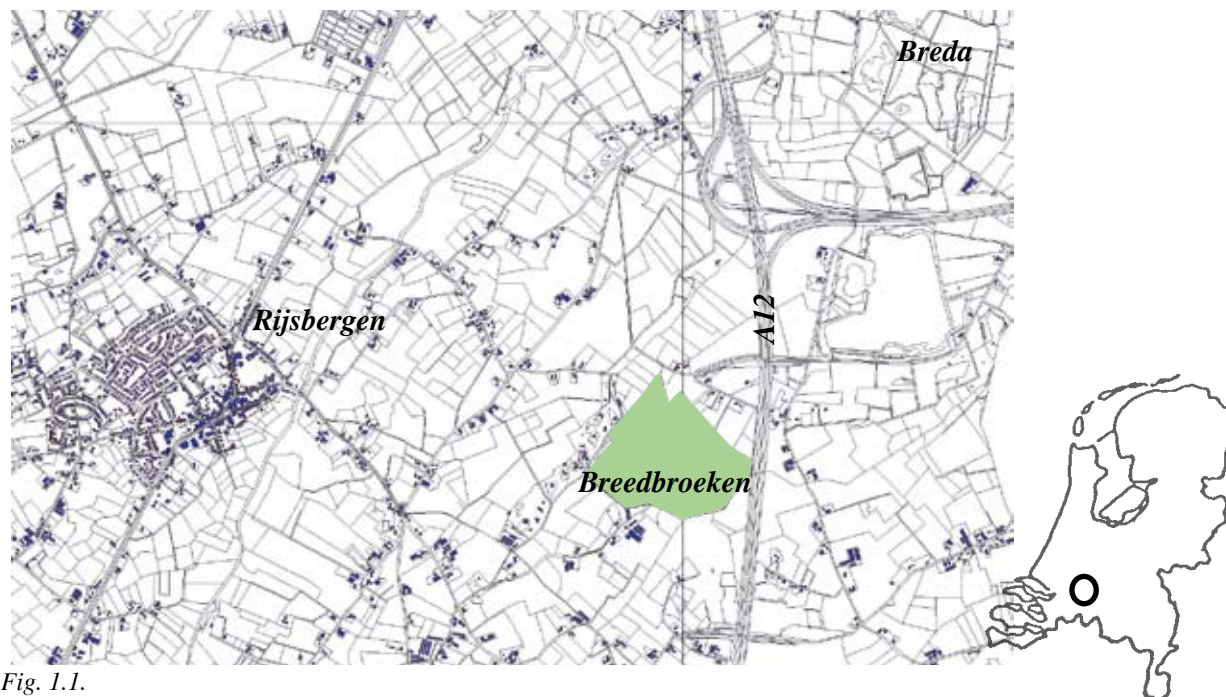


Fig. 1.1.

De ligging van de Breedbroeken ten opzichte van Rijsbergen en Breda.





is weinig bekend. Omdat voor de natuurdoeltypen voedselarme(re) omstandigheden van de bodem zullen zijn vereist, was het van belang de trofietoestand van de bodem in kaart te brengen. Ook was het van belang te onderzoeken of (basenrijk) grondwater aan maaiveld komt. De basenbezetting van de wortelzone bepaalt immers mede welke vegetatie zich zal vestigen. De basentoestand zal echter eventueel op een later tijdstip onderzocht worden. Het onderzoek is door DLG gesplitst in twee delen. In dit deel komt de fosfaatverzadiging aan de orde, maar niet de basenverzadiging en de hydrologie.

De onderzoeksvragen waren de volgende:

- \* Wat is de fosfaattoestand van de bovengrond in de Breedbroeken?
- \* Is de voedingstoestand door afgraven tot een streefniveau terug te brengen?
- \* Waar bevinden zich de meest kansrijke locaties voor de ontwikkeling van aangegeven doeltypen?
- \* Welke maatregelen zijn nodig om de ontwikkeling te realiseren?
- \* Welke oppervlakten zijn met de maatregelen te realiseren?

### 3 Onderzoek

Voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen was het noodzakelijk de bodem gedetailleerd in kaart te brengen. De hieruit voortvloeiende bodemkaart werd gebruikt om de analyseresultaten van de steekproefgewijs verzamelde bodemmonsters te extrapoleren naar niet bemonsterde delen van het terrein. De 38 ha. bodem werd gekarteerd door 75 beschreven boringen tot ca. 120 cm-mv en 15 tussenboringen uit te voeren (gemiddeld 2,4 boringen per ha.). De bodem werd bemonsterd op twee diepten: de voedselrijke bovengrond (A-horizont) en de C-horizont direct daaronder. In enkele gevallen werd ook de gereduceerde Cr-horizont bemonsterd. Van de verzamelde bodemmonsters werd de fosfaattoestand bepaald. De fosfaattoestand werd uitgewerkt tot fosfaatverzadigingsgetallen. De waarden zijn van belang voor het inschatten van de mogelijkheden om bepaalde natuurdoeltypen te ontwikkelen.



*Fig. 1.2.  
Zandweg in de  
Breedbroeken.  
Ondanks de hoge  
ligging op de ho-  
gere ruggen langs de  
rand, zijn de zand-  
wegen toch vochtig  
en bij regen treedt er  
kwel op.*



# II

## Werkwijze en analysemethoden







## 1 Bodemkartering en bemonstering

In het onderzoekgebied, met een totale oppervlakte van 38 ha., werd door middel van 75 boringen de bodem in kaart gebracht en met nog 15 tussenboringen werd een nauwer grid voor de dikte van de Ah-horizont gelegd. De boringen werden uitgevoerd met een Edelmanboor. De profielen werden beschreven volgens Klinka (bijlage 1). Er werd aangegeven of een horizont gereduceerd of roestig was. Verder werd het humuspercentage en het luthumgehalte van minerale horizonten genoteerd. De grondwatertrap, de GHG en de GLG werden eveneens bepaald. In het veld werd het bodemtype vastgesteld.

Op representatieve plaatsen werd de bodem op 2 diepten bemonsterd: de A-horizont en de laag direct daaronder (en in 6 gevallen de Cr-horizont). Er werden 38 grondmonsters verzameld in 15 boringen. De keuze van de monsterplaats werd in het veld bepaald, aan de hand van de aanwezigheid van een niet verstoord profiel en de frequentie waarin een bodemtype gevonden werd.

## 2 Bodemanalyses

De 38 grondmonsters zijn in goed afgesloten PE-zakken vervoerd en op het laboratorium gecatalogiseerd.

De grond werd zo spoedig mogelijk op schalen uitgespreid en aan de lucht gedroogd (geforceerde ventilatie bij 35°C). De droogtijd bedroeg ca. 24 uur.

Nadat de grondmonsters luchtdroog waren, is een representatief deel van het monster gemalen in een kruisslagmolen (fijnheid < 0,5 mm) en gehomogeniseerd. De gemalen grondmonsters zijn opgeslagen in PE-potten bij kamertemperatuur.

Van de luchtdroge grond is (na malen) het vochtgehalte bepaald (4 uur drogen bij 105°C). De afgewogen luchtdroge grond is op dit vochtgehalte gecorrigeerd, zodat alle in de tabellen opgegeven gehalten berekend zijn van ovendroge grond.

Om zo homogeen mogelijke submonsters af te wegen, waaraan de bepalingen zijn uitgevoerd, werd op steeds verschillende plaatsen een klein deel van het monster genomen. Dit geeft een acceptabel representatief deelmonster.

Voor het malen is een Culatti kruisslagmolen gebruikt, voorzien van zeeffjes met poriegrootte 0,5 mm. Spectrofotometrische kleurreacties zijn gemeten met een UV/VIS DR 4000 van HACH. Titraties zijn uitgevoerd met een Titroline 96.

Door extractie van de grond met een oxaalzuur/ammoniumoxalaatbuffer met pH=3,0 wordt het gehalte 'actief' ijzer, aluminium en P in de grond bepaald. Oxalaat extraheerbaar P, Fe en Al werden met ICP-AES gemeten.

Voor de meting van P-bodemvocht werd de luchtdroge grond met water (W/V=1:2) geschud (Koopmans, 2004), gecentrifugeerd en in het heldere centrifugaat werd  $\text{PO}_4^{3-}$ -P gemeten en uitgedrukt in mg/l (in tegenstelling tot de andere waarden in mg/100g OD grond).

P-fractionering werd uitgevoerd volgens Chang & Jackson (1957).

Voor P-lactaat werd de grond geëxtraheerd met een melkzuur-azijnzuur-ammonia mengsel (pH=3,75) in een verhouding van w:v=1:20. De methode is ook wel bekend onder de naam 'dubbele lactaat methode'. P-lactaat is vooral een in de landbouw gebruikte parameter. Takman & Kooijman



(2004) noemen grenswaarden; landbouwkundige normaalwaarde 40 mg/100g  $P_2O_5$  als P-lactaat en streefwaarde c.q. natuurlijk niveau van 10 mg/100g  $P_2O_5$  als P-lactaat.

Met het organische stofgehalte wordt meestal het gehalte aan organische stof bedoeld dat tijdens het gloeien verloren gaat. Er kunnen tijdens het gloeien echter ook andere stoffen dan organische stof ontwijken c.q. zich ontleiden. Voor  $CaCO_3$ , structureel waterverlies en het natriumchloridegehalte kunnen correcties worden toegepast. Wanneer deze gehalten niet bekend zijn, wordt gloeien bij lagere temperaturen dan normaal (ca. 850 of 550°C) voorgesteld. Maar ook bij 550°C blijken anorganische bestanddelen structureel gebonden water te verliezen. Volgens Mitchell (1932) en Ball (1964) kan verlies van structureel water worden voorkomen als de temperatuur tijdens het gloeien tussen 350°C en 440°C blijft. Deze methode is bij deze analyses toegepast. Tijdens het gloeien was de oventemperatuur 380°C.

De resultaten staan in bijlage 2.

### 3 Wateranalyses

In juli 2007 zijn in tijdelijke peilbuizen vijf grondwatermonsters verzameld. De monsters zijn opgepompt met een slangenpomp en gekoeld vervoerd. Op dezelfde dag is de pH, EGV en alkaliniteit gemeten. De overige parameters zijn de volgende dag gemeten. pH en EGV zijn gemeten met een SensIon 378 en de spectrofotometrische bepalingen met een DR4000 (Hach). Kationen zijn gemeten met een Unicam AAS Solar 969. De alkaliniteit is titrimetrisch bepaald.

De analyses zijn gecontroleerd volgens de methode van Van Wirdum (1991) en de watertypen werden bepaald volgens Stuyfzand (1986).

### 4 Onderzoekaanpak

Na de bodemkartering werden per bodemtype van elke horizont steekproefgevoel grondmonsters verzameld en geanalyseerd. De gevonden waarden werden geëxtrapoleerd naar het gehele bodemvlak en horizont. Daarbij bestaat, vooral bij de A-horizont, niet het gevaar dat advies wordt gegeven tot te diep afgraven, omdat de A-horizont in agrarische grond altijd gehomogeniseerd is als bouwvoor. Als moet worden afgegraven is dat in agrarische grond altijd de gehele A-horizont. Voor het advies wordt gebruik gemaakt van de fosfaatverzadiging in plaats van een parameter voor de fosfaatvoorraad (b.v.  $P_{al}$ ), omdat meting van de fosfaatvoorraad alleen geen uitsluitel geeft over de geschiktheid van de gronden voor ontwikkeling van schrale vegetatie. Er kan een grote voorraad fosfaat aanwezig zijn, die goed gefixeerd is, maar ook een kleine voorraad die slecht gefixeerd is. In de laatste (zogenaamd P-arme) situatie is door de slechte fixatie (dus hoge PSD) geen sprake van P-arme omstandigheden.



## Bespreking van de resultaten







# 1 Bodembeschrijving

In bijlage 1 zijn de bodemprofielen van alle boringen beschreven.  
In het onderzochte gebied werden onderstaande bodemtypen waargenomen:

Als toevoegingen werden gebruikt:  
 ..n met hydromorfe kenmerken  
 c.. cultuurdek matig dik, 30-50 cm  
 t.. cultuurdek dun, 15-30 cm  
 z.. zwart (bij EZ)  
 z.. zanddek  
 ..z zandondergrond  
 ..g gley, hydromorf en roest op <35 cm  
 ..27 grofheid zand en hoeveelheid leem.

Veldpodzolgronden	Hn
Laarpodzolgronden	cHn
Enkeerdgronden	EZ
Vlakvaaggronden	Zn
Gooreerdgronden	cZn
Beekeerdgronden	Zg
Broekeerdgronden	zWz

Hieronder wordt de legenda van de bodemkaart nader omschreven. Belangrijke aspecten zijn in kaarten weergegeven. In fig. 3.1a+b is de bodemkaart van de jaren '80 en van 2007 te zien. De kaart van de jaren tachtig is met een grotere schaal gekarteerd. In fig. 5.2 is de dikte van de A-horizont te zien.

## 1.1 Algemeen.

Het is waarschijnlijk dat in het laagste deel van het gebied een moeras heeft gelegen. Dit blijkt uit de restanten veen die er in voorkomen (zWz) en het voorkomen van moeraskalk over een vrij groot oppervlak (fig. 3.1). Het voorkomen van deze moeraskalk over een zo'n groot oppervlak is vrij zeldzaam. Bij de ontwikkeling van dit gebied tot natuurgebied is het dan ook zeer raadzaam, om bij eventuele afgraving van bovengronden te zorgen dat deze moeraskalk gespaard blijft.

Het gebied ontvangt veel kwelwater van de hoge dekzandgronden uit de onmiddellijke omgeving. In de laag gelegen gronden komt dat tot uitdrukking in hoge ijzerconcentraties in de bodem (tabel 3.1 en 4.1) Hoewel de gooreerdgronden (cZn33) in het noordwesten relatief hoog liggen zijn ze door deze lokale kwel toch zeer nat, met plaatselijk grondwater tot aan het maaiveld.

Veel van de gronden zijn verwerkt en/of geëgaliseerd, wat het lastig maakt om per vlak de dikte van de humeuze bovengrond aan te geven, omdat deze over zeer korte afstand kan verschillen. De gooreerd-, beekeerd- en vlakvaaggronden zijn meestal binnen het onderzochte profiel (tot 120 cm-mv) gereduceerd.

## 1.2 Onderscheiden bodemeenheden

### Podzolgronden

cHn33 Laarpodzolgronden in zwak lemig (...3), fijn zand code (...3) met een matig dik cultuurdek (c..).

Deze gronden vormen de wat hoger gelegen terreingedeelten van het gebied. Door de intensieve bewerking van deze gronden is in de loop der tijd een groot deel van de B-horizont door de bovengrond gemengd. Ze zijn pas op wat grotere diepte roestig.

Hn35 Veldpodzolgronden in zwak lemig (...5), fijn zand (...3).

Deze gronden vertonen een vrij zwakke podzolering en de bovengrond is verwerkt. Zelfs op grotere diepte zijn ze niet roestig.

### Enkeerdgronden

zEZ53 Enkeerdgronden in zwak lemig (...3), fijn zand (...5).

Deze gronden komen over een klein oppervlak voor in het westen



Fig. 3.1.  
Materiaal uit boringen.  
Boven met moeraskalk op 30-50 cm-mv en onder met moeraskalk verwerkt in de bovengrond.

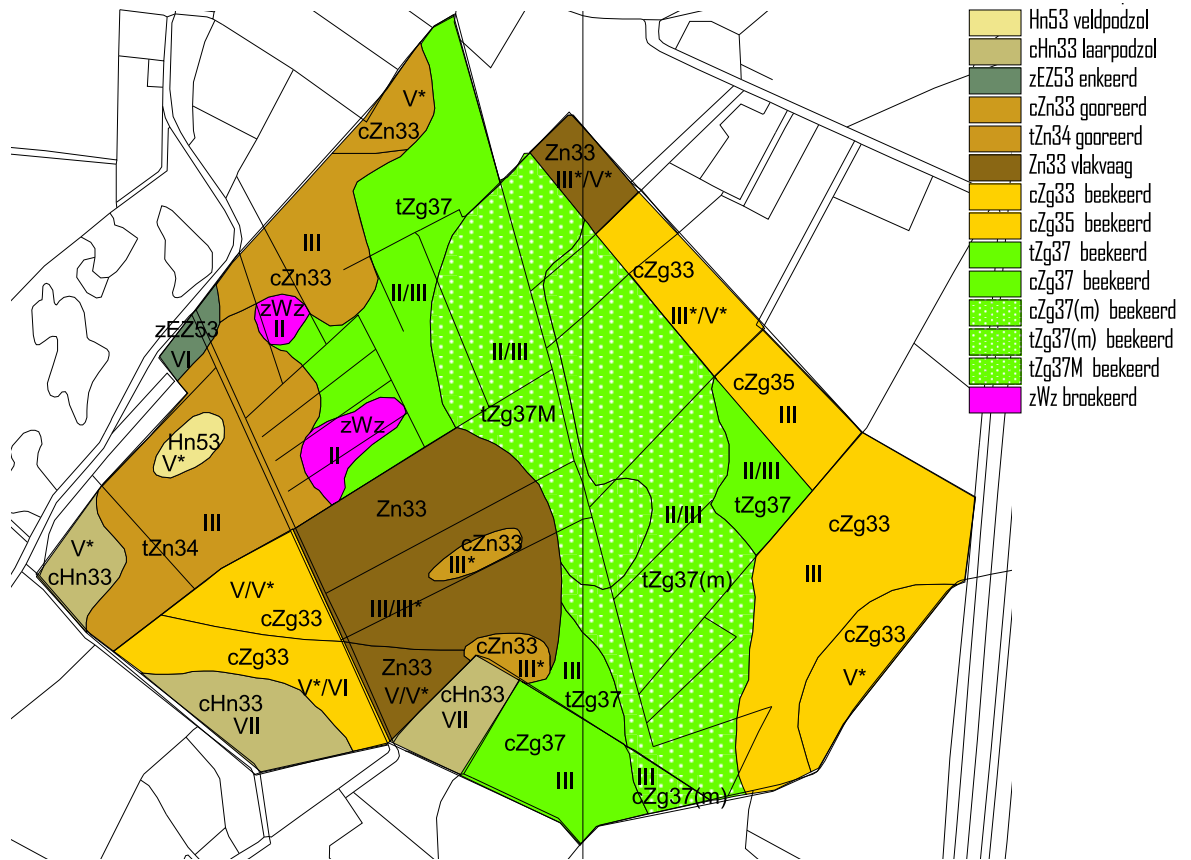


Fig. 3.1a.  
Bodemkaart van het onderzochte deel van de Bredbroeken in 2007.  
Boringsdichtheid: gemiddeld 3 boringen per ha.

van het gebied. Ze hebben een dikke wat heterogene humeuze, verwerkte bovengrond. Roest is pas op grotere diepte aanwezig.

#### Vlakvaaggronden

**Zn33** Vlakvaaggronden in zwak lemig (...3), fijn zand (...3). Binnen deze gronden komen door verschillen in grondbewerking over korte afstanden grote verschillen in profielopbouw voor. In het midden van het gebied komt een vrij groot oppervlak voor met deze gronden. Aan de scherpe onnatuurlijke begrenzing is te zien dat het hier gaat om menselijke activiteiten. Plaatselijk is een vrij dikke schrale zandlaag opgebracht over sterk lemige bekeerdgronden. Op deze schaal was het niet mogelijk dit uit te karteren.

#### Gooreerdgronden

**cZn33** Gooreerdgronden met een matig dik cultuurdek (c...) in zwak lemig (...3), fijn zand (...3).

Deze gronden komen aan de westkant van het gebied voor. Ze grenzen aan de hoge dekzandgronden net buiten het gebied. Vanuit deze hogere gronden treedt in deze gronden veel lokale kwel op. Hoewel deze gronden relatief hoog liggen zijn ze toch plaatselijk erg nat.

