

# De kans op nalevering van fosfaat uit de bodem in een in te richten biozone

Onderzoek op basis van de fosfaatverzadiging

Opdrachtgever:

Grontmij

Houten



*Giesen & Geurts*

*Biologische Projecten*

't Goor 9, 7071 PC Uift.

Tel 0315 - 640 460

Fax 640 252

© 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 kans op nalevering van fosfaat uit de bodem in een in te richten biozone. Onderzoek op basis van de fosfaatverzadiging. Giesen & Geurts, Ulf.

## Inhoud

Inleiding.....	4
1 Onderzoek.....	5
2 Bodemanalyses .....	5
3 Fosfaat .....	7
4 De fosfaattoestand .....	8
4.1 Achtergrond.....	8
4.2 De fosfaattoestand in de toekomstige biozone Ootmarsum .....	9
5 Waar is kans op nalevering van fosfaat?.....	10
6 Zou afgegraven de fosfaattoestand verbeteren? .....	11
7 Vegetatieperspectief .....	11
8 Samenvattende conclusie en advies .....	13
<b>Literatuur</b> .....	14

# Inleiding

Een graslandperceel ten noorden van RWZI Ootmarsum wordt ingericht voor de functie natuur/waterzuivering. Gezuiverd water zou in dit perceel weer tot 'leven' gebracht moeten worden. Omdat het gaat om een landbouwperceel en het vermoeden bestaat dat de bodem veel fosfaat bevat, is het van belang de fosfaattoestand nader te onderzoeken. Het is niet gewenst dat fosfaat vanuit de bodem wordt nageleverd, waardoor de functie 'natuur' in gevaar komt.

Van Grontmij Houten heeft Giesen & Geurts opdracht ontvangen grondmonsters nader te onderzoeken op de fosfaattoestand en de gevonden waarden te interpreteren naar fosfaatnalevering en natuurontwikkeling.

Hiertoe zijn door het Waterschap Regge en Dinkel een aantal grondmonsters op 3 diepten verzameld in het te onderzoeken perceel. Deze grondmonsters werdendoor ons op de fosfaattoestand onderzocht. Ook werd onderzocht welke vegetatieontwikkeling, eventueel na plaggen, mogelijk is.

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

- ✓Gehanteerde onderzoeksmethoden.
- ✓Resultaten van analyses.
- ✓Evaluatie van de resultaten met adviezen.

## 1 Onderzoek

Voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen was het noodzakelijk steekproefgewijs bodemmonsters te verzamelen. In elk perceel werden drie boringen (2 ondiepe en 1 diepe) uitgevoerd (door het Waterschap Regge en Dinkel). In elke boring werd de laag 10-30 cm-mv bemonsterd en gemengd tot een mengmonster die dus uit 3 submonsters bestaat. De bemonstering van laag 40-50 vond ook plaats in 3 boringen (dus 3 submonsters). De laag 70 werd alleen bemonsterd in de diepe boring en bestaat dus uit één monster.

In geen van de boringen werd de gereduceerde horizont bemonsterd. Van de 18 verzamelde bodemmonsters werd de fosfaattoestand bepaald. Voor de fosfaattoestand werd de fosfaatbindingscapaciteit, oxalaatextraheerbaar fosfaat en fosfaat in het bodemvocht bepaald. De fosfaattoestand werd uitgewerkt tot fosfaatverzadigingsgetallen. De waarden zijn van belang voor het inschatten van de mogelijkheden om een bepaalde vegetatie te laten ontwikkelen.

## 2 Bodemanalyses

De 18 grondmonsters zijn in goed afgesloten glazen potten vervoerd en op het laboratorium gecatalogiseerd.

Een representatief deel van het gedroogde monster is gemalen in een kruisslagmolen (fijnheid < 0,5 mm) en gehomogeniseerd.

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 opgegeven gehalten berekend zijn van oven-droge 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 en kationen werden met een AAS of ICP-AES bepaald.

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, 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 b.v. mmol/kg oven-droge grond).

In tabel 1 zijn de analyseresultaten opgesomd.

Tabel 1. De resultaten van de bodemanalyses met enige afgeleide waarden

(OD=ovendroge grond; sd=standaard deviatie).

