

De fosfaattoestand van de bodem in de Catspolder

Invloed van vernatting op de beschikbaarheid van fosfaat op basis van de fosfaatverzadiging

De fosfaattoestand van de bodem in de Catspolder

Invloed van vernatting op de beschikbaarheid van fosfaat
op basis van de fosfaatverzadiging

Opdrachtgever:
Dienst Landelijk Gebied
Provinciaal Kantoor Fryslân
Leeuwarden



Ecologisch adviesbureau

Giesen & Geurts

't Goor 9, 7071 PC Ulfst.

Tel. 0315-640460

Fax 640252

Mail info@giesen-geurts.nl

Omslagfoto: Graslanden in het laagste deel van de Catspolder vlak bij de Linde.

© 2007 Giesen & Geurts, Ulf.

De inhoud van dit rapport (in het geheel of in delen) mag zonder schriftelijke toestemming van Giesen & Geurts niet door fotocopie, 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 Catspolder. Invloed van vernatting op de beschikking van fosfaat op basis van de fosfaatverzadiging. Giesen & Geurts, Ulf/DLG, Leeuwarden.

Inhoud

Inleiding	
Woord van dank	
I	Terrein en probleemstelling
1	Terrein..... 1
2	Probleemstelling..... 1
3	Onderzoek..... 2
II	Werkwijze en analysemethoden
1	Bodemonderzoek en bemonstering..... 5
2	Bodemanalyses..... 5
3	Wateranalyses..... 6
III	Bespreking van de resultaten
1	Bodembeschrijving..... 9
1.1	Algemeen..... 9
1.2	Onderscheiden bodemeenheden..... 10
2	Bodemanalyses..... 11
3	Wateranalyses..... 11
IV	Fosfaattoestand
1	Fosfaat in de bodem..... 15
1.1	Achtergrond..... 15
1.2	De fosfaattoestand in de Catspolder..... 16
3	Conclusie..... 18
V	Vegetatieperspectieven
1	Waar zou moeten worden afgegraven?..... 21
	Conclusie..... 21
2	Wat is het effect van afgraven?..... 21
	Fosfaat..... 21
	Grondwater..... 21
3	Vegetatieperspectief na afgraven..... 23
3.1	Droogvallende delen..... 23
3.2	Permanent geïnundeerde delen..... 24
4	Samenvattende conclusie en advies..... 26
Literatuur 27

Bijlagen

1	Beschrijving van de 19 bodemprofielen	31
2	Resultaten van de bodemanalyses in de Catspolder met gemiddelden.....	32
3	Resultaten van de wateranalyses in de Catspolder	34
4	De ligging van de boorpunten en bodemmonsters.....	35
5	EC-IR diagram van de watermonsters die in 2007 zijn verzameld	36

Figuren

1.1	De ligging van de catspolder ten oosten van Wolvega	1
1.2	Witbolgraslanden in de Catspolder	2
3.1	Bodemkaart van het onderzochte deel van de Catspolder	10
3.2	Madeveengrond met bruin veenmosveen op ±70-100 cm-mv	10
3.3	Meerveengrond met zandig materiaal bovenin het profiel en bruin gereduceerd zeggeveen op ±55-100 cm-mv	10
3.4	Moerpodzolgrond met veraard zwart veen van 0-25 cm-mv en een matig ontwikkelde podzol op 25-70 cm-mv en daaronder gereduceerd zand	10
3.5	Waarden van $(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}$, P_{ox} en $\text{P}_{\text{bodemvocht}}$ in de onderzochte grondmonsters.....	12
4.1	Het verband tussen P in bodemvocht en de fosfaatverzadigingsindex (PSI).....	15
4.2	Verspreiding van het fosfaat in bodemvocht en de PSI (fosfaatverzadigingsindex).....	16
4.3	Verspreiding van het fosfaat in bodemvocht en de PSD (fosfaatverzadigingsgraad)	17
4.4	Het verloop van het PSD% in de diepte.....	18
5.1	De PSI en PSD% van de na afgraven dagzomende Ce-horizonten	22
5.2	De dikte in cm van de A-horizont.....	22
5.2	De basenverzadiging van de, na afgraven, dagzomende C-horizont	29
5.3	Globale vegetatiekaart van de Catspolder na afgraven en inundatie	24
5.4	De hoeveelheid P_{ox} in g/m^2	25

Tabellen

3.1	Gemiddelde en afgeronde concentraties oxalaat extraheerbaar ijzer+aluminium, fosfaat en P-bodemvocht in gronden uit andere terreinen en in de Catspolder	12
4.1	Gemiddelde waarden per horizont en bodemtype van diverse parameters in de Catspolder.	17
5.1	Gemiddelde gehalten met standaardafwijking van oxalaat extraheerbaar ijzer, aluminium en fosfaat en de fosfaatverzadigingsindex van een viertal plantengemeenschappen in natuurterreinen en van bodemtypen en horizonten in de Catspolder.....	23

Inleiding

In de ROM gebiedsvisie 'Beekdal Linde' zijn plannen ontwikkeld voor de EHS langs de Linde. De Catspolder staat daarin genoemd als te ontwikkelen meestromende polder. Volgens de plannen zal de polder onder water worden gezet met een wisselend waterpeil (winter hoog peil, zomer laag peil).

Omdat vernatting en inundatie veranderingen in de fosfaathuishouding tot gevolg hebben, is het zaak een inschatting te maken van de fosfaatverzadiging van de gronden en van het fosfaat dat mobiel wordt bij vernatting. Aangezien de Catspolder in contact komt met Lindewater, is de kwaliteit hiervan ook van belang. Van het gehele systeem wordt niet verwacht dat na vernatting schrale omstandigheden zullen ontstaan.

Van Dienst Landelijk Gebied (Leeuwarden) heeft Giesen & Geurts opdracht ontvangen de bodem nader te onderzoeken op aspecten die van belang zijn voor de te ontwikkelen omstandigheden.

Hier toe is veldwerk verricht, met grondboringen, om de dikte van de voedselrijke bouwvoor te bepalen. Van een aantal profielen werd op 3-4 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 Leeuwarden voor het mogelijk maken van dit onderzoek en in het bijzonder Jan Meijer voor de begeleiding en de stimulerende uitleg tijdens het gezamenlijke veldbezoek. Lineke de Jong (GI-analist DLG) bedanken we voor de digitale kaartbestanden. 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 Uft.

Augustus 2007.



I Terreinen en probleemstelling



1 Terrein

Het onderzoeksgebied beslaat 36,9 ha en ligt langs de A32, juist ten oosten van Wolvega temidden van het natuurreservaat 'Lindevallei' (Fryske Gea; fig. 1.1). De Catspolder bestaat uit naar de Linde aflopende graslanden met dominantie van Gestreepte witbol. De polder heeft een veenbodem en is ooit verveend.

In het verleden (kaart uit 1922) waren plaatselijk veel meer sloten en greppels aanwezig, die nu soms nog als lagere stroken terug zijn te vinden. De Catspolder ligt onder NAP.

2 Probleemstelling

De agrarische graslanden van de Catspolder verkeren in een voedselrijk stadium (voornamelijk met Gestreepte witbol). Gezien dit voedselrijke karakter van de huidige graslanden, is het de vraag of vernatting niet leidt tot sterk eutrofe omstandigheden. Door (permanente) inundatie zullen anaërobe omstandigheden in de bodem ontstaan, waardoor aan ijzer gebonden fosfaat mobiel kan worden en in het bovenstaande water terecht komt.

Van de exacte voedselrijkdom van de graslanden in de huidige toestand is weinig bekend. Omdat voor de plannen bekend moet zijn of fosfaat mobiel wordt, was het van belang de trofietoestand van de bodem in kaart te brengen. Ook was het van belang te onderzoeken of grond- en Lindewater nutriënten kunnen aanvoeren. Verder is het, in verband met plannen de bovengrond af te



Fig. 1.1.

De ligging van de Catspolder ten oosten van Wolvega.



graven, nodig te weten hoe diep eventuele fosfaatverzaaiing is voortgeschreden. Het plan bestaat om minstens 20 cm bovengrond af te graven.

De onderzoeksvragen waren de volgende:

- * Wat is de fosfaattoestand van de grond op verschillende diepten in de Catspolder?
- * Is de voedingstoestand door afgraven van 20 cm bovengrond tot een voldoende laag niveau terug te brengen?
- * Hoe kan bij vernatting hypertrofie van bovenstaand water voorkomen worden?
- * Waar zou moeten worden afgegraven om water- en verlandingvegetatie te laten ontwikkelen?
- * Welke waterkwaliteit kan na inundatie worden verwacht?
- * Wat is voor de Catspolder, na vernatting, het meest ideale waterbeheer?

3 Onderzoek

Voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen was het noodzakelijk de bodem te onderzoeken. Volgens opdracht werden boringen uitgevoerd in enkele raaien loodrecht op de Linde. In de meeste slagen werd een raai geplaatst of een boring uitgevoerd. Afhankelijk van het bodemtype werden steekproefgewijs op 12 plaatsen bodemonsters verzameld, die als representatief werden aangehouden voor vergelijkbare, niet bemonsterde delen, van het terrein. De 36,9 ha. bodem werd onderzocht met 19 beschreven boringen tot ca. 120 cm-mv waarvan bij 12 boringen in totaal 38 grondmonsters werden verzameld. De bodem werd bemonsterd op 3-4 diepten. In enkele gevallen werd ook de gereduceerde Cr-horizont bemonsterd. Van de verzamelde bodemonsters werd de fosfaattoestand bepaald. De fosfaattoestand werd uitgewerkt tot fosfaatverzaaiingsgetallen. De waarden zijn van belang voor het inschatten van de mogelijkheden om bepaalde natuurdoeltypen te ontwikkelen.

