

Deskstudie naar de mogelijkheden voor het aanwijzen van fosfaatarme gronden op basis van P-PAE

Stand van zaken 2006

Deskstudie naar de mogelijkheden van het aanwijzen van fosfaatarme gronden op basis van P-PAE

Stand van zaken 2006

**P.A.I. Ehlert¹, S.L.G.E. Burgers², D.W. Bussink³, E.J.M. Temminghoff⁴,
P.J. van Erp⁵ & W.H. van Riemsdijk⁴**

¹ **Wageningen UR Alterra Centrum Bodem**

² **Wageningen UR Plant Research International Biometris**

³ **Nutriënt Management Instituut NMI bv**

⁴ **Wageningen UR DOW Bodemkwaliteit**

⁵ **LUCEL Horticulture bv**

Alterra-rapport 1458

Alterra, Wageningen, 2007

REFERAAT

Ehlert, P.A.I., Burgers, S.L.G.E., Bussink, D.W., Temminghoff, E.J.M., Erp, P.J. van en Riemsdijk, W.H. van, 2006. *Deskstudie naar de mogelijkheden voor het aanwijzen van fosfaatarme gronden op basis van P-PAE. Stand van zaken 2006*. Wageningen, Alterra, Alterra-Rapport 1458. 80 blz.; 3 fig.; 15 tab.; 21 ref. en 3 bijlagen.

Het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek hanteert sinds twee jaar het onderzoekspakket Plant Available Elements (PAE). In dit pakket is fosfaat opgenomen (P-PAE). P-PAE is niet opgenomen in het protocol voor het aanwijzen van landbouwpercelen die in aanmerking komen voor een verhoogde fosfaatgebruiksnorm. Een deskstudie naar het opnemen van P-PAE als derde methode voor het aanwijzen van fosfaatarme gronden is uitgevoerd. Zowel de combinatie van P-PAE en PAL-getal als P-PAE werden onderzocht. Er zijn geen gegevens van bemestingsonderzoek beschikbaar gekomen waarmee volgens de systematiek van het protocol lage fosfaattoestanden kunnen worden aangewezen. Er is een alternatief ontwikkeld op basis van vergelijking van louter gegevens van chemisch grondonderzoek. De resultaten van combinatie zijn gebaseerd op vertrouwelijke gegevens, opname van de combinatie in de regeling van het protocol voor bouwland is daardoor niet mogelijk. Onderzoek op basis van gemeten waarden voor P-PAE en Pw-getal wijst uit dat bij lage fosfaattoestanden er geen relatie tussen deze parameters bestaat. Pas door hoge tot zeer hoge waarden erbij te betrekken wordt een relatie vastgesteld. Omrekening van Pw-getal naar P-PAE geeft verschillende resultaten. Opties voor een criterium voor P-PAE worden gegeven.

Trefwoorden: Gebruiksnorm, fosfaat, uitvoeringsregeling Meststoffenwet, Pw-getal, PAL-getal, Plant Available Elements, PAE, grondonderzoek, bemestingsadvisering

ISSN 1566-7197

Dit rapport is digitaal beschikbaar via www.alterra.wur.nl. Een gedrukte versie van dit rapport, evenals van alle andere Alterra-rapporten, kunt u verkrijgen bij Uitgeverij Cereales te Wageningen (0317 46 66 66). Voor informatie over voorwaarden, prijzen en snelste bestelwijze zie www.boomblad.nl/rapportenservice.

© 2007 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

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

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

Inhoud

| | |
|--|----|
| Samenvatting | 7 |
| Synopsis..... | 9 |
| 1 Inleiding | 13 |
| 1.1 Aanleiding | 13 |
| 1.2 Doelstelling | 14 |
| 2 Methode van aanpak | 17 |
| 2.1 Algemeen | 17 |
| 2.2 Uitwerking plan van aanpak | 17 |
| 3 Methoden van onderzoek van het Blgg | 21 |
| 3.1 Toelichting | 21 |
| 3.2 Inleiding | 21 |
| 3.3 Grondmonstervoorbehandeling | 22 |
| 3.4 Extractie met 0,01 M CaCl ₂ | 23 |
| 3.5 Bepaling van P in het 0,01 M CaCl ₂ -extract (P-PAE) | 23 |
| 3.6 Referenties opgegeven door Blgg | 24 |
| 3.7 Analysestappen bij Blgg voor de bepaling van het PAL-getal | 25 |
| 3.8 Prestatiekenmerken van het Blgg bij de bepaling P-PAE en PAL-getal | 25 |
| 4 Criteria op basis van P-PAE en PAL-getal of op P-PAE..... | 27 |
| 4.1 Het databestand | 28 |
| 4.2 Werkhypothese | 30 |
| 4.3 Beschikbare data voor analyse | 31 |
| 4.4 Gemeten Pw-getal versus berekend Pw-getal | 31 |
| 4.4.1 Observationeel onderzoek | 31 |
| 4.4.2 Regressie-analyse | 36 |
| 4.4.3 Conclusies bij de combinatie | 36 |
| 4.5 Vergelijking gemeten Pw-getal met gemeten P-PAE | 37 |
| 4.5.1 Observationeel onderzoek | 37 |
| 4.5.2 Relatie met praktijkgegevens | 40 |
| 4.5.3 Effect van de meetfout | 42 |
| 4.5.4 Conclusies bij P-PAE | 44 |
| 5 Advies..... | 45 |
| Literatuur | 49 |
| Bijlage 1 Tekst van het projectplan van de offerte | 51 |
| Bijlage 2 Gegevens van algemeen grondonderzoek | 61 |
| Bijlage 3 Statistische bewerkingen door Biometris | 63 |

Samenvatting

Het protocol voor het aanwijzen van gronden die in aanmerking komen voor een verhoogde gebruiksnorm voor fosfaat, is gebaseerd op de methoden van grondonderzoek van huidige bemestingsadviezen. Dit zijn Pw-getal en PAL-getal. Blgg past sinds twee jaar het analysepakket Plant Available Elements (PAE) toe op bouwland. Bij fosfaat spreekt men van P-PAE. Op dit moment is P-PAE niet opgenomen in het protocol voor het aanwijzen van gronden die in aanmerking komen voor een verhoogde gebruiksnorm. Deze deskstudie verkent mogelijkheden voor opname van P-PAE in dit protocol.

De huidige systematiek voor het vaststellen van de waardering van de fosfaattoestand van bouwland van het Blgg berust op een bepaling van zowel P-PAE als het PAL-getal in een grondmonster. Zowel P-PAE als PAL-getal worden elk omgerekend tot een Pw-getal waarvan een gemiddelde wordt bepaald. Het berekende Pw-getal geeft uitsluitsel over de waardering van de fosfaattoestand van de grond.

Deze systematiek is onderzocht met behulp van data afkomstig van diverse onderzoeksprojecten. Het onderzoek naar de toepasbaarheid van deze systematiek van het Blgg heeft uitgewezen dat het berekende Pw-getal indien het onder het criterium voor het aanwijzen van fosfaatarme gronden ligt, dit is $25 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ l}^{-1}$, er een gering risico is dat het gemeten Pw-getal hoger is dan dit criterium (5 à 7% van monsters). Het risico dat het berekende Pw-getal hoger is dan $25 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ l}^{-1}$ terwijl de gemeten waarde lager is, is groter (36 à 43% van de gevallen). Dit is in het nadeel van de akkerbouwer, vollegrondsgroententeler of bloembollenteler. Het Blgg heeft openheid gegeven over de voorbehandeling, de extractie en de fosfaatbepaling in grondmonsters. De systematiek waarmee de meetgegevens omgezet worden in een waardering van de fosfaattoestand is bedrijfseigen. Ook de rekenregels en de daaronder liggende rubricering van grondsoorten bedrijfseigen zijn. Er kan daardoor geen advies ten gunste van opname van de combinatie in het protocol voor het aanwijzen van fosfaatarme gronden worden gegeven.

In het kader van deze deskstudie zijn er geen gegevens beschikbaar gekomen of beschikbaar gesteld op basis waarvan en calibratie van de gewasreactie op fosfaattoestand (P-PAE) en fosfaatgift uitgevoerd kan worden. Een advies voor een criterium voor P-PAE op basis van dezelfde systematiek als die van het protocol voor het aanwijzen van fosfaatarme gronden kan niet worden gegeven.

