

## Bepalen kansrijke percelen

S.P.J. van Delft, Alterra, augustus 2013.

De doelstelling van het experiment is: 'Verbeteren kwaliteit van grond- en oppervlaktewater in het gebied dat hydrologisch de Natura 2000 gebieden van water voorziet.' Om te komen tot een selectie van de percelen waarop het experiment uitgevoerd gaat worden zijn, afgezien van de belangstelling van ondernemers, een aantal criteria van belang:

1. Welke percelen veroorzaken uitspoeling naar het grond- en oppervlaktewater van het Natura2000 gebied?
  - 1.1. Bij de huidige hydrologie
  - 1.2. Na vernatting in de toekomst
2. Op welke percelen is de fosfaatvoorraad zodanig dat een meetbaar effect op de uitspoeling verwacht mag worden?
3. Op welke percelen is de bodemkundig/hydrologische situatie gunstig voor de gewassen die in aanmerking komen?

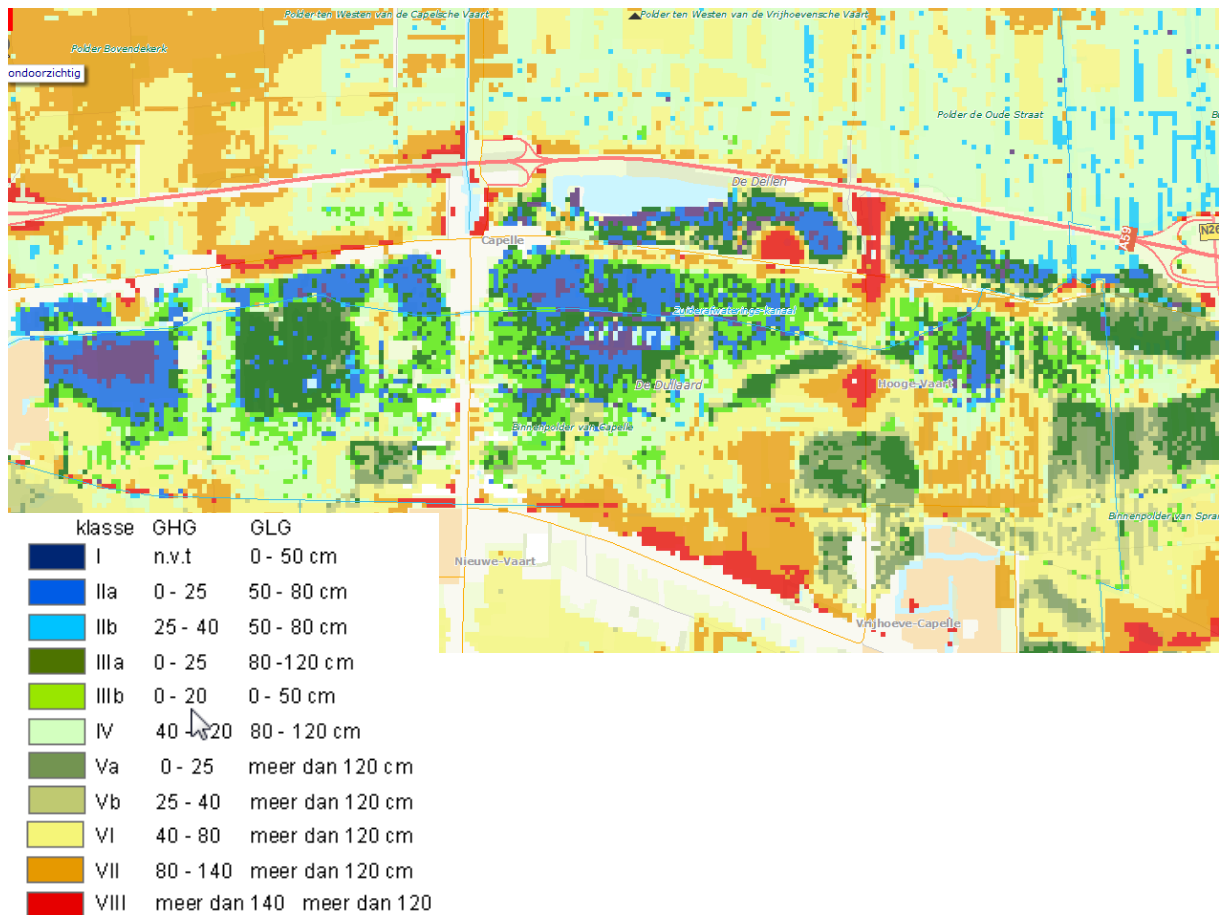
Om deze vragen te beantwoorden dient gebruik gemaakt te worden van de beschikbare (digitale) informatie. De volgende bronnen zijn beschikbaar:

- Bodemchemische analyse van de percelen (Smolders, 2007)
- De Bodemkaart van Nederland (Harbers, 1990)
- Bodemkaart van Ruilverkaveling "Het Zuiderafwateringskanaal", analoog schaal 1 : 25 000 (Kleinsman en Rutte, 1965)
- Actuele kaarten grondwaterdynamiek (Finke et al. 2002).