*Fig. 1.2.
Witbol graslanden in de
Catspolder. Zicht naar het oosten
naar het dorpje Peperga.*





II

Werkwijze en analysemethoden





1 Bodemonderzoek en bemonstering

In het onderzoeksgebied, met een totale oppervlakte van 36,9 ha., werd door middel van 19 boringen de bodem zeer globaal in kaart gebracht en de dikte van de A-horizont vastgelegd. De boringen werden uitgevoerd met een Edelmanboor. De profielen werden beschreven volgens Klinka (bijlage 1). Verder werd het organische stofpercentage en de zandfracties geschat. De grondwatertrap, de GHG en de GLG werden zo mogelijk eveneens bepaald. In het veld werd het bodemtype vastgesteld.

Op 12 locaties werden 38 bodemmonsters verzameld op 3 à 4 diepten (0-20, 20-30, 30-40 en 80-100 cm-mv). Deze monsterdiepten zijn op enkele plaatsen anders door de dikte van de horizonten. Er is dus op min of meer vaste diepten en ook binnen horizonten bemonsterd.

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 oventdroge 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 poriëgrootte 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 PO_4^{3-} -P gemeten en uitgedrukt in mg/l (in tegenstelling tot de andere waarden in mg/100g OD grond).

Met het organische stofgehalte wordt meestal het gehalte aan organische stof bedoeld dat tijdens het gloeien verloren gaat. Volgens 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 bulk density



werd bepaald aan een volume vers verzamelde grond.
De resultaten staan in bijlage 2.

3 Wateranalyses

In de Catspolder zijn vijf grondwatermonsters verzameld en één monster uit de Linde. Naast deze verzamelde monsters is gebruik gemaakt van analysesresultaten van Lindewater (Fryske Gea) uit 2006.

De watermonsters zijn verzameld met een Vampir slangenpomp (Bürkle). De monsters werden gekoeld vervoerd en de pH, EGV en alkaliniteit werden nog op dezelfde dag gemeten. De overige parameters werden de volgende dag gemeten. pH en EGV werden gemeten met een Senslon 378 (Hach) en kationen met een Unicam AAS Solar 969. De spectrofotometrische bepalingen werden uitgevoerd met een DR4000 (Hach). De alkaliniteit is titrimetrisch bepaald.

De analyses werden gecontroleerd volgens de methode van Van Wirdum (1991). Het watertype werd bepaald volgens Stuyfzand (1986). De analysesresultaten staan in bijlage 3.



III

Bespreking van de resultaten





1 Bodembeschrijving

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

Meerveengrond	zV..
Madeveengrond	aV..
Moerpodzolgrond	vWp
Broekeerdgronden	vWz

Als toevoegingen werden gebruikt:

v..	veendek
z..	zanddek
a..	veraarde veenbovengrond
..s	veenmosveen
..c	zegge- en broekveen
..z	zandondergrond
..p	podzol in zandondergrond

Hieronder in paragraaf 1.2 wordt de legenda van de bodemkaart nader omschreven. Belangrijke aspecten zijn in kaarten weergegeven. In fig. 3.1 is een globale bodemkaart te zien. In fig. 5.2 de dikte van de A-horizont in cm

1.1 Algemeen.

Aan de hand van de 19 boringen kan alleen een globale beschrijving worden gegeven. In het gebied komen in hoofdzaak veengronden voor. Binnen de veengronden kunnen we twee eenheden onderscheiden, namelijk die met een opgebracht zanddek: de meerveengronden (code zV...) en die met een veraarde veenbovengrond: de madeveengronden (code aV...). Omdat de bezanding van de percelen zeer variabel is, kunnen met het beperkte aantal boringen de madeveengronden niet onderscheiden worden van de meerveengronden.

Afhankelijk van de veensoort, in de ondergrond is er onderscheid gemaakt in veenmosveen (code s achter de V) , en zegge- en broekveen (code c achter de V)

Komt binnen 80 cm zand in de ondergrond voor, dan is dit aangegeven met een code z achter de V. Heeft zich in dit zand een podzol ontwikkeld, dan is dit met de code p achter de V aangegeven.

Bij twee boringen was het veenpakket dunner dan 40 cm. Bij boring 7 komt er onder het dunne veenpakket een podzol voor, wat betekent dat dit een moerpodzolgrond is (code vWp)

Bij boring 12 komt er onder het dunne veenpakket een zandondergrond voor zonder een podzol, wat betekent dat dit een broekeerdgrond is (code vWz).



Fig. 3.1.
Bodemkaart van het onderzochte deel van de Catspolder.
Boringsdichtheid: 1 boring per 2 ha.

1.2 Onderscheiden bodemeenheden.

Madeveengronden

- aVc Veengrond met een ondergrond van zeggeveen.
- 1Ap 0-20 cm veraard irreversibel ingedroogd veen met iets zand
- 1Ce1 20-35 cm half veraard zeggeveen
- 1Ce2 35-75 cm geoxideerd zeggeveen
- 1Cr 75-110 cm gereduceerd zegge-veenmosveen
- 2Cr 110-120 cm zwak lemig fijn zand

Meerveengrond

- zVc Veengrond met een ondergrond van zeggeveen.
- 1A/Cg 0-25 heterogeen mengsel van humeus zand en keileem brokken.
- 2Ce1 25-55 geoxideerd zeggeveen
- 2Cr 55-100 gereduceerd zeggeveen
- 3Cr 100-120 zwak lemig fijn zand

Moerpodzolgrond

- vWp Podzolgrond met een dun veenpakket
- 1Ap 0-25 cm veraard zwart veen
- 2BCe 25-60 cm matig ontwikkelde podzol
- 2Cr 60-120 cm gereduceerd

Broekeerdgrond

- vWz Veengrond met een zandondergrond
- 1Ap 0-17 cm iets irreversibel ingedroogd veen
- 2Cg 17-75 cm zeer zwak roestig zand
- 2Cr 75-100 cm gereduceerd zand





2 Bodemanalyses

De resultaten van de bodemanalyses staan in bijlage 2.

Fosfaat

De monsters bevatten over het algemeen grote hoeveelheden oxalaat extraheerbaar ijzer en aluminium ($(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}$), waardoor ook grote hoeveelheden fosfaat (P_{ox}) gebonden kunnen zijn. Er zijn echter slechts kleine hoeveelheden fosfaat gebonden (fig. 3.5). De uiterste waarden voor $(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}$ zijn: 8,6 en 686,1 mmol/kg, voor P_{ox} : 0,8 en 70,3 mmol/kg en voor $\text{P}_{\text{bodenvocht}}$: 0,067 en 1,012 mg/l. Het gemiddelde van alle monsters voor $(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}$ is: 310,5 mmol/kg, voor P_{ox} : 10,9 mmol/kg en voor $\text{P}_{\text{bodenvocht}}$: 0,349 mg/l. In vergelijking met enkele andere terreinen zijn de waarden voor $(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}$ hoog (vergelijkbaar met veengronden langs de Wiericke), maar voor P_{ox} laag. De waarden voor $\text{P}_{\text{bodenvocht}}$ zijn daarentegen tamelijk laag, vooral het maximum. In fig. 3.5 zijn deze parameters samen te zien per bodemtype en per horizont/diepte. De bindingsparameter $(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}$ is op de meeste dieptes en horizonten vergelijkbaar hoog (met uitzondering van de gereduceerde Cr-horizont). Maar in de A-horizont komen vaker lagere Fe_{ox} waarden voor; daar bereikt het grondwater de A-horizont niet meer. P_{ox} is in de bovenste laag (A-horizont) gemiddeld het hoogste, maar de variatie is groot (2-70 mmol/kg). $\text{P}_{\text{bodenvocht}}$ is in de bovenste laag/horizont gemiddeld het hoogst, maar steeds <1 mg/l. De bindingscapaciteit $(\text{Fe}+\text{Al})$ wordt vooral bepaald door ijzer.

In madeveengrond is $(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}$ in A-horizont gemiddeld 2-3 keer hoger dan in meerveengrond, bij P_{ox} en P-bodenvocht is dat niet zo of minder. Hoewel de A-horizonten de hoogste gehalten P_{ox} hebben, bevatten ze toch weinig uitgespoeld $\text{P}_{\text{bodenvocht}}$. Meting van alleen de hoeveelheid P (op welke manier dan ook) zou dus een vertekend beeld geven van deze A-horizonten, omdat de bindingscapaciteit er niet bij betrokken wordt.

In tabel 3.1 zijn enige waarden uit andere terreinen en uit de Catspolder opgesomd. Vooral in landbouwgrond blijkt veel fosfaat (P -bodenvocht=41,4 mg/l) weg te lekken naar het grondwater. Opvallend is het hogere gemiddelde $\text{P}_{\text{bodenvocht}}$ in de Cr-horizont in de Catspolder.