Intern nummer	Raai	Boring	laag	diepte cm-mv	aantal sub- monsters	monster datum	Oxalaatextraheerbaar			P bodemvocht	PSI	PSD %	Fe+Al mmol/kg OD
							Fe	Al	P				
							mmol/kg OD			mg/l			
GO 1	1	1,2,3	1	10-30	3	8-11-06	158,79	17,92	13,96	0,143	0,079	22,6	176,71
GO 4	3	7,8,9	1	10-30	3	8-11-06	73,56	18,10	6,31	0,259	0,069	19,7	91,66
GO 7	5	13,14,15	1	10-30	3	8-11-06	171,94	25,26	11,04	0,089	0,056	16,0	197,20
GO 16	7	19,20	1	10-30	3	?	82,81	9,55	5,63	0,152	0,061	17,4	92,36
GO 10	9	24,25,26	1	10-30	3	8-11-06	128,90	24,12	6,76	0,262	0,044	12,6	153,02
GO 13	10	27,28,29	1	10-30	3	8-11-06	178,11	15,17	11,04	0,096	0,057	16,3	193,28
GO 2	1	1,2,3	2	40-50	3	8-11-06	216,68	25,24	22,05	0,066	0,091	26,0	241,92
GO 5	3	7,8,9	2	40-50	3	8-11-06	47,99	6,66	5,02	0,202	0,092	26,2	54,65
GO 8	5	13,14,15	2	40-50	3	8-11-06	389,11	15,68	54,37	0,290	0,134	38,4	404,79
GO 17	7	19,20	2	40-50	3	?	58,39	6,89	3,65	0,200	0,056	16,0	65,28
GO 11	9	24,25,26	2	40-50	3	8-11-06	84,99	14,36	2,42	0,174	0,024	7,0	99,35
GO 14	10	27,28,29	2	40-50	3	8-11-06	75,99	8,50	5,04	0,120	0,060	17,1	84,48
GO 3	1	1,2,3	3	70	1	8-11-06	25,02	3,36	5,91	0,466	0,208	59,6	28,37
GO 6	3	7,8,9	3	70	1	8-11-06	14,83	2,16	2,47	0,241	0,145	41,5	16,99
GO 9	5	13,14,15	3	70	1	8-11-06	21,33	2,44	2,45	0,136	0,103	29,5	23,77
GO 18	7	?	3?	70	?	?	6,47	2,66	0,58	0,114	0,064	18,1	9,13
GO 12	9	24,25,26	3	70	1	8-11-06	11,37	2,45	0,65	0,060	0,047	13,4	13,82
GO 15	10	27,28,29	3	70	1	8-11-06	13,28	5,60	0,91	0,139	0,048	13,8	18,88

gemiddelde van alle waarden		97,75	11,45	8,90	0,18	0,08	22,84	109,20
sd		97,65	8,22	12,58	0,10	0,04	12,75	103,49
gemiddelden	10-30	132,35	18,35	9,12	0,17	0,06	17,43	150,71
	40-50	145,52	12,89	15,43	0,18	0,08	21,78	158,41
	70	15,38	3,11	2,16	0,19	0,10	29,32	18,50
sd		45,35	5,81	3,36	0,08	0,01	3,42	48,05
		134,16	7,16	20,42	0,08	0,04	10,84	138,61
		6,76	1,28	2,03	0,15	0,06	18,36	6,89

gemiddelden	10-30	1 3 5	134,76	20,42	10,43	0,16	0,07	19,43	155,19
		7 9 10	129,94	16,28	7,81	0,17	0,05	15,43	146,22
	40-50	1 3 5	217,92	15,86	27,15	0,19	0,11	30,20	233,79
		7 9 10	73,13	9,92	3,71	0,16	0,05	13,37	83,04
	70	1 3 5	20,39	2,65	3,61	0,28	0,15	43,53	23,04
		7 9 10	3,51	1,76	0,17	0,04	0,01	2,61	4,87
sd	10-30	1 3 5	53,41	4,19	3,86	0,09	0,01	3,31	55,96
		7 9 10	47,66	7,35	2,86	0,08	0,01	2,51	50,80
	40-50	1 3 5	170,56	9,29	25,07	0,11	0,02	7,10	175,21
		7 9 10	13,53	3,93	1,31	0,04	0,02	5,54	17,08
	70	1 3 5	5,16	0,63	1,99	0,17	0,05	15,15	5,72
		7 9 10	3,51	1,76	0,17	0,04	0,01	2,61	4,87