Een alternatief is ontwikkeld door te onderzoeken of de lage waarden van het Pw-getal ($<25 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ l}^{-1}$) overeenkomen met lage waarden voor P-PAE. Dit alternatief wijst uit dat er geen verband bestaat tussen deze twee parameters in het traject met op basis van het Pw-getal lage tot zeer lage waarden van de fosfaattoestand. Door hoge tot zeer hoge fosfaattoestanden erbij te betrekken worden wel significante verbanden vastgesteld. Het maakt daarbij uit of P-PAE op Pw-getal gefit wordt of vice versa.

Het toepassen van P-PAE naast Pw-getal leidt niet tot exact hetzelfde resultaat. Doorgaans is het risico van een toekennen van een verhoogde gebruiksnorm voor fosfaat op basis van P-PAE 9 à 10%, terwijl op basis van Pw-getal een dergelijke toekenning niet gegeven zou worden. Daarentegen is het risico van het niet

verkrijgen van een dergelijke toekenning op basis van P-PAE terwijl het Pw-getal wel daartoe zou leiden groter: 23 à 24%. Naarmate het criterium voor P-PAE hoger gesteld wordt, neemt het risico voor de sector af en neemt het risico voor ten onrechte toestaan van een verhoogde gebruiksnorm toe indien Pw-getal zou zijn toegepast. De verschuiving in deze percentages vragen om weging in de verschuiving van het areaal. Daarvoor is aanvullend onderzoek nodig. Aspecten van dit onderzoek worden gegeven.

Synopsis

Het protocol voor het aanwijzen van gronden die in aanmerking komen voor een verhoogde gebruiksnorm voor fosfaat, is gebaseerd op de methoden van grondonderzoek van huidige bemestingsadviezen. Dit zijn methoden gebaseerd op 1:60 (v/v) extractie met water (Pw-getal) en op een 1:20 (w/w) extractie met ammoniumlactaat azijnzuur (PAL-getal). Het Pw-getal wordt toegepast op bouwland, het PAL-getal op grasland. Blgg past sinds twee jaar het analysepakket Plant Available Elements (PAE) toe op bouwland. Het pakket is gebaseerd op een 1:10 (w/v) extractie met 0,01 M CaCl_2 . Deze methode van grondonderzoek wordt toegepast bij bepaling van alle nutriënten en pH ten behoeve van bemestingsadvisering en bekalingsadviezen. Bij fosfaat spreekt men van P-PAE. Belangrijke redenen om over te schakelen waren een betere ontwikkelingsperspectief voor verfijning van de bemestingsadvisering en een betrouwbaarder analyseresultaat bij de bepaling van fosfaat.

Op dit moment is P-PAE niet opgenomen in het protocol voor het aanwijzen van gronden die in aanmerking komen voor een verhoogde gebruiksnorm. Het criterium op basis van P-PAE voor het aanwijzen van gronden met een lage fosfaattoestand is niet bekend. Daarbij komt dat het analysevoorschrift, dat door het Blgg wordt gevolgd, niet openbaar/ gepubliceerd was. Het onderzoek heeft tot doel gehad om de mogelijkheden na te gaan om een criterium (of de criteria) voor het aanwijzen van fosfaatarme gronden voor bouwland te formuleren en het analysevoorschrift (incl. de methodiek die Blgg hanteert) dat hieraan te grondslag ligt te geven te beschrijven.

Het onderzoek heeft plaats gevonden in de vorm van een deskstudie. De huidige systematiek, waarmee het Blgg de fosfaattoestand bepaalt en waardeert om te komen tot bemestingsadviezen, wordt beschreven.

De huidige systematiek van het Blgg berust op een bepaling van zowel P-PAE als het PAL-getal in een grondmonster. Zowel P-PAE als PAL-getal worden elk omgerekend tot een Pw-getal. Beide berekende Pw-getallen worden gemiddeld en op basis van dit gemiddelde wordt een fosfaatbemestingsadvies gegeven. Het berekende Pw-getal geeft uitsluitsel over de waardering van de fosfaattoestand van de grond.

Deze systematiek is onderzocht met behulp van data afkomstig van diverse afgesloten en nog lopende onderzoeksprojecten. Het onderzoek naar de toepasbaarheid van deze systematiek van het Blgg heeft uitgewezen dat het berekend Pw-getal, indien het onder het criterium voor het aanwijzen van fosfaatarme gronden ligt, dit is $25 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ l}^{-1}$, er een beperkt risico is dat het gemeten Pw-getal hoger is dan dit criterium (5 à 7% van monsters). Het risico dat het berekend Pw-getal hoger is dan $25 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ l}^{-1}$ terwijl de gemeten waarde lager is, is groter (36 à 43% van de gevallen). Dit is in het nadeel van de akkerbouwer, vollegrondsgroenteler of bloembollenteler.

De onderliggende methoden van grondmonstervoorbehandeling, extractie met 0,01 M CaCl_2 en de fosfaatbepaling in het extract (eluaat) worden opgegeven. Blgg heeft deze informatie vrijgegeven. Het Blgg heeft aangegeven dat de systematiek

waarmee meetresultaten omgezet worden in een waardering van de fosfaattoestand bedrijfseigen is.

LNV heeft aangegeven dat bij opname van P-PAE dan wel de combinatie van P-PAE en PAL-getal in het protocol voor het aanwijzen van fosfaatarme gronden de systematiek met de onderliggende berekeningen openbaar gemaakt worden. Het Blgg heeft inzicht gegeven in de methoden van voorbehandeling, extractie en bepaling van fosfaat in het extract via NEN-5751 (voorbehandeling) en NEN-5704 (extractie met 0,01 M CaCl_2) en wetenschappelijke publicatie voor de bepaling van fosfaat in het extract. De systematiek waarmee meetgegevens omgezet worden naar een waardering van de fosfaattoestand geeft Blgg niet vrij. Er kan daardoor geen advies ten gunste van opname van de combinatie in het protocol voor het aanwijzen van fosfaatarme gronden worden gegeven.

Daarom werd nagegaan of een criterium voor de fosfaattoestand ook te baseren is op alleen P-PAE. In het kader van deze deskstudie zijn er geen gegevens beschikbaar gekomen of beschikbaar gesteld op basis waarvan en calibratie van de gewasreactie op fosfaattoestand (P-PAE) en fosfaatgift uitgevoerd kan worden. Het Blgg heeft geen systematiek ontwikkeld op basis van uitsluitend P-PAE om de fosfaattoestand te kunnen waarderen. Een advies voor opname van P-PAE gebaseerd op dezelfde systematiek als die welke werd toegepast bij Pw-getal en PAL-getal bij het ontwikkelen van het protocol voor het aanwijzen van fosfaatarme gronden, kan niet worden gegeven. Een alternatief voor de systematiek wordt met deze deskstudie gegeven.

Een alternatief is ontwikkeld door te onderzoeken of de populatie grondmonsters met een Pw-getal lager dan $25 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ l}^{-1}$ correspondeert met eenzelfde afgebakende populatie op basis van P-PAE.

Er is geen verband tussen Pw-getal en P-PAE bij lage fosfaattoestanden. Alleen bij door hoge tot zeer hoge fosfaattoestanden te betrekken in de analyse worden significante verbanden vastgesteld. Het alternatief biedt dan perspectief. Het berekenen van P-PAE uit Pw-getal en Pw-getal uit P-PAE levert twee onderscheidenlijke verbanden op mede als gevolg van een ongelijke meetfout en verdeling van die fout tussen deze parameters.

Doorgaans is het risico van het toekennen van een verhoogde gebruiksnorm voor fosfaat op basis van P-PAE terwijl op basis van Pw-getal een dergelijke toekenning niet gegeven zou worden 9 à 10%. Daarentegen is het risico van het niet verkrijgen van een dergelijke toekenning op basis van P-PAE, terwijl meting van het Pw-getal wel daartoe zou leiden, groter (23 à 24%).