3 Wateranalyses

De analyses van het grondwater laten zien dat het fosfaat- en nitraatarm is. Het water is zacht tot zeer hard, zwak zuur en heeft een matig tot lange verblijftijd. Het calciumgehalte is laag tot matig hoog. Het ijzer- en sulfaatgehalte is normaal tot licht verhoogd. Hoge ijzergehalten gaan niet samen met hoge sulfaatgehalten; pyrietoxidatie treedt dus niet op. Het grondwater heeft steeds calcium als dominant kation, maar bicarbonaat is niet altijd het dominante anion. De ionratio is hoog. Het grondwater bestaat voor een groot deel uit regenwater, hetgeen op infiltratie duidt (bijlage 2). In bijlage 5 is het EC-IR diagram te zien. Hieruit blijkt dat het grondwater voor omstreeks 60% uit regenwater bestaat; bij boring 2 meer en bij boring 1 minder.

Het Lindewater (Fryske Gea, 2001) bevat weinig nutriënten (gemiddelde 2001 voor $\text{PO}_4\text{-P}$ = 0,02 (<0,01-0,05) en voor SO_4 =16,5 (7-21) mg/l).

Fig. 3.2.

Madeveengrond (zoals boring 8) met bruin veenmosveen op $\pm 70\text{-}100$ cm-mv (de kluit linksboven is 0-10 cm en elke volgende kluit 10 cm dieper).

Fig. 3.3.

Meerveengrond (boring 4) met zandig materiaal bovenin het profiel en bruin gereduceerd zeggeveen op $\pm 55\text{-}100$ cm-mv.

Fig. 3.4.

Moerpodzolgrond (boring 7) met veraard zwart veen van 0-25 cm-mv en een matig ontwikkelde podzol op 25-60 cm-mv en daaronder gereduceerd zand.

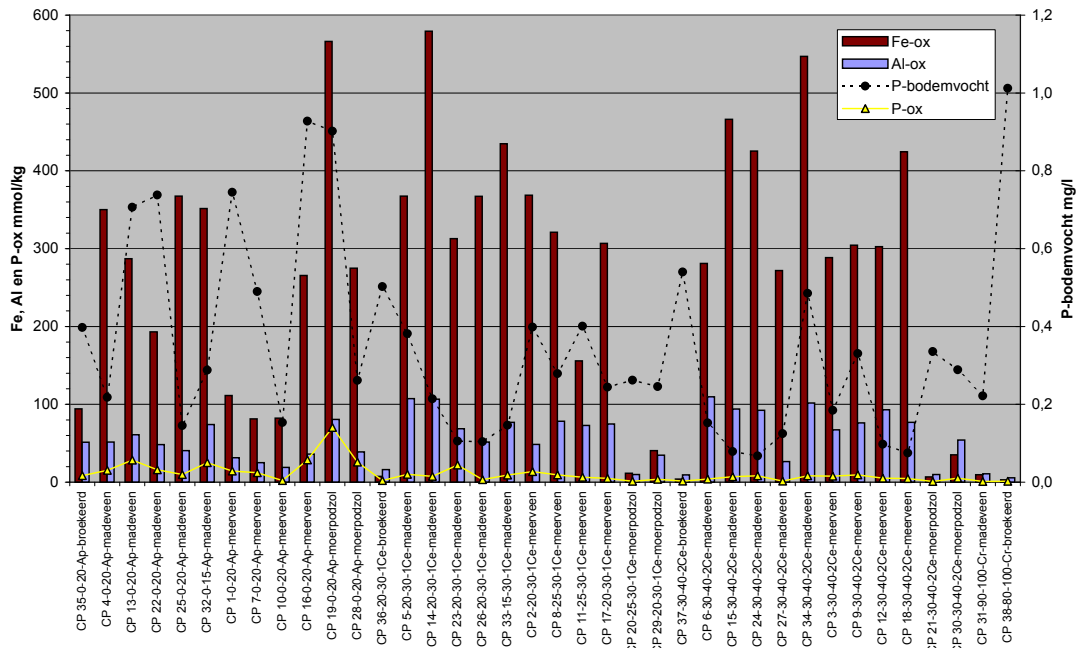


Fig. 3.5.

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

Tabel 3.1.

Gemiddelde en afgeronde concentraties oxalaat extraheerbaar ijzer+aluminium, fosfaat en P-bodemvocht in gronden uit andere terreinen en in de Catspolder.

Gebied	grondsoort	Horizont	$(Fe+Al)_{ox}$	P_{ox}	$P_{bodemvocht}$
			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
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
	podzolgrond		60	41	1,39
	C-horizont (alle typen)		71	6	0,25
Catspolder	0-20 cm	A	299	22	0,50
	20-30 cm	Ce	335	8	0,27
	30-40 cm	Ce	347	5	0,23
	80-100 cm	Cr	15	1	0,62



IV

Fosfaattoestand





1 Fosfaat in de bodem

1.1 Achtergrond

Fosfaat wordt in de bodem vastgelegd door amorphe (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 (α) 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 α is afhankelijk het gehalte amorphe 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.

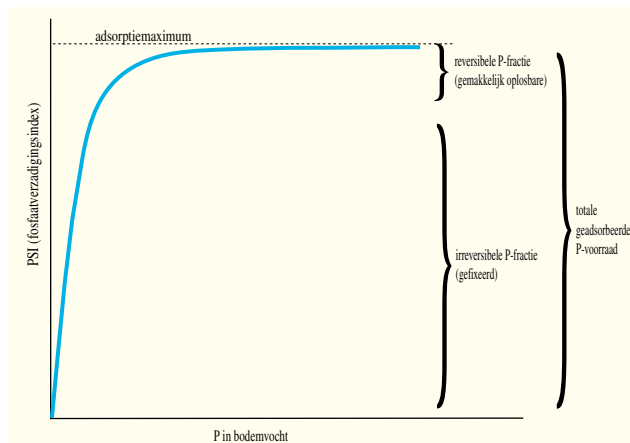
Op de verticale as is het fosfaatgehalte (P_{ox}) in relatie tot het gehalte $(Fe+Al)_{ox}$ weergegeven. De variabele op de verticale as wordt de fosfaatverzadigingsindex ($a=PSI=P_{ox}/(Fe+Al)_{ox}$) genoemd.

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 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.



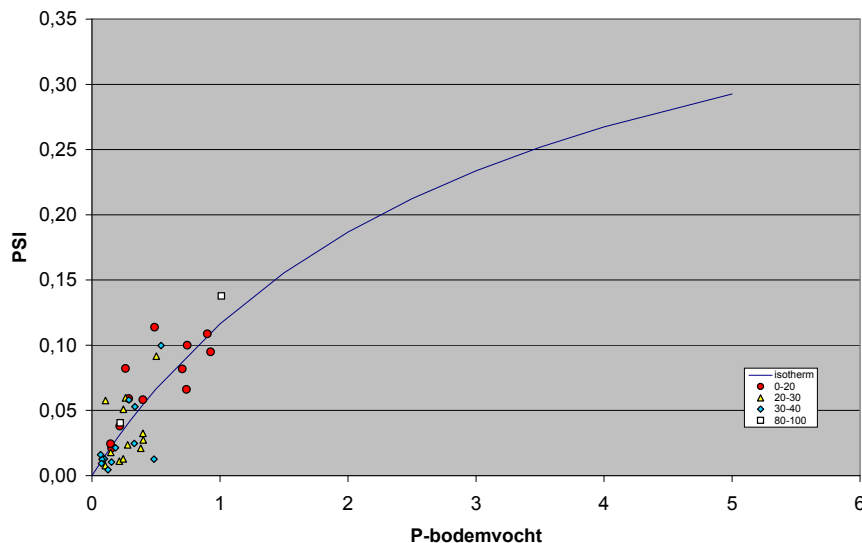


Fig. 4.2. Verband tussen het fosfaat in het bodemvocht en de PSI (fosfaatverzadigingsindex). De lijn geeft de berekende isotherm weer. In de puntenwolk is onderscheid gemaakt tussen de horizon-ten. De isotherm is doorgetrokken tot normaal voorkomende concen-traties

1.2 De fosfaattoestand in de Catspolder

In de Catspolder werden 38 bodemmonsters uit de A-, Ce- 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 regressieanalyse verkregen isotherm weergegeven ($R=0,80$). Uit deze analyse blijkt het adsorptiemaximum te liggen bij $0,47(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}$. Dit betekent dat deze gronden een normale 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 Ce-horizont ($<0,10$; gemiddeld $0,03$ tegen $0,07$ 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 $0,47(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}$, is vervolgens de fosfaatverzadigingsgraad (PSD) van de monsters berekend volgens:

$$\text{PSD} = P_{\text{ox}} / 0,47(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}$$

Omdat de monsters steeds binnen een bodemhorizont verzameld zijn, kan onderscheid gemaakt worden tussen de PSD van horizon-ten. Uit fig. 4.3 blijkt dat de laagste verzadigingswaarden voorkomen in de Ce-horizont ($<21\%$; gemiddeld 7% tegen 15% in de A-horizont).

Verder blijken de maximale waarden voor PSI en PSD% weinig te verschillen tussen de A- en Ce-horizont (steeds rond 20%). De verschillen tussen made- en meerveengrond zijn klein, evenals tussen moerpodzol- en broekeerdgrond.