### 3 Fosfaat

#### De laag 10-30 cm-mv

De monsters uit de 10-30 cm laag bevatten hoge hoeveelheden oxalaat extraheerbaar ijzer en aluminium ((Fe+Al)<sub>ox</sub>), waardoor ook grote hoeveelheden fosfaat (P<sub>ox</sub>) gebonden kunnen zijn. De uiterste gemeten waarden voor (Fe+Al)<sub>ox</sub> zijn in de laag 10-30 cm: 91,7 en 193,3 mmol/kg, voor P<sub>ox</sub>: 5,6 en 14 mmol/kg en voor P-bodemvocht: 0,09 en 0,26 mg/l.

#### De laag 40-50 cm-mv

Deze monsters bevatten hoge tot zeer hoge hoeveelheden oxalaat extraheerbaar ijzer en aluminium (Fe+Al)<sub>ox</sub>, waardoor ook grote hoeveelheden fosfaat (P<sub>ox</sub>) gebonden kunnen zijn. De uiterste gemeten waarden voor (Fe+Al)<sub>ox</sub> zijn in de laag 40-50 cm: 65,3 en 404,8 mmol/kg, voor P<sub>ox</sub>: 2,4 en 54,4 mmol/kg en voor P-bodemvocht: 0,07 en 0,29 mg/l.

#### De laag 70 cm-mv

De diepste laag bevat lage tot matig hoge hoeveelheden oxalaat extraheerbaar ijzer en aluminium ((Fe+Al)<sub>ox</sub>), waardoor ook slechts lage hoeveelheden fosfaat (P<sub>ox</sub>) gebonden kunnen zijn. De uiterste gemeten waarden voor (Fe+Al)<sub>ox</sub> zijn in de laag 70 cm: 9,1 en 28,4 mmol/kg, voor P<sub>ox</sub>: 0,6 en 5,9 mmol/kg en voor P-bodemvocht: 0,06 en 0,47 mg/l.

In vergelijking met enkele andere terreinen zijn de waarden voor (Fe+Al)<sub>ox</sub> hoog in de bovenste lagen. De waarden voor P-bodemvocht zijn daarentegen laag. In fig. 1 zijn deze parameters samen te zien per bodemtype en per laag. In tabel 2 zijn enige waarden uit andere terreinen en uit het onderzochte perceel opgesomd. Vooral in landbouwgrond blijkt veel fosfaat (P-bodemvocht=41,4 mg/l) weg te lekken naar het grondwater.

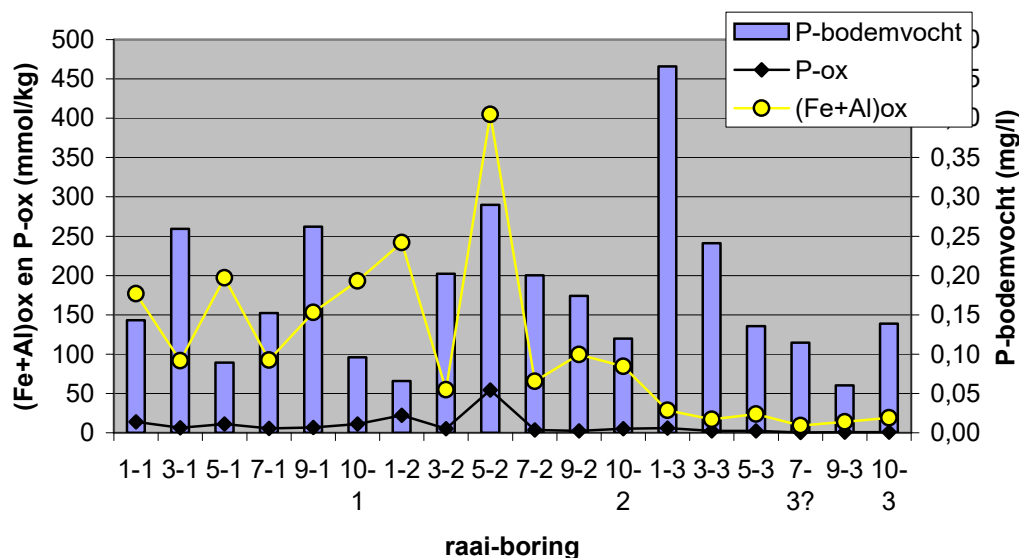


Fig. 1. De waarden van de bindingscapaciteit ((Fe+Al)<sub>ox</sub>), de P-voorraad (P<sub>ox</sub>), en de nalevering (P-bodemvocht) van de onderzochte monsters in de toekomstige biozone.