**tZn34** Gooreerdgronden met een dunne (t...) minerale eerdlaag in matig lemig (...4), fijn zand (...3).

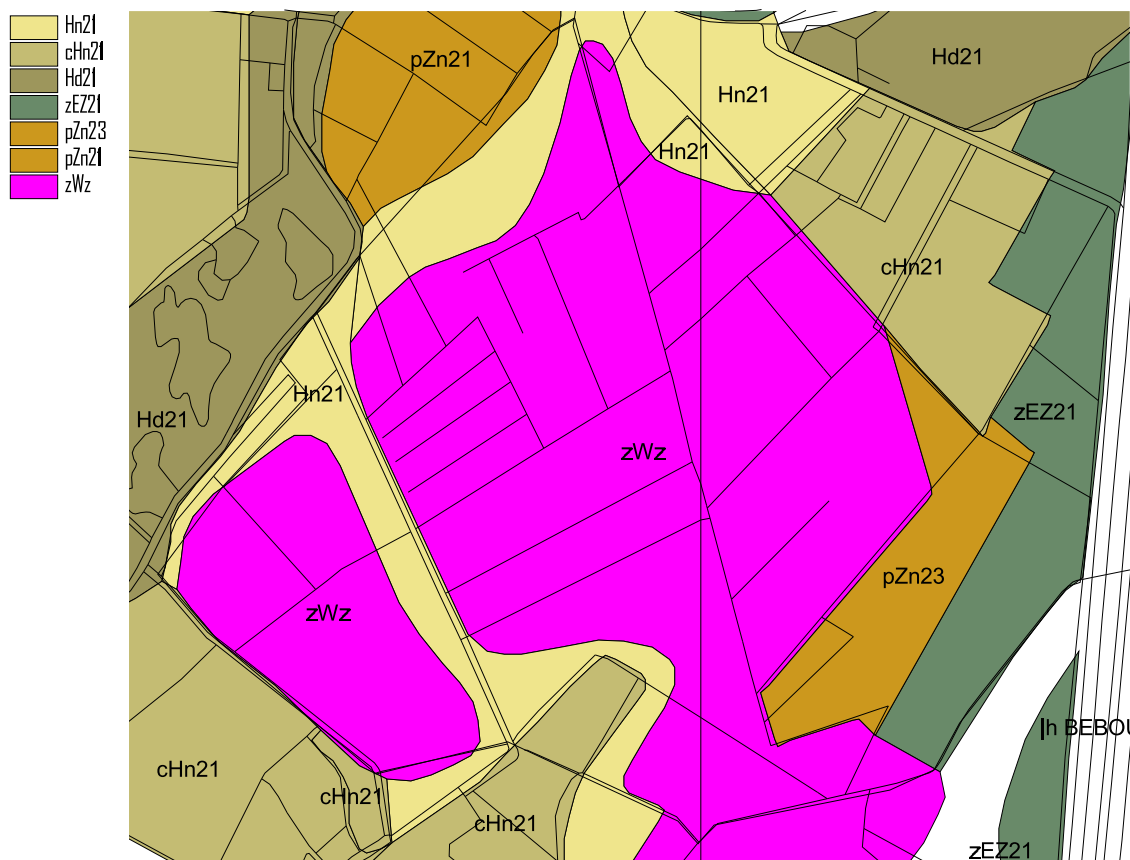


Fig. 3.1b.  
Bodemkaart van de  
Breedbroeken uit  
de jaren tachtig.

#### Beekeerdgronden.

Binnen de beekeerdgronden zijn, naar textuur dikte van de humeuze bovengrond en het voorkomen van moeraskalk, 4 eenheden onderscheiden.

**cZg33** Beekeerdgronden met een matig dik cultuurdek in zwak lemig (...3), fijn zand (...3).

Deze gronden komen langs de noord-, oost- en zuidkant van het gebied voor. Het zijn bijna allemaal gronden die ieder jaar weer ingezaaid worden met maïs. Door de intensieve grondbewerking is een homogene bovengrond ontstaan. Al roestig op ca. 30 cm-mv.

**tZg37** Beekeerdgronden in zeer sterk lemig (...7), fijn zand (...3).

Binnen deze gronden komt door de verschillen van grondbewerking een grote variatie in profielopbouw voor. Op plaatsen die wat dieper zijn verwerkt is de hele leemlaag gemengd met de humeuze bovengrond. Met name in het westen van dit gebied heeft men in het verleden een dun (20-30 cm) zwak lemig zanddek op deze zeer lemige gronden aangebracht om de bereikbaarheid te vergroten. Al roestig op ca. 30 cm-mv.

**tZg37M** Beekeerdgronden in zeer sterk lemig (...7), fijn zand (...3) met moeraskalk (M) onder de dunne (t...=15-30 cm) minerale eerdlaag.

De moeraskalklaag varieert nog al in dikte, namelijk van ca. 10 tot plaatselijk wel 35 cm dikte. Onder de moeraskalk komt vaak een

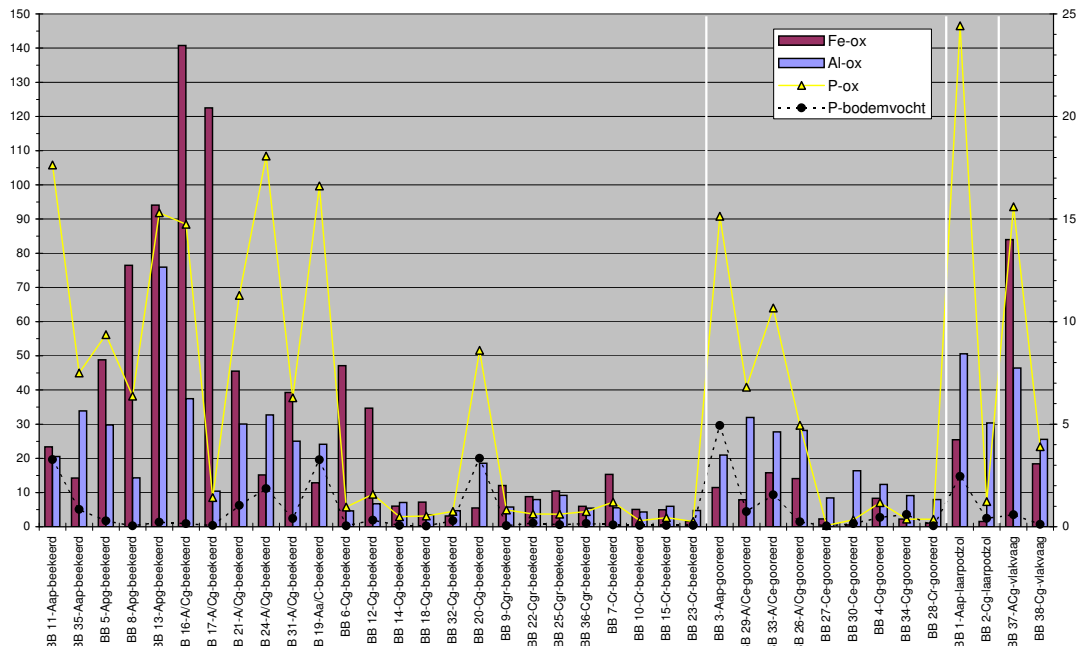


Fig. 3.2.

Waarden van  $(Fe+Al)_{ox}$ ,  $P_{ox}$  en P-bodemvocht in de onderzochte grondmonsters. Ze zijn gerangschikt naar grondsoort en horizont. Opvallend is het grote aandeel aluminium in de gooreerd- en podzolgronden, in tegenstelling tot het grotere aandeel ijzer in de beekeerdgronden.

dunde zeer lenige laag voor, die ook nog enig kalk bevat. Door de grondbewerking komen plaatselijk in de bovengrond kalkbrokjes voor. Al ondiep roestig.

cZg37(m) Beekeerdgronden in zeer sterk lemig (...7), fijn zand (...3), met een kalkrijke bovengrond (m).

Deze beekeerdgronden komen met uitzondering van een dikkere (30 tot 40cm) humeuze bovengrond sterkt overeen met de overige beekeerdgronden.

De beekeerdgronden cZg37 komen om de zelfde reden sterk overeen met de beekeerdgronden tZg37.

#### Broekeerdgronden

zWz Broekeerdgronden met een opgebracht zanddek (z...) en zandondergrond (...z).

Deze gronden komen in twee kleine oppervlakten voor, het opgebrachte zanddek varieert over kleine afstand nogal van samenstelling en dikte.

## 2 Bodemanalyses

### Fosfaat

De monsters bevatten over het algemeen matige hoeveelheden oxalaat extraheerbaar ijzer en aluminium  $((Fe+Al)_{ox})$ , waardoor ook matige hoeveelheden

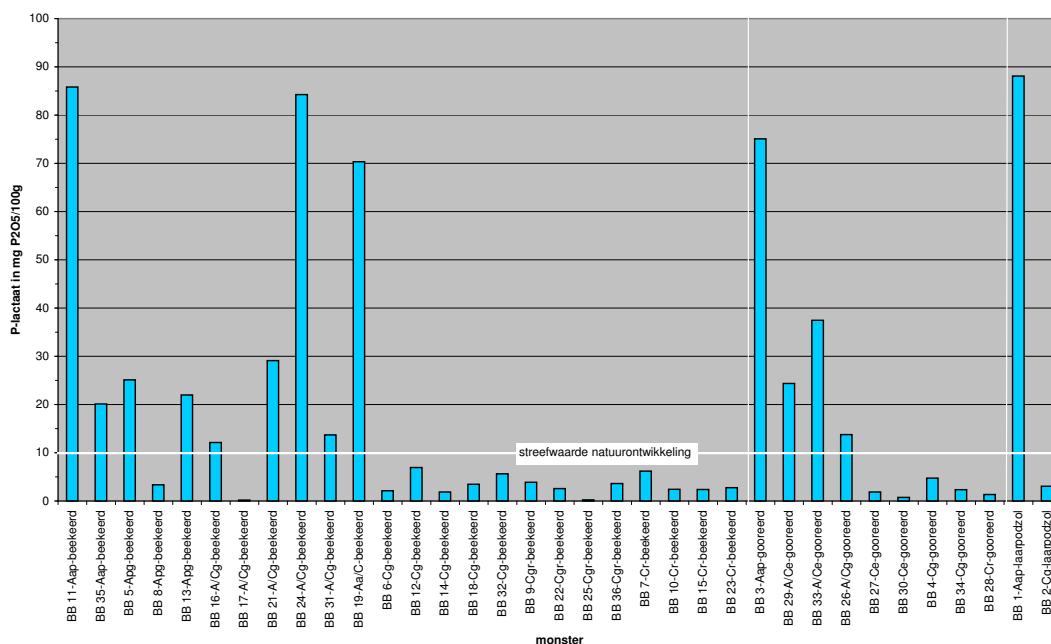


Fig. 3.3.

*P-lactaat in de grondmonsters. De monsters zijn gerangschikt naar horizont en grondsoort. Vooral de C-horizont bevat weinig P-lactaat, meestal minder dan de streefwaarden voor natuurontwikkeling (Takman & Kooijman, 2004). Ook de A-horizont van de beekeerdgronden in de lagere delen bevat relatief weinig P-lactaat*

fosfaat ( $P_{ox}$ ) gebonden kunnen zijn. De uiterste waarden voor  $(Fe+Al)_{ox}$  zijn: 6,4 en 178,2 mmol/kg, voor  $P_{ox}$ : 0,06 en 24,42 mmol/kg en voor P-bodemvocht: 0,038 en 4,936 mg/l. In vergelijking met enkele andere terreinen zijn de waarden voor  $(Fe+Al)_{ox}$  matig hoog en voor  $P_{ox}$  ook. De waarden voor P-bodemvocht zijn daarentegen tamelijk laag. In fig. 3.2 zijn deze parameters samen te zien per bodemtype en per horizont. In beekeerdgrond is de bindingsparameter  $(Fe+Al)_{ox}$  in de C-horizont veel lager dan in de A-horizont, maar de  $P_{ox}$  ook. P-bodemvocht is in beide horizonten laag. Ook in gooreerd- en podzolgrond is  $(Fe+Al)_{ox}$  in A-horizont hoger dan in de C-horizont, evenals  $P_{ox}$  en P-bodemvocht. Hoewel de A-horizonten van beekeerdgrond een relatief hoog gehalte  $P_{ox}$  hebben, bevatten ze toch weinig uitgespoeld P-bodemvocht. Enkele uitzonderingen (BB11, 19, 20 en 24) daarop liggen op de hogere ruggen; op die locaties is de bindingscapaciteit ook relatief laag. Meting van alleen de hoeveelheid P (op welke manier dan ook) zou dus een sterk foutief beeld geven van deze A-horizonten, omdat de bindingscapaciteit niet betrokken wordt.

In tabel 3.1 zijn enige waarden uit andere terreinen en uit de Breedbroeken opgesomd. Vooral in landbouwgrond blijkt veel fosfaat (P-bodemvocht=41,4 mg/l) weg te lekken naar het grondwater.

De gehalten P-lactaat (als  $P_2O_5$ ) zijn in de A-horizonten gemiddeld ca. 10 maal zo hoog als in de C-horizonten en liggen daarmee ca. 4 maal hoger dan de streefwaarde voor natuurontwikkeling (10 mg  $P_2O_5$ /100g; fig. 3.3; volgens Takman & Kooijman, 2004). Hoewel de lager gelegen gronden in de A-horizont een gemiddeld lager gehalte P-lactaat (15 mg/100g) hebben komen in de lager gelegen gronden ook enkele punten voor met (relatief) hoge waarden.





In de C-horizont ligt het gehalte P-lactaat overal onder 10 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100g.

### 3 Wateranalyses

Het grondwater in de lagere delen van de Breedbroeken is kalkrijk, neutraal, hard en van lange verblijftijd (bijlage 3). Tegen de hoge ruggen in het westen is het grondwater wat mineraal armer maar het calciumgehalte is ook daar tamelijk hoog. Het sulfaatgehalte is op sommige plaatsen wat hoger evenals het fosfaatgehalte. De IonRatio is steeds hoog en het aandeel grondwater ook. Op monsterpunt BW33 is de invloed van regenwater wat groter (westelijke rug; infiltratie).

Gebied	grondsoort	Horizont	(Fe+Al) <sub>ox</sub>	P <sub>ox</sub>	P <sub>bodemvocht</sub>
			mmol/kg		mg/l
landbouwgrond Nederland	-		90	20	41,42
Binnenveld Wageningen	lemig zand/veen		174	12	0,88
Beltrum Achterhoek	lemig zand		103	12	0,75
Brunninkhuizerbeek Twente	lemig zand		60	3	0,06
Twente	lemig zand		56	7	0,59
Enkele Wiericke	(koop)veengrond		523	52	0,39
Renkumse beekdal	veengrond		97	9	0,29
	beekeerdgrond		62	7	0,25
	gooreerdgrond		49	7	0,42
	enkeerdgrond		41	8	0,52
	podzolgrond		60	41	1,39
	C-horizont (alle typen)		71	6	0,25
Breedbroeken	Laarpodzolgrond	A	76	24,4	2,45
		C	32	1,2	0,41
	Gooreerdgrond	A	37	11,3	2,89
		Cg	15	0,5	0,31
		Cr	9	0,4	0,05
	Beekeerd	A	79	11,0	1,13
		Cg	21	1,4	0,40
		Cr	12	0,6	0,07
	Hoger gelegen gronden	A	46	15,6	2,58
		C	24	2,0	0,77
	Lager gelegen gronden	A	98	8,6	0,37
		C	15	0,6	0,09

Tabel 3.1. Gemiddelde en afgeronde concentraties oxalaat extraheerbaar ijzer + aluminium (Fe+Al), fosfaat (P) en P-bodemvocht, in gronden uit andere terreinen en van locaties in de Breedbroeken. Ook is het gemiddelde van de hoge en lage gronden gegeven. Het valt op dat P<sub>ox</sub> en P-bodemvocht in de beekeerdgronden en in de lagere delen van de Breedbroeken laag zijn, ook in de A-horizont. In de podzolgrond is het gehalte P<sub>ox</sub> en P-bodemvocht verhoudingsgewijs hoog.



# IV

## Fosfaattoestand





# 1 Fosfaat in de bodem

## 1.1 Achtergrond

Fosfaat wordt in de bodem vastgelegd door amorfe (ook wel actieve) ijzer- en aluminiumoxiden. Door extractie van de grond met een ammoniumoxalaatoplossing (Schwertman, 1964; Temminghoff, 2000) wordt het gehalte ijzer- en aluminiumoxiden en het fosfaat dat daaraan is gebonden, bepaald.

Uit onderzoek naar het fosfaatbindend vermogen door ijzer- en aluminiumoxiden is naar voren gekomen, dat de maximale hoeveelheid fosfaat die kan worden gebonden (PSC) een functie ( $\alpha$ ) is van het gehalte oxalaat-extraheerbaar ijzer en aluminium (o.a. Van Riemsdijk et al. 1984, Van der Zee et al. 1987, Koopmans 2004).

In formule:

$$PSC = \alpha (Fe_{ox} + Al_{ox})$$

De gemiddelde waarde van  $\alpha$  is afhankelijk het gehalte amorfe ijzer- en aluminiumoxiden, maar ook van andere bodemeigenschappen (organische stof, klei) en varieert tussen 0,30 en 0,80 (Maguire et al., 2001). Voor Nederlandse kalkloze zandgronden wordt een waarde  $\alpha = 0,5$  aangehouden (Van der Zee et al., 1988). Een grondsoort waarin de hoeveelheid fosfaat ( $P_{ox}$ ) overeenkomt met  $0,5 (Fe+Al)_{ox}$  wordt dan als fosfaatverzadigd beschouwd. De P-oxalaat analyse ( $P_{ox}$ ) wordt als maatgevend beschouwd voor de totale geadsorbeerde P-voorraad, dus zowel de reversibele (i.e. gesorbeerd) als de (quasi-) irreversibele (i.e. inwendige aggregaten gefixeerde) P-voorraad. De gesorbeerde P-fractie komt relatief gemakkelijk beschikbaar, de gefixeerde fractie via een zeer langzame diffusie reactie.

Er wordt van uitgegaan, dat het aan de bodem (d.i. aan Fe- en Al-oxiden) geadsorbeerde fosfaat ( $P_{ox}$ ) in evenwicht verkeert met het fosfaat in het bodemvocht ( $P_{bodemvocht}$ ). Deze evenwichtsreactie kan worden weergegeven door een isotherm. Deze isotherm wordt ook wel een adsorptie- of desorptie-isotherm genoemd en beschrijft het verband tussen het gebonden fosfaat en het opgeloste fosfaat (in mg P/l in het bodemvocht). Fig. 4.1 geeft dit theoretische verband weer.

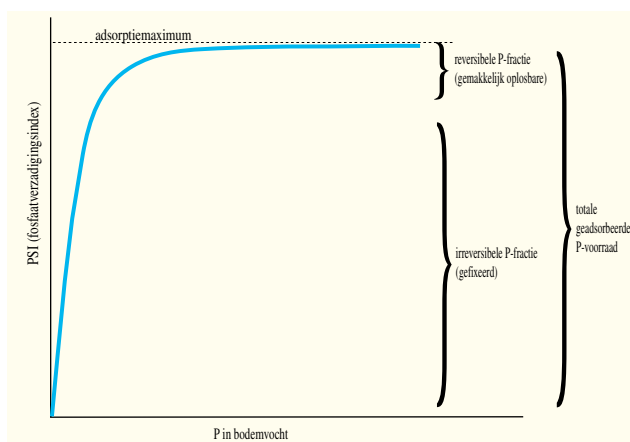
Op de verticale as is het fosfaatgehalte ( $P_{ox}$ ) in relatie tot het gehalte  $(Fe+Al)_{ox}$  weergegeven. De variabele op de verticale as wordt de fosfaatverzadigingsindex ( $a=PSI=P_{ox}/(Fe+Al)_{ox}$ ) genoemd.