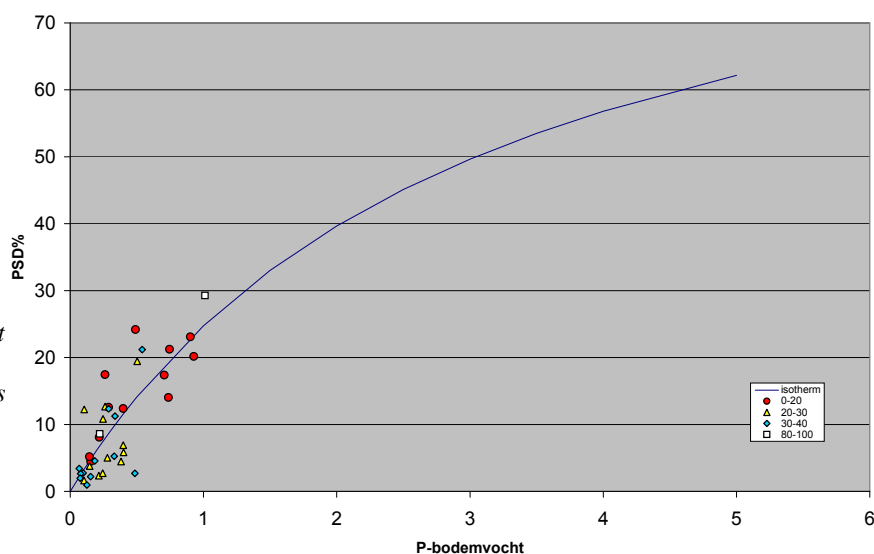
Er hoeft dus geen onderscheid gemaakt te worden tussen de verschillende bodemeenheden. In tabel 4.1 zijn eventuele verschillen samengevat voor verschillende gemeten parameters.

De A-horizonten zijn over het algemeen sterker verzadigd met fosfaat (gemiddeld 15% , $5-24\%$), maar desalniettemin nog steeds laag. Opvallend is de relatief hoge fosfaatverzadiging in één van de bemonsterde Cr-horizonten (PSD= 29%).

Ook valt op dat de C-horizonten van de broekeerd- en moerpodzol-



Fig. 4.3. Verband tussen het fosfaat in het bodemvocht en de PSD (fosfaatverzadigingsgraad). De lijn geeft de berekende isotherm weer. In de puntenwolk is onderscheid gemaakt tussen de horizonten. De isotherm is doorgetrokken tot normaal voorkomende concentraties



gronden een zeer lage bindingscapaciteit voor fosfaat hebben (Fe+Al) en dat het aandeel aluminium daaraan hoog is. Daaruit volgt dat in die gronden, bij vergelijkbare hoeveelheden P_{ox} , de PSD ook relatief hoog is.

Tabel 4.1.

Gemiddelde waarden per horizont en bodemtype van diverse parameters in de Catspolder.

Bodemtype	Horizont	PSI	PSD	P_{ox}	Fe_{ox}	Al_{ox}	$(Fe+Al)_{ox}$	$P_{bodemvocht}$
		-	%	mmol/kg				mg/l
madeveen aV...	A	0,05	12	19	310	55	365	0,42
	1Ce	0,02	5	10	412	82	494	0,20
	2Ce	0,01	2	6	398	85	483	0,18
meerveen zV...	A	0,08	18	14	135	28	163	0,58
	1Ce	0,02	5	9	288	69	357	0,33
	2Ce	0,02	4	7	330	78	408	0,17
moerpodzol vWp	A	0,10	20	48	421	60	481	0,58
	1Ce	0,06	12	3	26	22	48	0,25
	2Ce	0,06	12	3	21	32	53	0,31
Broekeerd vWz	A	0,06	12	9	94	51	145	0,40
	1Ce	0,09	20	2	8	16	24	0,50
	2Ce	0,10	21	1	4	9	13	0,54

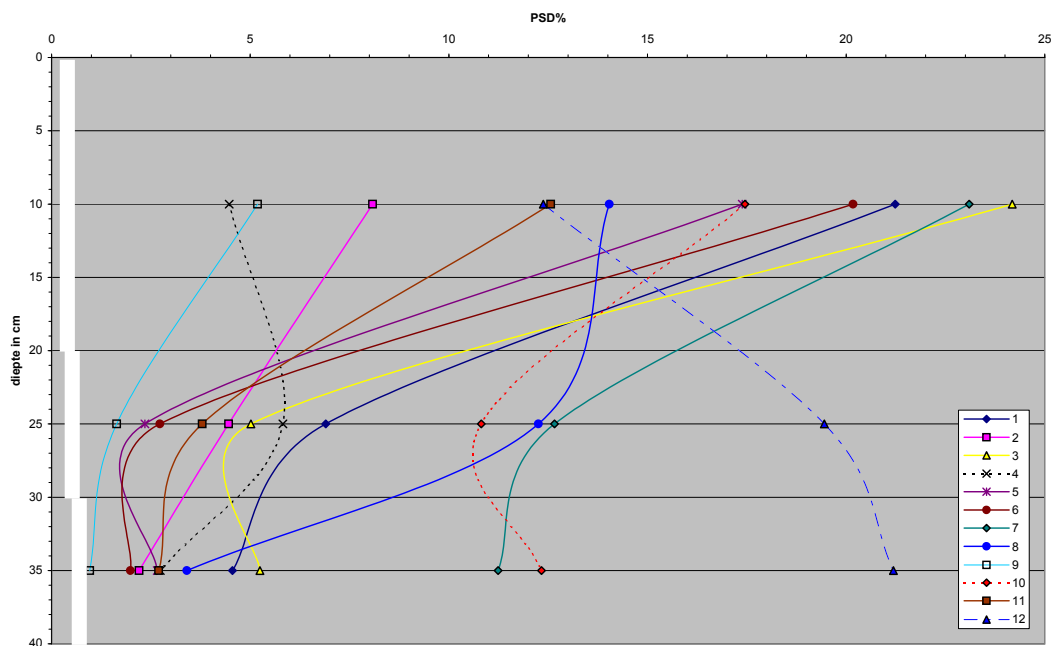


Fig. 4.4.
Het verloop van het PSD% in de diepte. De punten zijn in het midden van de bemonsterde laag (witte balk) geplaatst.

Uit tabel 4.1 blijkt dat de bindingscapaciteit ($\text{Fe}+\text{Al}$)_{ox} in de veengronden van de Catspolder vooral wordt bepaald door ijzer. In de podzol- en broekeerdgronden in de C-horizonten vooral door aluminium. Blijkbaar is de aanvoer van ijzer in de veengrond groter dan in de podzol- en broekeerdgronden. De podzol- en broekeerdgronden liggen tegen de kade in het oosten van het onderzochte gebied en beslaan slechts een klein deel van de oppervlakte.

De fosfaatverzadiging daalt met de diepte (fig. 4.4), maar soms stijgt deze juist zoals bij boring 12 (broekeerdgrond langs de kade).

Uit de boorbeschrijvingen blijkt dat de gemiddelde dikte van de A-horizont 18 cm bedraagt (SD=5; range 10-28). 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} . De PSD van de A-horizont van alle onderzochte gronden in de Catspolder bedraagt gemiddeld 15% en de PSI is gemiddeld 0,07. In de Ce-horizont is dat voor de PSD 7% en voor de PSI 0,03.

Toch kan gezegd worden dat ook in de A-horizont (0-20cm) de fosfaatverzadiging en de PSI laag zijn; alle zijn voldoende laag voor Dotterbloem-hooiland. Op meerdere plaatsen is de PSI laag genoeg voor de ontwikkeling van schraalgrasland. Afgraven van de A-horizont creëert omstandigheden die op de veengronden uitermate geschikt zijn ($\text{PSI} < 0,04$, $\text{PSD} < 10\%$) voor de ontwikkeling van Blauwgrasland (*Cirsio dissecti-Molinietum*). De na afgraven nieuw dazomende Ce-horizont bevat in de veengronden nog zeer veel ijzer om fosfaat te fixeren.



Vegetatieperspectieven







1 Waar zou moeten worden afgegraven?

Het ontwikkelingsplan voorziet in afgraven van minstens 20 cm van de bovengrond. De grond is nodig voor het opwerpen van kades en wallichamen (stripes). Afgraven heeft als achtergrond de Catspolder als waterberging (meestromende polder) in te richten. Deze maatregelen hebben tot gevolg dat een deel van de Catspolder permanent onder water komt te staan, met als gevolg anaërobe omstandigheden in de onderwaterbodem. Dit heeft tot gevolg dat aan ijzer gebonden fosfaat door ijzerreductie voor een deel in oplossing gaat. Afgraven van de bovenste meest voedselrijke laag (A-horizont) zal in positieve zin bijdragen aan het ontstaan van P-armere omstandigheden. Er is minder fosfaat gebonden dat na reductie in oplossing kan gaan.

Op basis van de bevindingen in hoofdstuk IV luidt het advies de A-horizont af te graven.

Conclusie

Er kan worden geconcludeerd dat de A-horizont strikt gezien, op basis van de fosfaatverzadiging, niet zou hoeven te worden afgegraven wanneer na de inrichting sprake was van aërobe omstandigheden. Omdat dit in ieder geval in de laagste delen langs de Linde, na herinrichting, niet het geval zal zijn is het oorspronkelijk besluit om minstens 20 cm af te graven, het juiste.