Op basis van regressie-analyse kan uit een gekozen waarde voor het Pw-getal een waarde voor P-PAE worden berekend die kan gelden als criterium voor het aanwijzen van fosfaatarme gronden. Bij een Pw-getal van $25 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ l}^{-1}$ berekend uit P-PAE wordt een getalswaarde voor P-PAE van $0,7 \text{ mg P kg}^{-1}$ berekend. Bij P-PAE als functie van het Pw-getal wordt een getalswaarde bij een Pw-getal van $25 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ l}^{-1}$ een waarde voor P-PAE van $1,3 \text{ mg P kg}^{-1}$ berekend. Indeling van de grond-

monsters op basis van de getalswaarde van P-PAE van $0,5 \text{ mg P kg}^{-1}$ levert een met de huidige praktijk uitvoering van het Blgg een vergelijkbaar beeld op. Indeling op basis van $1,3 \text{ mg P kg}^{-1}$ verlaagt het risico dat de sector geen verhoogde gebruiksnorm toegewezen krijgt terwijl op basis van een gemeten Pw-getal daarvoor wel in aanmerking gekomen zou worden. Daarentegen neemt het risico toe dat bij P-PAE-waarden kleiner dan $1,3 \text{ mg P kg}^{-1}$ het gemeten Pw-getal groter is dan $25 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ l}^{-1}$. Hoe hoger het criterium voor P-PAE wordt gekozen, hoe groter het risico is van het toekennen van een verhoogde gebruiksnorm bij een waarde voor het Pw-getal hoger dan $25 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ l}^{-1}$. Hoe lager dit criterium gekozen wordt, hoe groter het risico wordt dat de akkerbouwer, bollenteler of vollegrondsgroententeler niet in aanmerking komt voor een verhoogde gebruiksnorm terwijl bij gemeten Pw-getal daar wel sprake van zou zijn geweest.

Op basis van regressie-analyse kan uit een gekozen waarde voor het Pw-getal een waarde voor P-PAE worden berekend die kan gelden als criterium voor het aanwijzen van fosfaatarme gronden. Regressieanalyses leveren verschillende resultaten voor dit criterium. Deze verschillen worden o.a. veroorzaakt door grondsoort, prestatiekenmerken van de bepalingmethoden en het beperkt aantal waarnemingen bij een aantal grondsoorten.

De criteria voor het aanwijzen van landbouwpercelen die in aanmerking komen voor een verhoogde gebruiksnorm voor fosfaat zijn desgewenst robuuster te formuleren door het effect van grondsoort en de relatie tussen de gewasreactie op fosfaatbemesting en de fosfaattoestand van de grond bepaald met P-PAE te onderzoeken. Een aandachtspunt vormt verder de bemonsteringsstrategie.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Per 1 januari 2006 is er een ministeriële regeling (voorziening) van kracht geworden waardoor gronden met een lage fosfaattoestand in aanmerking kunnen komen voor een verhoogde gebruiksnorm voor fosfaat (Ministerie LNV, 2005). De voorziening is gebaseerd op een protocol. Dit protocol geeft de bemonsteringsstrategie en analysemethoden voor chemisch grondonderzoek. De technische achtergronden bij dit protocol zijn gegeven door Ehlert e.a. (2005).

De analysemethoden berusten op de methoden van grondonderzoek van huidige bemestingsadviezen zoals die opgesteld zijn door de Commissies van Bemesting voor de verschillende landbouwsectoren. Dit zijn methoden gebaseerd op 1:60 (v/v) extractie met water (Pw-getal) en op een 1:20 (w/v) extractie met ammoniumlactaat azijnzuur (PAL-getal). Het Pw-getal wordt toegepast op bouwland (alle open teelten), het PAL-getal op (in hoofdzaak) grasland. Voor de grote gewassen (met grote arealen) zijn deze methoden van chemisch grondonderzoek op fosfaat gekalibreerd op de gewasrespons op fosfaattoestand en fosfaatbemesting. Die calibratie heeft geleid tot een indeling in klassen met een waardering van de fosfaattoestand. Op basis van Pw-getal en PAL-getal kan daardoor de fosfaattoestand beoordeeld worden op de beschikbaarheid van fosfaat in grond voor het gewas. In hoofdzaak is die waardering afgeleid van de fysieke opbrengstreactie op fosfaatbemesting en fosfaattoestand. De criteria voor de waardering van de fosfaattoestand zijn daardoor gerelateerd aan een fysieke opbrengstderiving of een afgeleide daarvan.

Blgg te Oosterbeek heeft sinds 2003 de PAE-methode in gebruik. PAE staat voor *Plant Available Elements*. Via de PAE-methode worden uit grondmonsters meerdere nutriënten, waaronder fosfaat (P), geëxtraheerd en wordt op basis van de geëxtraheerde hoeveelheid, de bodemtoestand afgeleid en de optimale bemestingsgift bepaald. De penetratiegraad van de methode in de Nederlandse land- en tuinbouwsector is groot: de PAE-methode wordt op 75% van de landbouwbedrijven ingezet (Bussink, pers. mededeling).

De PAE-methode is ontwikkeld door Blgg zelf en is afgeleid van de 0,01 M CaCl₂-methode. Kenmerkend voor de 0,01 M CaCl₂ methode is dat in één extract alle nutriënten en de pH worden bepaald (Multi element extractie). De methode biedt mogelijkheden om nutriënten in hun onderlinge relaties te bestuderen. Daarnaast kan een bodemchemische interpretatie van resultaten gegeven worden waardoor een meer mechanistische benadering van de bodem-plant-milieu-relatie via rekenmodellen mogelijk is. In de wetenschappelijke literatuur zijn vele publicaties en rapporten verschenen waarin het perspectief van de 0,01 M CaCl₂ methode is beschreven. Deze literatuur en een stand van zaken over het – deels vertrouwelijke – onderzoek betreffende de CaCl₂ in Nederland wordt gegeven in Bijlage 1.

In 2005 werd nagegaan of de P-PAE methode opgenomen zou kunnen worden als een van de grondonderzoeksmethoden in het protocol voor de aanwijzing van gronden die in aanmerking komen voor reparatiebemesting (Ehlert e.a., 2005). Omdat niet duidelijk was hoe binnen de P-PAE methode de 0,01 M CaCl₂ extractie door het Blgg is geïmplementeerd en omdat onduidelijk was hoe uit P-PAE extractie-resultaten de fosfaattoestand van de bodem werd afgeleid, kon de P-PAE methode niet worden opgenomen in het protocol. Het NEN-voorschrift voor CaCl₂ is betrokken geweest bij de evaluatie maar grenswaarden maar konden toen niet worden afgeleid (Schoumans e.a., 2004). Reden voor het ontbreken van informatie over de PAE methode in publiek toegankelijke literatuurbestanden is dat Blgg dit vertrouwelijk behandelt: het is resultaat is van vele jaren eigen onderzoek.

Gelet op de penetratiegraad van de PAE-methode en de mogelijkheden van de methode van landbouwkundig en milieukundig onderzoek, o.a. volgend uit fosfaat-onderzoek met 0,01 M CaCl₂ en PAL-getal aan Wageningen Universiteit (dit betreft een AIO-onderzoek), is overleg gevoerd tussen Blgg, NMI en Wageningen Universiteit-DOW en LNV om na te gaan of en op welke wijze de P-PAE methode, eventueel in combinatie met PAL-getal, als derde methode in het eerdergenoemde protocol zou kunnen worden opgenomen. Door Blgg is daarbij aangegeven om minder terughoudend te zijn in het ter beschikking stellen van relevante informatie aan betrokken deskundigen.

Het ministerie van LNV heeft opdracht gegeven om te onderzoeken of het mogelijk is om P-PAE of de combinatie met het PAL-getal als derde methode toe te voegen aan het protocol voor het aanwijzen van fosfaatarme grond op bouwland. Hiertoe is een onderzoeksvoorstel geformuleerd dat voorziet in twee fasen (dit voorstel wordt gegeven in Bijlage 1). In de eerste fase wordt de stand van zaken in 2006 gegeven en wordt onderzocht of op basis van deze stand criteria voor het aanwijzen van fosfaatarme gronden op bouwland op basis van P-PAE dan wel de combinatie van P-PAE en PAL-getal kunnen worden opgesteld. Blijkt dat niet het geval te zijn, dan voorziet het onderzoeksvoorstel in het opstellen van een plan van aanpak die mogelijk kan leiden tot een tweede fase.

Dit rapport verantwoordt het uitgevoerde onderzoek van de eerste fase betreffende de stand van zaken in 2006

1.2 Doelstelling

Deze deskstudie heeft tot doel om na te gaan of op basis van P-PAE één of meerdere criteria zijn vast te stellen waarmee landbouwgronden met een lage fosfaattoestand kunnen worden aangewezen. Indien deze criteria te geven zijn, dan wordt de systematiek waarmee deze bepaald worden beschreven. De systematiek is overeenkomstig die welke toegepast werd bij de onderbouwing van het protocol voor het aanwijzen van gronden die in aanmerking komen voor een verhoogde fosfaatgebruiksnorm op basis van Pw-getal en PAL-getal.