Het verband is in hoge mate niet-lineair en geeft aan hoe de fosfaatconcentratie in het bodemvocht verandert bij verschillende concentraties gebonden fosfaat. Bij maximale verzadiging neemt de fosfaatconcentratie in het bodemvocht (horizontale deel van de curve) sterk toe, terwijl de gebonden fractie vrijwel ongewijzigd blijft.

Bij desorptie komt in het horizontale deel van de isotherm P vooral vanuit de gesorbeerde (reversibele) fase in oplossing. In het verticale deel van de curve is de P-concentratie in het bodemvocht veel sterker gebufferd en verandert de concentratie daarvan maar langzaam: in dit deel is de langzame diffusiereactie verantwoordelijk voor het in oplossing komen van de gefixeerde (quasi-irreversibele) P-fractie (Koopmans et al., 2004).

Fig. 4.1.

Het theoretische verband tussen P in bodemvocht en de fosfaatverzadigingsindex (PSI). De irreversibele P-fractie gaat moeilijk in oplossing en verhoogt het gehalte P in bodemvocht nauwelijks. Bij de reversibele P-fractie is dit juist wel het geval.  $P_{ox}$  is de som van deze twee fracties.



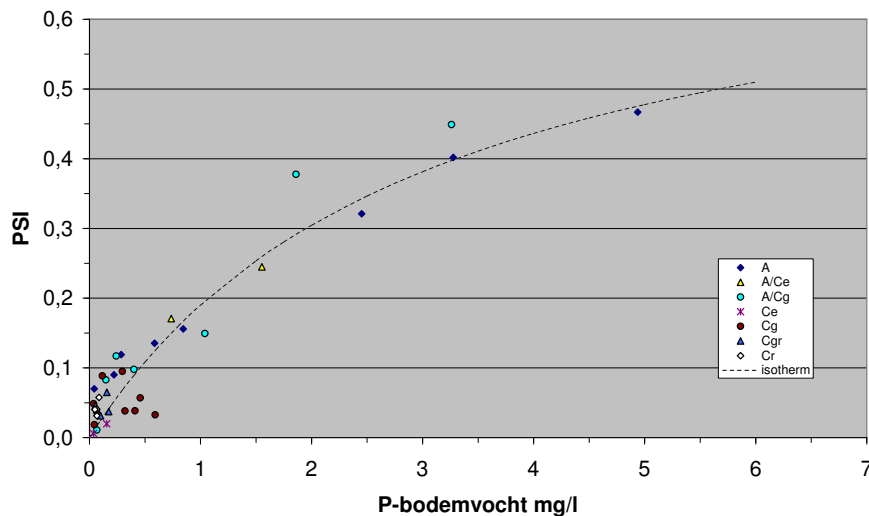


Fig. 4.2. Verband tussen het fosfaat in bodemvocht en de PSI (fosfaatverzadigingsindex). De lijn geeft de berekende isotherm weer. In de puntenwolk is onderscheid gemaakt tussen de horizonten.

## 1.2 De fosfaattoestand in de Breedbroeken

In de Breedbroeken werden 38 bodemmonsters uit de A-, C- en Cr-horizont verzameld (bijlage 1 en 2).

In fig. 4.2 is het gevonden verband weergegeven tussen opgelost fosfaat (P-bodemvocht) en de fosfaatverzadigingsindex (PSI). In de figuur is tevens de via regressieanalyse verkregen isotherm weergegeven ( $R=0,96$ ). Uit deze analyse blijkt het adsorptiemaximum te liggen bij  $0,77(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}$ . Dit betekent dat deze gronden een hoge fosfaatadsorptiecapaciteit (PSC) hebben in vergelijking met de Nederlandse kalkloze zandgronden. Uit fig. 4.2 blijkt ook dat de laagste waarden voor de PSI gevonden zijn in de C-horizont ( $<0,10$ ; gemiddeld  $0,04$  tegen  $0,21$  in de A-horizont). Er blijken echter ook lage PSI-waarden voor te komen in de A-horizonten.

Uitgaande van de gevonden maximale fosfaatverzadiging van  $0,77(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}$ , is vervolgens de fosfaatverzadigingsgraad (PSD) van de monsters berekend volgens:

$$\text{PSD} = P_{\text{ox}} / 0,77(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}$$

Omdat de monsters steeds binnen een bodemhorizont verzameld zijn, kan onderscheid gemaakt worden tussen de PSD van horizonten. Uit fig. 4.3 blijkt dat de laagste verzadigingswaarden voorkomen in de C-horizont ( $<12\%$ ; gemiddeld  $5,4\%$  tegen  $27,0\%$  in de A-horizont).

Verder blijken de gemiddelde waarden voor PSI en PSD% sterk te verschillen tussen de hogere en lagere gronden. In de lagere gronden blijken de PSI en de PSD% in de A-horizont respectievelijk gemiddeld  $0,10$  en  $12,9\%$  te bedragen tegen respectievelijk  $0,35$  en  $45,2\%$  in de A-horizont van de hogere gronden (fig. 4.4).

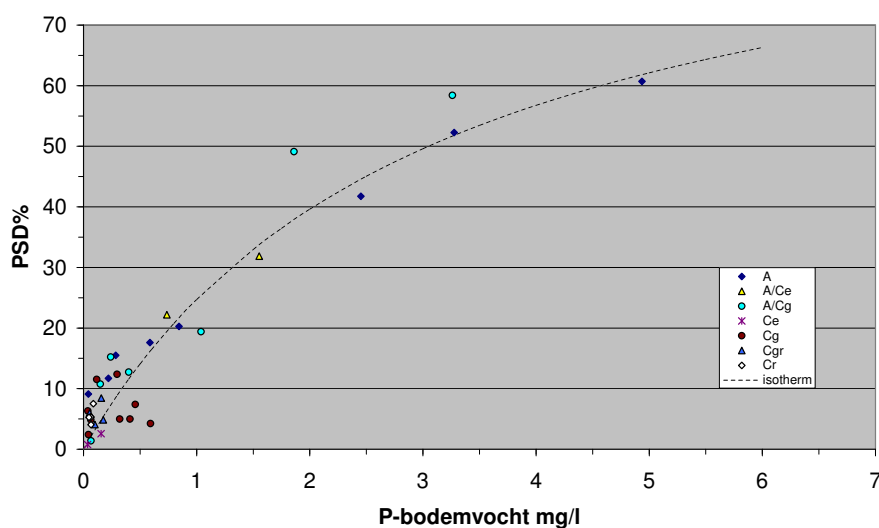
Er dient dus onderscheid gemaakt te worden tussen de hoger en lager gelegen gronden. In tabel 4.1 is dat samengevat voor verschillende gemeten parameters.

De A-horizonten van hogere gronden zijn over het algemeen verzadigd met fosfaat ( $22-61\%$ , gemiddeld  $45,2\%$ ) en de lagere gronden zijn weinig verzadigd ( $1-20\%$ , gemiddeld  $12,9\%$ ; fig. 4.4). De lage P-verzadiging in de A-ho-





Fig. 4.3.  
Verband tussen  
het fosfaat in  
bodemvocht  
en de PSD  
(fosfaatverza-  
digingsgraad).  
De lijn geeft  
de berekende  
isotherm weer.  
In de pun-  
tenwolk is  
onderscheid  
gemaakt tussen  
de horizonten.



rizont van de lagere gronden komt tot uiting in relatief lage concentraties P-bodemvocht (<1 mg/l, gemiddeld 0,37). De dieper liggende C-horizont heeft in de lagere gronden overal een lagere P-verzadiging (<12%, gemiddeld 5,7%). Dientengevolge zijn de P-bodemvocht concentraties ook laag (<0,3, gemiddeld 0,09 mg/l).

Tabel 4.1.

Gemiddelde waarden per horizont en bodemtype van oxalaat extraheerbaar Fe, Al en P en van de A- en C-horizont van de hoger en lager gelegen gronden.

Bodemtype	Horizont	PSI	PSD	P <sub>ox</sub>	Fe <sub>ox</sub>	Al <sub>ox</sub>	(Fe+Al) <sub>ox</sub>	P <sub>bodemvocht</sub>	P <sub>lactaat</sub>
		-	%	mmol/kg				mg/l	mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100g
Beekerd	A	0,18	23,7	11,3	57,6	30,4	87,9	1,04	14,5
	C	0,05	6,0	0,8	15,1	6,1	21,2	0,14	1,5
	Cr	0,04	5,6	0,6	6,7	5,1	11,9	0,07	1,5
Gooreerd	A	0,25	32,5	9,4	12,3	27,2	39,5	1,87	16,4
	C	0,03	3,7	0,5	3,3	11,6	14,9	0,31	1,1
	Cr	0,04	5,3	0,4	1,1	7,9	9,0	0,05	0,6
Podzol	A	0,32	41,8	24,4	25,5	50,6	76,1	2,45	38,4
	C	0,04	5,0	1,2	1,5	30,4	31,9	0,41	1,3
Hoog gelegen, alle bodem- typen	A	0,35	45,2	15,6	16,0	29,8	45,8	2,58	66,5
	C	0,04	4,7	0,9	9,6	14,0	23,6	0,34	3,0
Laag gelegen, alle bodem- typen	A	0,10	12,9	8,6	66,2	31,7	97,9	0,37	15,5
	C	0,04	5,7	0,6	9,3	5,9	15,1	0,09	3,1

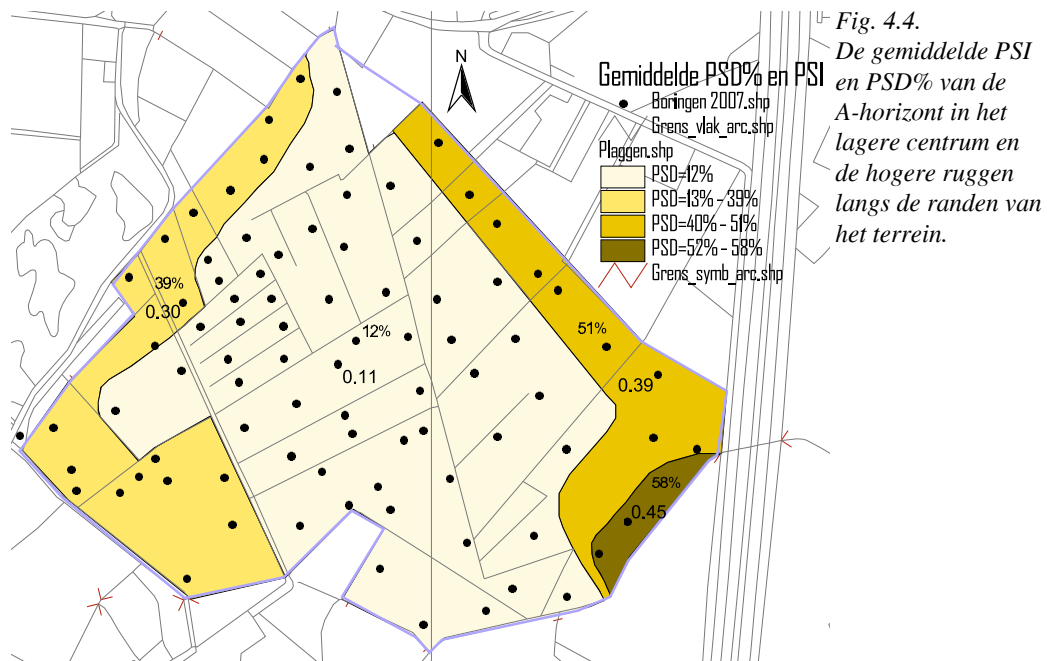


Fig. 4.4. De gemiddelde PSI en PSD% van de A-horizont in het lagere centrum en de hogere ruggen langs de randen van het terrein.

Uit tabel 4.1 blijkt dat de bindingscapaciteit  $(Fe+Al)_{ox}$  in de gronden van de Breedbroeken in de beekerdgronden vooral wordt bepaald door ijzer en in de gooreerd- en podzolgronden vooral door aluminium. Blijkbaar is de aanvoer van ijzer in de beekerdgrond groter dan in de gooreerd- en podzolgronden. De beekerdgronden liggen het laagst in het gebied en staan daarom het meest in contact met het (soms ijzerrijke) grondwater. De Cr-horizont heeft de laagste bindingscapaciteit, maar ook de laagste waarden gefixeerd  $P_{ox}$ .

De fosfaatbindingscapaciteit  $(Fe+Al)$  bepaald of bij hoge  $P_{ox}$  waarden de PSI laag zal zijn. In fig. 4.5 is te zien dat bij lage  $P_{ox}$  waarden de PSI relatief hoog kan zijn (b.v. BB32 en BB20) en andersom.

De metingen van P-lactaat laten zien dat de A-horizonten meestal een hoge waarde hebben ( $>>10$  mg/100 g  $P_2O_5$ ). De extreem hoge waarden (70-88 mg/100g) blijken voor te komen in de A-horizonten van de hogere gronden (zowel beek- en gooreerd als podzol), maar in de lagere gronden zijn de waarden ook niet altijd  $<10$  mg/100g (gemiddeld 15,5). In fig. 3.3 is te zien dat de C-horizonten steeds een lagere P-lactaat waarde hebben dan de A-horizonten. De waarden van de C-horizont zijn lager dan de streefwaarde voor natuurontwikkeling (Takman & Kooijman, 2004) van 10 mg  $P_2O_5$ /100g.

Uit de boorbeschrijvingen blijkt dat de gemiddelde dikte van de A-horizont 36,8 cm bedraagt (SD=14,4; range 15-100). In fig. 5.2 is de dikte van de A-horizont in kaart gebracht.

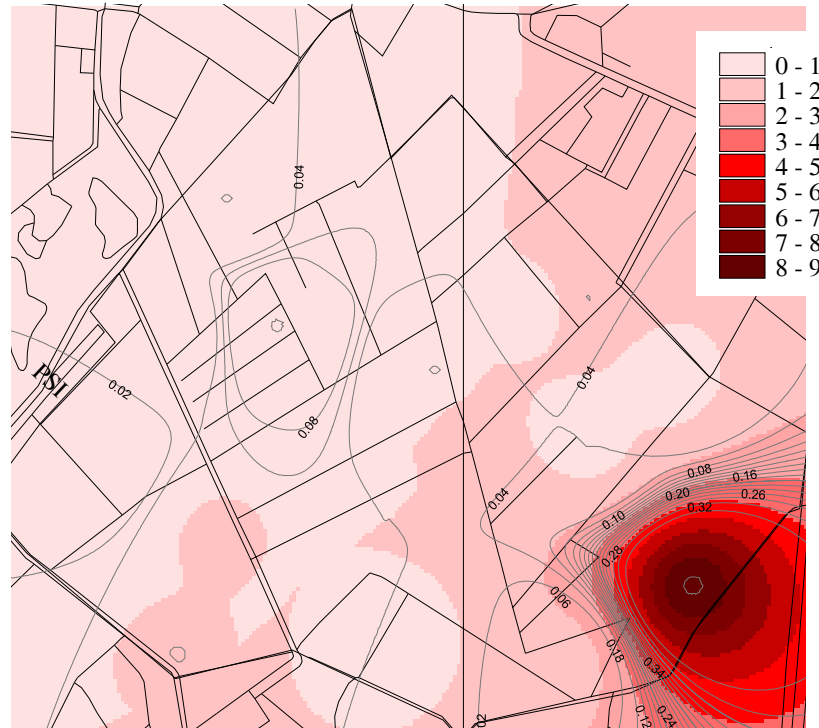
## Conclusie

Uit de analyse van de fosfaattoestand kan worden geconcludeerd, dat fosfaat vooral is geaccumuleerd in de A-horizont. Dit blijkt uit de waarden voor  $P_{ox}$  evenals uit die van P-lactaat. De PSD van de A-horizont van alle onderzochte gronden bedraagt gemiddeld 27% en de PSI is gemiddeld 0,21. In de C-horizont is dat voor de PSD 5% en voor de PSI 0,04.

Het blijkt wel dat de waarden in de hoger gelegen gronden hoger zijn dan in de



Fig. 4.5.  
De  $P_{ox}$  waarden (mmol P/kg; gekleurd) en de PSI (isopleet met waarden) van de C-horizont.  
Lage  $P_{ox}$  waarden gaan niet altijd samen met een lage PSI. Op zulke plaatsen is de fosfaat-bindingscapaciteit (Fe+Al) laag.



lager gelegen gronden in het centrum van het onderzochte terrein. In de lager gelegen delen zijn de gemiddelden in de A-horizont voor PSI=0,11 en voor de PSD=12% (fig. 4.4) voldoende laag voor de ontwikkeling van Dotterbloemhoiland.





# Vegetatieperspectieven







## 1 Waar zou moeten worden afgegraven?

Omdat verwijderen van de bovengrond zowel positieve effecten (verwijderen overmaat aan voedingsstoffen) als negatieve effecten (verwijderen zuurbuffer, bodemorganismen, zaadbank) met zich meebrengt, wordt geadviseerd alleen af te graven op plaatsen waar dit echt noodzakelijk is.

Op basis van de bevindingen in hoofdstuk IV luidt het advies af te graven op plaatsen waar de fosfaatverzadiging boven 20% komt. Boven deze verzadiging is sprake van makkelijker beschikbaar komend fosfaat. Op locaties waar de fosfaatverzadiging (PSD) onder 20% ligt hoeft, uitgaande van fosfaatnalevering, niet te worden afgegraven. Deze gronden liggen laag en in het centrum van het onderzochte terrein. De punten met  $PSD < 20\%$  liggen in een traject waar P gefixeerd is. Die vorm van P komt pas via een langzame diffusiereactie beschikbaar. Deze reactie is veel langzamer dan de opnamesnelheid door de vegetatie, en vormt daardoor de beperkende factor.

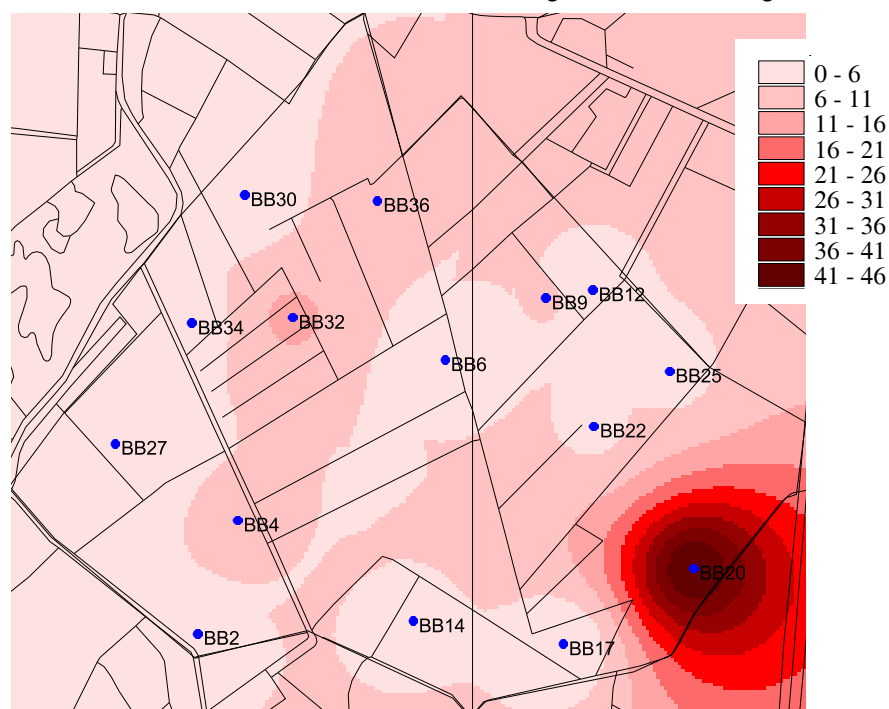
De locaties met een  $PSD > 20\%$  liggen alle op de hogere delen, langs de rand van het onderzochte terrein (fig. 4.4) en zouden voor het bereiken van voedselarmere omstandigheden tot de C-horizont geplagd moeten worden. Op een enkele locatie is de PSD% ook in de C-horizont  $> 20\%$  (boring 69, BB19+20), zodat daar verder zou moeten worden afgegraven om voedselarme omstandigheden te bewerkstelligen.