## Welke percelen veroorzaken uitspoeling naar het grond- en oppervlaktewater van het Natura2000 gebied?

Alle percelen liggen binnen het Natura2000 gebied 'Westelijke Langstraat' en kunnen daardoor bij uitspoeling van fosfaat de waterkwaliteit beïnvloeden. Of dit gebeurt hangt af van de mate van fosfaatverzadiging en het grondwaterstandsverloop (Schoumans 2008). Als het deel van het profiel boven de GHG een fosfaatverzadigingsgraad (FVG) > 25% heeft bestaat kans op uitspoelen en wordt de bodem als fosfaatverzadigd beoordeeld. Bij lagere waarden is dit risico minder groot.

De FVG wordt bepaald voor de lagen boven GHG niveau. Bij eventuele toekomstige vernatting zal het GHG niveau waarschijnlijk stijgen, waardoor de dikte van de bodem waarover dit berekend wordt kleiner wordt en eerder de kritische waarde overschreden wordt. Dit kan gesimuleerd worden door in het rekenmodel 10 of 20 cm van de GHG af te trekken. De actuele grondwatertrappenkaart is opgenomen in Figuur 1. In vergelijking met de grondwatertrappenkaart van de bodemkaart van Nederland (Harbers, 1990) is deze meer gedetailleerd en laat over het algemeen een droger beeld zien. Door de andere presentatiewijze (gridbestand) moet de vergelijking met de beoordeelde blokken wel anders uitgevoerd worden. Een analyse per monsterpunt ligt dan meer voor de hand. Deze kunnen altijd nog gemiddeld worden per blok. Omdat in de rapportage van B-Ware de beoordeling ook per blok heeft plaats gevonden.



**Figuur 1 Grondwatertrappen volgens de recente Gd-kartering (bron Wateratlas provincie Noord-Brabant).**

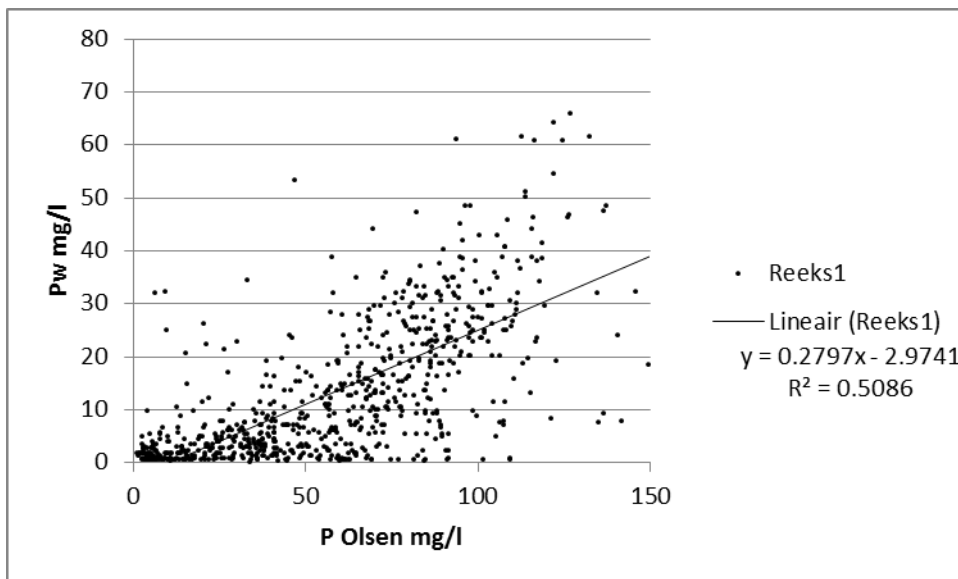
### Omrekenen P bepalingen

Analyses zijn door B-ware uitgedrukt per liter grond. Omdat ook de dichtheid is bepaald kunnen deze wel omgerekend worden naar waarden per gewichtseenheid (kg), voor het bepalen van voorraden zijn de waarden per liter wel goed bruikbaar. Voor het afleiden van PSI of FVG kunnen ook de gehalten per liter gebruikt worden omdat het om de onderlinge molaire verhouding tussen P met de som Fe en Al gaat.

Een toets op de geldigheid van deze afgeleide P parameters is om deze uit te zetten tegen eerder afgeleide fosfaat-adsorptie isothermen.