Door het afgraven van de A-horizont ontstaan geschikte uitgangssituaties (fosfaatarme omstandigheden) voor de ontwikkeling van schrale aërobe vegetatie. Maar de broekeerd- en moerpodzolgronden hebben ook in de Ce-horizont nog de fosfaatverzadigingswaarden van 10-20%; verder afgraven zou geen zin hebben. Mogelijk is het verstandig deze gronden, die tegen de oostelijke kade aanliggen in het geheel niet af te graven, zodat aërobe omstandigheden gehandhaafd blijven of periodiek voorkomen. Daardoor blijft ook meer bindingscapaciteit behouden (tabel 5.1 en fig. 3.5).

2 Wat is het effect van afgraven?

Fosfaat

Door de A-horizont van de made- en meerveengronden af te graven, wordt de fosfaattoestand verbeterd tot een niveau dat geschikt is voor ontwikkeling van Blauwgrasland: de PSI wordt $<0,04$ (gemiddeld 0,02) en de PSD wordt $<6,9\%$ (gemiddeld 4%). Dit gemiddelde niveau van de nieuwe dagzomende laag is significant lager dan het gemiddelde in de A-horizont ($P < 0,01$; A-horizont $PSI=0,7$ en $PSD=14\%$). In fig. 5.1 is de PSI en PSD% te zien van de na afgraven dagzomende Ce-horizont. Alleen in het oosten tegen de kade is nog een $PSD=10-20\%$ aanwezig na afgraven. De dikte van de af te graven A-horizont is weergegeven in fig. 5.2.

Grondwater

In de Catspolder ligt de vastgestelde GLG (volgens bodemkenmerken) gemiddeld op 72 (60-90) cm-mv. De GHG ligt op gemiddeld 7 (0-20) cm-mv. Door het afgraven komt de grondwaterstand dicht bij of aan maaiveld. Door inundatie met Lindewater zal grondwater weer teruggedrongen worden, maar zal bij droogvallen weer stijgen. Het grondwater is fosfaat- en nitraatarm evenals inundatiewater vanuit de Linde.



Fig. 5.1.
De PSI en PSD% van de na afgraven dagzomende Ce-horizonten.



Fig. 5.2.
De dikte in cm van de A-horizont.



3 Vegetatieperspectief na afgraven

3.1 In droogvallende delen

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 (grond) waterstand. 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 A-horizont opgegeven.

Door deze maaiveldaling, kan het grondwater de basenverzadiging van de bovengrond voor een deel van de gronden op peil houden/brengen. Het grondwater bevat echter matige hoeveelheden basen. De invloed van inundatie met Lindewater zal vergelijkbare effecten hebben, maar dit bevat wel iets meer fosfaat.

In fig. 5.3 is een kaart te zien met de te verwachten vegetatie, op grond van de fosfaatverzadiging. Voor de fosfaatverzadiging geldt dat na afgraven de dagzomende C-horizont een geschikte uitgangssituatie biedt voor natuurontwikkeling. In tabel 5.1 zijn gemiddelde gemeten waarden (met SD) van oxalaat extraheerbaar ijzer (Fe_{ox}), aluminium (Al_{ox}) en fosfaat (P_{ox}) en de fosfaatverzadigingsindex in de Catspolder opgesomd, naast referentiewaarden. De referentiewaarden zijn uit natuurreservaten afkomstig, verspreid door het land (zie Giesen & Geurts, 2004) en van het Referentieproject van Staatsbosbeheer (Beets e.a., 2000-2004).

De referentiewaarden zijn afkomstig uit ander onderzoek naar de fosfaattoestand (Alterra; Groot Zandbrink, Punthuizen, Stroothuizen, Lemselermaten, de Reitma, Korenburgerveen, Wyldlanden, Ulekryte, Meeuwenkampje, Taarlo, Veenkampen, Lage Made, Reesdal en Staatsbosbeheer 'Referentieproject').

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 bodemtypen en horizonten in de Catspolder.

	Syntaxon	N	Fe_{ox}		Al_{ox}		P_{ox}		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
Catspolder	Madeveen (A; 0-20)	6	304	65	52	12	20	7	0,06	0,02
	Madeveen (1Ce: 20-30)	6	350	162	74	27	10	6	0,03	0,02
	Meerveen (A: 0-20)	4	135	76	28	7	14	10	0,08	0,04
	Meerveen (1Ce: 30-40)	4	288	80	69	12	9	3	0,02	0,01
	Broekerd (A: 0-20)	1	94	-	51	-	9	-	0,06	-
	Broekerd (1Ce: 30-40)	1	8	-	16	-	2	-	0,09	-
	Moerpodzol (A: 0-20)	1	566	-	80	-	70	-	0,11	-
	Moerpodzol (1Ce: 30-40)	1	12	-	10	-	1	-	0,06	-
alle samen	38	254	170	56	31	11	12	0,05	0,04	

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 op de veengronden bij Blauwgrasland en in de overige gronden bij Dotterbloemhooiland ligt (zie voor de individuele waarden bijlage 2).

3.2 Permanent geïnundeerde delen

In permanent geïnundeerde delen liggen de zaken anders. Daar ontstaan anaërobe omstandigheden, hetgeen gevolgen kan hebben voor de fosfaatbinding.

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 veengronden in de Catspolder rijkelijk aanwezig. 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 Fe^{2+} minder fosfaat binden dan 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 $pH < 6,5$, zoals vermoedelijk in de Catspolder het geval is, zal deze binnen enkele weken door ijzerreductie stijgen tot 6,7-7,2 (dit geldt voor bodems met veel organische stof en reduceerbaar ijzer; Ponnamperuma, 1972).

De hoeveelheid ijzer die in oplossing gaat is sterk afhankelijk van de pH (Ponnamperuma, 1972) en wordt hoger naarmate de pH daalt (b.v. 350 mg Fe/l bij pH 6,5). Verder vervangt ijzer(II) calcium dat aan het adsorptie-complex 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 Fe^{3+} - Fe^{2+} evenwicht zal de concentratie van ijzer ongeveer 45 mg/l

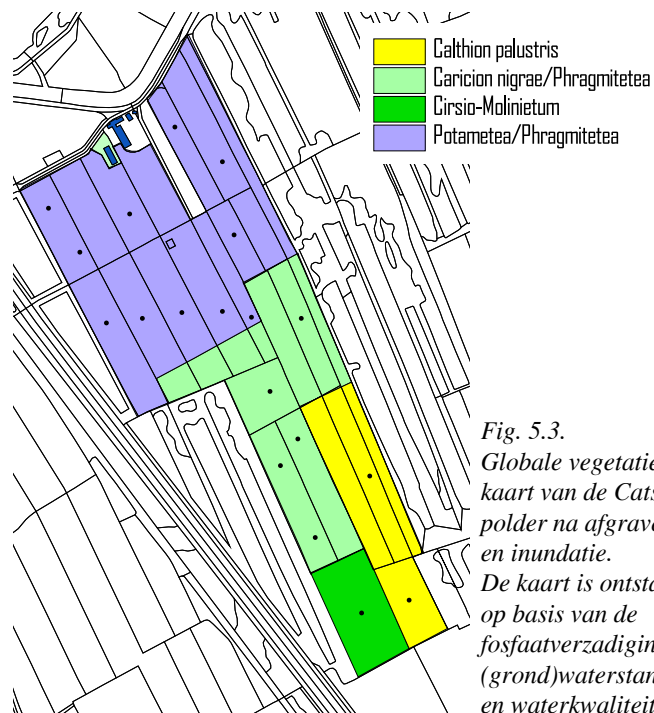


Fig. 5.3. Globale vegetatiekaart van de Catspolder na afgraven en inundatie. De kaart is ontstaan op basis van de fosfaatverzadiging, (grond)waterstand en waterkwaliteit.



bedragen. Omdat in het grondwater (gemiddelde=45,8 mg SO₄/l) en zeker in het Lindewater (gemiddelde < 20 mg SO₄/l in 2001 en in 2007 7,6 mg/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 Fe²⁺ 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 Ponnamperuma (1972) voor bijna neutrale klei. Wordt het inundatiewater na evenwicht instelling steeds weer afgelaten, dan zal dus fosfaat worden afgevoerd. In Lindewater (potentieel inundatiewater) is in 2007 een fosfaatconcentratie gemeten van 0,021 mg P/l (in 2006 gemiddeld 0,01 mg P/l). Dit water bevat dus een factor 10-20 minder fosfaat dan de evenwichtoplossing.

De na afgraven dagzomende 1Ce-horizont in veengrond bevat gemiddeld ca. 8 mmol P/kg of 248 mg P/kg. Daaruit volgt dat, bij een gemiddelde bulk density van 300 kg/m³ voor de veengronden, elke m³ grond 74 g P bevat. Voor een hectare (met een laagdikte van 25 cm) geldt dan 186 kg P/ha (d.i. 18,6 g P/m², zie fig. 5.4). Een waterlaag van 1 meter diepte kan per hectare dan per keer 10⁷ x 0,23=2,3 kg P afvoeren. Dat betekent dat (theoretisch) door 80 keer 'spoelen' de fosfaatvoorraad uitgeput zou zijn.

De fosfaatproblemen zouden te voorkomen zijn als ook de geplande 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. Door de anaërobe omstandigheden die zullen ontstaan door inundatie, zal het bovenstaande water voedselrijk worden. De watervegetatie die daarbij hoort zijn gemeen-

Fig. 5.4.
De hoeveelheid P_{ox}
in g/m². De hoogste
waarden worden
langs de oostzijde
gevonden.





schappen 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. Deze inschatting is weergegeven in fig. 5.3. De huidige Witbol-fase van de graslanden wordt vermoedelijk door te hoge stikstof bemesting veroorzaakt.