Het rapport is als volgt opgebouwd. In hoofdstuk 2 wordt de methode van aanpak gegeven, de grondslag voor de verzameling van de gegevens en de statistische methode van bewerking. In hoofdstuk 3 wordt de systematiek met grondslagen gegeven zoals die thans door het Bllg wordt toegepast om de waardering van de fosfaattoestand te bepalen. In hoofdstuk 4 wordt de vergelijking gemaakt tussen de waardering van de fosfaattoestand op basis van Pw-getal en op basis van P-PAE. In hoofdstuk 5 worden de gegevens van hoofdstuk 3 en 4 besproken en wordt een advies gegeven.

2 Methode van aanpak

2.1 Algemeen

De toepassing van PAE bij de fosfaatbemestingsadviesgeving op bouwland door het Blgg betekent dat aangegeven kan worden wat de betekenis is van een analyse-uitslag op basis van de PAE-extractie voor wat betreft de waardering van de fosfaattoestand van de bouwvoor. In een vroeg stadium van projectformulering is door Blgg op hoofdlijnen aangegeven hoe zij dit doet (zie Bijlage 1).

De volgende werkwijze wordt toegepast bij PAE t.b.v. de fosfaatbemestingsadviesgeving op bouwland. *In aangeboden grondmonsters worden zowel P-PAE als het PAL-getal bepaald. Op basis van regressievergelijkingen tussen P-PAE en Pw-getal en tussen PAL-getal en Pw-getal wordt per monster per grondsoort zowel uit P-PAE als uit PAL-getal een Pw-getal berekend. Vervolgens wordt voor dit grondmonster uit deze twee berekende waarden het gemiddelde Pw-getal bepaald. Met dit gemiddelde wordt op basis van het oorspronkelijke op Pw-getal gebaseerde bemestingsadvies een fosfaatadviesgift bepaald.* De onderbouwing van deze methode van bemestingsadviesgeving en de betrouwbaarheid (voorspelfout van P-PAE naar resp. Pw-getal en PAL-getal en voor het gemiddelde) is niet beschikbaar in wetenschappelijke catalogi. Het is daardoor niet mogelijk om de betekenis aan te geven van een analyse-uitslag van P-PAE voor het aanwijzen van fosfaatarme gronden. Ook is niet duidelijk hoe 0,01 M CaCl₂ extractie door het Blgg is geïmplementeerd.

2.2 Uitwerking plan van aanpak

Het onderzoek van de eerste fase betreft een deskstudie naar de stand van zaken in 2006 bij het Blgg. De uitvoering van de deskstudie werd mede bepaald door het bedrijfsbelang van het Blgg om P-PAE enerzijds als 3^e methode toegevoegd te krijgen aan het protocol voor het aanwijzen van fosfaatarme gronden en anderzijds om bedrijfseigen onderzoek betrouwbaar te houden. In deze rapportage wordt dan ook aangegeven welke onderdelen expliciet zijn beschreven en beoordeeld en welke onderdelen niet in deze eerste fase inhoudelijk zijn beoordeeld omdat bedrijfseigen informatie alleen onder geheimhouding werd verstrekt of omdat deze informatie niet werd gegeven. In deze eerste fase werd uitvoering gegeven aan:

1. Beschrijving inclusief verantwoording van de huidige systematiek van het Blgg voor de waardering van de fosfaattoestand van bouwland op basis van P-PAE.
2. Verzamelen van relevante gegevens en analyseren van deze verzamelde gegevens op mogelijkheden voor het vaststellen van het criterium (of de criteria) voor het aanwijzen van fosfaatarme gronden op basis van P-PAE dan wel op basis van de combinatie van P-PAE en PAL-getal.
3. Een beoordeling of het criterium of de criteria afgeleid kan of kunnen worden uit de gewasrespons.
4. Een beoordeling of het toepassen van verschillende methoden van grondonderzoek tot een onderscheidenlijke uitslag van de waardering van de fosfaattoestand kan leiden.

De uitvoering werd afgebakend. De afbakeningen zijn:

- De Adviesbases voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentengewassen en voor bloembolgewassen kennen als criterium voor het aanwijzen van de fosfaattoestand 'laag' een Pw-getal van 20 mg P₂O₅ l⁻¹. In de uitvoeringsregeling Meststoffenwet is het criterium voor het aanwijzen van fosfaatarme percelen op basis van Pw-getal op 25 mg P₂O₅ l⁻¹ en deze waarde is de referentiewaarde van deze deskstudie.
- Het onderzoek werd uitsluitend gericht op het opstellen van een advies voor een criterium of een set van criteria om de fosfaattoestand 'laag' vast te stellen op basis van P-PAE dan wel de combinatie van P-PAE en PAL-getal. Het projectresultaat geeft geen uitsluitsel over andere waarderingen van de fosfaattoestand en de betekenis daarvan voor fosfaatbemestingsadvisering.
- Een herijking van bemestingsadviezen op P-PAE of de combinatie van P-PAE en PAL-getal heeft niet plaatsgevonden.
- Het onderzoek werd uitsluitend op bouwland gericht.
- Veldonderzoek heeft niet plaatsgevonden.
- Er zijn uitsluitend data geanalyseerd voor zover deze in direct toegankelijke bestanden beschikbaar waren. Data-invoer ten behoeve van het aanleggen van een databestand met gegevens van P-PAE en/of andere fosfaatparameters (Pw-getal, PAL-getal) ten behoeve van het onderbouwen de gewasrelatie op fosfaattoestand en fosfaatbemesting heeft evenmin plaatsgevonden.
- Het grondmonster wordt in het veld genomen volgens het bemonsteringsprotocol van het Blgg. Dit protocol van het Blgg wijkt af van de bemonsteringsstrategie van het protocol voor het aanwijzen van fosfaatarme gronden. De consequenties van deze afwijking zijn niet in het kader van deze deskstudie benoemd. Informatie over de betekenis van gestratificeerde steekproeven worden gegeven in Brus en Spätjens (1997), Brus e.a. (1999a, 1999b) en Ehlert e.a. (2005). Semivariogrammen op basis van P-PAE zijn niet beschikbaar. Het aantal steken dat nodig om een landbouwperceel verantwoord te kunnen bemonsteren, is daardoor onbekend. Omdat veldonderzoek en chemische analyses niet plaats vinden, vormt dit aspect van de bemonsteringsstrategie geen onderdeel van de eerste fase.

Analysemethoden en waardering van de fosfaattoestand

De systematiek waarmee Blgg in 2006 de fosfaattoestand van bouwland bepaalt en waardeert, is op hoofdlijnen tussen betrokkenen besproken. De systematiek omvat:

- De voorbehandeling van de grondmonsters;
- De extractie van het grondmonster met 0,01 M CaCl₂;
- De analyse van het fosfaat in het extract;
- De bepaling van het PAL-getal
- De interpretatie van het analyseresultaat en afleiding van de waardering van de fosfaattoestand.

De beschrijving van de huidige systematiek van de waardering van de fosfaattoestand van grond, welke het Blgg toepast, is volledig gebaseerd op de informatie die het Blgg heeft aangeleverd. Deze informatie betreft toelichting en duiding voorschriften.

Een beoordeling van de feitelijke voorschriften met prestatiekenmerken en validatierapporten heeft niet plaatsgevonden. De validatierapporten liggen voor de Rijksoverheid ter inzage bij het Blgg. De validatierapporten zijn niet openbaar. De verstrekte informatie wordt in hoofdstuk 3 gegeven.

Dataverzameling

In het projectplan werd uitgegaan van de verzameling van data betreffende de gewasresponse op fosfaattoestand en fosfaatbemesting uit beschikbare gegevens van een aantal nader aan te geven volgende bronnen. Die informatie bleek bij uitvoering van het project voor P-PAE niet beschikbaar te zijn in algemeen toegankelijke databestanden. In principe kan deze informatie beschikbaar gemaakt worden maar dat vergt arbeidsintensieve data-invoer samen met aanvullend grondonderzoek. Deze activiteiten behoren echter niet tot de eerste fase. In bewerkte vorm is vertrouwelijke informatie beschikbaar. Deze informatie is in gerapporteerde vorm beschikbaar en wordt meegenomen in het korte overzicht van beschikbare literatuur. In overleg met betrokken uitvoerders is een alternatief geformuleerd voor het vaststellen van criteria. Dit alternatief wordt besproken in hoofdstuk 4. Om dit alternatief te kunnen onderzoeken zijn databestanden met gegevens van chemisch grondonderzoek geëxploreerd. Het betrof de volgende bestanden.