### Conclusie

Hierdoor kan worden geconcludeerd dat de A-horizont van de lager gelegen gronden op basis van de fosfaatverzadiging eigenlijk niet hoeft te worden afgegraven, omdat ook nu geschikte uitgangssituaties aanwezig zijn voor de ontwikkeling van schralere vegetatie.

Voor het bereiken van voedselarme omstandigheden zouden de hogere

*Fig. 5.1.  
De fosfaatverzadiging (PSD%) van de C-horizont, na afgraven van de A-horizont.  
De figuur is een interpolatie van de gemeten waarden.*





gronden langs de randen wel moeten worden afgegraven. Hierdoor zou het reliëf in het gebied sterk veranderd worden. De hogere ruggen worden dan lager ten opzichte van het centrum van het gebied. Daarom is het beter van het gehele terrein de A-horizont af te graven.

## 2 Wat is het effect van afgraven?

### Fosfaat

Door de voedselrijke A-horizont in de hogere gronden (en in enkele gevallen de C-horizont) af te graven, wordt de fosfaattoestand verbeterd tot een niveau dat geschikt is voor natuurontwikkeling: de PSI wordt 0,06 of lager (gemiddeld 0,04) en de PSD wordt 7,4% of lager (gemiddeld 4,7%). Dit gemiddelde niveau van de nieuwe dagzomende laag in de hogere gronden is significant lager dan het gemiddelde in de A-horizont ( $P < 0,01$ ; A-horizont  $PSI = 0,35$  en  $PSD = 45\%$ ). In fig. 5.1 is de PSD% te zien van de na afgraven dagzomende C-horizont. Alleen in het oosten tegen de A12 is nog een  $PSD > 20\%$  aanwezig na afgraven.

In de alle gevallen komen, door afgraven van de hoger gelegen gronden, de waarden van P-lactaat onder de grenswaarde van  $10 \text{ mg P}_2\text{O}_5/100\text{g}$  te liggen (gemiddeld  $3 \text{ mg P}_2\text{O}_5/100\text{g}$ ; Takman & Kooijman, 2004). In de lagere gronden is P-lactaat van de A-horizont soms wel aan de hoge kant (tot  $29 \text{ mg P}_2\text{O}_5/100\text{g}$ ; zie fig. 5.3). Daarom zou afgraven van de A-horizont van de lager gelegen gronden toch beter zijn (zie ook volgende alinea). De dikte van de af te graven A-horizont is weergegeven in fig. 5.2.

### Grondwater

In de hogere gronden is de vastgestelde GHG (volgens bodemkenmerken) meestal dieper dan 30 cm-mv. Door het afgraven komt de grondwaterstand dichterbij maaiveld. Metingen in de jaren tachtig laten zien dat toen de GVG in het centrum van de Breedbroeken tussen 0 en 30 cm-mv lag.

In de lagere gronden, waar op grond van de P-verzadiging niet hoeft te worden afgegraven, ligt de GHG tussen 0 en 30 cm-mv en zou afgraven het grondwater dichterbij maaiveld brengen. Maar misschien zijn ook hydrologische ingrepen voldoende. Hiervoor is nader onderzoek noodzakelijk. In ieder geval zal het meestal basenrijke grondwater de basenverzadiging van de grond aanvullen/op peil houden, wanneer grondwater aan maaiveld komt. In fig. 5.4 is te zien wat de GHG in de Breedbroeken wordt, na plaggen van de A-horizont.

De grondwater is lithoclien met een groot aandeel calcium ( $\text{CaHCO}_3$ -type). Op sommige plaatsen is de sulfaat- en fosfaatconcentratie verhoogd. Op meetplaatsen tegen de westelijke rug aan, is sprake van beperkte infiltratie. Dat zal waarschijnlijk op alle hoger gelegen gronden het geval zijn.

## 3 Vegetatieperspectief na afgraven

Op basis van de na afgraven te verwachten fosfaattoestand, kan worden aangegeven welke vegetatie zou kunnen worden verwacht. Daarbij wordt uitgegaan van een, voor de betreffende vegetatie, voldoende hoge grondwaterstand. Door het afgraven wordt het maaiveld lager en hierdoor wordt het grondwaterpeil hoger. In fig. 5.2 wordt voor elke boring de dikte van de af te graven laag (A-horizont) opgegeven.



Fig. 5.2.  
Dikte van de  
A-horizont verkregen door interpolatie  
van de 90 gemeten  
boorpunten. Per  
boorpunt is de  
gemeten dikte in cm  
aangegeven.

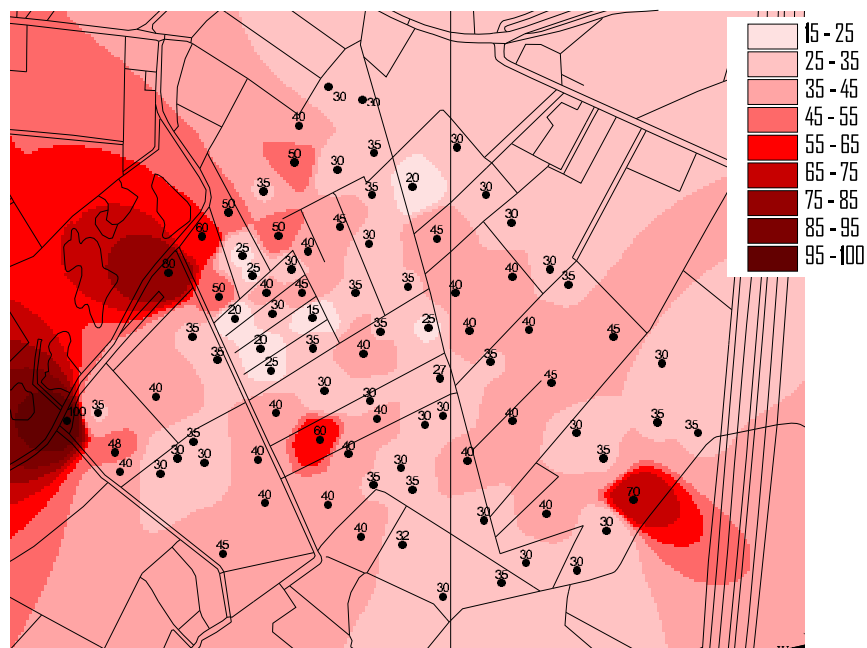
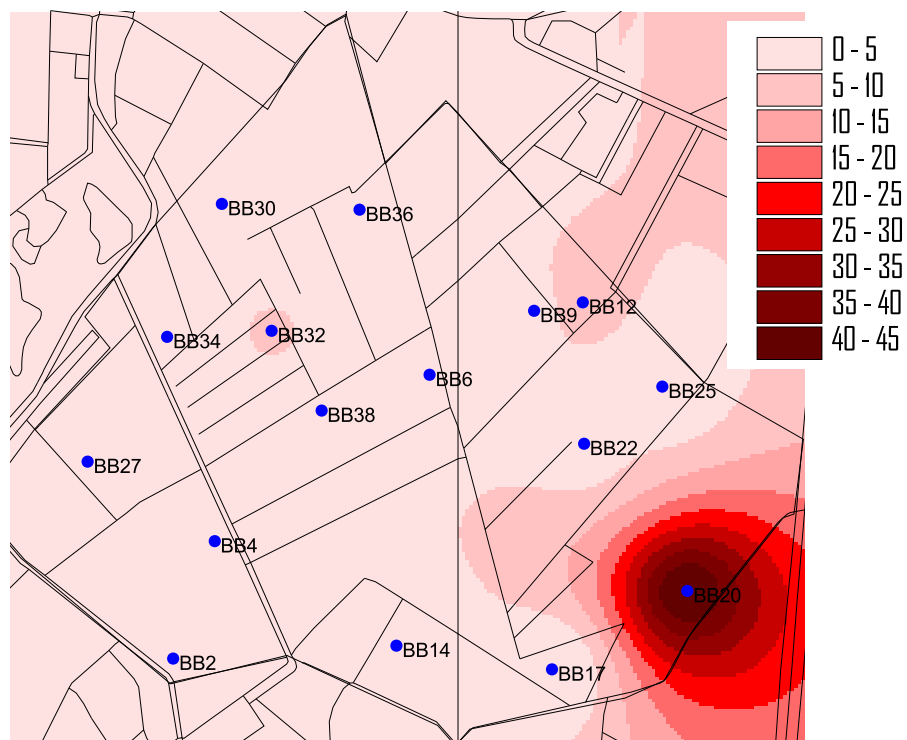


Fig. 5.3.  
De gemeten P-  
lactaatwaarden van  
de C-horizont na  
afgraven van de A-  
horizont. Alleen op  
de hogere gronden  
in het oosten blijft  
P-lactaat hoog.  
(P-lactaat als mg  
 $P_2O_5/100g$ ).





Tabel 5.1.

Gemiddelde (gem.) gehalten met standaardafwijking (sd) van oxalaat extraheerbaar ijzer, aluminium en fosfaat en de fosfaatverzadigingsindex van een viertal plantengemeenschappen/verbonden in natuurterreinen en van de na afgraven dagzomende horizonten (tot C/Cr) in de Breedbroeken.

bron	Syntaxon	N	Fe <sub>ox</sub>		Al <sub>ox</sub>		P <sub>ox</sub>		PSI	
			mmol/kg						P/Al+Fe	
			gem	sd	gem	sd	gem	sd	gem	sd
referentie	<i>Junco-Molinion</i>		430	250	90	63	17	11	0,04	0,02
	<i>Cirsio dissecti-Molinietum</i>		79	119	30	33	3	2	0,04	0,02
	<i>Caricion nigrae (Parvocaricetea)</i>		143	69	76	42	9	5	0,04	0,02
	<i>Calthion palustris</i>		198	201	74	43	23	21	0,14	0,18
Breedbroeken	Beekeerd (A)	11	56	44	30	17	11	6	0,18	0,15
	Beekeerd (C)	9	15	15	6	2	0,8	0,3	0,05	0,02
	Beekeerd (Cr)	4	7	6	5	0,8	0,6	0,4	0,04	0,01
	Gooreerd (A)	4	12	3	27	5	9	5	0,25	0,15
	Gooreerd (C)	4	3	3	12	4	0,5	0,5	0,03	0,02
	Gooreerd (Cr)	1	1	-	8	-	0,4	-	0,04	-
	Podzol (A)	1	25	-	51	-	24	-	0,32	-
	Podzol (C)	1	2	-	30	-	1	-	0,04	-
alle samen	36	25	34	19	16	6	7	0,12	0,13	

Door deze maaiveldaling, kan grondwater de basenverzadiging van de bovengrond voor een deel van de gronden op peil houden/brengen. Het grondwater bevat vermoedelijk vrij veel basen (o.a. calcium, gezien de moeraskalk) om de basenverzadiging van de bodem aan te vullen.

Eén en ander impliceert dat na afgraven van de A-horizont in de beekeerdgronden meestal zwak lemig-zeer sterk lemig materiaal of moeraskalk aan het maaiveld komt, in gooreerdgrond zwak lemig materiaal, in broekeerd zeer lemig veen en in gooreerd-, vlakvaag- en podzolgronden leemarm-zwak lemig materiaal.

In fig. 5.5 is een kaart te zien met de te verwachten vegetatie, op grond van de fosfaatverzadiging. Omdat de basenverzadiging niet kon worden gemeten is het kalk- en leemgehalte als aanwijzing voor een hoge basenverzadiging gebruikt. Voor de fosfaatverzadiging geldt, dat na afgraven de dagzomende C-horizont een geschikte Ausgangssituatie biedt voor natuurontwikkeling (met uitzondering van boring 69). In tabel 5.1 zijn gemiddelde gemeten waarden (met SD) van oxalaat extraheerbaar ijzer (Fe<sub>ox</sub>), aluminium (Al<sub>ox</sub>) en fosfaat (P<sub>ox</sub>) en de fosfaatverzadigingsindex in de Breedbroeken opgesomd, naast referentiewaarden. De referentiewaarden zijn uit natuurreservaten afkomstig, verspreid door het land (zie Giesen & Geurts, 2004).

Door vergelijking van de gemeten waarden met de referentiewaarden in tabel 5.1 kan worden afgeleid, dat door afgraven van de A-horizont gemiddeld een fosfaatverzadigingsindex (PSI) wordt bereikt die in de meeste geval-





Fig. 5.4.  
De GHG in cm-mv na afgraven van de A-horizont. De GHG is in het veld, aan hydromorfe kenmerken, vastgesteld. De kenmerken kunnen fossiel zijn. De figuur geeft een interpolatie van de gemeten boorpunten.

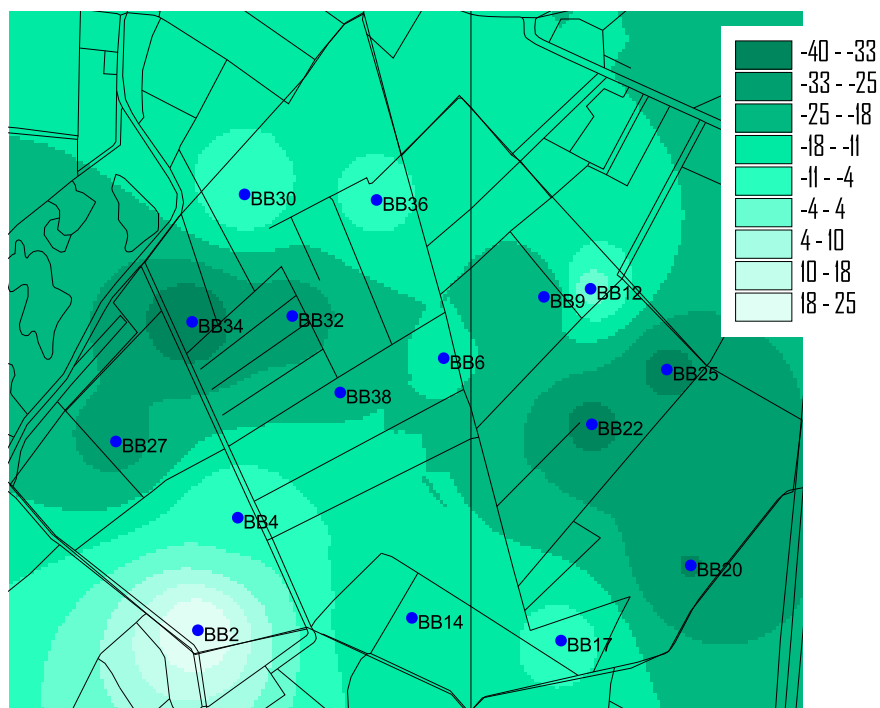
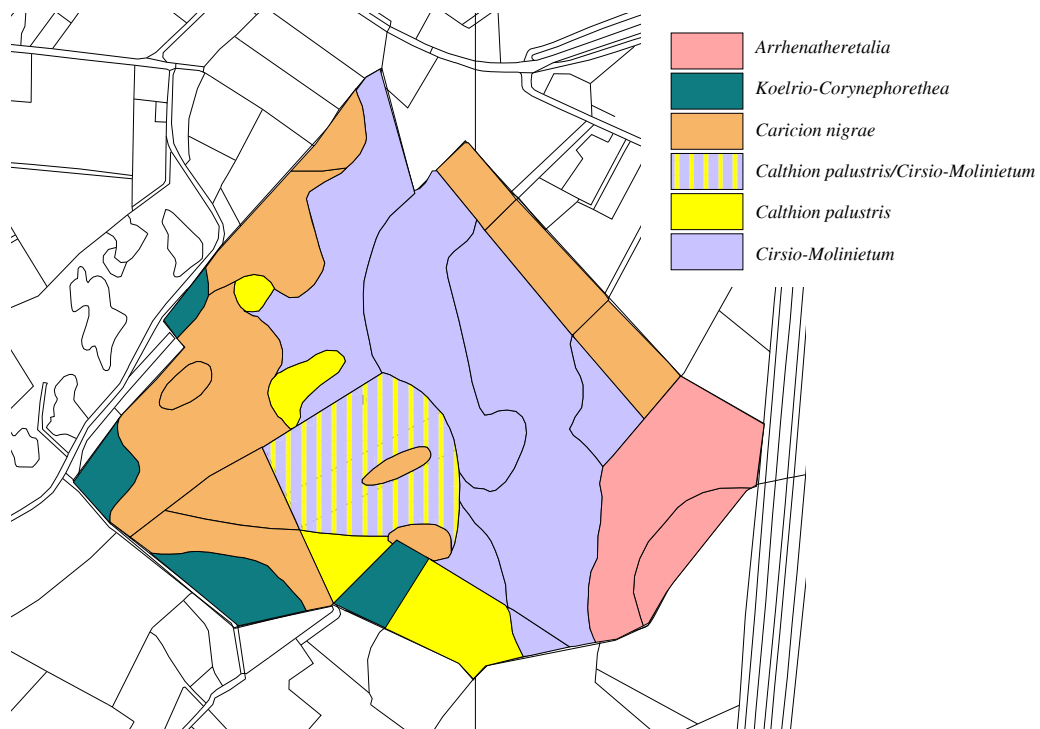


Fig. 5.5.  
Indicatie van te verwachten vegetatietypen op basis van de fosfaatverzadiging van de na afgraven dagzomende horizont. Bij de aanduiding van typen is ook de de GHG na afgraven betrokken, maar niet de basenverzadiging.





len tussen Blauwgrasland en Dotterbloemhooiland ligt (zie voor de individuele waarden bijlage 2). In fig. 5.1 is een interpolatie van de gemeten PSD%-waarden van de C-horizont over het gebied te zien. Daaruit blijkt duidelijk dat het grootste deel van de Breedbroeken na afgraven een PSD<20% zal hebben. Uit fig. 4.5 blijkt dat dezelfde interpolatie voor  $P_{ox}$  en PSI laat zien dat een lage concentratie  $P_{ox}$  kan samengaan met een relatief hoge PSI; de bodem is daar dus P-verzadigd. Dat wordt veroorzaakt door een lage fosfaatbindingscapaciteit (Fe+Al).

# VI

## Verschralen en uitmijnen







## 1 Algemeen

Als aanvullende opdracht zou moeten worden berekend hoelang het zou duren om bepaalde doelen te bereiken met het beheerinstrument verschralen en uitmijnen. Als doelwaarden werden de PSI-waarden van schraalgrasland (0,04) en dotterbloemhooiland (0,14) aangehouden. Verder werd een  $PSD \leq 20\%$  als richtlijn aangehouden. De overweging verschralen/uitmijnen ontstond door de vermoedelijke aanwezigheid van archeologische waarden in de Breedbroeken.

## 2 Methode

Als alternatief voor afgraven als middel om de fosfaattoestand van de bodem te verlagen, kan ook gebruik gemaakt worden van verschralen (maaieren en afvoeren) of uitmijnen (verschralen door maaieren en afvoeren met N+K-bemesting). Met verschralen wordt  $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$  fosfaat-P aan de bodem onttrokken en met uitmijnen  $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$  (Sival & Chardon, 2004). Deze waarden gelden voor ideale omstandigheden. Volgens de auteurs neemt de afvoer na enige jaren af.