### Afleiden Pw

Als maat voor de beschikbare P-fractie is Pw het meest geschikt. Deze is echter niet bepaald, mogelijk wel via een relatie af te leiden uit P-Olsen en andere variabelen.



**Figuur 2 Relatie tussen P-Olsen en Pw**

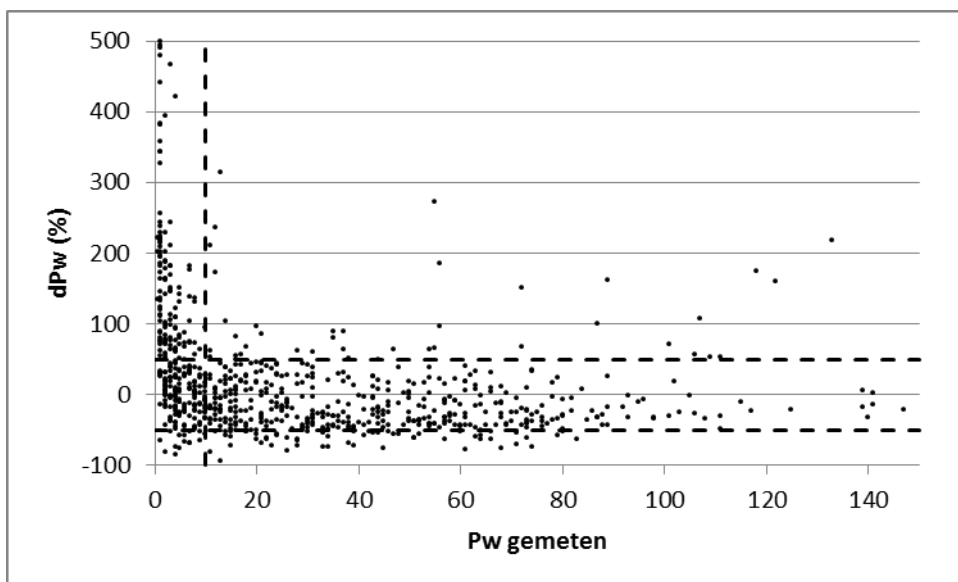
Uit Figuur 2 blijkt dat er een relatie is tussen P-Olsen en Pw, beiden uitgedrukt in mg P per liter grond. Uit een regressieanalyse met meerdere verklarende variabelen blijkt dat de spreiding deels verklaard kan worden door het organische stofgehalte en P-tot (na log transformatie). Hiervoor is onderstaande regressievergelijking afgeleid voor  $\ln(Pw+1)$  ( $R^2 = 77.7$ ):

$$\ln(Pw+1) = -2.460 + 0.023957 * P\text{-Olsen} + 0.00666 * o.s. + 0.6039 * \ln(Ptot + 1)$$

Pw in mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/l

P-Olsen en P-tot in mg P l

o.s. in %



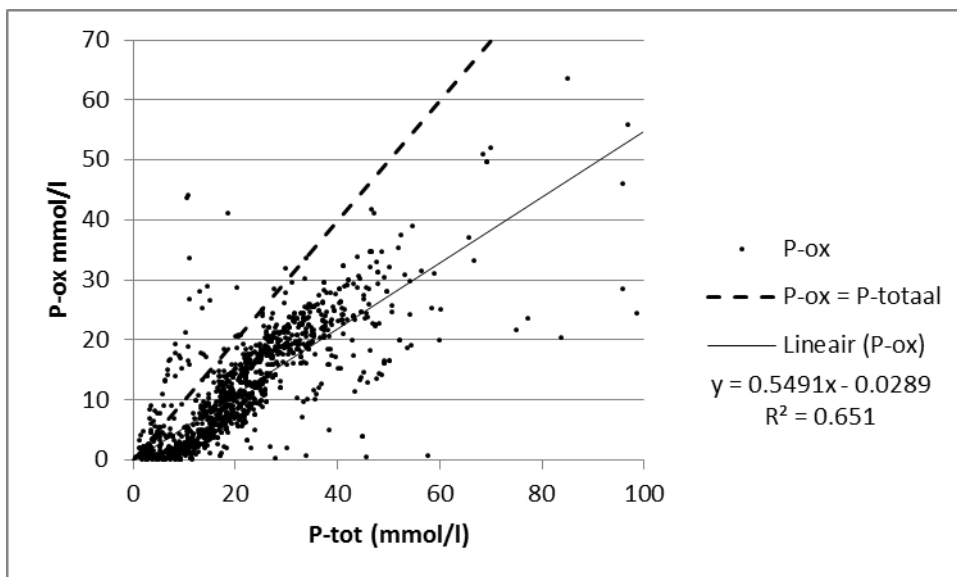
**Figuur 3 Procentuele afwijking van de door het regressiemodel voorspelde Pw ten opzichte van de gemeten Pw afgezet tegen Pw.  $dPw = 100\% * (Pw\text{-model} - Pw\text{-lab})/Pw\text{-lab}$ .**