Tabel 2.

Gemiddelde en afgeronde concentraties oxalaat extraheerbaar ijzer + aluminium (Fe+Al), fosfaat (P) en P-bodemvocht, in gronden uit andere terreinen en van de bemonsterde diepten in de biozone Ootmarsum. Het valt op dat Fe+Al in de bovenste lagen tamelijk hoog zijn voor Twente en het gehalte P-bodemvocht verhoudingsgewijs laag.

Gebied	grondsoort	(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
biozone Ootmarsum	10-30 cm	150	9	0,17
	40-50 cm	158	15	0,18
	70 cm	19	2	0,19

## 4 De fosfaattoestand

### 4.1 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 actief 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.

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. Een grondsoort waarin de hoeveelheid fosfaat (P<sub>ox</sub>) overeenkomt met  $\alpha (Fe+Al)_{ox}$  wordt dan als fosfaatverzadigd beschouwd. De P-oxalaat analyse (P<sub>ox</sub>) wordt als maatgevend beschouwd voor de totale geadsorbeerde P-voorraad, dus zowel de reversibele (i.e gesorbeerd) als de (quasi-) irreversibele (i.e in 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 (aan Fe- en Al-oxiden) geadsorbeerde fosfaat (P<sub>ox</sub>) in evenwicht



verkeert met het fosfaat in het bodemvocht ( $P_{\text{water}}$ ). 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).

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

## 4.2 De fosfaattoestand in de toekomstige biozone Ootmarsum

In fig. 2 is het verband weergegeven tussen opgelost fosfaat (P-bodemvocht) en de fosfaatverzadigingsindex (PSI). In de figuur is tevens de via regressieanalyse verkregen isotherm weergegeven ( $R=0,81$ ). Uit deze analyse blijkt het adsorptiemaximum te liggen bij  $0,35(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}$ . Dit betekent dat deze gronden een lagere fosfaatadsorptiecapaciteit hebben dan de voor Nederlandse kalkloze zandgronden aangehouden 0,5.

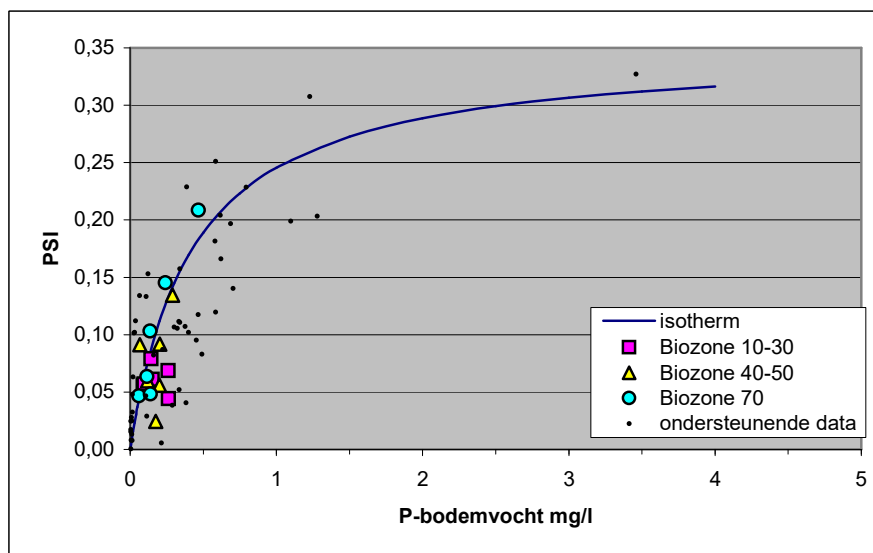


Fig. 2. Verband tussen het fosfaat in het bodemvocht en de fosfaatverzadigingsindex (PSI). De lijn geeft de berekende isotherm weer (berekend met ondersteunende data uit noordoost Twente).

Uitgaande van de gevonden maximale fosfaatverzadiging van  $0,35(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}$ , is vervolgens de fosfaatverzadigingsgraad (PSD) van de monsters berekend volgens:  $\text{PSD}=\text{P}_{\text{ox}}/0,33(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}$ .