4 Samenvattende conclusie en advies

- * Op basis van de chemische bodemanalyses kan worden geconcludeerd dat het meeste fosfaat is opgeslagen in de A-horizont. De gemeten hoeveelheden zijn echter niet hoog.
- * Op basis van de fosfaatverzadiging hoeft de A-horizont strikt gezien niet te worden afgegraven. Het oorspronkelijke plan ± 20 cm af te graven is wel het juiste, omdat hierdoor de fosfaatvoorraad afneemt en na inundatie dus minder in oplossing kan gaan (vooral in de laagste delen langs de Linde, waar zeker anaërobe omstandigheden gaan optreden).
- * Hoewel het soms moeilijk is om op basis van visuele kenmerken de aangegeven diktes af te graven, speelt dat in de Catspolder niet omdat kan worden uitgegaan van de aangegeven dikte in cm.
- * Afgraven van de aangegeven dikte (A-horizont) heeft tot gevolg dat veen aan maaiveld komt. Dat veen (in de Ce-horizont) is vaak ver-aard, maar nooit irreversibel ingedroogd en bevat daardoor minder beschikbare nutriënten. Wel moet de nieuwe dagzomende horizont nat blijven, om opnieuw irreversibel indrogen van het veen te voorkomen.
- * Het grondwater in de Catspolder is matig basenrijk, waardoor aanvulling van het adsorptiecomplex van de bodem niet sterk zal kunnen zijn.
- * Het Lindewater en het grondwater bevatten niet veel sulfaat, zodat interne eutrofiëring onder invloed van sulfaatreductie waarschijnlijk niet zal optreden. Aanvoer van fosfaat met grond- of Lindewater is ook niet te verwachten
- * Na afgraven wordt verwacht dat onder aërobe, maar 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 Moliniëtales-orde (*Junco-Molinion*, *Cirsio dissecti-Molinietum*, *Calthion palustris*).
- * Na afgraven wordt verwacht dat onder anaërobe omstandigheden hoeveelheden fosfaat in oplossing gaan, waardoor in het bovenstaande water omstandigheden zullen ontstaan die net boven voedselrijk liggen, in de richting van zeer voedselrijk. De verwachte fosfaatconcentratie (0,23 mg P/l) overschrijdt waarschijnlijk niet de Europese richtlijn voor oppervlaktewater van 0,4 mg P/l.
- * Op permanent geïnundeerde plaatsen zullen zich gemeenschappen ontwikkelen uit de *Potametea* en *Phragmitetea*. Op wat ondiepere, en nu en dan droogvallende plaatsen, gemeenschappen uit het *Caricion nigrae*.



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.
- Bloemendaal, F.H.J.L., & J.G.M. Roelofs, 1988. Waterplanten en waterkwaliteit. *Natuurhistorische Bib. Van de KNNV*, 45. Uitgeverij KNNV.
- Dienst Landelijk gebied, 2006a. Landinrichting Beekdal Linde. Eerste module. Leeuwarden.
- Dienst Landelijk gebied, 2006b. Landinrichting Beekdal Linde. Raamplan. Leeuwarden.
- 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. *Kunigl. Lantbr. Högsk. Ann.*, 26: 199-215.
- Fryske Gea, 2001. Wateranalyses van Lindewater.
- Giesen & Geurts, 2002. De betekenis van chemische en fysische wateranalyses. Staatsbosbeheer, Deventer/G&G, Uift.
- Giesen & Geurts, 2004. De fosfaat- en basentoestand van de bodem in de Hooilanden van Binnenveld-Oost 2004, met plagadvies. Uift, SBB Regio Oost.
- Giesen & Geurts, 2005. De fosfaat- en basentoestand van de bodem van percelen langs de Groenlose Slinge bij Beltrum, met plagadvies. Uift, DLG Arnhem.
- Giesen & Geurts, 2006a. Plaggen ten behoeve van natuurontwikkeling. Fosfaatverzuivering als uitgangspunt. Flyer G&G, Uift.
- 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. Uift, WRD, Almelo.
- Giesen & Geurts, 2006c. De fosfaat- en basentoestand van de bodem langs de Enkele Wiericke. DLG, Den Haag.G&G, Uift.
- Giesen & Geurts, 2006d. De fosfaat- en basentoestand van de bodem in het Renkumse beekdal. Staatsbosbeheer, Deventer/G&G, Uift.
- 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 Plantenvoeding. L.U. Wageningen.
- 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 Plantenvoeding. 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.
- 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.
- 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.
- Schwertmann, U. 1964. Differenzierung der Eisenoxide des Bodens durch Extraktion mit Ammoniumoxalat-Lösung. *Z. pflanzenernaehr. 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.
- Stuyfzand, P.J., 1986. Een nieuwe hydrochemische classificatie van watertypen, met Nederlandse voorbeelden van toepassing. *H₂O*(19) 23:562-568.
- Temminghoff, E.J.M. (ed.), 2000. *Methodology of chemical soil and plant analysis.* Subdepartment Soil Science and Plant Nutrition, Wageningen University.
- 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 19 bodemprofielen.

boring	diepte	horizont	humus			MSO	Bodemeenheden		Gt	GHG	GLG	Opmerking
			%	lithum <2µ	leem < 50µ		code	in 't veld omschrijving				
A	0-18	1Ap	-	-	-	-	aVc	madeveengrond	II/III	10	80	irr. Ingedroogd veen
	18-75	1Ce	-	-	-	-						vervaard veen
	75-90	1Cr1	-	-	-	-						arm broekveen
	90-120	1Cr2	-	-	-	-						zegge-mosveen
1	0-12	1Ap	14	-	-	140	aVs	madeveengrond	II	0	60	vrijwel homogeen
	12-20	1A/C	8	-	-	140						heterogeen
	20-60	2Ce	90	-	-	-						vervaard mosveen
	60-120	2Cr	90	-	-	-						veenmosveen
	0-17	1Ap	75	-	-	-	aVs	madeveengrond	II	5	80	irr. veen + iets zand
2	17-50	1Ce1	90	-	-	-						vervaard veen, zwart gliedeachtig
	50-75	1Ce2	90	-	-	-						z.d.bruin arm broekveen, geoxydeerd
	75-118	1Cr	90	-	-	-						licht bruin
	118-120	2BCr	1	-	-	40						zwakke podzol B
	0-18	1Ap	65	-	-	-	aVs	madeveengrond	II	5	70	matig ingedr.veen + wat zand
B	18-50	1Ce1	80	-	-	-						veeraard onherkenbaar veen, gliedeachtig
	50-65	1Ce2	80	-	-	-						arm geoxydeerd broekveen
	65-105	1Cr	-	-	-	-						mosveen
	105-120	2Cr	-	-	-	10 145						dekzand
	0-14	1Ap	7	-	-	145	zVc	meerveengrond	II/III	5	75	grijs
3	14-25	1A/C	3	-	-	12						bont
	25-45	2Ce1	90	-	-	-						matig ingedr.veen, zwart gliedeachtig
	45-70	2Ce2	75	-	-	-						zeggeveen met wat beekleem, bruin
	70-120	2Cr	95	-	-	-						veenmosveen
	0-28	1A/Cg	5	-	-	-	zVs	meerveengrond	II	0	60	zand+keileembrokken, heterogeen bont
4	28-53	2Ce1	85	-	-	-						geoxydeerd zeggeveen, zwart matig verraard
	53-95	2Cer	80	-	-	-						bruin
	95-120	3Cr	-	-	-	16 135						dekzand bruin
	0-18	1Ap	40	-	-	-	aVc	madeveengrond	II	5	60	ingedroogd zandig veen
	18-40	1Ce1	85	-	-	-						matig verraard veen zwart
5	40-60	1Ce2	85	-	-	-						geoxydeerd zeggeveen
	60-95	1Cr	85	-	-	-						bruin
	95-120	2Cr	2	-	-	22 130						dekzand + enkel grindje
	0-15	1Ap	40	-	-	-	aVz	madeveengrond	II	5	65	iets ingedroogd zandig veen
	15-45	1Ce1	80	-	-	-						half verraard broekveen zwart
C	45-65	1Ce2	60	-	-	-						bruin, verslagen veen met zeer fijn zand
	65-120	2Cr	-	-	-	20 130						lichtbruin-grijs
	0-20	1Ap	8	-	-	18 145	zVc	meerveengrond	II/III	20	85	donker grijs
	20-30	1A/Cg	3	-	-	-						zand+veel brokken keileem, bont
	30-50	2Ce1	85	-	-	-						half verraard broekzeggeveen zwart
6	50-85	2Ce1	-	-	-	-						geoxydeerd broekzeggeveen zwart
	85-100	2Cr	-	-	-	-						bruin
	0-25	1Ap	75	-	-	-	vWp	moerpodzolgrond	II	5	60	vervaard zwart veen
	25-60	2BCe	1	-	-	14 145						lichtgrijs bruin, matig ontv.podzol B
	60-120	2Cr	-	-	-	14 145						lichtgrijs bruin
7	0-10	1Ap	75	-	-	-	aVc	madeveengrond	III	5	85	zandig verraard veen, zeer donkergrijs
	10-35	1Ce1	90	-	-	-						gematigd verraard zeggeveen, zwart
	35-85	1Ce2	90	-	-	-						geoxydeerd riet zeggeveen
	85-100	1Cr	80	-	-	-						zeggemosveen, bruin
	100-120	2Cr	-	-	-	15 140						bruin
D	0-15	1Ap	8	-	-	14 145	zVp	meerveengrond	II	15	70	grijs
	15-28	1A/Cg	2	-	-	25 155						zand + keileem
	28-70	2Ce	80	-	-	-						half verraard zeggebroekveen
	70-100	3BCr	1	-	-	14 140						dekzand lichtbruin
E	0-15	1Ap	65	-	-	-	avc	madeveengrond	II	5	70	vervaard veen
	15-60	1Ce1	90	-	-	-						geoxydeerd broekzeggeveen, overstromings
	60-65	1Ce2	60	-	-	-						laagje lemig veen
	65-110	1Cr	85	-	-	-						veenmosveen
9	110-120	2Cr	-	-	-	14 140						dekzand
	0-12	1Ap	75	-	-	-	aVc	madeveengrond	II/III	10	75	vervaard veen + wat zand
	12-50	1Ce1	85	-	-	-						zeer matig verraard zeggebroekveen, zwart
	50-75	1Ce2	85	-	-	-						geoxydeerd zeggebroekveen, zwart
	75-120	1Cr	95	-	-	-						veenmosveen
F	0-10	1Ap	60	-	-	-	aVz	madeveengrond	II	5	70	matig verraard broekveen, zwart
	10-25	1Ce1	85	-	-	-						geoxydeerd broekveen
	25-70	1Ce2	85	-	-	-						geoxydeerd broekveen
	70-80	2Cr1	50	-	-	35 100						bruine meerbodem
	80-100	2Cr2	-	-	-	14 140						dekzand + grijs
10	100-120	3Cr	-	-	-	-						matig zware keileem, blauwgrijs
	0-20	1Ap	75	-	-	-	aVp	madeveengrond	II	5	70	vervaard zwart veen
	20-35	1Ce	80	-	-	-						geoxydeerd zeggeveen met wat zand
	35-40	2BC1	8	-	-	40 100						meerbodem
	40-65	2BC2	1	-	-	12 155						dekzand grijsbruin
	65-80	2Cr	-	-	-	10 155						incl. wat grind grijsbruin
	80-100	3Cr	-	-	-	-						matig zware keileem grijsblauw
11	0-15	1Ap	30	-	-	-	avz	madeveengrond	II	5	70	venig zand, donkergrijs
	15-52	1Ce	65	-	-	-						geoxydeerd broekveen, zwart
	52-70	2Ce	1	-	-	25 110						zeer lichtbruin
	70-120	2Cr	-	-	-	10 145						dekzand
G	0-25	1Ap	50	-	-	-	aVz	madeveengrond	III	15	90	irreversible ingedroogd veen + iets zand
	25-45	1Ce	80	-	-	-						geoxydeerd iets verraard zeggebroekveen zw
	45-60	2Ce1	-	-	-	40 100						
	60-90	2Ce2	-	-	-	15 145						
	90-120	2Cr	-	-	-	10 145						
12	0-17	1Ap	60	-	-	-	vWz	broekgrond	II/III	17	80	incl. wat grind
	17-75	2Cg	-	-	-	16 140						wat irreversible ingedroogd veen + iets zand
	75-100	2Cr	-	-	-	12 145						zeer zwak roestig