Bij vergelijking van de voorspelde Pw met de gemeten Pw blijkt dat de voorspelling behoorlijk goed overeen komt met de gemeten waarde. Afwijkingen van meer dan 50% zijn vrijwel beperkt tot monsters met gemeten Pw < 10 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/l. Omdat deze studie inzicht moet geven in het risico op fosfaatuitspoeling zijn de fosfaatarme monsters minder relevant en lijkt deze afwijking acceptabel.

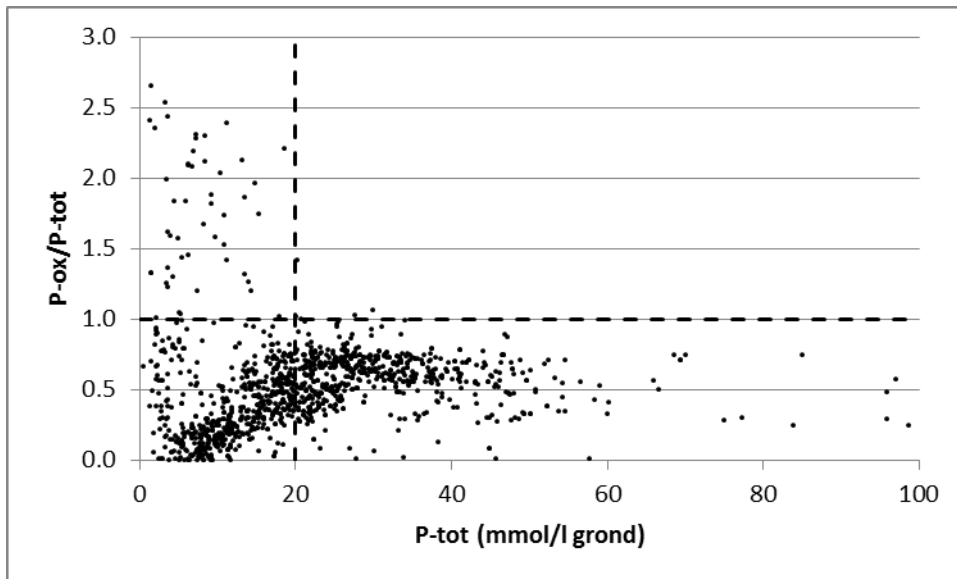
### Afleiden P-ox

Voor het bepalen van de FVG zijn P-ox, Al-ox en Fe-ox nodig, deze zijn niet geanalyseerd. Een groot deel van de totale hoeveelheid fosfaat (P-tot) bevindt zich in de bodem in minerale vorm, de rest is vooral organisch gebonden fosfaat. Voor de fosfaatbinding is P-ox (oxalaat extraheerbaar fosfaat) een belangrijke maat. Hiermee wordt de fractie van het fosfaat gemeten die gebonden is aan amorfe Fe- en Al-hydroxiden en via een adsorptie-evenwicht bepalend is voor de opneembare fractie. De rest van de minerale P-fractie is gebonden in kristallijne Fe- en Al-oxiden en in ijzer- en kalkfosfaten. Dit deel is slecht oplosbaar en niet beschikbaar voor de planten. Getracht kan worden om uit andere beschikbare gegevens een relatie af te leiden waarbij P-ox voorspeld wordt uit P-tot en organische stofgehalte.

Fe-ox en Al-ox zijn ook niet bepaald, wel Fe-tot en Al-tot uit destructie. Mogelijk kunnen deze gebruikt worden om het fosfaatbindend vermogen te bepalen. Bij een adsorptie-experiment vonden Kemmers en Nelemans (2007) dat in een zandgrond ca. 65% van het totale ijzergehalte bestond uit amorf ijzer, in een kleigrond ca. 80% en in een veengrond ca. 85%. Voor Al-hydroxiden zijn geen gegevens beschikbaar over dit percentage. Hoewel onduidelijk is of deze percentages ook gelden voor de monsters uit de Westelijke Langstraat mag in elk geval verwacht worden dat de gemeten waarden voor Fe-tot en Al-tot een overschatting geven van het beschikbaar fosfaatbindend vermogen zoals dat van de oxalaatextracties afgeleid kan worden. Om een inschatting te kunnen maken van het fosfaatbindend vermogen zijn de gehalten Fe-tot en Al-tot voor monsters met < 15% organische stof (mineraal) vermenigvuldigd met 0.65 en die met > 15% organische stof (veen) met 0.85.