Om na te gaan of deze beheervormen binnen een aanvaardbare termijn kunnen zorgen voor voldoende verlaging van de fosfaatverzadigingsindex en de fosfaatverzadiging, is in intervallen van 5 jaar de PSI en PSD berekend na

Intern nr.	Horizont	bodem soort	dikte A-hor. cm	PSD% na verschralen/uitmijnen											aantal jaren verschralen tot PSI		aantal jaren uitmijnen tot PSI		huidige PSI
				in jaren											<0,04	<0,14	<0,04	<0,14	
				0	5	10	15	20	25	30	35	40	45						
BB1	Aap	laarpodzol	45	42										14	>>50	45			0,32
				42	12												15	10	
BB3	Aap	beekeerd	40	61						18					45	30			0,47
				61	0												10	10	
BB 5	Apg	beekeerd	25	15											20	0			0,12
				15													5	0	
BB 8	Apg	beekeerd	40	9											<5	0			0,07
				9													5	0	
BB 11	Aap	beekeerd	30	52						17					50	30			0,40
				52	3												10	10	
BB 13	Apg	beekeerd	32	12											25	0			0,09
				12													5	0	
BB 16	A/Cg	beekeerd	30	11											15	0			0,08
				11													5	0	
BB 19	Aa/C	beekeerd	45	58						20					50	45			0,45
				58	1												10	10	
BB 21	A/Cg	beekeerd	45	16											25	5			0,15
				16													5	<5	
BB 24	A/Cg	beekeerd	45	49						20					50	45			0,38
				49	4												10	<10	
BB 26	A/Cg	gooreerd	40	15											10	0			0,12
				15													5	0	
BB 29	A/Ce	gooreerd	35	22											20	5			0,17
				22													5	<5	
BB 31	A/Cg	beekeerd	45	13											10	0			0,10
				13													5	<5	
BB 33	A/Ce	gooreerd	50	32						18					30	10			0,25
				32													5	<5	
BB 35	Aap	beekeerd	35	20											20	5			0,16
				20													5	<5	
BB37	Apg	vlakvaag	25	16											25	0			0,12
				16													<5	0	

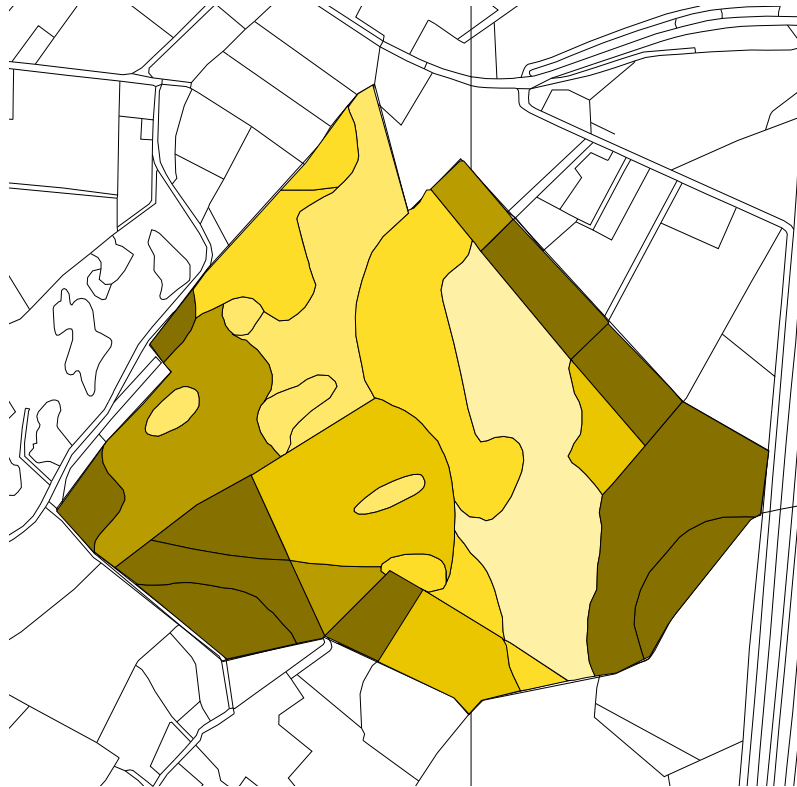
verschralen	61	18
uitmijnen	61	0

Fig. 6.1.

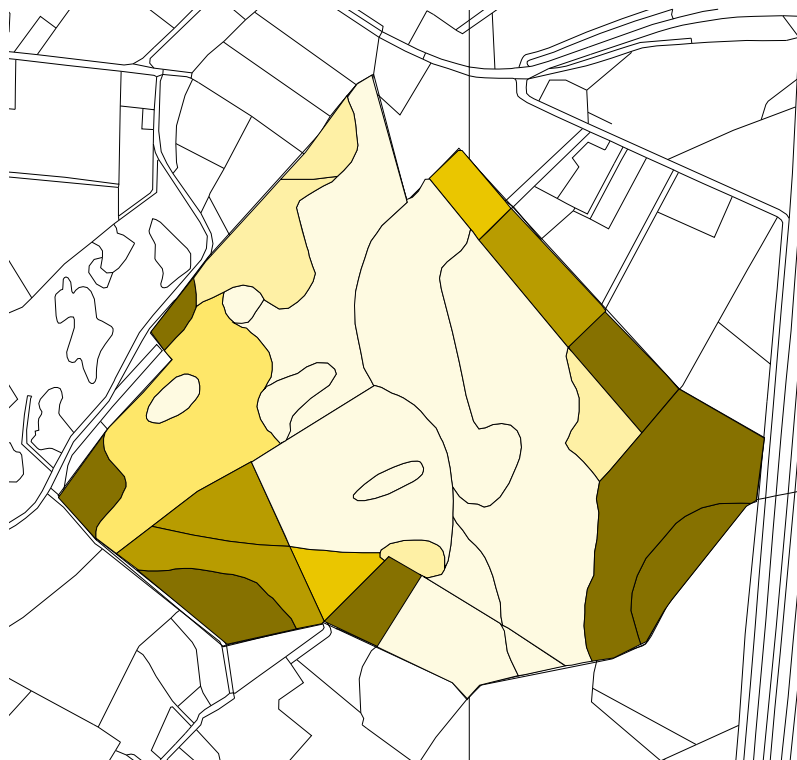
Verschralings- en uitmijnduur van de boorlocaties in de lagere delen van de Breedbroeken.

De gekleurde balkjes geven de duur in jaren aan; het linkse getal in de balkjes is de huidige PSD en het rechtse getal is de PSD na de aangegeven jaren.





*Fig. 6.2.  
Verschralingsduur  
in jaren voor het  
bereiken van de  
richtwaarde voor  
schraalgrasland  
(PSI ≤ 0,04).*



*Fig. 6.3.  
Verschralingsduur  
in jaren voor het  
bereiken van de  
richtwaarde voor  
Dotterbloemhooi-  
land (PSI ≤ 0,14).*



Fig. 6.4.  
Uitmijnduur voor in jaren het bereiken van de richtwaarde voor schraalgrasland ( $PSI \leq 0,04$ ).

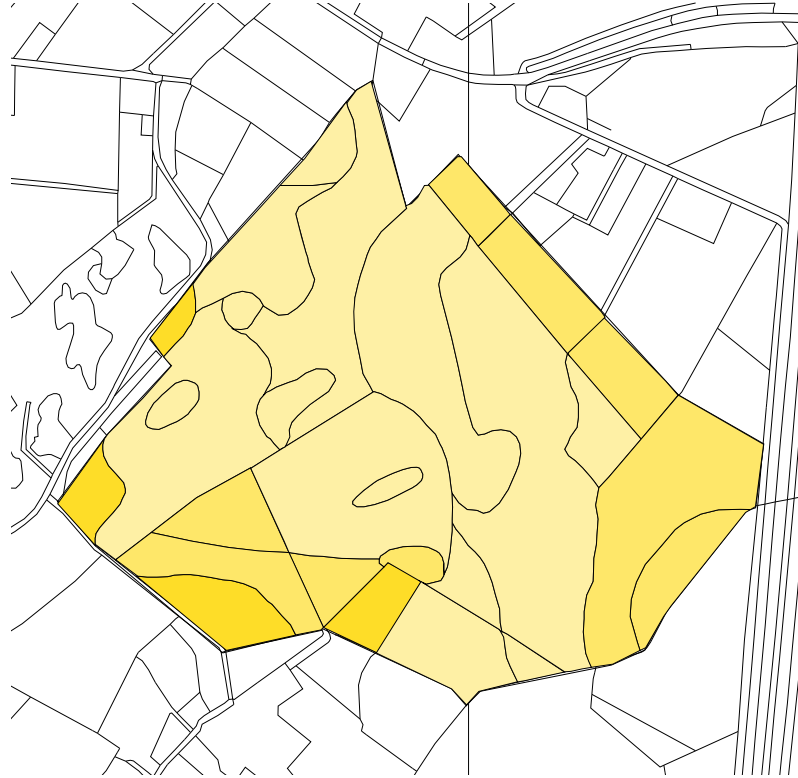
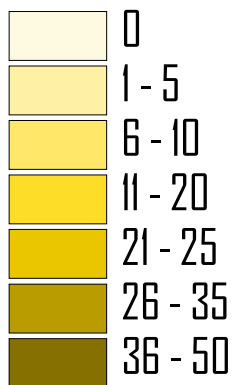
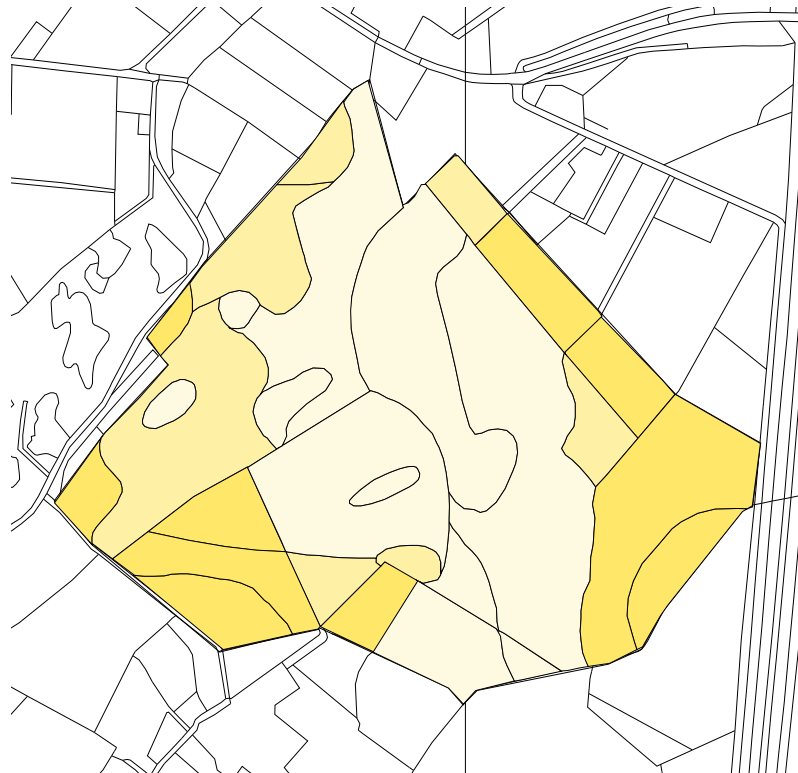


Fig. 6.5.  
Uitmijnduur voor in jaren het bereiken van de richtwaarde voor Dotterbloemhooiland ( $PSI \leq 0,14$ ).





verschralen of uitmijnen. Uit de streefwaarden van de PSI voor schraalgrasland ( $\leq 0,04$ ) en Dotterbloemhooiland ( $\leq 0,14$ ) is afgeleid hoeveel jaren verschralings-/uitmijnbeheer nodig zijn om dat doel te bereiken. Voor de PSD is de richtwaarde  $\leq 20\%$  fosfaatverzadiging.

Daartoe is de 5-jaarlijkse fosfaatafvoer als  $P_{ox}$  verrekend en de nieuwe PSI en PSD waarde berekend. Verder is berekend hoelang het duurt om de streefwaarden te bereiken. Bij de berekeningen is gebruik gemaakt van de dikte van de A-horizont en van de bulk density. De bulk density is volgens Both & Van Wirdum (1981) berekend uit het organische stof gehalte.

De berekeningen zijn aan alle meetlocaties aan de A-horizont uitgerekend.

### 3 Resultaten

In fig 6.1 zijn de resultaten van de berekeningen voor verschralen en uitmijnen te zien. Met staven is aangegeven hoeveel jaar het duurt voor een PSD van  $\leq 20\%$  wordt bereikt (met de uiteindelijk bereikte PSD). Verder is de tijd aangegeven tot een streef-PSI  $\leq 0,04$  en  $\leq 0,14$  voor respectievelijk schraalgrasland en Dotterbloemhooiland.

In alle grondsoorten komen zowel hoge als lage verschralingstermijnen voor. De langste tijd komt voor in podzolgrond ( $>45$  jaar) en de laagste in beekerd- en gooreerdgrond ( $<5$  jaar). De kortste termijn tot PSI  $\leq 0,04$  bedraagt  $<5$  jaar op locatie BB8 waar de PSI=0,07 en de PSD=9% is.

Extrapolatie van de waarden uit fig. 6.1 over het gehele onderzochte terrein levert kaartjes met de (globale) verschralings-/uitmijnduur (fig. 6.2 t/m 6.5).

Het blijkt dat in de hogere randen van de Breedbroeken en op enkele locaties met gooreerdgrond op verschralingstermijnen van meer dan 30 jaar gerekend moet worden en op uitmijntermijnen van ca. 10 jaar. In de centrale laagte is de verschralingsduur steeds 0-5 jaar voor Dotterbloemhooiland, de PSI en PSD% zijn daar al voldoende laag. Voor het bereiken van de richtwaarde voor schraalgrasland (PSI  $\leq 0,04$ ) is in de lagere delen 5-25 jaar verschralen noodzakelijk en ongeveer 5 jaar uitmijnen (fig. 6.1).



# VII

## Vernatten en inundatie







## 1 Algemeen

Als aanvullende opdracht zou moeten worden onderzocht welke effecten zouden kunnen worden verwacht als de laagste delen van de Breedbroeken permanent onder water zouden komen te staan. Daartoe werd, wat hierover in de literatuur bekend is, op de bestaande gegevens geëxtrapoleerd. Enkele ontbrekende gegevens zijn alsnog gratis verzameld (grondwateranalyses,  $\text{pH}_{\text{water}}$  en fosfaatfractionering).

## 2 Methode

Hoewel de theorie achter vernatten van fosfaatverrijkte bodems wel bekend is, zijn praktische toepassingen alleen bekend uit de agrarische sector (rijstproductie). Het belangrijkste fenomeen bij permanente inundatie is dat het ecosysteem omslaat van aëroob naar anaëroob. Daarbij worden, in een bepaalde volgorde, diverse in de bodem aanwezige stoffen gereduceerd. In het kader van dit fosfaatonderzoek is dat vooral ijzer(III)fosfaat. Daarnaast kan sulfaat uit het grondwater worden gereduceerd tot sulfide. Sulfide kan ijzerionen binden tot vast pyriet. Het ijzer kan dan geen fosfaat meer fixeren. De reductie vindt plaats met organische stof als reductor.

Er werd berekend wat de fosfaat concentratie wordt na reductie van ijzer(III)fosfaat tot ijzer(II)fosfaat. Verder werd berekend hoeveel fosfaat kan worden afgevoerd met inundatiewater. Er werd uitgegaan van het aan ijzer gebonden fosfaat (fractionering). Calcium- en aluminiumfosfaat worden niet gereduceerd.

## 3 Permanente inundatie

Onder aërobe omstandigheden ligt fosfaat opgeslagen in de bodem als gefixeerd ijzer(III)fosfaat (naast aluminium en calcium, die echter niet gereduceerd kunnen worden). Verandering in het bodemsysteem naar anaërobe omstandigheden zet reducerende processen op gang. Daardoor wordt ijzer(III) naar ijzer(II) gereduceerd, met organische stof als reductor. Organische stof is in de A-horizont van de Breedbroeken aanwezig met gemiddeld 5,8% (matig humeus). De aanwezig organische stof is theoretisch in staat om alle aanwezige ijzer(III)fosfaat te reduceren (uitgaande van de aanname dat alle organische stof, ooit als suiker aanwezig zal zijn). Dat heeft tot gevolg dat meer fosfaat in oplossing komt. IJzer(II)fosfaat is namelijk gemakkelijker oplosbaar dan ijzer(III)fosfaat (resp.  $10^{-26}$  en  $10^{-32}$  mol/l. Verder kan  $\text{Fe}^{2+}$  minder fosfaat binden dan  $\text{Fe}^{3+}$  (resp. 1 op 0,6 en 1 op 1).

Na inundatie is binnen enkele uren de in de bodem aanwezige zuurstof verbruikt en de anaërobe situatie bereikt. Na verloop van tijd zal een enkele millimeters dunne aërobe laag ontstaan tussen bodem- en waterlaag (afhankelijk van waterbewegingen). Door diffusie vanuit de onderliggende bodemlaag en vanuit de bovenstaande waterlaag, kan deze dunne laag fosfaat accumuleren en onder bepaalde omstandigheden weer vrijgeven.

Door de inundatie verandert de pH eveneens. Als de  $\text{pH} < 6,5$ , zal deze binnen enkele weken door ijzerreductie stijgen tot 6,7-7,2 (dit geldt voor bodems met veel organische stof en reduceerbaar ijzer; Ponnampurama, 1972). De gemeten bodem  $\text{pH}_{\text{water}}$  is gemiddeld 6,3 (5,7-7,1).

De hoeveelheid ijzer die in oplossing gaat is sterk afhankelijk van de pH (Ponnampurama, 1972) en wordt hoger naarmate de pH daalt (b.v. 350 mg

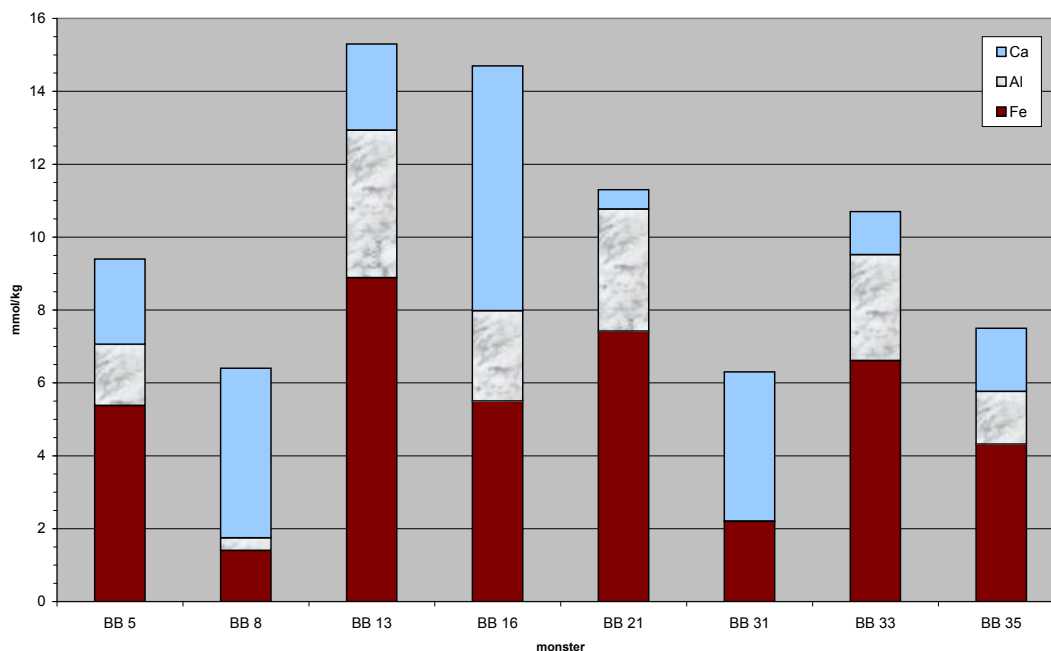


Fig. 7.1.