- Een nieuw kompas voor bemestingsadvisering (Kompas).
- Het WUR-project uitgevoerd in het kader van het EU – kaderprogramma Copernicus.
- West European Research Network (IMPHOS)¹.
- Het project ‘Effect verliesnormen op bodemfosfaat’ (voorheen project 510170, thans project BO-05-007).
- Het project ‘Fosformanagement van vollegrondsgroenten’.
- Toets in de praktijk van het protocol voor het aanwijzen van fosfaatarme percelen (project 5231621).
- Literatuur (quick scan).

Data van het project Kompas zijn afkomstig van een potproef (Ehlert, 1994 en 1995, vertrouwelijke rapportage voor het Blgg) en van praktijkmonsters (Kusters, 1997). De data van de potproef zijn afkomstig van chemisch grondonderzoek uitgevoerd door het Blgg in 1993. Alle gegevens van de praktijk zijn door het Blgg verzameld in de periode 1994-1996.

Het aantal gegevens van het project Copernicus bleek gering te zijn en deze hadden vrijwel geen betrekking op Nederlandse bodems. Om deze redenen zijn geen data van dit project verzameld.

Data van het onderzoek van het West European Network van IMPHOS zijn beperkt tot die van de Nederlandse bodem. Het betreft data van 6 jaar onderzoek (1990-1996) op de veeljarige fosfaatveldproef IB 0013 te Marknesse. Deze veldproef wordt voortgezet in het kader van het project BO-05-007. De analyses werden uitgevoerd

¹ De data van IMPHOS zijn afkomstig van onderzoek gerapporteerd door Johnston e.a., 2001. IMPHOS stelt deze data beschikbaar voor wetenschappelijk onderzoek.

door het Centraal Laboratorium van het voormalige Instituut voor Bodemvruchtbaarheidsonderzoek in Haren (Pw-getal), P-CaCl₂ (thans P-PAE) werd uitgevoerd door Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) te Braunschweig. De extractie is uitgevoerd conform de voorschriften van Houba e.a. 1986), de fosfaatbepaling conform de molybdeenblauwmethode.

Data van de veeljarige fosfaatveldproef te Lelystad van het project 'Effect van verliesnormen op bodemfosfaat' (thans project BO-05-007) betreffen de onderzoeksjaren 2004 en 2005. Alle analyses werden uitgevoerd door het Blgg.

Het grondonderzoek in praktijkmonsters, die bij de toets in de praktijk van het protocol voor het aanwijzen van fosfaatarme gronden werden genomen, is afkomstig van het Blgg (project 5231621).

Deze quick scan van de literatuur heeft maar voor één situatie bruikbare data opgeleverd. Het betreft data van het onderzoek van PAGV (thans PPO-agv) bij 16 slateelten (vroege en zomerteelt) in 1996 en 1997 (van Wijk, van den Berg, 2000). Blgg heeft in 1999 in P-CaCl₂ (thans P-PAE) in de grondmonsters bepaald. Deze data van Pw-getal en PAL-getal zijn verzameld bij het bemestingsonderzoek bij vollegrondsgroenten (Ehlert e.a., 2002). Alle analyses van chemisch grondonderzoek zijn uitgevoerd door het Blgg.

Databewerking

De verzamelde data zijn in één bestand ondergebracht. Per grondmonster is de volgende informatie verzameld (indien beschikbaar) in een observationele eenheid. Een observationele eenheid bestaat uit informatie betreffende de bronhouder, grondmonsternummer, locatie (veelal postcode, verder plaatsnaam), cultuur (akkerbouwland, vollegrondsgroententeelt, bollenteelt), code voor de grondsoort, datum van bemonstering van de bouwvoor, bemonsterde laagdikte (in cm), het laboratorium dat de analyse heeft uitgevoerd, het jaar van de analyse, het organische stofgehalte, het lutumgehalte, het gehalte afslibbare delen, het volumegewicht, pH-KCl, pH-CaCl₂, PAL-getal, Pw-getal en P-PAE. Bij de opzet van de database is rekening gehouden met de herkomst van gegevens van fysisch-chemisch grondonderzoek. Gegevens van grasland zijn verwijderd uit het databestand. De codering van de grondsoorten is in de loop van de tijd bij het Blgg gewijzigd. IJsselmeerzandgrond (codes 81, 82, 83 en 84) zijn onder dekzand (code 10) geplaatst. IJsselmeerkleigrond (code 85, 86, 87, 88 en 89) zijn onder zeeklei (code 20) geplaatst. Voor de statistische bewerking zijn de Blgg-grondsoortcodes gerangschikt onder zeeklei, dekzand, rivierklei, löss, dalgrond, veen, alluviaal zand en kleiig veen.

Databewerking

Data zijn gerangschikt in klassen die nader gespecificeerd worden. Verdeling over klassen worden in absolute aantallen en in relatieve waarden gegeven. Verschillen tussen klassen zijn getoetst op significantie met een Fischer's exact test. Verschillen tussen berekende en gemeten waarden voor het Pw-getal en tussen gemeten Pw-getal en gemeten P-PAE zijn onderzocht met enkelvoudige en multivariate regressie-analyse.

3 Methoden van onderzoek van het Blgg

3.1 Toelichting

Anno 2006 bepaalt het Blgg in hetzelfde grondmonster zowel P-PAE als PAL-getal. De adviesgift is gebaseerd op een berekend Pw-getal op basis van meting van zowel P-PAE als PAL-getal. Een expliciete waardering van de fosfaattoestand wordt daarmee gegeven en dus is er dan een directe relatie met de waardering van de fosfaattoestand aanwezig volgens het huidige bemestingsadvies voor akkerbouw-, bloembollen- en vollegrondsgroentengewassen.

In dit hoofdstuk worden de analysestappen gegeven die uitgevoerd worden om P-PAE en PAL-getal te bepalen. Deze informatie is volledig gebaseerd op een opgave van het Blgg in samenwerking met het NMI. De informatie gegeven in § 2.1. en volgende paragrafen is de informatie die Blgg heeft verstrekt over de systematiek met onderliggende methoden van voorbehandeling en analyses. Die informatie is voorzien van voetnoten en redactioneel enigszins aangepast. IJkpunten worden gevormd door de NEN-voorschriften. Een beoordeling van de werkvoorschriften van het Blgg en de validatierapporten heeft niet plaatsgevonden in het kader van deze deskstudie. Deze informatie is niet vrij beschikbaar. Aangegeven is door NMI/Blgg dat deze informatie op locatie door de Rijksoverheid kan worden ingezien.

Blgg is in overleg met de RVA om analysemethoden geaccrediteerd te krijgen. Verwacht wordt dat rond 1 augustus 2006 uitsluitel verkregen wordt over PAE.

3.2 Inleiding

Blgg is een geaccrediteerd laboratorium (NEN-EN-ISO/IEC 17025 accreditatiecertificaatnummer L122²). In eigen huis ontwikkelde bepalingen worden aangeboden aan de Raad voor Accreditatie (RVA) voor beoordeling. De PAE-methodiek is op dit moment in behandeling bij de RVA..

Voor de bepaling van het P-gehalte in een grondmonster op basis van extractie met 0,01 M CaCl₂ zijn de richtlijnen NEN5751³ en NEN5704⁴ van toepassing. Deze richtlijnen zijn door Blgg aangepast aan de bedrijfsvoering. Hiervoor zijn validatie-

² Tijdelijk verlengd tot 2 augustus 2006. PAL-getal wordt vermeld in het door de RVA uitgegeven accreditatiecertificaat. Als verantwoording wordt NEN5793 gegeven. Dit moet echter zijn ontwerp NEN5793. Bodem. De bepaling van fosfaat in grond extraheerbaar met een ammoniumlactaat-azijnzuurbuffer (P-AL). Dit voorschrift was in 1999 in een ontwerpstadium maar is niet verder uitgewerkt. De website van de NEN kent dit nummer niet meer.

³ NEN5751 Bodem. Voorbehandeling van het monster voor fysisch-chemische analyses. 1989. Nederlands Normalisatie-instituut.

⁴ NEN5704 Bodem. Monstervoorbehandeling van grond. Extractie met een calciumchloride-oplossing (0,01 mol/l). 1996 Nederlands Normalisatie-instituut.

rapporten opgesteld waaruit blijkt dat de Blgg-methode gelijke resultaten oplevert dan NEN5751 en NEN5704.