De laag 10-30 cm blijkt laag tot matig (13-23%) verzadigd te zijn met fosfaat. De relatief lage P-verzadiging komt tot uiting in lage concentraties P in bodemvocht (meestal  $< 0,26$  mg/l).

De dieper liggende laag 40-50 cm heeft in raai 1, 3 en 5 een hogere P-verzadiging (26-38%). De concentraties P in bodemvocht zijn hier echter niet hoger (in raai 1, 3 en 5 resp. 0,066, 0,202 en 0,290 mg/l). In raai 7, 9 en 10 is de P-verzadiging lager (7-17%) dan in raai 1, 3 en 5.

In de laag 70 cm bereikt de P-verzadiging in raai 1, 3 en 5 ook hoge waarden (30-60%). De concentraties P in bodemvocht zijn in raai 1, 3 en 5 in laag 70 cm de hoogste van alle verzamelde monsters, maar in een breder perspectief ook niet hoog (in raai 1, 3 en 5 resp. 0,466, 0,241 en 0,136 mg/l). De waarden van raai 1, 3 en 5 vallen dus op door hogere P-verzadigingwaarden (PSD).

De bindingscapaciteit in de gronden van de toekomstige biozone wordt vooral bepaald door ijzer (zie bijlage 1). Blijkbaar wordt ijzer met het grondwater aangevoerd. Op grotere diepte (70 cm) is de laagste bindingscapaciteit  $(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}$  gemeten.

## Conclusie

Uit de analyse van de fosfaattoestand kan worden geconcludeerd, dat fosfaat vooral is geaccumuleerd in diepere lagen (40-50 en 70 cm) vooral in de raaien 1, 3 en 5. Daarin worden ook de hoogste waarden voorraad P ( $\text{P}_{\text{ox}}$ ) gemeten.

## 5 Waar is kans op nalevering van fosfaat?

Uit fig. 3 blijkt dat de fosfaatverzadiging niet hoger komt dan ca. 60%. Daarbij vallen de monsters GO3, GO6 en GO8 (resp. raai 5-2, 1-3 en 3-3; d.i. raai-laag) op, met relatief hoge waarden voor de PSD (resp. 38, 60 en 42%). Alle andere waarden van de PSD liggen beneden 30%. Verder valt op dat alle punten (m.u.v. GO3, 6 en 8) op het steile deel van de curve liggen. Dit betekent dat het fosfaat aanwezig is als irreversibele fractie en niet gemakkelijk beschikbaar zal komen. Dit blijkt ook wel uit de lage waarden van P-bodemvocht (voor de monsters op het steile curvedeel maximaal 0,26 mg/l). Deze waarden liggen ver onder de grenswaarde van 2,2 mg/l voor 'zeer gunstige' omstandigheden als uitgangssituatie voor schraalland.

De kans op nalevering van fosfaat uit de locaties van de monsters op het steile curvedeel is daarom zeer klein. Bij de monsters GO3 en GO6 (raai 1-3 en 3-3) zou die mogelijkheid wel bestaan, maar deze lagen liggen op 70 cm diep en het oppompen door de wortels van kruidachtige vegetatie kan gerust als klein worden ingeschat. Het monster GO8 (raai 5-2) dat op een diepte van 40-50 cm-mv is bemonsterd kan wel nalevering veroorzaken. Mogelijk kan dit vak afgesloten worden van de biozone of de tussenlaag worden afgegraven.