**Figuur 4** Relatie tussen P-ox en P-tot in referentiemonsters, beiden omgerekend naar mmol/l waarbij de dichtheid is afgeleid van het organische stofgehalte.



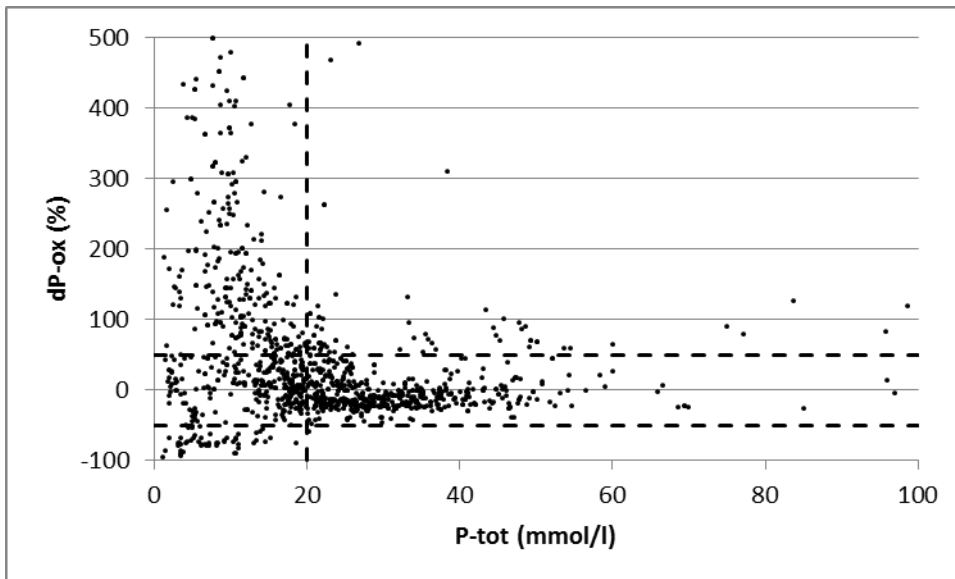
**Figuur 5 Het aandeel van P-ox in P-tot, afhankelijk van P-tot in referentiemonsters.**

Voor 1266 bodemonsters uit de eigen gegevens zijn zowel P-ox als P-tot beschikbaar. In Figuur 2 zijn deze tegen elkaar uitgezet, na omgerekend te zijn naar gehalten per liter grond. Gemiddeld bestaat iets meer dan de helft van P-tot uit P-ox. De rest is dan ofwel P-org of overig mineraal gebonden P, bijvoorbeeld in kristallijne oxiden. Bij P-tot < 20 mmol/l is het aandeel van P-ox meestal kleiner dan de helft van P-tot, bij hogere waarden is dit aandeel over het algemeen groter dan de helft (zie ook Figuur 4). Dat is verklaarbaar omdat bij zwaarder bemeste bodems fosfaat vooral als anorganisch fosfaat aanwezig zal zijn en een groot deel daarvan aan de amorphe F- en Al-hydroxiden gebonden is en niet in kristallijne oxiden. Daarnaast valt op dat in een klein deel (N = 57, 4.5%) van de monsters een hoger gehalte P-ox gevonden wordt dan P-tot. Theoretisch kan de verhouding maximaal 1 zijn, waarbij alle fosfaat (P-tot) gebonden is aan amorfe hydroxiden (P-ox). Dit kan het gevolg zijn van verschillende analysemethoden, maar omdat het alleen voorkomt bij een betrekkelijk klein aantal monsters met een relatief laag P-gehalte is het effect niet groot.