De belangrijkste verschillen worden kort toegelicht voor:

- de monstervoorbehandeling
- de extractie met 0,01 M CaCl₂ en
- de bepaling van P in 0,01 M CaCl₂

De details worden in § 3.1.2-3.1.4 gegeven.

Tijdens de monstervoorbehandeling (zie § 3.3) wordt bij Blgg voor het verkleinen de klappermolen toegepast. Een andere naam hiervoor is steenbreekmolen. Deze wordt als zodanig ook genoemd in NEN5751. De voorbehandeling wijkt daarmee niet af van NEN5751. Aansluitend wordt hieruit een deelmonster (submonster) genomen voor extractie.

De uitvoering van de extractie en analyse wijkt op onderdelen af van NEN5704. De afwijkingen zijn getoetst (zie § 3.3 en § 3.4) voor de elementen B, K, Mg, Mn en Na. Geconcludeerd werd dat modificatie in uitvoering van de extractie geen verschil gaf met NEN5704. Er is vanuit gegaan dat dit ook geldt voor andere elementen die geëxtraheerd worden met 0,01 M CaCl₂ en geanalyseerd worden met ICP-AES.

Het P-gehalte in het 0,01 M CaCl₂-extract (P-PAE) wordt bepaald via een kleurreactie op basis van molybdeenblauw. Bovendien wordt het extract na affiltreren aangezuurd om de houdbaarheid van het analysemonster te verbeteren voor zover het element P betreft (aanzuren van het eluaat wordt nu standaard toegepast voor alle PAE-bepalingen).

In de navolgende pagina's is in cursief en in vetdruk aangegeven waarin de methode afwijkt van NEN5704 en NEN5751.

3.3 Grondmonstervoorbehandeling

De monstervoorbehandeling dient voor het verkrijgen van een representatief en geschikt monster voor verder onderzoek. De PAE-extractie is gebaseerd op een op 2 mm afgezeefd grondmonster (NEN2560). Het volgende is volledig gericht op de voorbehandeling t.b.v. de PAE-extractie.

Het voorbehandelen van het grondmonster bestaat naar gelang aard en volume van het ingezonden monster uit:

- drogen;
- onderbemonsteren;
- breken;
- zeven.

Binnen Blgg worden daarvoor de richtlijnen gevolgd zoals die vermeld staan in GROND.OVB. Deze zijn overeenkomstig de richtlijnen in NEN5751.

Uit het laboratoriummonster wordt met behulp van de onderbemonsterrobot volgens het bedieningsvoorschrift OBER.BVA een deelmonster genomen, dat tevens als analyseportie dient voor alle analyses op basis van 0,01 M CaCl₂.

3.4 Extractie met 0,01 M CaCl₂

In 2003 is een validatierapport geschreven met betrekking tot het opwerken van het extract (0,01 M CaCl₂). De werkzaamheden omvatten de volgende onderdelen:

- a. Vergelijk tussen centrifugeren en filtreren.**
- b. Vergelijk tussen 250 ml flessen en deelmonsterpotten.**
- c. Verschil tussen de eerste 20 ml filtraat en de resterende hoeveelheid.**
- d. Uittesten filters en pillenflesje.**
- e. Robuustheid extractie methode.
- f. Houdbaarheid extracten.
- g. Glaswerk moet B-vrij zijn.

De nieuwe methode kreeg als code CCL3.

De punten a, b, c en d vormen de verschillen tussen het Blgg procédé en NEN5704. Deze onderdelen zijn individueel voor B, K, Mg, Mn en Na gevalideerd. Met betrekking tot d is daar filter MN 680m als beste uit de bus gekomen en deze wordt in CCL3 toegepast. Het eluaat (extract) dat ontstaat na filtreren wordt bewaard in een glazen pillenflesje.

Geconcludeerd werd dat:

- de extractiemethode uitgewerkt tijdens het validatietraject geschikt is om de methode CCL3, voor de elementen B, K, Mg, Mn en Na, robuust te kunnen uitvoeren;
- uit de uitgevoerde testen blijkt dat de extractie gelijkwaardig is aan NEN5704.

De details zijn beschreven in: *CCL3A_2003-VAL (15/03/2004) en daarin aanwezige bijlagen.*

3.5 Bepaling van P in het 0,01 M CaCl₂-extract (P-PAE)

In het grondseizoen 2003-2004 is het reguliere onderzoek aan B, K, Mg, Mn en Na omgezet naar extractie met 0,01M CaCl₂ oplossing en meting met ICP-AES. Geconcludeerd werd dat de analyseresultaten gelijk waren aan die gebaseerd op NEN5751 en NEN5704. Op basis van het hiervoor genoemde onderzoek is ook aangenomen dat dit geldt voor fosfaat.

In 2004 is een aanvullend validatierapport geschreven voor de meting van fosfaat in 0,01 M CaCl₂ met behulp Continuous Flow (CF) via een kleuringsreactie op basis van molybdeenblauw. Dit heeft intern als bepalingscode de naam FOS3 gekregen.

Stap 2 (validatie van de extractie) is niet opnieuw uitgevoerd voor het element P. Na extractie is het monster aangezuurd om de houdbaarheidsduur te verhogen (Houba & Temminghoff, 1999). De FOS3-methode komt overeen met de in het verleden gevoerde bepaling FOOSC, onderdeel van de methode CCL1, uitgevoerd ten tijde van het KOMPAS-project (met dien verstande dat het nu aangezuurde monsters betreft).

De juistheid van de FOS3-methode is getest op basis van 15 ISE-ringonderzoek-monsters. Daaruit blijkt dat de methodiek ruim binnen de toetswaarden blijft.

Tabel 1. Z-scores⁵ van de FOS3-methode

| | Vastgestelde waarde | Toetswaarden |
|---------------------------------|---------------------|--------------|
| Gemiddelde Z-score ⁶ | -0,60 | -1 tot +1 |
| Standaardafwijking Z-score | 0,68 | 1 |
| Standaardafwijking t.o.v. 0 | 0,91 | 1,4 |

Geconcludeerd werd dat de FOS3-bepaling valide is voor het analyseren van P in grondmonsters, na extractie met 0,01 M CaCl₂ en meting met behulp van CF.

De details zijn beschreven in: *CCL3C_2004-VAL (15/08/2005)] en daarin aanwezige bijlagen.*

3.6 Referenties opgegeven door Blgg

Analysevoorschrift CCL1: NH₃, P, K, Mg, Mn, Na, NO₃, N, pH in CaCl₂-extract.

Houba V.J.G. en Temminghoff, E.J.M., 1999. Behaviour of phosphate in soil extracts using weak unbuffered extracting solutions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 30(9/10): 1367-1370

Houba, V.J.G., Temminghoff, E.J.M., Gaikhorst, G.A. en Vark, W. van, 2000. Soil analysis procedures using 0.01 M calcium chloride as extraction reagent. *Communications in Soil Science Plant Analysis*, 31 (9/10): 1299-1396.

NEN5704. Bodem. Monstervoorbehandeling van grond. Extractie met een calcium-chloride-oplossing (0,01mol/l).

NEN5751. Bodem. Voorbehandeling van het monster voor fysisch-chemische analyses.

Validatierapport CCL3A_2003-VAL, 0,01 M CaCl₂-extractie (processen).

⁵ Z-score is de afwijking van een stochastische variabele (X) van zijn verwachtingswaarde (μ) gedeeld door de standaardafwijking (σ).

⁶ Een gemiddelde Z-score wat absoluut kleiner of gelijk is aan 1,0 is goed. Een gemiddelde absoluut tussen 1,0 en 1,5 is verdacht. Een gemiddelde absoluut groter dan 1,5 is te hoog of te laag (bron: ONTVAM03-VRA.doc).

Validatierapport CCL3B_2003-VAL, CCL3: Borium, Kalium, Magnesium, Mangaan en Natrium in grond met 0,01 M CaCl₂ gemeten via ICP.

Validatierapport ONTVAM03-VRA.doc: Valideren van analysemethoden. 01-02-2003.

Validatierapport CCL3C_2004-VAL, CCL3: Fosfaat in grond met 0,01 M CaCl₂ gemeten via CF.

3.7 Analysestappen bij Blgg voor de bepaling van het PAL-getal

De PAL-bepaling is de afgelopen jaren niet veranderd, zowel niet qua monstervoorbehandeling als qua analyse.