De fracties ijzer-, aluminium- en calciumfosfaat in de monsters uit de lagere delen van de Breedbroeken. Calcium en aluminium maakt vaak een flink deel uit van de fosfaatvoorraad (gemiddeld 51%).

Fe/l bij pH 6,5). Verder vervangt ijzer(II) calcium dat aan het adsorptiecomplex van de bodem zit. In enkele weken kan door reductie ongeveer 50% van het aanwezige ijzer gereduceerd zijn (afhankelijk van temperatuur, organische stof en de mate van kristallisatie van de ijzerverbindingen). Hierdoor stijgt de ijzerconcentratie in enkele weken tot 600 mg/l om vervolgens te dalen tot 50-100 mg/l. Na instellen van het  $\text{Fe}^{3+}$ - $\text{Fe}^{2+}$  evenwicht zal de concentratie van ijzer ongeveer 45 mg/l bedragen. Omdat in het grondwater (gemiddelde=73,4 mg  $\text{SO}_4$ /l) niet veel sulfaat aanwezig is, dat tot sulfide gereduceerd kan worden, zal de vorming van pyriet geen grote vormen aannemen. Er zal daarom niet veel ijzer aan het systeem onttrokken worden.

Door de reductie van ijzer(III)fosfaat gaat fosfaat in oplossing. Er werd geconstateerd dat de fosfaatconcentratie met een factor 100 toenam in water in een meer, na reductie van de bodem. De toename van de fosfaatconcentratie door inundatie van terrestrische bodem is minder uitgesproken en is o.a. afhankelijk van de grondsoort en de pH. De grootste hoeveelheden fosfaat komen vrij in kalkrijke, maar ijzerarme zandige bodems (tot 4 mg P/l). Als ijzerfosfaat in evenwicht is met opgelost  $\text{Fe}^{2+}$  dan zou de totale P-concentratie ongeveer 0,23 mg P/l zijn (Europese norm voor oppervlaktewater 0,4 mg P/l). Voor oppervlaktewater is dat veel fosfaat. Volgens Bloemendaal en Roelofs (1988) valt deze concentratie tussen de klassen voor soorten van zeer voedselrijk water ( $\pm 1$  mg P/l met *Elodea*, *Nymphaea*) en soorten van voedselrijk water (<0,1 mg P/l met veel *Potamogeton*-soorten). Vergelijkbare waarden (0,20 mg P/l) noemt Ponnampuruma (1972) voor bijna neutrale klei. Wordt het inundatiewater na evenwicht instelling steeds weer afgelaten, dan zal dus fosfaat worden afgevoerd. Omdat het niet bekend is hoeveel fosfaat het inundatiewater bevat, wordt uitgegaan van de grondwater concentratie (gemiddeld 0,243 mg P/l). Dit



grondwater bevat dus evenveel fosfaat als in de evenwichtsituatie aanwezig kan worden geacht.

### Fosfaatfracties

Het gefixeerde fosfaat bestaat uit ijzer-, aluminium- en calciumfosfaat. Door de aanwezigheid van moeraskalk werd verwacht dat een flink deel calciumfosfaat aanwezig zou zijn. Door fractionering van de fosfaatmineralen kon worden vastgesteld dat dit inderdaad het geval is (fig. 7.1). Gemiddeld bestaat het gefixeerde fosfaat voor 49% uit ijzerfosfaat (22-66%). Alleen de ijzerfractie is gevoelig voor reductie.

De A-horizont in de lagere delen van de Breedbroeken bevat gemiddeld ca. 11 mmol P/kg of  $11 \times 31 \times 49\% = 167$  mg Fe-P/kg. Daaruit volgt, dat bij een gemiddelde bulk density van 982 kg/m<sup>3</sup> (van de laag gelegen gronden), elke m<sup>3</sup> grond 164 g P bevat. Voor een hectare (met een laagdikte van 25 cm) geldt dan 410 kg P/ha (d.i. 41 g P/m<sup>2</sup>). Een waterlaag van 1 meter diepte kan per hectare dan per keer  $10^7 \times 0,23 = 2,3$  kg P afvoeren. Dat betekent dat (theoretisch) door 180 keer 'spoelen' de fosfaatvoorraad uitgeput zou zijn.

De voorraden fosfaat zijn dus aanzienlijk en kunnen langdurig eutrofiëringsproblemen veroorzaken. Deze fosfaatproblemen zouden te voorkomen zijn als ook de permanent geïnundeerde delen elk jaar droog zouden komen te staan en gedurende 4-8 weken tijdelijk aëroob zouden worden.

Afgaande op de PSI en PSD% waarden die na afgraven verkregen worden, zou in aërobe omstandigheden schraalgrasland tot de mogelijk te ontwikkelen vegetatie behoren en zonder afgraven Dotterbloemhooiland. Door de anaërobe omstandigheden die zullen ontstaan door inundatie, zal het bovenstaande water (zonder afgraven) voedselrijk worden. De watervegetatie die daarbij hoort zijn gemeenschappen uit de *Potametea* en de *Phragmitetea*. In de intermediaire zones die mogelijk af en toe droog vallen, zijn na afgraven omstandigheden aanwezig voor *Caricion nigrae* of *Phragmitetea* gemeenschappen. De huidige voedselrijke (Witbol) fase van de graslanden wordt vermoedelijk door te hoge stikstof bemesting veroorzaakt.

### Organische stof en ijzerreductie

In de lagere delen van de Breedbroeken is gemiddeld 5,8% organische stof in de A-horizont aanwezig. Bij de reductie van ijzer treedt organische stof als reductor op. Daarbij komt de vraag op hoeveel Fe<sup>2+</sup> de aanwezige organische stof in staat is te reduceren. Bij de berekening wordt (zoals ook meestal in de literatuur) aangenomen dat de organische stof als C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> aanwezig is. Voor de gemiddeld aanwezige 68 mmol Fe/kg is dan slechts 1 à 2% organische stof nodig. Al het ijzer kan dus worden gereduceerd. De C-horizont na afgraven zou gemiddeld 0,4% organische stof bevatten; bij afgraven zou ijzer dus niet volledig gereduceerd kunnen worden.

### Pyrietvorming

Het ijzer dat in oplossing gaat kan met sulfide pyriet vormen, waardoor ijzer aan het fixatieproces wordt onttrokken. Sulfide ontstaat door reductie van sulfaat. Sulfaat is in het grondwater niet in grote hoeveelheden aanwezig, maar wordt wel voortdurend aangevoerd. Gemiddeld is 73 mg SO<sub>4</sub>/l aanwezig. De hoeveelheid ijzer, dat door de uit sulfaat gevormd sulfide kan worden weggenomen uit het systeem is slechts 1/30 deel van het aanwezige ijzer.





# VIII

## Samenvattende conclusies en advies







## Samenvattende conclusie en advies

- \* Op basis van de chemische bodemanalyses kan worden geconcludeerd dat het meeste fosfaat is opgeslagen in de A-horizont, maar soms ook in de C-horizont (beekeerd). In de podzolen is de concentratie het hoogst. De PSD van de gronden is in de A-horizont niet éénduidig hoog. De gronden in de lager gelegen delen van het terrein hebben een lagere PSD dan de hogere gronden langs de randen. De P-lactaat waarden zijn in de beekeerdgronden soms hoger dan de streefwaarde voor natuurontwikkeling (dus >10 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100g). Voor ontwikkeling van een Blauwgrasland, zou op de plaatsen met te hoge P-lactaat waarden de A-horizont moeten worden afgegraven.
- \* Op basis van de fosfaatverzadiging hoeft de A-horizont van het centrale deel eigenlijk niet te worden afgegraven. Van de hogere gronden langs de randen moet de A-horizont wel worden afgegraven. Uit overwegingen van reliëfwijzigingen wordt geadviseerd het gehele terrein af te graven. In de lagere delen ontstaan daardoor perspectieven voor Blauwgrasland.
- \* Soms is het moeilijk om op basis van visuele kenmerken de aangegeven af te graven diktes vast te stellen. Bij het afgraven zijn de aangegeven af te graven diktes een houvast; een goede begeleiding/controlle van de werkzaamheden is zeer wenselijk. In de meeste gevallen kan op kleurverschillen worden afgegraven. Hierop moet bij het afgraven goed worden gelet.
- \* Afgraven van de A-horizont heeft tot gevolg dat zwak lemig tot sterk lemig, vaak kalkrijk materiaal aan maaiveld komt.
- \* Het grondwater in de Breedbroeken is in de lagere delen basenrijk en lithoclien (CaHCO<sub>3</sub> type). De basenverzadiging van de bodem is in dit stadium niet bekend en zou door aanvullend onderzoek kunnen worden vastgesteld. In de lage delen wordt een hoge basenverzadiging verwacht.
- \* Op basis van de veldwaarnemingen blijkt de GHG (deze kan echter fossiel zijn) in het lagere deel gemiddeld 17 ±9 cm-mv te bedragen en in de hogere delen 39±28 cm-mv. In de lagere delen is een grondwatertrap vastgesteld van II-III en langs de randen van het dal III-VII.
- \* Na afgraven wordt verwacht, dat onder voldoende natte omstandigheden, (grondwater aan maaiveld) op plaatsen met lagere basenverzadiging condities aanwezig zullen zijn voor Kleine zeggenvegetatie (*Parvocaricetea*, *Caricion nigrae*). Op plaatsen met hoge(re) basenverzadiging zijn condities aanwezig voor gemeenschappen uit de Molinietalia-orde (*Cirsio dissecti-Molinietum*, *Junco-Molinion*, *Calthion palustris*). Op drogere gronden worden gemeenschappen van de *Koelerio-Corynephoretea* verwacht.
- \* Omdat in dit stadium de basenverzadiging van de na afgraven dagzomende horizont niet bekend is, is voor het maken van de potentiële vegetatiekaart gebruikt gemaakt van de aanname: aanwezigheid kalkrijk materiaal=hoge basenverzadiging.
- \* Verschralen en uitmijnen tot de richtwaarde voor Dotterbloemhooiland, duren op de hoge randen resp. >30 en ca. 10 jaar. In de lagere delen is die toestand al aanwezig. Voor schraalgrasland duren die beheersvormen in de lagere delen: <25 jaar verschralen en ca. 5 jaar uitmijnen.
- \* Permanente inundatie van lagere delen van het terrein heeft anaërobe omstandigheden tot gevolg en daardoor verhoogde beschikbaarheid van fosfaat. In de A-horizont van de lagere delen is het fosfaat voor gemiddeld 49% aan ijzer gefixeerd. Het overige fosfaat is gefixeerd aan calcium en aluminium. Dit ijzerfosfaat kan in zijn geheel worden gereduceerd en in oplossing gaan. Daardoor wordt het bovenstaande water voedselrijk. Het



advies is dus de gronden af en toe droog te laten vallen.

- \* Bij afgraven en vervolgens permanente inundatie kan, door te weinig organische stof in de C-horizont, niet alle ijzerfosfaat gereduceerd worden.
- \* Door de zeer goede ontwikkelingsmogelijkheden en de kalkrijke situatie, vooral in de lagere delen van de Breedbroeken, wordt geadviseerd over te gaan tot afgraven van de A-horizont. Er ontstaan dan, voor Nederland zeldzame, kalkrijke en fosfaatarme omstandigheden, met perspectieven voor Blauwgrasland. In de lagere delen is, door de moerassige omstandigheden in het verleden, de aanwezigheid van archeologische waarden niet waarschijnlijk.



## Literatuur

- Allen, St.E. (ed.), 1989. Chemical analysis of ecological materials. Blackwell Scientific Publ., Oxford.
- Bakker, H. de & W.P. Locher, 1990. Bodemkunde van Nederland. Malmberg, Den Bosch.
- Ball, D.F., 1964. Loss-on-ignition as an estimate of organic matter and organic carbon in non calcareous soils. *J. Soil Sci.*, 15:84-92.
- Beets, C.P., P.W.F.M. Hommel & R.W. de Waal, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005. Selectie van referentiepunten t.b.v. het SBB-project terreincondities. Resultaten inventarisaties. SBB, Driebergen.
- Both, J.C. & G. van Wirdum, 1981. Waterhuishouding, bodem en vegetatie van enkele Glederse natuurgebieden. RIN rapport 81/18. Leersum.
- Chang, S.C. & M.L. Jackson, 1957. Fractionation of soil phosphorus. *Soil Science*, 84:133-134.
- Dierssen, K. & D. Dierssen, 2001. Ökosysteme Mitteleuropas aus geobotanischer Sicht. Moore. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Egnér, H., H. Rhiem & W.R. Domingo, 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chemische extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. *Kunl. Lantbr. Högsk. Ann.*, 26: 199-215.
- Everts, F.H. & N.P.J. de Vries, 1991. De vegetatieontwikkeling van beekdalsystemen. Een landschapsecologische studie van enkele Drentse beekdalen. Historische uitgevrij, Groningen.
- Giesen & Geurts, 2002. De betekenis van chemische en fysische wateranalyses. Staatsbosbeheer, Deventer/G&G, Ulft.
- Giesen & Geurts, 2004. De fosfaat- en basentoestand van de bodem in de Hooilanden van Binnenveld-Oost 2004, met plagadvies. Ulft, SBB Regio Oost.
- Giesen & Geurts, 2005. De fosfaat- en basentoestand van de bodem van percelen langs de Groenlose Slinge bij Beltrum, met plagadvies. Ulft, DLG Arnhem.
- Giesen & Geurts, 2006a. Plaggen ten behoeve van natuurontwikkeling. Fosfaatverzadiging als uitgangspunt. Flyer G&G, Ulft.
- Giesen & Geurts, 2006b. Bodemonderzoek in het stroomgebied van de Brunninkhuizerbeek. Onderzoek naar bodemopbouw, fosfaat- en basentoestand ten behoeve van en integraal inrichtingsplan voor het stroomgebied van de Brunninkhuizerbeek. G&G, Ulft, WRD, Almelo.
- Giesen & Geurts, 2006c. De fosfaat- en basentoestand van de bodem langs de Enkele Wiericke. DLG, Den Haag. G&G, Ulft.
- Giesen & Geurts, 2006d. De fosfaat- en basentoestand van de bodem in het Renkumse beekdal. Staatsbosbeheer, Deventer/G&G, Ulft.
- Hesse, P.R., 1971. A textbook of soil chemical analysis. Clowes & Sons, London.
- Houba, V.J.G., J.J. van der Lee, I. Novozamsky & I. Walinga, 1989. Soil and Plant analysis. Part 5: Soil Analysis Procedures. Vakgroep Bodemkunde en Plan- tevoeding. L.U. Wageningen.
- Jansen, A.J.M., 2000. Hydrology and restoration of wet heathland and fen meadow communities. Dissertatie Groningen.
- Kemmers, R.H., R. de Waal, S.P.J. van Delft & P. Mekking, 2002. Ecologische typering van bodems; actuele informatie over bodemkundige geschiktheid voor natuurontwikkeling. *Landschap*, 19: 89-103.
- Keizer, M.G., V.J.G. Houba & Th.M. Lexmond, 1987. Bemonstering van bodem en vegetatie ten behoeve van chemische analyses. Vakgroep Bodemkunde en Plan- tevoeding. L.U. Wageningen.
- Koopmans, G.F. 2004. Characterization, desorption, and mining of phosphorus in





- noncalcareous sandy soils. Wageningen University and Research Centre. PhD. Wageningen.
- Koopmans G.F., W.J. Chardon, P.A.I Ehlert, J. Dolfing, R.A.A. Suurs, O. Oenema, and W.H. van Riemsdijk. 2004. Phosphorus availability for plant uptake in a phosphorus-enriched noncalcareous sandy soil *J. Envir. Qual.* 33.
- Kratz, R. & J. Pfadenhauer (eds.), 2001. *Ökosystemmanagement für Niedermoore, Strategien und Verfahren zum Renaturierung*. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Maguire, R.O., R.H. Foy, J.S. Bailey & J.T. Sims. 2001. Estimation of the phosphorus sorption capacity of acidic soils in Ireland. *European Journal of Soil Science* 52: 479-487.
- Mitchell, J., 1932. The origin, nature and importance of soil organic constituents having base exchange properties. *J. Am. Soc. Agron.*, 24:256-275.
- Page, A.L. (ed.), 1989. *Methods of soil analysis. Part 2: Chemical and microbiological properties* (Sec. ed.). Agronomy, 9(2). Am. Soc. Agr., Soil Sc. Soc. A., Madison (USA).
- Ponnamperuma, F.N., 1972. The chemistry of submerged soils. *Advances in agronomy*, 24:29-96.
- Riemsdijk, W.H. van, L.J.M. Boumans, and F.A.M. de Haan. 1984. Phosphate sorption by soils: I. A model for phosphate reaction with metal-oxides in soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48:537-541.
- Schaminée, J.H.J., E. Weeda & V. Westhoff, 1995. *De vegetatie van Nederland deel 2*. Opulus Press, Leiden.
- Schaminée, J.H.J., A.H.F. Stortelder & E. Weeda, 1996. *De vegetatie van Nederland deel 3*. Opulus Press, Leiden.
- Scheffer, F. & P. Schachtschabel, 1989. *Lehrbuch der Bodenkunde*. F. Enke Verlag, Stuttgart.
- Scheffer, F. & B. Ulrich, 1960. *Lehrbuch der Agrikulturchemie und Bodenkunde. III. Teil. Humus und Humusdüngung Bd. 1. Morphologie, Biologie, Chemie und Dynamik des Humus*. F. Enke, Stuttgart. 2de druk.
- Schwertmann, U. 1964. Differenzierung der Eisenoxide des Bodens durch Extraktion mit Ammoniumoxalat-Lösung. *Z. pflanzenernähr. Dueng. Bodenkd.* 105: 194-202.
- Silberbauer, M.J. & J.M. King, 1991. Geographical trends in the water chemistry of wetlands in the south-western Cape Province, South Africa. *Southern African Journal of Aquatic sciences*, 17 (1/2): 82-88.
- Sival, F.P. & W.J. Chardon, 2004. *Natuurontwikkeling op fosfaatverzadigde gronden: fosfaatonttrekking door een gewas. Alterra rapport 1090*. Wageningen.
- Stuyfzand, P.J., 1986. Een nieuwe hydrochemische classificatie van watertypen, met Nederlandse voorbeelden van toepassing. *H2O(19)* 23:562-568.
- Takman, B. & G. Kooijman, 2004. *Beheersrichtlijnen in relatie met de gewenste trofiegraad*. Visie Staatsbosbeheer, Zwolle.
- Temminghoff, E.J.M. (ed.), 2000. *Methodology of chemical soil and plant analysis*. Sub-department Soil Science and Plant Nutrition, Wageningen University.
- Thomas, G.W., 1967. Problems encountered in soil testing methods. In: *Soil testing and plant analysis, Part 1*. Soil Sci. Soc. of Am. Spec. Pub., 2: 37-54.
- Westhoff, V., P.A. Bakker, C.G. van Leeuwen & E.E. van der Voo, 1971. *Wilde planten deel 2. Lage Landen. Natuurmonumenten*.
- Wienk, L.D., J.T.A. Verhoeven, H. Coops & R. Portielje, 2000. *Peilbeheer en nutriënten*. RIZA rapport 2000.012. Lelystad.
- Wirdum, G. van, 1991. *Vegetation and hydrology of floating rich-fens*, Dissertatie Universiteit van Amsterdam.
- Zee, S.E.A.T.M. van der, L.G.J. Fokkink, and W.H. van Riemsdijk. 1987. A new technique for assessment of reversibly adsorbed phosphate. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51: 599-604
- Zee, S.E.A.T.M. van der, M.M. Nederlof, W.H. van Riemsdijk, and F.A.M. de Haan. 1988. Spatial variability of phosphate adsorption parameters. *J. Environm. Qual.* 17: 682-688.