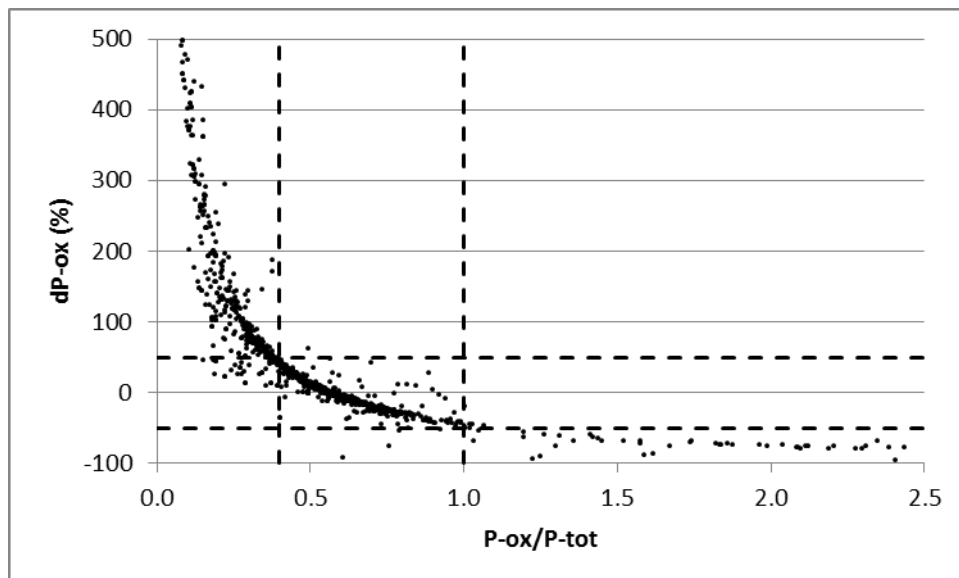
Omdat P ook organisch gebonden kan zijn, mag verondersteld worden dat er een relatie is tussen het organische stofgehalte en de fracties organisch en anorganisch (P-ox) gebonden P in P-tot. Er is een meervoudige regressie vergelijking afgeleid waarbij P-ox (mmol/l grond) voorspeld kan worden uit P-tot (mmol/l grond) en organische stof (%) ( $R^2 = 65.5\%$ ):

$$P\text{-ox} = 1.414 + 0.5425 * P\text{-tot} - 0.725 * \ln(o.s. + 1)$$

Ook hierbij blijkt dat P-ox volgens het model iets meer dan de helft van P-tot is en dat dit aandeel afneemt naarmate het organische stofgehalte hoger is. Bij zwaar bemeste percelen zal het aandeel P-ox hoger zijn dan bij niet bemeste percelen (zie ook Figuur 4). Hierdoor geeft het model een overschatting van de P-ox bij lage P-gehalten (Figuur 5). Dat komt ook omdat de overschatting is uitgedrukt als een percentage van de gemeten waarde. Eenzelfde absolute overschatting bij een hogere P-tot geeft dan een minder grote procentuele overschatting. Bij P-tot > 20 mmol/l is de procentuele afwijking over het algemeen beperkt, maar wordt in veel gevallen wel een onderschatting gevonden van 20 à 30%. Bij lagere gehalten komt in een aantal gevallen een flinke overschatting voor. In Figuur 6 is deze afwijking uitgezet tegen het aandeel van P-ox in P-tot. Afwijkingen van meer dan 50% komen alleen voor waar P-ox minder dan 40% of meer dan 100% van P-tot is. Overschatting komen dus voor bij een relatief laag P-gehalte (P-tot < 20 mmol/l) waarvan < 40% geadsorbeerd is aan amorfe hydroxiden. Onderschattingen zijn te verklaren uit meetafwijkingen waarbij de gemeten P-ox groter is dan P-tot (P-ox/P-tot > 1; zie Figuur 3). Ook dat is gebonden aan relatief lage P-gehalten (linksonder in Figuur 5).



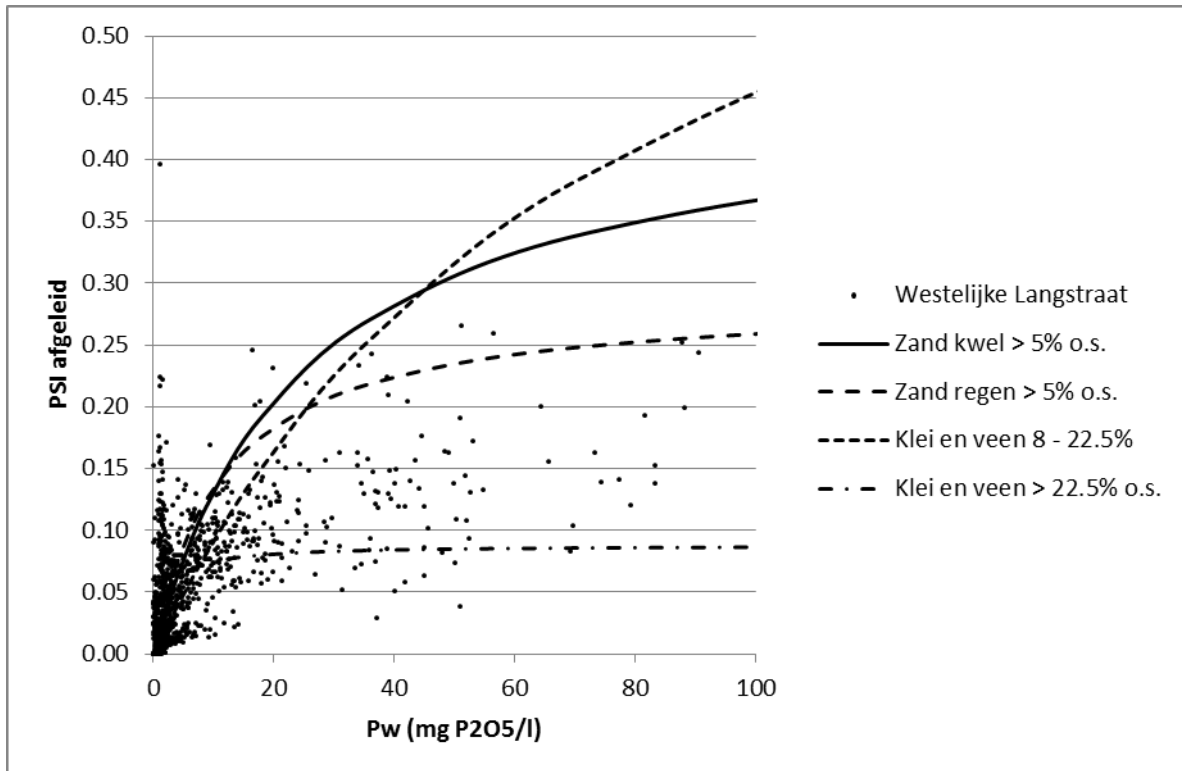
**Figuur 6** Procentuele afwijking van de door het regressiemodel voorspelde P-ox ten opzichte van de gemeten P-ox afgezet tegen P-totaal.  $dP-ox = 100\% * (P-ox-model - P-ox-lab) / P-ox-lab$ .