3.8 Prestatiekenmerken van het Blgg bij de bepaling P-PAE en PAL-getal

De huidige prestatiekenmerken van P-PAE en PAL-getal worden in Tabel 2 gegeven. Volledigheidshalve worden ook de prestatiekenmerken voor Pw-getal gegeven hoewel Blgg deze methode niet meer toepast in haar standaardpakketten omdat de prestatiekenmerken structureel niet gerealiseerd kunnen worden.

Tabel 2. Detectielimiet, standaardafwijking (σ) en binnenlaboratoriumreproduceerbaarheid (BLR⁷) van P-PAE, Pw-getal en PAL-getal

| Methode | Detectielimiet | Bereik | Standaardafwijking | BLR |
|-----------|---|---------|--|---|
| P-PAE | 0,2 mg P kg ⁻¹ | 0 – 2,0 | 0,18 mg P kg ⁻¹ | 0,5 mg P kg ⁻¹ |
| | | 2 – 8,0 | 0,29 mg P kg ⁻¹ | 0,8 mg P kg ⁻¹ |
| | | > 8,0 | 3,5% relatief | 10% |
| Pw-getal | 4 mg P ₂ O ₅ l ⁻¹ | 0 – 50 | 2,1 mg P ₂ O ₅ l ⁻¹ | 6 mg P ₂ O ₅ l ⁻¹ |
| | | 50 – 80 | 2,9 mg P ₂ O ₅ l ⁻¹ | 8 mg P ₂ O ₅ l ⁻¹ |
| | | > 80 | 3,6% relatief | 10% relatief gemiddelde waarde |
| PAL-getal | 3,00 mg P ₂ O ₅ (100 g) ⁻¹ | 0 – 50 | 2,1 mg P ₂ O ₅ (100 g) ⁻¹ | 6,00 mg P ₂ O ₅ (100 g) ⁻¹ |
| | | 50 – 80 | 2,9 mg P ₂ O ₅ (100 g) ⁻¹ | 8,00 mg P ₂ O ₅ (100 g) ⁻¹ |
| | | > 80 | 3,6% relatief | 10% relatief gemiddelde waarde |

⁷ BLR = $2 \cdot \sqrt{2 \cdot \sigma}$.

4 Criteria op basis van P-PAE en PAL-getal of op P-PAE

Het onderzoek heeft tot doel om criteria af te leiden op basis van P-PAE dan wel de combinatie van P-PAE en PAL-getal voor het aanwijzen van fosfaatarme gronden. De systematiek van die afleiding dient volgens het projectplan van de offerte overeenkomstig te zijn aan die welke toegepast is bij het opstellen van het protocol voor het aanwijzen van fosfaatarme gronden op basis van Pw-getal en PAL-getal. De aanduiding fosfaatarm is binnen deze systematiek gebaseerd op de waardering van de fosfaattoestand van de graszode of bouwvoor zoals die gehanteerd wordt bij de huidige bemestingsadviezen voor grasland en veevoedergewassen en voor akkerbouwgewassen en vollegrondsgroenten. Deze adviezen berusten op een calibratie van veelal de fysieke gewasreactie op fosfaattoestand bepaald als Pw-getal of PAL-getal en op fosfaatbemesting. Tijdens deze deskstudie zijn geen data beschikbaar gekomen over de gewasreactie van bouwlandgewassen op fosfaattoestand bepaald als P-PAE en op fosfaatbemesting. Er zijn twee vertrouwelijke rapportages aan het Blgg beschikbaar gekomen betreffende de landbouwkundige betekenis van P-PAE. (Ehlert, 1994; Van Wijk en Van den Berg, 2000). Het onderzoek betreft een potproef en een verslag over onderzoek bij vroege en zomerslateelt in 1996 en 1997. De resultaten van deze slateelten voor Pw-getal en PAL-getal zijn gerapporteerd door Ehlert e.a. (2000). Het betreft bewerkte data die vertrouwelijk in het kader van het project Kompas (Ehlert, 1994) of in een vertrouwelijke opdracht (Van Wijk en Van den Berg, 2000) gerapporteerd werden aan Blgg. Het onderzoek van Ehlert (1994) betreft een potproef met 89 gronden waarin de fosfaatopname door aardappelloof bestudeerd werd en waarbij Pw-getal en P-CaCl₂⁸ onderling vergeleken werd. Het onderzoek wees uit dat de relatie tussen de fosfaatopname en de fosfaattoestand van de grond door het gehalte aan koolzure kalk (herleid op pH) werd beïnvloed. Dit beïnvloedt de waardering van de fosfaattoestand van de grond. De potproef bood geen mogelijkheden om die waardering van de fosfaattoestand op basis van P-CaCl₂ vast te stellen. Van Wijk en Van den Berg (2000) onderzochten relaties tussen bemesting en fosfaattoestand bij teelten van sla op veldproeven (uitvoering proeven 1996 en 1997). De fosfaattoestand werd daarbij bepaald als Pw-getal, PAL-getal en P-CaCl₂ en hun onderlinge combinaties. De methoden van chemisch grondonderzoek op fosfaat bleken onderling niet inwisselbaar, d.w.z. een andere interpretatie eraan gegeven moet worden. Een waardering van de fosfaattoestand van de grond werd in dit onderzoek niet gegeven. Beide onderzoeken geven daardoor geen uitsluitsel over de landbouwkundige interpretatie van de fosfaattoestand bepaald als P-PAE en dus over de waardering van de fosfaattoestand. Er ontbreekt daardoor bij deze deskstudie de mogelijkheid om dezelfde systematiek toe te passen bij P-PAE. Er is daarop een alternatief ontwikkeld op basis van gegevens van grondonderzoek. Onderzocht werd of op basis van P-PAE dan wel de combinatie van P-PAE en PAL-getal dezelfde populatie fosfaatarme gronden als op basis van Pw-getal aangewezen kon worden. Daarnaast is onderzocht of toepassen van

⁸ P-CaCl₂ in het onderzoek van Ehlert (1994) en Van Wijk en Van den Berg (2000) is gebaseerd op methoden die later door Houba e.a. (2000) zijn gepubliceerd. De analyses van P-CaCl₂ werden door het Blgg uitgevoerd.

P-PAE dan wel de combinatie van P-PAE en PAL-getal leidt tot een afwijkende conclusie over de waardering van de fosfaattoestand van de grond ten opzichte van die op basis van het Pw-getal. Hiertoe zijn data verzameld conform de toelichting gegeven in hoofdstuk 2. Dit hoofdstuk verantwoordt de bewerking en statistische analyse van de vergelijking van P-PAE met Pw-getal volgens het gegeven alternatief.

4.1 Het databestand

De gegevensbronnen zijn benoemd in hoofdstuk 2. De data zijn in één bestand samengebracht. Om de omrekening van P-PAE en PAL-getal naar Pw-getal uit te kunnen voeren, moet de grondsoortcode bekend zijn. Er is een herrangschikking van deze grondsoortcodes uitgevoerd om deze omrekening uit te kunnen voeren. Tabel 3 geeft een overzicht van de data over de grondsoortcodes na herrangschikking voor de gegevens van algemeen grondonderzoek inclusief de fosfaatparameters P-PAE, Pw-getal en PAL-getal. Hierbij zijn data afkomstig van heranalyses per grondmonster gemiddeld zonder rekening te houden met het jaar van analyse en mogelijke consequenties van verbetering van de analysetechnieken bij organische stof, textuur, zuurgraad en de fosfaatparameters. De data zijn afkomstig van vier⁹ bronhouders, te weten Blgg, Alterra, PAV en IMPHOS. Zonder te middelen zijn in totaal 6736 monsters beschikbaar. Het Pw-getal is 5197 keer gemeten, P-PAE is 5526 keer bepaald en het PAL-getal is 3795 maal bepaald. Het overzicht van de gegevens van algemeen grondonderzoek (AGO) op organische stof, textuur en zuurgraad (pHKCl en pHCaCl₂) wordt gegeven in Bijlage 2.

Alle informatie van grondmonster wordt in deze deskstudie observationele eenheid genoemd. Het is niet zo dat alle informatie van een grondmonster beschikbaar is. Tabel 3 wijst uit dat gegevens van P-PAE vaker beschikbaar zijn in het databestand, dan Pw-getal of PAL-getal. Het bereik in deze parameters is groot. Zeer lage waarden zijn aanwezig en zeer hoge waarden. De mediaanwaarden zijn lager dan de gemiddelden. Afgeleid van de waarden voor het Pw-getal komen zeer lage waarderingen voor de fosfaattoestand voor en hoge tot zeer hoge waarden maar fosfaattoestanden passend bij Goede Landbouwpraktijk (GLP) domineren.