Bijlage 2.

Resultaten van de bodemanalyses in de Catspolder met gemiddelden.

Intern nr	boring	diepte cm	horizont	Bodemtype	materiaal veen	Organische stof	Bulk density	Fe	Al	P	Fe+Al	P	PSI	PSD	Pox
						%	kg/m3	oxalaat extraheerbaar			bodemvocht	-	%	25 cm laag g P/m2	
						mmol/kg						mg/l			
CP 4	2 a	0-20	Ap	madeveen	irreversibel verdroogd	57,6	237	350,13	51,45	15,27	401,6	0,218	0,04	8,1	28
CP 13	5 a	0-20	Ap	madeveen	irreversibel verdroogd	38,2	367	287,17	60,87	28,48	348,0	0,706	0,08	17,4	81
CP 22	8 a	0-20	Ap	madeveen	irreversibel verdroogd	26,5	483	193,10	48,33	15,95	241,4	0,738	0,07	14,0	60
CP 25	9 a	0-20	Ap	madeveen	irreversibel verdroogd	30,9	434	367,46	40,56	9,96	408,0	0,145	0,02	5,2	34
CP 32	11 a	0-15	Ap	madeveen	irreversibel verdroogd	25,2	499	351,65	74,00	25,17	425,6	0,288	0,06	12,6	97
CP 28	10 a	0-20	Ap	madeveen	irreversibel verdroogd	62,7	210	274,96	38,98	25,79	313,9	0,262	0,08	17,5	42
CP 1	1 a	0-20	Ap	meerveen	irreversibel verdroogd	17,1	623	111,26	31,50	14,27	142,8	0,745	0,10	21,2	69
CP 7	3 a	0-20	Ap	meerveen	irreversibel verdroogd	7,6	878	81,31	25,11	12,11	106,4	0,490	0,11	24,2	82
CP 10	4 a	0-20	Ap	meerveen	irreversibel verdroogd	4,1	1071	82,18	18,87	2,13	101,0	0,153	0,02	4,5	18
CP 16	6 a	0-20	Ap	meerveen	irreversibel verdroogd	12,6	718	265,58	36,06	28,64	301,6	0,928	0,09	20,2	159
CP 35	12 a	0-20	Ap	broekeerd	irreversibel verdroogd	11,2	757	94,14	51,42	8,48	145,6	0,397	0,06	12,4	50
CP 19	7 a	0-20	Ap	moerpodzol	irreversibel verdroogd	69,1	179	566,24	80,54	70,30	646,8	0,902	0,11	23,1	98
			gemiddeld	madeveen		40,2	371,8	304,1	52,4	20,1	356,4	0,393	0,06	12,5	57
			gemiddeld	meerveen		10,4	822,4	135,1	27,9	14,3	163,0	0,579	0,08	17,5	82
			gemiddeld	broekeerd		11,2	757,3	94,1	51,4	8,5	145,6	0,397	0,06	12,4	50
			gemiddeld	moerpodzol		69,1	179,5	566,2	80,5	70,3	646,8	0,902	0,11	23,1	98
			gemiddeld		veengrond	28,3	552,0	236,5	42,6	17,8	279,1	0,467	0,07	14,5	67
CP 5	2 b	20-30	1Ce	madeveen	half veraard	62,8	210	367,52	107,39	9,96	474,9	0,382	0,02	4,5	16
CP 14	5 b	20-30	1Ce	madeveen	half veraard	61,0	219	579,39	106,71	7,59	686,1	0,214	0,01	2,3	13
CP 23	8 b	20-30	1Ce	madeveen	half veraard	44,9	316	312,94	68,59	22,00	381,5	0,105	0,06	12,3	54
CP 26	9 b	20-30	1Ce	madeveen	half veraard	71,3	169	367,26	51,54	3,23	418,8	0,104	0,01	1,6	4
CP 33	11 b	15-30	1Ce	madeveen	half veraard	34,2	402	434,74	76,89	9,13	511,6	0,146	0,02	3,8	28
CP 29	10 b	20-30	1Ce	madeveen	half veraard	7,5	882	40,64	34,70	3,83	75,3	0,246	0,05	10,8	26
CP 2	1 b	20-30	1Ce	meerveen	half veraard	53,1	263	368,56	48,55	13,55	417,1	0,398	0,03	6,9	28
CP 8	3 b	25-30	1Ce	meerveen	half veraard	45,8	310	321,06	78,20	9,43	399,3	0,279	0,02	5,0	23
CP 11	4 b	25-30	1Ce	meerveen	half veraard	41,5	341	155,78	73,00	6,27	228,8	0,401	0,03	5,8	17
CP 17	6 b	20-30	1Ce	meerveen	half veraard	41,5	341	306,91	74,72	4,89	381,6	0,244	0,01	2,7	13
CP 36	12 b	20-30	1Ce	broekeerd	half veraard	1,2	1452	7,54	16,22	2,18	23,8	0,502	0,09	19,5	24
CP 20	7 b	25-30	1Ce	moerpodzol	half veraard	1,8	1336	11,47	9,95	1,28	21,4	0,262	0,06	12,7	13
			gemiddeld	madeveen		47,0	366,4	350,4	74,3	9,3	424,7	0,200	0,03	5,9	24
			gemiddeld	meerveen		45,5	313,5	288,1	68,6	8,5	356,7	0,330	0,02	5,1	20
			gemiddeld	broekeerd		1,2	1451,7	7,5	16,2	2,2	23,8	0,502	0,09	19,5	24
			gemiddeld	moerpodzol		1,8	1336,4	11,5	10,0	1,3	21,4	0,262	0,06	12,7	13
			gemiddeld		veengrond	49,1	330,0	336,7	74,4	7,6	411,1	0,248	0,02	4,7	18



Bijlage 2, vervolg.

Resultaten van de bodemanalyses in de Catspolder met gemiddelden.