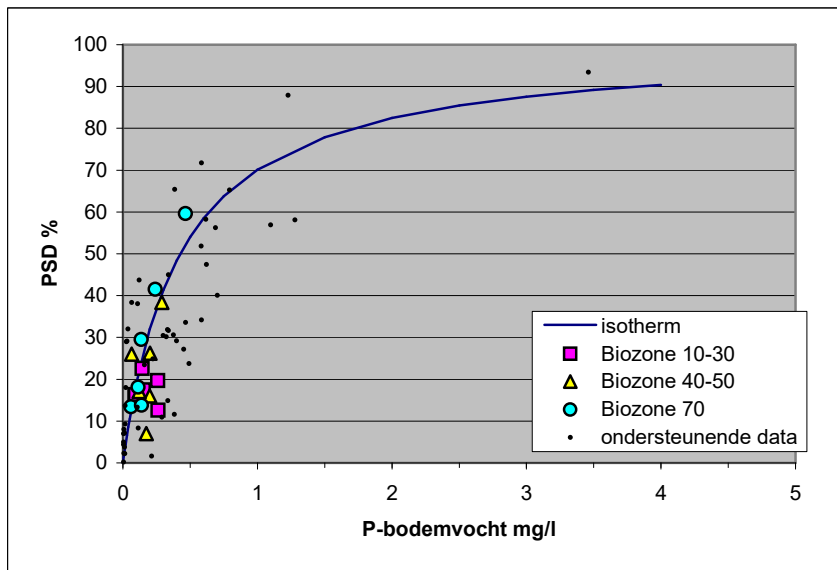


Fig. 3. Verband tussen het fosfaat in het bodemvocht en de fosfaatverzadiging (PSD). De lijn geeft de berekende isotherm weer (berekend met ondersteunende data uit noordoost Twente).

## 6 Zou afgraven de fosfaattoestand verbeteren?

Doordat zowel de ondiepe als de diepere lagen (met enige uitzonderingen), geen gevaar opleveren voor nalevering van fosfaat, is afgraven niet noodzakelijk. Een uitzondering vormt raai 5, waar bij de laag 40-50 cm-mv kans op fosfaatnalevering bestaat. Deze zou kunnen worden afgegraven.

## 7 Vegetatieperspectief

Op basis van de fosfaattoestand, kan worden aangegeven welke vegetatie zou kunnen worden verwacht. Daarbij wordt uitgegaan van een, voor de betreffende vegetatie, juiste grondwaterstand en basenverzadiging.

Tabel 3.

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 bemonsterde lagen in de biozone Ootmarsum. Er is onderscheid gemaakt tussen raaigroep 1-3-5 en 7-9-10.

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
biozone Ootmarsum	10-30 cm	6	132	45	18	6	9	3	0,17	0,08
	40-50 cm	6	146	134	13	7	15	20	0,18	0,08
	70 cm	6	15	7	3	1	2	2	0,19	0,15
	raai 1 3 5 : 10-30 cm	3	135	53	20	4	10	4	0,07	0,01
	raai 7 9 10: 10-30 cm	3	129	48	16	7	8	3	0,05	0,01
	raai 1 3 5 : 40-50 cm	3	218	170	16	9	27	25	0,11	0,02
	raai 7 9 10: 40-50 cm	3	73	14	10	4	4	1	0,05	0,02
	raai 1 3 5 : 70 cm	3	20	5	3	1	4	2	0,15	0,05
	raai 7 9 10: 70 cm	3	4	4	2	2	<1	<1	0,01	0,01
alle samen	18	98	98	11	8	13	3	0,08	0,04	

In tabel 3 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 onderzochte toekomstige biozone opgesomd, naast referentiewaarden. De referentiewaarden zijn uit natuurreservaten afkomstig, verspreid door het land.

Door vergelijking van de gemeten waarden met de referentiewaarden in tabel 3 kan worden afgeleid, dat de raaien 7-9-10 beter voldoen aan fosfaatarme omstandigheden dan de raaien 1-3-5. Hoewel de fosfaatbindingscapaciteit (Fe+Al)<sub>ox</sub> in de raaien 7-9-10 lager is dan in de raaien 1-3-5, is de fosfaatvoorraad ook kleiner. Hierdoor is in de raaien 7-9-10 de fosfaatverzadigingsindex en de fosfaatverzadiging het laagst van alle 3 bemonsterde lagen. De waarden van de fosfaatvoorraad en de verzadigingsindex van raai 7-9-10 liggen dicht bij de referentiewaarden voor schraalgrasland en van raai 1-3-5 dicht bij die van Dotterbloenhooiland. In fig. 4 is de fosfaatvoorraad en de PSD weergegeven met vegetatierferentie. Hieruit blijkt duidelijk dat alleen het meten van de fosfaatvoorraad niet voldoende is; bij lage P-voorraad komen ook hoge P-verzadigingswaarden (PSD) voor. Welke vegetatie zich zal kunnen vestigen is afhankelijk van de basenverzadiging en van het waterstandregiem. Opvallend zijn de lage Fe<sub>ox</sub> en Al<sub>ox</sub> waarden in de diepere lagen.