**Figuur 7** Procentuele afwijking van de door het regressiemodel voorspelde P-ox ten opzichte van de gemeten P-ox afgezet tegen het aandeel van P-ox in P-totaal.

#### *Toets afgeleide gegevens*

Zowel Pw als P-ox, Fe-ox en Al-ox zijn afgeleid door relaties van de variabelen die wel zijn gemeten. Om een indruk te krijgen of deze afgeleide gegevens bruikbaar zijn voor het beoordelen van de monsters zijn in Figuur 8 PSI en Pw uit de Westelijke Langstraat tegen elkaar uitgezet met adsorptie-isothermen die voor verschillende bodemtypen zijn afgeleid uit gegevens van andere onderzoeken. PSI waarden > 0.2 komen nauwelijks voor. Bij lagere waarden van Pw lijkt dit deels overeen te komen met de algemene adsorptie-isothermen, maar bij hogere Pw waarden is de berekend PSI zeker te laag vergeleken met de algemene isothermen. Omdat juist bij hogere P-gehalten de voorspelde Pw en P-ox vrij goed overeen komen met de gemeten waarde in de referentieset lijkt het er op dat de P-adsorptiecapaciteit (Fe-ox en Al-ox) overschat is door hiervoor een deel van de totaalgehalten te nemen (85% bij veengronden, 65% bij minerale monsters). Door deze overschatting wordt een te lage PSI berekend en zal ook de FVG te laag ingeschat worden. Bij zeer lage fosfaatgehalten wordt in een aantal gevallen een te hoge PSI aangegeven. Dit betreft ondergrondmonsters met weinig organische stof, waarin P-ox is overschat. Dit betreft fosfaatarme monsters.



**Figuur 8** Gegevens van de Westelijke Langstraat uitgezet met algemene adsorptie-isothermen.

#### Conclusies

- De met het regressiemodel voorspelde waarden voor Pw lijken over het algemeen goed overeen te komen met de gemeten waarden.
- Grotere afwijkingen zijn beperkt tot fosfaatarme bodems met Pw < 10 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/l.
- De met het regressiemodel uit P-tot en organische stofgehalte voorspelde P-ox komt vooral bij hogere P-gehalten (P-tot > 20 mmol/l) op bemeste bodems (P-ox/P-tot > 0.4) goed overeen met de gemeten waarde.
- Vooral sterke overschattingen en onderschattingen lijken gebonden aan minder fosfaatrijke bodems
- Omdat deze studie vooral gericht is op het identificeren van uitspoelingsgevoelige gronden lijkt de voorspelde P-ox wel bruikbaar.
- De afgeleide gegevens komen niet goed overeen met de algemene adsorptie-isothermen voor vergelijkbare bodems.

Omdat de op basis van regressie geschatte fosfaatparameters onvoldoende overeen lijken te komen met het adsorptiegedrag dat verwacht kan worden op basis van de algemene adsorptie-isothermen is het niet goed mogelijk hierop de normale criteria voor fosfaatverzadigde gronden toe te passen. In plaats daarvan wordt een criterium gehanteerd op basis van de helft van de maximale PSI die in dit geval lager is dan de waarde 0.5 waarop de beoordeling van fosfaatverzadigde gronden op is gebaseerd. Uit Figuur 8 kan opgemaakt worden dat dit maximum ongeveer bij 0.25 ligt. De grenswaarde voor verwachte uitspoeling wordt dan op PSI 0.0625 (FVG = 6.25%) gelegd. Hoge waarden voor Pw die geassocieerd kunnen worden met uitspoeling komen in Figuur 8 ook vooral voor boven deze grenswaarde.