# *Bijlagen*



# Bijlage 1.

Beschrijving van de bodemprofielen. Tussenboringen voor de dikte van de A-horizont zijn met een -a toevoeging genummerd.

Breedbroeken DLG Tilburg		2007																			
deelgebied boring	diepte	horizont	Bodemmonster	pH	humus	pH lithum <2h	pH leem < 50µ	N/50	roestig gereduceerd	moeraskalk	humeus	leem	zand	Bodemeenheden		Gt	GHG in 1 veld cm-mv	Gt LG	Opmerking		
														code	omschrijving						
1	0-45	1Aap	BB 1	4	17	140								cHn33	laarpodzol	III/VI	70-90	>120	donker grijsbruin		
	45-50	1BC			<1	14	140												licht grijsbruin		
	50-120	1Cg	BB 2	-	14	140	roestig												lichtgrijs		
2	0-40	1Aap		4	17	140								cZg33	beekeerd	VI	>120		donkergrijs		
	35-120	1Cg		-	15	140	roestig												lichtgrijs		
3	0-40	1Aap	BB3	4	17	140								cZg33	beekeerd	V*	35	135	zeer donkergrijs		
	40-100	1Cg	BB4	-	15	135	zwak roestig												gelaagd		
	100-120	1Cgr		-	15	135	iets roest												grijsblauw		
4	0-35	1Aap		4	17	140								cZg33	beekeerd	V*/VI	50	>120	zeer donker grijsbruin		
	35-80	2Cg		2	32	120													lemige band		
	80-120	3Cg		-	13	145	zwak roestig														
4a	0-30	A																			
5	0-30	1Aap		4	17	140								cZg33	beekeerd	VI	50-60	>120	zeer donker grijsbruin		
	30-75	1Cg1		-	14	140													yewerkt tot 45 cm		
	75-100	1Cg2		-	25	125	zeer roestig														
	100-120	1Cg3		-	12	125	iets roest												blauwgrijs		
5a	0-30	A																			
6	0-40	1A/Cg		3	25	140								tZn34	gooreerd	III	10-15	110	verwerkt		
	40-70	1Cg1		-	12	140													brun		
	70-80	1Cg2		-	6	185	matig roestig												grote band		
	80-110	1Cg3		-	12	140													grijs		
	110-120	1C		-	12	140	gereduceerd														
6a	0-48	A																			
7	0-100	1A/B		4	8	150								cHn33	laarpodzol	VIII	>140	>140	sterk heterogeen		
	100-120	1Brs		5	8	150													brun		
8	0-35	1Aap			16	140								cHn33	laarpodzol	V*	30	>120	donkergrijs		
	35-45	1Bh			14	140													flatsbruin		
	45-120	1Cg			12	140	roestig							tZn34	gooreerd	III	12,5	105	verwerkt		
9	0-40	1A/Cg	BB26	3	17	140													gelaagd		
	40-100	1Ce	BB27	-	16	140													houtresten		
	100-120	1C	BB28	-	14	140	gereduceerd														
10	0-35	1A/C		4	15	150								Hn53	veldpodzol	V*	40	>120	verwerkt		
	35-100	1BC		1	10	150													flitse B-horizont		
	100-120	1Ce		-	10	150													bruin-grijs		
11	0-80	1A/C		4	15	150								zE253	enkeerd	VI	50	150	verwerkt pakket		
	80-100	1Cg		-	10	150	roestig														
12	0-35	1A/Cg		3	16	145								tZn34	gooreerd	III/III*	12,5	110	verwerkt		
	35-110	1Cg		-	12	150	zeer zwak												gelaagd		
	110-120	1C		-	30	110	gereduceerd														
13	0-20	1A/Cg		2	14	150								zWz	broekeerd	III	10	75	opgebracht heterog. zandde		
	20-40	2Ce		45	-	-													kleilig veen		
	40-65	3Cg		-	50	-													meerbodem/beekleem		
	65-70	4Cgr		-	13	150													houtresten		
	70-120	4Cr		-	13	150	gereduceerd														
14	0-15	1A/Cg		4	26,5	130								zWz	broekeerd	II	5	70	verwerkt en opgebracht		
	15-35	2Cg		40	-	-													kleilig veen		
	35-65	3Cg		-	14	140	zwak														
	65-120	3Cr		-	14	140	gereduceerd														
15	0-35	1A/2Cg		-	-	-								tZg37	beekeerd	II	7,5	65	houtresten		
	35-60	2Cgr		-	12	145													beekleem, enkele veenbro		
	60-100	2Cr		-	12	145	gereduceerd												lichtgrijs		
16	0-25	1A/1Cg		3	18	145								zWz	broekeerd	II	10	67,5	heterogeen		
	25-40	2Cg		35	-	-													zwart		
	40-65	3Cg		-	12	145													grijs		
	65-100	3Cr		-	12	145	gereduceerd												blauwgrijs		
17	0-40	1Ce1		1	14	145								Zn33	vlakvaag	V*/V*	25	130	licht bruin-grijs		
	40-115	1Ce2		-	12	145													lichtgrijs		
	115-120	1Cgr		-	12	145													blauwgrijs		
17a	0-40	A												cHn33	laarpodzol						
18	0-35	1A/1C		3	15	145								cZn33	gooreerd	V*/VI	42,5	125	iets heterog. bruin-grijs		
	35-57	1Ce		-	13	145	iets												lichtgrijs		
	57-80	2Cg		-	35	120													gelaagd		
	80-118	3Cg		-	10	145													grijs		
	118-120	3Cgr		-	10	145													blauwgrijs		
18a	0-40	A																			
19	0-30	1A/1C		0,5	14	140								Zn33	vlakvaag	III/V	15	120	iets verwerkt		
	30-75	1Ce		-	14	140													lichtgrijs		
	75-110	1Cg		-	14	140	iets												lichtgrijs		
	110-120	1Cr		-	14	140	gereduceerd												grijs		
19a	0-30	A																			
20	0-30	1A/C		4	18	140								tZg37M	beekeerd	III/II	10	85	verwerkt		
	30-45	2Cg		-	-	-													wit		
	45-55	3Cg		-	45	-													grijs		
	55-85	4Cgr		-	15	140													lichtgrijs		
	85-120	4Cr		-	15	140	gereduceerd												blauwgrijs		



# Bijlage 1, vervolg.

Beschrijving van de bodemprofielen.

diepte boring	diepte horizont	Bodemmonster	humus %	lithum <2µ %	leem < 50µ %	MSO	roestig gereduceerd	moeraskalk	humeus	leem	zand	Bodemeenheid		Gt	GHC in 't veld cm-mv	GUC	Opmerking	
												code	omschrijving					
21	0-60	1A/C	-	-	14	150							Zn33	vlakvaag	II*/V	32,5	110	diep verwerkt, schraal!
	60-95	2C/3C	15	-	-	-												beekl.-moerige brokken
	95-120	4Cr	-	-	14	140	gereduceerd											blauwgrijs
22	0-30	1Ap	3	-	15	150							Zn33	vlakvaag	III/III*	27,5	95	verwerkt grijsbruin
	30-90	1Cg	-	-	12	150	roestig											lichtgrijs
	90-120	1Cr	-	-	12	150	gereduceerd											blauwgrijs
23	0-40	1Ap	3	-	15	150							cZn33	gooreerd	V*	40	120	licht verwerkt
	40-95	1Ce	-	-	12	150												grijs
	95-120	1Cgr	-	-	12	150												blauwgrijs
	110-120	1Cr	-	-	12	150	gereduceerd											blauwgrijs
24	0-27	1Apg	6	-	25	140							tZg37M	beekeerd	II/III	5	85	kalkhoudend
	27-50	2Cg	-	-	14	135	gereduceerd	moeraskalk										wt. zeer fraai
	50-65	3Cg	-	-	50	-												kalkrijk
	65-80	4Cgr	-	-	14	135												blauwgrijs
	80-120	4Cr	-	-	14	135	gereduceerd											
25	0-25	1Apg	BB5	8	-	25	140						tZg37M	beekeerd	III	7,5	100	licht verwerkt
	25-60	2Cg	BB6	-	-	50	-	roestig	moeraskalk									vuilwit
	60-70	3Cg	-	-	42	100												kalkrijk
	70-110	4Cgr	-	-	12	135												blauwgrijs
	110-120	4Cr	BB7	-	-	12	135	gereduceerd										
26	0-35	1Apg	6	-	25	140							tZg37M	beekeerd	III	15	105	zeer donkergrijs
	35-55	2Cg	-	-	-	-	roestig	moeraskalk										wit
	55-60	3Cg	-	-	50	-												kalkrijke beekleem
	60-100	4Cgr	-	-	14	140												blauwgrijs
	100-120	4Cr	-	-	14	140	gereduceerd											
	26a 0-40	A	-	-	-	-							Zn33	vlakvaag				
27	0-30	1Acg	2	-	14	145							Zn33	vlakvaag	III/III*	20	115	bruin-grijs
	30-65	1Cg	-	-	12	145												grijs
	65-120	1Cgr	-	-	12	145												grijs
28	0-40	1Acg	2	-	15	145							Zn33	vlakvaag/beekeerd	III/III*	30	110	verwerkt bruin-grijs
	40-75	2Cg	14	45	-	-												blauwgrijs
	75-90	3Cgr	-	-	14	145												gereduceerd, houtresten
	90-120	3Cr	-	-	14	145	gereduceerd											
29	0-35	1Apg	4	-	14	145							cZn33	gooreerd	V*/Vj	40	>120	bijna homogeen
	35-60	1Aa/Cp	3	-	14	145												heterogeen
	60-80	1Ce1 ?	-	-	10	145												iets bruin-grijs
	80-120	1Ce2 ?	-	-	10	145												lichtgrijs
30	0-50	1A/Ce	BB33	5	25	135							tZn34	gooreerd	III	10	85	matig verwerkt
	50-70	1C(g)	BB34	-	17	130												lichtgrijs
	70-80	1Cgr	-	-	30	110												lichtgrijs
	80-120	1Cr	-	-	10	165												licht blauwgrijs
31	0-20	1A/Ce	3	-	18	145							tZn34	gooreerd	II	10	75	verwerkt
	20-60	1Ce1	-	-	15	140												licht bruin-grijs
	60-70	1Cgr	-	-	15	135												licht blauwgrijs
	70-120	1Cr	-	-	15	135												licht blauwgrijs
32	0-40	1A/Cg	4	-	37	125							tZg37	beekeerd	II	10	75	meer bodem
	40-55	1Cg	-	-	14	140												verwerkt, lichtgrijs
	55-75	1Cgr	-	-	14	140												licht blauwgrijs
	75-120	1Cr	-	-	14	140	gereduceerd											blauwgrijs
33	0-30	1A/Cg	4	-	37	125							tZg37	beekeerd	II	10	75	heterogeen
	30-40	2Cg	-	-	37	120												grijs
	40-55	3Cg	-	-	15	140												grijs
	50-70	3Cg1	-	-	10	140												licht blauwgrijs
	70-120	3Cr	-	-	10	140	gereduceerd											blauwgrijs
34	0-45	1A/2Cg	BB31	8	37	130							tZg37	beekeerd	II/III	15	80	leem doorgeploegd
	45-50	2Cg	BB32	-	40	110												lichtgrijs
	50-75	3Cgr	-	-	10	145												
	75-100	3Cr	-	-	10	145	gereduceerd											
35	0-30	1A/2Cg	5	-	28	135							tZg37	beekeerd	II/III	15	80	door A-horizont
	30-45	2Cg	-	-	55	-												leem
	45-60	3Cg	-	-	12	135												lichtgrijs
	60-75	3Cgr	-	-	12	135												lichtgrijs
	75-100	3Cr	-	-	12	135	gereduceerd											
36	0-25	1Ap/C	2	-	13	145							zW2	beekeerd	II	0	65	bont, opgebracht dek
	25-50	2Ahb	7	38	120	-												wat heterogeen
	50-60	3Ce	45	-	-	-												donker grijs/bruin
	60-70	4Cgr	4	55	100	-												blauwgrijs
	70-100	4Cr	-	-	28	100	gereduceerd											
	36a 0-50	A	-	-	-	-												
37	0-25	1A/C	2	-	14	140							tZg37	beekeerd	II	5	70	opgebracht dek
	25-40	2Ahh	6	-	35	130												
	40-50	2Cg	-	-	47	-	roestig											leem
38																		boring 38 ontbreekt
39	0-35	1A/Ce	BB29	3	15	145							cZn33	gooreerd	III/III*	30	110	licht verwerkt
	35-75	1Ce	BB30	-	-	14	140											lichtgrijs
	75-105	1Cgr	-	-	14	140												licht blauwgrijs
	105-120	1Cr	-	-	14	140	gereduceerd											licht blauwgrijs
40	0-50	1A/C	3	-	17	145							cZn33	gooreerd	III	15	110	vrij homogeen, opgebr. dek
	50-70	1Ce	-	-	24	120												lichtgrijs
	70-95	1Cgr	-	-	15	140												licht blauwgrijs
	95-100	1Cr	-	-	15	140	gereduceerd											licht blauwgrijs
	40a 0-40	A	-	-	-	-							tZg37	beekeerd				



# Bijlage 1, vervolg.

Beschrijving van de bodemprofielen.

dieptegebied boring	diepte	horizont	Bodemmonstertiefte	% humus	% lutum <2µ	% leem < 50µ	N50	roestig gereduceerd	moeraskalk	humeus	leem	zand	Bodemeenheid		Gt	GHG in t veld	GLG	Opmerking	
													code	omschrijving					
41	0-50	1Aap	3	15	145									Izg37	beekerd	III	15	115	opgebracht,vrij homogeen zwart grijs
	50-70	2Ahb	9	40	120														
	70-80	3Cg	-	40	110														
	80-100	4Cr	-	14	125	gereduceerd													
42	0-40	1Aap	3	15	145								cZn33	gooreerd	V*	35	135	bruin grijs zeer licht bruin lichtgrijs	
	40-55	1Ce1	-	12	140														
	55-120	1Ce2	-	12	140														
43	0-30	1Aap	3	15	140								cZn33	gooreerd	V*	30	>120	bruin grijs licht grijs	
	30-100	1Ce	-	12	135														
44	0-30	1Aap	3	15	145								Izg37	beekerd	II/III	15	80	opgebracht,vrij homogeen donker bruingrijs licht blauwgrijs blauwgrijs	
	30-60	1Ahb	12	38	120														
	60-70	1Cgr	-	12	135														
	70-100	1Cr	-	12	135	gereduceerd													
45	0-45	1A/Cg	10	40									Izg37	beekerd	II	15	70	leem doorgewerkt lichtgrijs gelaagd, grijs gelaagd, blauwgrijs	
	45-60	1Cg1	-	20	-														
	60-75	1Cg2	-	18/30	110/135														
	75-100	1Cr	-	18/30	110/135	gereduceerd													
46	0-35	1Apg	9	38									Izg37M	beekerd	III	15	90	wat moeraskalk door Ap moeraskalk, bijna wit+roest leem + veel roest gelaagd, blauwgrijs	
	35-48	2Cg	-	-	-														
	48-60	3Cg	-	65	-														
	60-85	4Cg1	-	25/12	110/140														
47	0-35	1Aap	4	14	140								Izg37M	beekerd	II/III	27	85	opgebracht zanddek roestig, bijna wit leem licht blauwgrijs	
	35-45	1Ahb	10	40	110														
	45-55	2Cg	-	-	-	roestig	moeraskalk			sterk lemig									
	55-60	3Cg	-	40	-														
	60-90	4Cgr	-	12	145														
48	0-30	1A/Cg	5	22	140								Izg37M	beekerd	II/III	20	80	opgebracht,matig homogee wit kalkrijk, lichtgrijs grijs	
	30-45	2Cg	-	-	-	roestig	moeraskalk												
	45-55	3Cg	-	50	-														
	55-75	4Cgr	-	12	145														
	75-100	4Cr	-	-	-	gereduceerd													
49	0-35	1Ap	5	20	140								Izg37M	beekerd	III	22	85	z. donkerbruin bijna homog. bont kalkrijk	
	35-50	2Cg	-	-	-	zeer roestig	moeraskalk												
	50-70	3Cg	-	55	-	veel roest				leem									
	70-100	4Cr	-	9	170														
50	0-40	1Ag/Cg	2	37	130								Izg37(m)	beekerd	II	3	65	bruin lichtblauw, gelaagd lichtblauw	
	40-60	1Cgr	-	19	130														
	60-80	1Cr	-	19	130	gereduceerd													
51	0-40	1Ap	BB8	2	38	120							Izg37(m)	beekerd	II	15	67	bruingrijs, matig homogeen gelaagd	
	40-60	1Cgr	BB9	-	14	140	roestig												
	60-100	1Cr	BB10	-	14	140	gereduceerd												
52	0-30	1Aap	BB11	4	16	140							cZg33	beekerd	V*	30	130	homogeen gelaagd	
	30-100	1Cg	BB12	-	15	137	vrij veel roest												
	100-120	1Cgr	-	15	137														
52a	0-30	A											Izg37(m)	beekerd	II/III	20	87	bont grijs blauwgrijs	
	0-40	1A/Cg	4	38	135														
	40-60	1Cg	-	30	125														
	60-85	1Cgr	-	16	130														
54	0-45	1A/Cg	-	37	125								Izg37(m)	beekerd	III	20	85	bont gelaagd	
	45-80	1Cgr	-	22	22														
	80-100	1Cr	-	-	-	gereduceerd													
55	0-30	1A/C	2	14	145								Zn33	vlakvaag	III/III*	25	110	weinig A-materiaal lichtgrijs blauwgrijs	
	30-85	1Ce	-	12	145														
	85-105	1Cgr	-	12	145	roestig													
	105-120	1Cr	-	12	145	gereduceerd													
55a	0-30	A											Izg37M	beekerd	III	20	87	zwart wit lichtgrijs lichtgrijs gelaagd	
	0-20	1Ap	14	35	130														
	20-35	2Cg	-	-	-	roestig	moeraskalk												
	35-40	3Cg	-	35	115	roestig													
	40-60	4Cg	-	15	140	zwak roestig													
	60-80	4Cgr	-	17	132														
57	0-30	1Aap	4	15	140								Izg37	beekerd	III	20	87	donkergrijs zwart gelaagd, grijs gelaagd, blauwgrijs	
	30-50	1Ahb	6	40	120														
	50-80	1Cg	-	17	135														
	80-100	1Cr	-	17	135	gereduceerd													
58	0-35	1Aap	5	33	140								Izg57	beekerd	II	0	80	zeer donkergrijs grijs blauwgrijs blauwgrijs	
	35-55	2Cg	-	55	-					leem									
	55-80	3Cgr	-	17	137														
	80-100	3Cr	-	17	137	gereduceerd													
59	0-35	1A/C	3	15	140								cZn33	gooreerd	III*	35	115	licht verwerkt blauwgrijs grijs	
	35-80	1Cg	-	?	?	z.zwak roestig													
	80-115	1Cgr	-	?	?	gereduceerd													
60	0-40	1A/Cg	5	38	130								Izg37(m)	beekerd	III	20	100	veel moeraskalk door de bovengrond verwerkt lichtgrijs blauwgrijs	
	40-70	1Cg	-	15	140														
	70-95	1Cgr	-	15	140														
	95-120	1Cr	-	15	140	gereduceerd													





## Bijlage 1, vervolg.

Beschrijving van de bodemprofielen.