Intern nr	boring	diepte cm	horizont	Bodemtype	materiaal veen	Organische stof	Bulk density	Fe	Al	P	Fe+Al	P	PSI	PSD	Pox
						%	kg/m3	oxalaat extraheerbaar mmol/kg				bodemvocht mg/l	-	%	25 cm laag g P/m2
CP 6	2 c	30-40	2Ce	madeveen	geoxideerd	73,7	159	280,95	109,59	4,05	390,5	0,152	0,01	2,2	5
CP 15	5 c	30-40	2Ce	madeveen	geoxideerd	64,6	201	466,11	93,89	7,00	560,0	0,079	0,01	2,7	11
CP 24	8 c	30-40	2Ce	madeveen	geoxideerd	72,6	164	425,32	92,30	8,30	517,6	0,067	0,02	3,4	11
CP 27	9 c	30-40	2Ce	madeveen	geoxideerd	79,7	134	271,96	26,56	1,35	298,5	0,125	0,00	1,0	1
CP 34	11 c	30-40	2Ce	madeveen	geoxideerd	62,9	209	547,15	101,73	8,23	648,9	0,485	0,01	2,7	13
CP 30	10 c	30-40	2Ce	madeveen	geoxideerd	7,9	867	35,13	54,09	5,18	89,2	0,289	0,06	12,3	35
CP 3	1 c	30-40	2Ce	meerveen	geoxideerd	63,7	205	288,48	67,37	7,62	355,9	0,185	0,02	4,6	12
CP 9	3 c	30-40	2Ce	meerveen	geoxideerd	51,7	272	304,40	76,19	9,39	380,6	0,331	0,02	5,2	20
CP 12	4 c	30-40	2Ce	meerveen	geoxideerd	57,1	240	302,57	93,04	5,10	395,6	0,097	0,01	2,7	9
CP 18	6 c	30-40	2Ce	meerveen	geoxideerd	50,8	277	424,35	76,94	4,68	501,3	0,075	0,01	2,0	10
CP 37	12 c	30-40	2Ce	broekeerd	geoxideerd	0,8	1598	4,07	9,28	1,33	13,3	0,540	0,10	21,2	16
CP 21	7 c	30-40	2Ce	moerpodzol	geoxideerd	1,5	1404	6,74	9,85	0,88	16,6	0,335	0,05	11,2	10
		gemiddeld		madeveen		60,2	289,0	337,8	79,7	5,7	417,5	0,199	0,02	4,0	13
		gemiddeld		meerveen		55,8	248,4	330,0	78,4	6,7	408,3	0,172	0,02	3,6	13
		gemiddeld		broekeerd		0,8	1598,4	4,1	9,3	1,3	13,3	0,540	0,10	21,2	16
		gemiddeld		moerpodzol		1,5	1403,9	6,7	9,8	0,9	16,6	0,335	0,05	11,2	10
		gemiddeld		veengrond		58,5	272,7	334,6	79,2	6,1	413,8	0,2	0,02	3,9	12,7
CP 31	10 d	90-100	Cr	madeveen	gereduceerd	1,2	1469	9,67	10,82	0,83	20,5	0,222	0,04	8,6	9
CP 38	12 d	80-100	Cr	broekeerd	gereduceerd	0,6	1685	3,06	5,52	1,18	8,6	1,012	0,14	29,3	15
gemiddelde		0-20			irreversibel verdroogd	30,2	538	252,10	46,47	21,38	298,57	0,498	0,07	15,0	68,1
		20-30			half veraard	38,9	520	272,82	62,21	7,78	335,02	0,274	0,03	7,3	21,6
		30-40			geoxideerd	48,9	477	279,77	67,57	5,26	347,34	0,230	0,03	5,9	12,8
		80-100			gereduceerd	0,9	1576,9	6,4	8,2	1,0	14,5	0,617	0,09	18,9	12,4
min		0-20			irreversibel verdroogd	4,1	179,5	81,3	18,9	2,1	101,0	0,145	0,02	4,5	17,6
		20-30			half veraard	1,2	169,3	7,5	10,0	1,3	21,4	0,104	0,01	1,6	4,2
		30-40			geoxideerd	0,8	134,0	4,1	9,3	0,9	13,3	0,067	0,00	1,0	1,4
		80-100			gereduceerd	0,6	1468,9	3,1	5,5	0,8	8,6	0,222	0,04	8,6	9,4
max		0-20			irreversibel verdroogd	69,1	1071,0	566,2	80,5	70,3	646,8	0,928	0,11	24,2	159,3
		20-30			half veraard	71,3	1451,7	579,4	107,4	22,0	686,1	0,502	0,09	19,5	53,8
		30-40			geoxideerd	79,7	1598,4	547,1	109,6	9,4	648,9	0,540	0,10	21,2	34,8
		80-100			gereduceerd	1,2	1684,8	9,7	10,8	1,2	20,5	1,012	0,14	29,3	15,4
gemiddeld					totaal	37,3	567,9	254,4	56,1	10,9	310,5	0,349	0,05	9,9	33,0
min					totaal	0,6	134,0	3,1	5,5	0,8	8,6	0,067	0,00	1,0	1,4
max					totaal	79,7	1684,8	579,4	109,6	70,3	686,1	1,012	0,14	29,3	159,3



Bijlage 3.

Resultaten van de wateranalyses in de Catspolder.

Intern nr.	Datum	EGV	pH	Ca	Mg	K	Na	Fe	SO4	Cl	HCO3	PO4-P	NO3-N	grond regen zee			Stuyfzand watertype			
		mS/m												water				%		
													mg/l			mmol/l	mg/l			
CP 1	31-6-2007	78,8	6,23	59,62	12,83	35,25	31,56	10,81	32,66	38,25	6,30	0,031	0,01	51,1	48,8	0,2	F3CaHCO3+			
CP 2	31-6-2007	32,2	5,95	16,82	6,28	21,49	18,25	2,38	60,76	27,60	0,90	0,010	0,01	13,9	86,0	0,1	g0CaMix +			
CP 6	31-6-2007	38,9	5,80	44,82	5,80	5,64	15,20	2,90	75,40	19,60	1,55	0,034	0,02	38,5	61,4	0,1	g1CaMix +			
CP 9	31-6-2007	46,6	5,96	58,12	4,33	2,58	9,51	6,49	1,80	21,10	3,50	0,032	0,01	50,1	49,8	0,1	g2CaHCO3			
CP 11	31-6-2007	30,7	5,86	44,93	2,66	1,51	4,26	2,43	58,56	15,80	1,15	0,026	0,04	38,7	61,3	0,1	g1CaMix .			
Linde	31-6-2007	38,3	6,56	48,53	4,18	2,90	16,88	1,20	7,62	31,75	2,85	0,021	0,03	41,5	58,4	0,1	F2CaHCO3			



Bijlage 4.

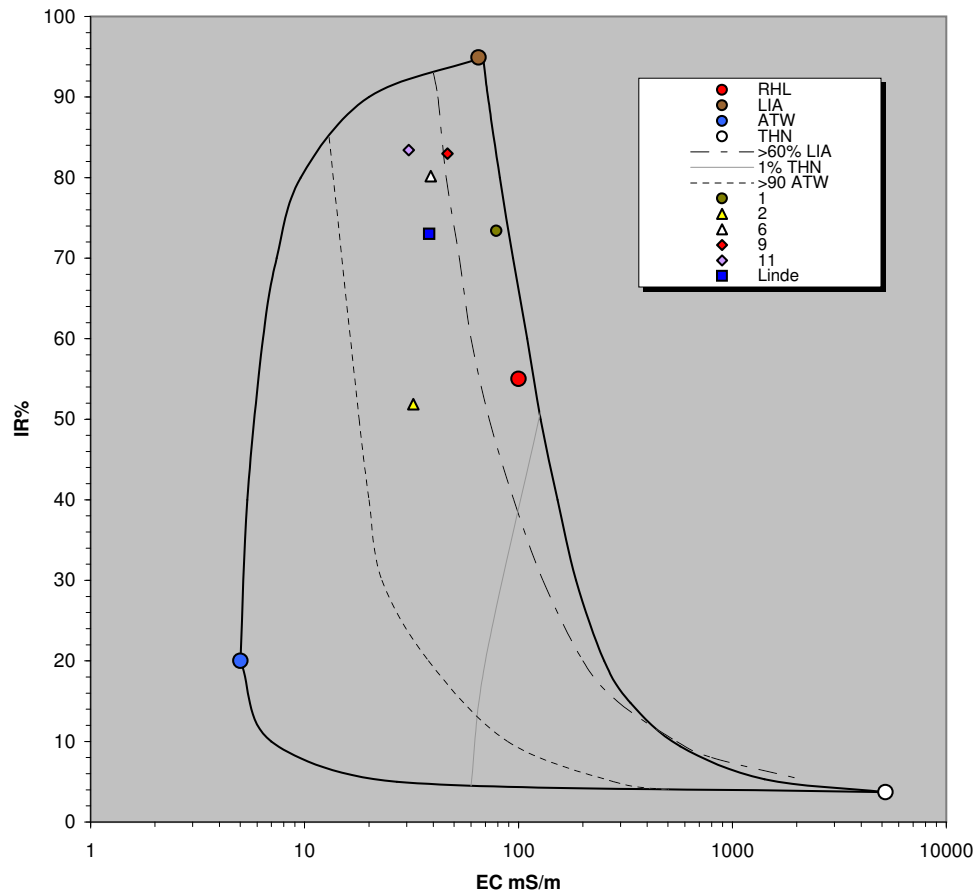
De ligging van de boorpunten (letters) en bodemmonsters (cijfers).





Bijlage 5.

EC-IR diagram van de watermonsters die in 2007 zijn verzameld. Monster 2 bestaat voor een flink deel uit regenwater.





Notities.