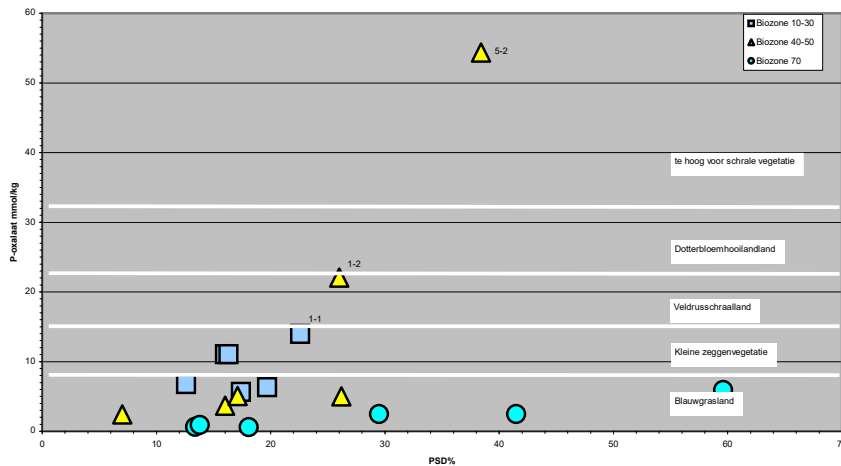


Fig. 4. Waarden van PSD% en P-voorraad ( $P_{ox}$ ) met vegetatiereferentie. Het blijkt dat hoge waarden van PSD% voorkomen bij lage P-voorraad. Berekening van de PSI en PSD zijn daardoor noodzakelijk voor het inschatten van de P-nalevering.

## 8 Samenvattende conclusie en advies

- Nalevering van fosfaat uit de bodem is in de biozone Ootmarsum niet te verwachten. Uitzondering hierop zouden de raaien 5-2, 1-3 en 3-3 kunnen zijn. De grootste kans is aanwezig bij raai 5-2 op 40-50 cm diepte.
- Op basis van de chemische bodemanalyses kan worden geconcludeerd dat het meeste fosfaat is opgeslagen in de ondiepe lagen, maar dat de bindingscapaciteit daar ook hoog is.
- De PSD of fosfaatverzadigingsgraad houdt zich echter niet aan deze lagenindeling. In de ondiepe lagen is de verzadiging steeds laag, maar in de lagen 40-50 cm en 70 cm komen in de raaien 1-3-5 hogere waarden van de P-verzadiging voor. Dit is niet het geval in de raaien 7-9-10.
- Afgraven om de fosfaattoestand te verbeteren is daarom nergens gewenst. Hooguit kan in raai 5 de laag 40-50 cm worden verwijderd of van de biozone worden afgesloten.
- Met het juiste waterstandregiem en voldoende basenverzadiging, kan in de raaien 7-9-10 schraalgrasland worden verwacht en in de raaien 1-3-5 Dotterbloemhooiland.
- Bij de inrichting van de biozone kan, in verband met de hogere P-verzadigingsgraad van de raaien 1-3-5, de instroom dusdanig geschakeld worden, dat het water eerst door de raaien 7-9-10 stroomt en vervolgens door de raaien 1-3-5. De verzadiging is in de raaien 1-3-5 wat hoger dan in 7-9-10.

## Verantwoording

De boringen en bemonstering van de bodemmonsters zijn uitgevoerd door het Waterschap Regge en Dinkel.

## Literatuur

- 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. Kungl. Lantbr. Högsk. Ann., 26: 199-215.
- Giesen & Geurts, 2006.* Bodemonderzoek in het stroomgebied van de Brunninkhuizerbeek. Onderzoek naar bodemopbouw, fosfaat- en basentoestand ten behoeve van een integraal inrichtingsplan voor het stroomgebied van de Brunninkhuizerbeek. Ulf, WRD, Almelo.
- 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 Plantevoeding. L.U. Wageningen.
- Jansen, A.J.M., 2000.* Hydrology and restoration of wet heathland and fen meadow communities. Dissertatie Groningen.
- 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).
- Schwertmann, U. 1964.* Differenzierung der Eisenoxide des Bodens durch Extraktion mit Ammoniumoxalat-Lösung. Z. pflanzenernaehr. Dueng. Bodenkd. 105: 194-202.
- Temminghoff, E.J.M. (ed.), 2000.* Methodology of chemical soil and plant analysis. Subdepartment Soil Science and Plant Nutrition, Wageningen University.