Omdat de PSI bij monsters met weinig organische stof overschat is zullen monsters met o.s. < 2% en P-tot < 20 mol/l als niet verzadigd beschouwd worden.

Van de bovenste 20 à 30 cm zijn geen analysegegevens beschikbaar. Deze zullen geschat moeten worden op basis van de waarden in de onderliggende lagen. Aannemelijk is dat deze hoger zullen

zijn dan die van de eerste bemonsterde laag. Als vuistregel is genomen dat P-ox hier 1.5 keer zo groot is als in de eerste bemonsterde laag.

Op basis van deze aannamen is voor elke laag, inclusief de bouwvoor een PSI berekend. Per laag is beoordeeld of deze de grenswaarde overschrijd. De einddiepte van de laatste laag die de grenswaarde overschrijd wordt beschouwd als de diepte van het fosfaatfront, wanneer dat dieper is dan de GHG is sprake van een risico op uitspoeling. Naarmate het fosfaatfront dieper onder GHG komt én het totale fosfaatoverschot groter is, is het risico groter.

... Kaart met diepte fosfaatfront

...kaart met per punt het risico op fosfaatsuitspoeling in ca 5 klassen.

## Op welke percelen is de fosfaatvoorraad zodanig dat een meetbaar effect op de uitspoeling verwacht mag worden?

Berekend kan worden wat de totale P-voorraad is in de bemonsterde lagen (tot 60 à 70 cm) en hoeveel fosfaat verwijderd moet worden om de PSI omlaag te brengen tot de grenswaarde waaronder P-uitspoeling minder waarschijnlijk is. Bij een afvoer van 30 tot 70 kg fosfaat per ha, afhankelijk van het gewas, kan bijvoorbeeld een inschatting gemaakt worden hoe lang het duurt om van het beschikbare deel 50% te verwijderen. Een andere benadering is om te schatten hoe lang het duurt om de PSI in alle bemonsterde lagen terug te brengen tot onder de grenswaarde (0.0625) Percelen waar dit in < 10 jaar bereikt kan worden zijn geschikt voor het experiment.

...kaart met per punt het aantal jaar dat nodig is om PSI in alle lagen voldoende omlaag te brengen (in 4 klassen: 0, 0-5, 5-10 en > 10 jaar)

## Op welke percelen is de bodemkundig/hydrologische situatie gunstig voor de gewassen die in aanmerking komen?

Op basis van de WIB-C methode (ten Cate et al., 1995) kan een geschiktheidsbeoordeling voor de verschillende gewassen uitgevoerd worden waaruit blijkt welke percelen het meest geschikt zijn voor de te telen gewassen.

## Literatuur

- Cate, J. A. M. t., A. F. van Holst, H. Kleijer & J. Stolp, 1995. Handleiding bodemgeografisch onderzoek; Richtlijnen en voorschriften; Deel D: Interpretatie van bodemkundige gegevens voor diverse vormen van bodemgebruik. Wageningn, SC-DLO. Technisch document 19D.
- Finke PA, Bierkens MFP, Brus DJ, Van der Gaast JWJ, Hoogland T, Knotters M en De Vries FJ (2002) Klimaatsrepresentatieve grondwaterdynamiek in Waterschap De Dongestroom. Alterra rapport 384, Wageningen.
- Harbers, P., 1990. Bodemkaart van Nederland Schaal 1 : 50 000; Toelichting bij het kaartblad 44 Oost Oosterhout. Wageningen, Staring Centrum/Stiboka.
- Kemmers, R. H. & J. A. Nelemans, 2007. Vergroting van de fosfaatadsorptiecapaciteit en afname van de chemische beschikbaarheid van fosfaat in gronden door wisselvochtigheid?; Resultaten van desorptie en adsorptie-experimenten met zand-, klei- en veengrond. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport 1546.
- Kleinsman, W. B. & G. Rutte, 1965. De bodemgesteldheid van het ruilverkavelingsgebied "Het Zuiderafwateringskanaal". Wageningen, Stichting voor Bodemkartering. Stiboka-Rapport 646.
- Schoumans, O.F., J. Willems & G. van Duinhoven, 2008. 30 vragen en antwoorden over fosfaat in relatie tot landbouw en milieu. Alterra, Wageningen.
- Smolders, A., 2007. Analyseresultaten P-beschikbaarheid Westelijke Langstraat. Nijmegen, Onderzoekcentrum B-WARE.