boring	diepte	horizont	Bodemmonaie	humus %	luttum <2µ %	leem < 50µ %	M:50	roestig gereduceerd	moeraskalk	humeus	leem	zand	Bodemeenheid		Gt	pH C	pH C	Opmerking	
													code	omschrijving					
61	0-30	1A/Cg		9	38	130		roestig	moeraskalk					Izg37(m)	beekeerd	II	15	75	moeraskalk door bovengr.
	30-40	3Cg1		-	22	130		roestig											
	40-55	3Cg 2		-	14	145		zwak roestig											gelaagd licht blauwgrijs
	55-70	3Cgr		-	14	145													
	70-100	3Cr		-	14	145		gereduceerd											
62	0-40	1A/2Cg		10	39	130			moeraskalk					Izg37(m)	beekeerd	III	17	100	moeraskalk door bovengr.
	40-60	3Cg		-	14	130		roestig											
	60-90	3Cgr		-	14	130		zwak roestig											
	90-120	3C		-	14	130		gereduceerd											
63	0-45	1A/Cg	BB21	7	37	135								Izg37	beekeerd	II/III	10	80	verwerkt
	45-60	1Cg		-	25	120													gelaagd, lichtgrijs
	60-75	1Cgr	BB22	-	15	135													grijs
	75-100	1Cr	BB23	-	15	135		gereduceerd											blauwgrijs
64	0-45	1A/Cg	BB24	3	30	135								cZg35	beekeerd	III	10	95	verwerkt
	45-55	1Cg		-	14	140		roestig											
	55-90	1Cgr	BB25	-	14	140		zwak roestig											
	90-100	1Cr		-	14	140		gereduceerd											
65	0-35	1A/Cg		6	26	135								cZg35	beekeerd	III	15	110	verwerkt
	35-65	1Cg		-	14	140		roestig											lichtgrijs
	65-90	1Cgr		-	14	140		zwak roestig											
	90-110	1Cr		-	14	140		gereduceerd											
66	0-40	1A/Cg		7	34	140			moeraskalk					Izg37(m)	beekeerd	II/III	12	82	wat moeraskalk door bovengr grijs
	40-55	1Cg		-	24	110		roestig											
	55-75	1Cgr		-	16	125													
	75-100	1Cr		-	16	125		gereduceerd											
67	0-35	1A/2Cg		10	35	135			moeraskalk					Izg37(m)	beekeerd	III	12	90	verwerkt, brokken moerask
	35-60	2Cg		-	-	-		roestig	moeraskalk		zeer lemig								wit
	60-90	3Cgr		-	50	-		roestig											
	90-110	4Cr		-	35	105		gereduceerd											gelaagd
68	0-30	1Aap		4	15	140								cZg33	beekeerd	III/III'	27	105	homogeen
	30-75	1Cg		-	12	145		zwak roestig											
	75-95	1Cgr		-	145	zwak roestig													
	95-110	1Cr		-	145	gereduceerd													blauwgrijs
68a	0-35	A																	
69	0-45	1AaC	BB19	4	15	145								cZg33	beekeerd	V*	37	135	iets verwerkt, bruin-grijs
	45-115	1Cg	BB20	-	10	165		zwak roestig											lichtgrijs
	115-120	1Cgr		-	10	165													grijs
69a	0-35	A																	
70	0-30	1Aap		4	17	140								cZg33	beekeerd	III	22	110	vrijwel homogeen
	30-75	1Cg		-	14	125		roestig											
	75-105	1Cgr		-	10	155		roest											
	105-120	1Cr		-	10	155		gereduceerd											grijs
70a	0-35	A																	
71	0-30	1Aap		4	15	140								cZg33	beekeerd	V*	40	135	vrijw. homog. grijsbruin
	30-115	1Cg		-	12	135		roestig											
	115-125	1Cgr		-	12	135		zwak roestig											iets gelaagd
72	0-30	1Aap		5	15	140								cZg33	beekeerd	III	20	115	opgebracht dek
	30-55	2Cg		2	60	-		roestig			zware leem								
	55-70	3Cg		-	25	110													
	70-85	3Cgr		-	14	135													grijs
	85-110	3Cr		-	14	135		gereduceerd											grijs
73	0-30	1A/2Cg	BB16	10	38	135					leem			Izg37(m)	beekeerd	III	22	120	leem doorgewerkt
	30-40	1A/3Cg	BB17	3	55	-		veel roest	moeraskalk										leem+kalkbrokken
	40-50	3Cg	BB18	-	12	130		roestig											
	80-115	3Cg1		-	12	130													licht bruin-grijs
	115-120	3Cgr		-	12	130		gereduceerd											
74	0-40	1A/2Cg		6	40	120					leem			Izg37(m)	beekeerd	III	22	110	wat kalkbrokken, doorgew. zeer lemig licht blauwgrijs
	40-55	2Cg		-	40	-		veel roest	moeraskalk										
	55-105	3Cgr		-	13	145													
	105-120	3Cr		-	13	145		gereduceerd											
75	0-35	1Aa		8	37	125			moeraskalk					cZg37(m)	beekeerd	III	20	95	moeraskalkbrokken
	35-65	1Cg		-	12	140		roestig											lichtgrijs
	65-85	1Cgr		-	12	140		zwak roestig											grijs
	85-100	1Cr		-	12	140		gereduceerd											grijs
76	0-32	1Apg	BB13	6	40	125					zeer lemig			cZg37	beekeerd	III	15	87	licht verwerkt
	32-60	1Cg	BB14	-	12	135		roestig											
	60-85	1Cgr		-	12	135		zwak roestig											
	85-100	1Cr	BB15	-	12	135		gereduceerd											
76a	0-30	A																	
77	0-25	1Ah	BB37	5	10	145								Zn33	vlakvaag	III	25	100	
	25-100	1Cg	BB38	-	10	145		licht roestig											
	100-120	1Cr		-	3	145					zeer zwak								



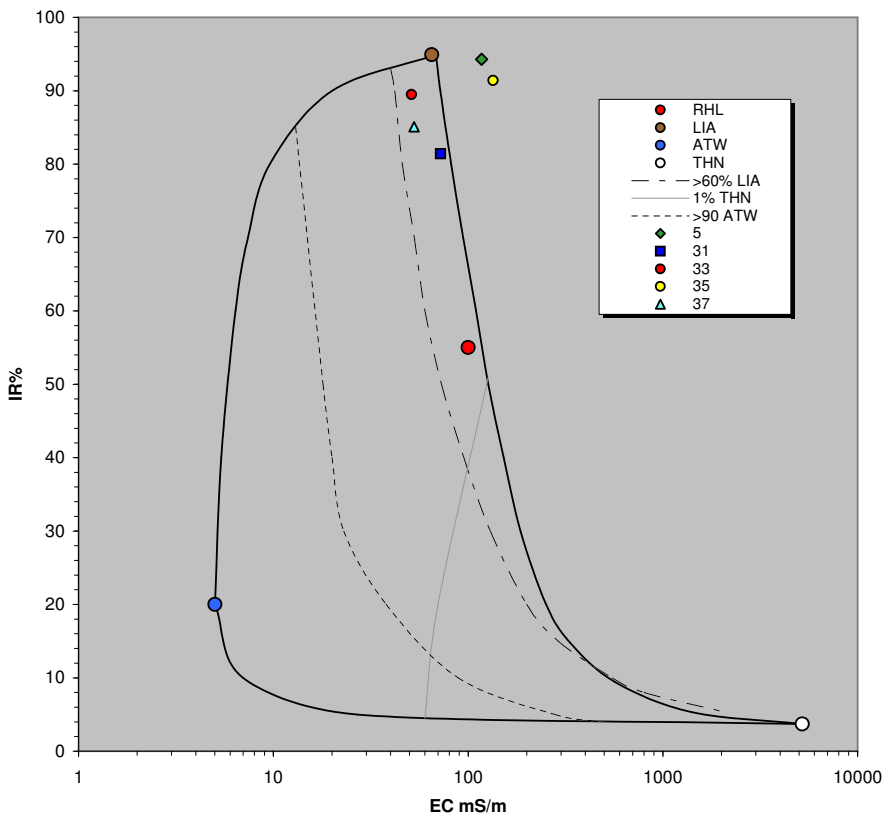
## Bijlage 2.

*Resultaten van de bodemanalyses.*

Intern nr.	boring nr.	diepte cm-mv	horizont	bodem type	pH water	Org. stof	Oxalaat				water P	lactaat		P gefixeerd aan			verzadigings		Bulk density
							Fe	Al	Fe+Al	P		P	P2O5	Fe	Ca	Al	index	graad	
BB 1	1	0-30	Aap	laarpodzol		3,05	25,5	50,6	76,1	24,4	2,451	38,44	88,09				0,32	41,8	1169
BB 2	1	60-80	Cg	laarpodzol		0,40	1,5	30,4	31,9	1,2	0,411	1,34	3,07				0,04	5,0	1811
BB 3	3	0-30	Aap	gooreerd		1,61	11,5	20,9	32,4	15,1	4,936	32,77	75,09				0,47	60,7	1371
BB 4	3	55-70	Cg	gooreerd		0,28	8,3	12,4	20,7	1,2	0,457	2,08	4,76				0,06	7,4	1925
BB 5	25	0-25	Apg	beekeerd	6,3	5,93	48,8	29,8	78,6	9,4	0,285	10,96	25,12	5,4	2,3	1,7	0,12	15,5	958
BB 6	25	35-55	Cg	beekeerd		2,17	47,1	4,6	51,7	1,0	0,044	0,93	2,12				0,02	2,4	1277
BB 7	25	90-105	Cr	beekeerd		0,34	15,3	5,5	20,8	1,2	0,086	2,70	6,20				0,06	7,5	1863
BB 8	51	0-30	Apg	beekeerd	7,1	4,80	76,4	14,3	90,8	6,4	0,043	1,47	3,36	1,4	4,7	0,3	0,07	9,1	1024
BB 9	51	45-65	Cgr	beekeerd		0,40	12,1	5,8	17,9	0,8	0,054	1,69	3,88				0,05	6,0	1811
BB 10	51	85-105	Cr	beekeerd		0,20	5,1	4,3	9,4	0,3	0,066	1,06	2,43				0,03	4,1	2031
BB 11	52	0-25	Aap	beekeerd		2,48	23,4	20,5	43,9	17,6	3,277	37,45	85,81				0,40	52,3	1234
BB 12	52	55-75	Cg	beekeerd		0,36	34,7	6,7	41,4	1,6	0,320	3,02	6,93				0,04	5,0	1844
BB 13	76	0-30	Apg	beekeerd	6,6	8,26	94,1	75,9	170,0	15,3	0,220	9,58	21,96	8,9	2,4	4,0	0,09	11,7	853
BB 14	76	35-55	Cg	beekeerd		0,54	6,0	7,1	13,1	0,5	0,064	0,82	1,87				0,04	4,8	1717
BB 15	76	90-110	Cr	beekeerd		0,44	4,9	6,0	10,9	0,4	0,062	1,04	2,39				0,04	5,4	1780
BB 16	73	0-20	A/Cg	beekeerd	6,5	8,80	140,8	37,5	178,2	14,7	0,148	5,29	12,12	5,5	6,7	2,5	0,08	10,8	833
BB 17	73	30-40	A/Cg	beekeerd		4,91	122,5	10,4	132,9	1,4	0,066	0,09	0,20				0,01	1,4	1018
BB 18	73	60-80	Cg	beekeerd		0,38	7,2	3,5	10,7	0,5	0,038	1,51	3,46				0,05	6,3	1827
BB 19	69	0-35	Aa/C	beekeerd		1,51	12,9	24,1	37,0	16,6	3,261	30,70	70,34				0,45	58,4	1392
BB 20	69	50-70	Cg	beekeerd		0,34	5,5	18,6	24,1	8,6	3,337	19,54	44,78				0,36	46,4	1862
BB 21	63	0-20	A/Cg	beekeerd	5,7	5,14	45,5	30,1	75,6	11,3	1,039	12,70	29,10	7,4	0,5	3,4	0,15	19,4	1003
BB 22	63	65-80	Cgr	beekeerd		0,74	8,8	8,0	16,8	0,6	0,174	1,12	2,57				0,04	4,8	1617
BB 23	63	100-120	Cr	beekeerd		0,24	1,6	4,7	6,4	0,3	0,066	1,20	2,75				0,04	5,3	1974
BB 24	64	0-30	A/Cg	beekeerd		1,99	15,1	32,7	47,9	18,1	1,860	36,77	84,25				0,38	49,1	1303
BB 25	64	60-80	Cgr	beekeerd		0,32	10,5	9,2	19,7	0,6	0,100	0,10	0,22				0,03	4,1	1882
BB 26	9	0-30	A/Cg	gooreerd		4,10	14,1	28,2	42,2	4,9	0,241	6,02	13,79				0,12	15,2	1075
BB 27	9	45-65	Ce	gooreerd		0,36	2,3	8,4	10,7	0,1	0,036	0,81	1,86				0,01	0,8	1845
BB 28	9	100-120	Cr	gooreerd		0,52	1,1	7,9	9,0	0,4	0,049	0,58	1,34				0,04	5,3	1728
BB 29	39	0-35	A/Ce	gooreerd	6,2	3,26	7,9	31,9	39,8	6,8	0,736	10,63	24,37				0,17	22,2	1147
BB 30	39	50-70	Ce	gooreerd		0,36	0,5	16,4	16,9	0,3	0,155	0,33	0,76				0,02	2,6	1845
BB 31	34	0-30	A/Cg	beekeerd	5,9	6,78	39,3	25,0	64,3	6,3	0,400	5,98	13,70	2,2	4,1	0,0	0,10	12,7	915
BB 32	34	45-60	Cg	beekeerd		0,62	3,1	4,7	7,8	0,7	0,297	2,46	5,64				0,10	12,4	1672
BB 33	30	0-40	A/Ce	gooreerd	6,1	4,93	15,8	27,7	43,5	10,7	1,553	16,35	37,46	6,6	1,2	2,9	0,25	31,9	1016
BB 34	30	50-70	Cg	gooreerd		0,58	2,2	9,1	11,3	0,4	0,592	1,03	2,37				0,03	4,2	1693
BB 35	47	0-40	Aap	beekeerd	6,4	3,65	14,3	33,9	48,1	7,5	0,844	8,77	20,10	4,3	1,7	1,4	0,16	20,3	1111
BB 36	47	60-70	Cgr	beekeerd		0,48	6,0	5,5	11,4	0,7	0,156	1,57	3,61				0,06	8,4	1753
BB 37	77	0-20	ACg	vlakvaag	5,8	3,24	84,0	46,4	130,4	15,6	0,587	8,98	20,57				0,12	15,6	1149
BB 38	77	40-60	Cg	vlakvaag		0,36	18,4	25,6	44,0	3,9	0,117	1,60	3,67				0,09	11,5	1846
minimum					5,7	0,20	0,5	3,5	6,4	0,1	0,036	0,09	0,20	1,4	0,5	0,0	0,01	0,8	833
maximum					7,1	8,80	140,8	75,9	178,2	24,4	4,936	38,44	88,09	8,9	6,7	4,0	0,47	60,7	2031
gemiddelden					6,3	2,23	26,2	19,6	45,7	6,0	0,753	8,41	19,27	5,2	3,0	2,0	0,12	16,0	1478
Stdev					0,4	2,43	34,3	15,9	43,9	6,8	1,177	11,63	26,65	2,5	2,1	1,4	0,13	17,0	385

**Bijlage 3.**  
*Resultaten van de wateranalyses met EC-IR diagram.*

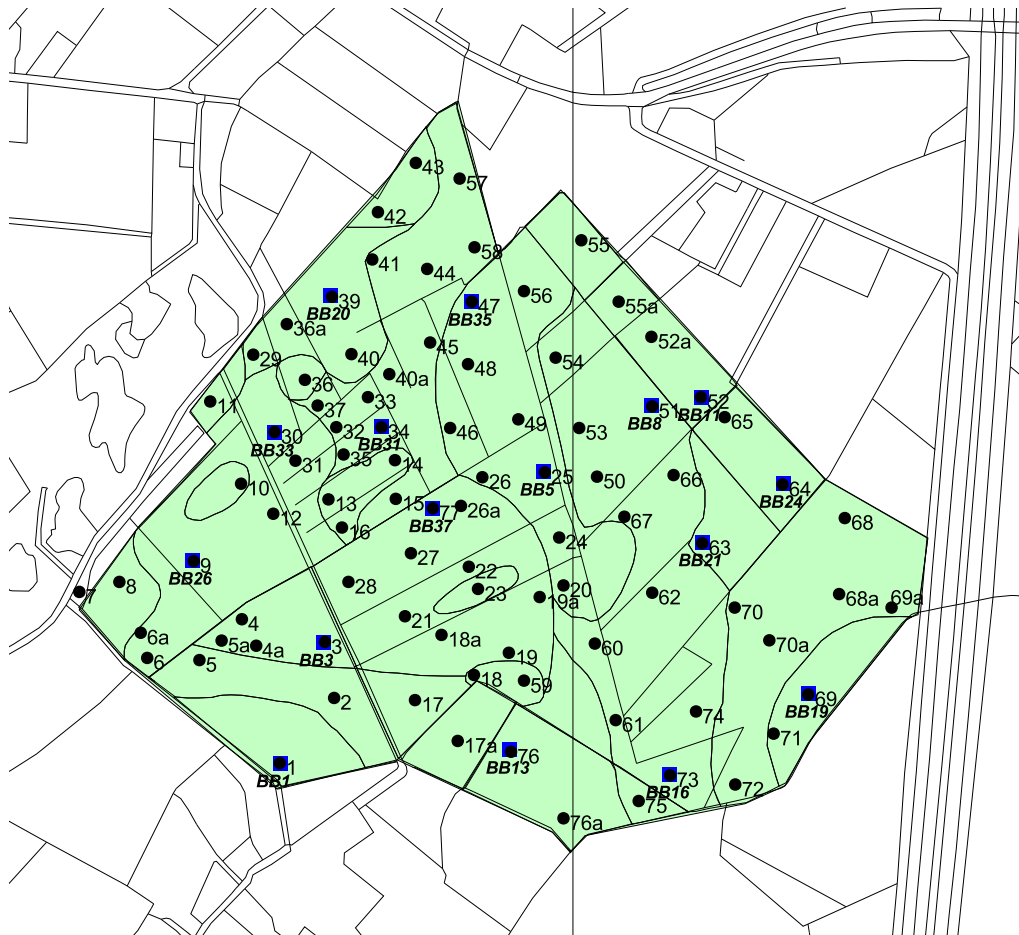
Intern nr.	Boring nr.	Datum	Locatie	EGV	pH	Ca	Mg	K	Na	Fe	NH4-N	SO4	Cl	HCO3	PO4-P	NO3-N	IR %	grond	regen	zee	Stuifzand watertype
				mS/m														%			
BW 5	25	1-7-2007	Breedbroeken	117,2	6,7	185,44	21,28	2,07	9,44	0,480	0,24	91,28	19,90	8,9	0,036	0,02	94,3	99,98	0	0,02	g4CaHCO3+
BW 31	34	1-7-2007	Breedbroeken	72,3	6,3	98,78	7,10	4,94	10,15	4,407	6,00	155,24	39,88	2,2	0,174	0,01	81,4	85,24	14,6	0,16	F2CaMix
BW 33	30	1-7-2007	Breedbroeken	51,3	6,5	56,03	6,20	11,50	3,86	3,712	9,50	0,44	11,66	3,8	0,860	0,01	89,5	48,47	51,5	0,03	g2CaHCO3+
BW 35	47	1-7-2007	Breedbroeken	134,3	6,7	243,80	13,00	3,37	11,96	0,000	0,40	74,62	40,58	12,3	0,066	0,02	91,4	99,89	0	0,11	F4CaHCO3
BW 37	77	1-7-2007	Breedbroeken	52,8	6,8	84,72	7,27	3,05	7,28	0,083	0,34	46,66	26,26	3,7	0,078	0,01	85,1	73,21	26,7	0,09	g2CaHCO3.





## Bijlage 4.

*Kaart met de ligging van de boorpunten (zwart) en bodemonsters (blauw, alleen het monsternummer van de A-horizont staat aangegeven).*





## Notities