Dekzand (diluviaal zand) en zeeklei hebben het grootste aantal observationele eenheden. Kleiig veen en veen hebben een beperkt aantal observationele eenheden. Dat is niet zo verrassend omdat bouwland op deze laatste twee grondsoorten nauwelijks voorkomt. Bij de bewerking is maasklei gerangschikt onder rivierklei.

De indeling naar grondsoortcode is gebaseerd op opgave. Deze indeling is niet opgelegd door betrokken onderzoekers maar is overgenomen van verschillende databestanden zoals het daar was gerubriceerd. De codering van grondsoorten is volgens opgave van de aanvrager van het onderzoek (praktijk). Indien echter de gegevens van AGO van Bijlage 2 nader bekeken worden, dan blijkt dat het bereik tussen grondsoorten dusdanig groot is dat er sprake moet zijn van een verstrengeling

⁹ In de offerte is ook het programma Copernicus genoemd als mogelijk bron voor data. Data die in het kader van dit programma zijn verzameld, zijn met enkele uitzonderingen afkomstig van Centraal Europese landen. In het databestand zijn alleen gegevens van Nederlandse gronden opgenomen.

Tabel 3. Gemiddelden, medianen, minimum en maximumwaarden en aantal waarnemingen voor de fosfaatparameters PAL-getal, Pw-getal per grondcode in het databestand

| Fosfaatparameter | Groetheid | Grondsoort, code en omschrijving | | | | | | | | | | Gemiddeld/ totaal aantal |
|---|------------|----------------------------------|---------|---------|------------|----------|----------|-------------|------|------|----------|--------------------------------|
| | | 0 | 10 | 20 | 40 | 45 | 50 | 60 | 62 | 71 | 99 | |
| | | zeezand | dekzand | zeeklei | rivierklei | maasklei | dalgrond | kleiig veen | veen | löss | onbekend | |
| PAL-getal mg P ₂ O ₅ (100 g) ⁻¹ | Gemiddelde | 49 | 44 | 47 | 46 | 52 | 52 | 45 | 43 | 53 | 44 | 47 |
| | Mediaan | 42 | 40 | 44 | 37 | 42 | 53 | 32 | 37 | 46 | 44 | 41 |
| | Minimum | 3 | 5 | 4 | 2 | 9 | 4 | 3 | 14 | 5 | 4 | 2 |
| | Maximum | 298 | 238 | 174 | 178 | 156 | 220 | 193 | 121 | 152 | 93 | 298 |
| | Aantal | 179 | 1132 | 1222 | 145 | 73 | 214 | 31 | 58 | 102 | 138 | 3294 |
| Pw-getal mg P ₂ O ₅ l ⁻¹ | Gemiddelde | 47 | 42 | 37 | 49 | 49 | 43 | 46 | 33 | 46 | 33 | 41 |
| | Mediaan | 39 | 34 | 32 | 41 | 38 | 41 | 37 | 23 | 34 | 29 | 34 |
| | Minimum | 1 | 1 | 1 | 3 | 4 | 1 | 6 | 5 | 2 | 4 | 1 |
| | Maximum | 448 | 352 | 360 | 184 | 160 | 151 | 174 | 162 | 170 | 107 | 448 |
| | Aantal | 225 | 1508 | 1554 | 194 | 80 | 242 | 47 | 67 | 160 | 241 | 4318 |
| P-PAE mg P kg ⁻¹ | Gemiddelde | 4,3 | 3,1 | 2,3 | 3,8 | 4,8 | 3,5 | 3,7 | 2,7 | 3,8 | 2,9 | 3,1 |
| | Mediaan | 2,4 | 1,5 | 1,1 | 2,5 | 2,6 | 2,5 | 1,7 | 1,2 | 2,0 | 1,2 | 1,5 |
| | Minimum | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 |
| | Maximum | 45,4 | 37,5 | 32,0 | 19,6 | 28,8 | 64,6 | 27,0 | 20,7 | 26,9 | 34,6 | 64,6 |
| | Aantal | 334 | 1430 | 1403 | 274 | 131 | 328 | 73 | 95 | 224 | 241 | 4533 |

tussen grondsoorten; m.a.w. er is sprake van een bias bij de grondsoortindeling. In het kader van deze deskstudie is deze verstrengeling niet verder onderzocht. De data van het Blgg zijn gebruikt om verbanden af te leiden voor clusters van grondsoorten. Hierbij is de oorspronkelijke grondsoortcode inclusief bias als uitgangspunt gehanteerd voor verdere statistische bewerking. Gelet op de doelstelling van deze deskstudie is gefocust op de P-PAE-systematiek van het Blgg en is aan de geconstateerde verstrengeling geen verdere aandacht geschonken.

4.2 Werkhypothese

In het onderzoek zijn de volgende werkhypotheses onderzocht.

Werkhypothese 1

Geeft de huidige systematiek van het Blgg, waarbij op basis van P-PAE en PAL-getal een Pw-getal wordt berekend, eenzelfde waardering van de fosfaattoestand van de grond als die gebaseerd op een gemeten Pw-getal?

Werkhypothese 2

Geeft de huidige methode van grondonderzoek op basis van P-PAE eenzelfde waardering van de fosfaattoestand van de grond als die gebaseerd op een gemeten Pw-getal?

Werkhypothese 3

Hoe groot is het risico van een verschillend beoordelingsresultaat als niet Pw-getal maar de combinatie van P-PAE en PAL-getal of uitsluitend P-PAE wordt toegepast om de waardering van de fosfaattoestand vast te stellen?

Deze werkhypotheses zijn door Saskia Burgers van Biometris onderzocht. Het verslag van dit onderzoek wordt in Bijlage 3 gegeven. In dit hoofdstuk worden belangrijkste resultaten van dat onderzoek gepresenteerd.

Het verslag gegeven in Bijlage 3 is niet volledig. Tijdens deze deskstudie is door Blgg expliciet aangegeven dat de parameterschattingen van de coëfficiënten van de rekenregels waarmee per cluster van grondsoorten uit PAL-getal of P-PAE een Pw-getal wordt berekend betrouwbaar zijn. Ook de clustering van grondsoorten is betrouwbaar. Deze informatie is dan ook niet opgenomen in deze rapportage van de statistische bewerking.

In het volgende worden eerst de resultaten van de statistische bewerking gegeven bij het toepassen van de huidige systematiek van het Blgg waarbij op basis van de combinatie van P-PAE en PAL-getal de fosfaattoestand berekend als Pw-getal wordt bepaald. Vervolgens wordt ingegaan op het toetsen van de werkhypotheses uitsluitend gericht op P-PAE.

4.3 Beschikbare data voor analyse

Voor de vergelijking van de gemeten Pw-getal en deze berekende Pw-getal zijn alleen monsters bruikbaar waarin zowel de Pw-getal als P-PAE als PAL-getal zijn gemeten en waarvoor de grondsoort (volgens de oude systematiek) bekend is. Dit is voor 1619 monsters het geval.

Voor de rechtstreekse vergelijking van Pw-getal met P-PAE zijn alleen de monsters bruikbaar die met beide methoden gemeten zijn. Dit zijn 3635 monsters.

4.4 Gemeten Pw-getal versus berekend Pw-getal

4.4.1 Observationeel onderzoek

De relaties tussen PAL-getal en P-PAE en Pw-getal zijn door het Blgg/NMI vastgesteld op basis van een dataset waarbij monsters met een Pw-getal ≤ 1 mg P_2O_5 l^{-1} en/of P-PAE $\leq 0,2$ mg P kg^{-1} niet zijn meegenomen. In de beschikbare dataset zijn er 89 monsters waarvoor het Pw-getal ≤ 1 mg P_2O_5 l^{-1} en/of P-PAE $\leq 0,2$ mg P kg^{-1} is. In deze studie gaat het juist om de monsters met een lage fosfaattoestand. Monsters op of onder de detectielimiet horen daar zeker bij en het zou verlies van informatie zijn om deze monsters niet mee te nemen. De rekenregels van het Blgg zijn daarop toegepast op alle beschikbare data.

Voor drie grenzen van het Pw-getal, te weten 20, 25 en 30 mg P_2O_5 l^{-1} , is bekeken in hoeverre de indeling op basis van het berekende Pw-getal overeenkomt met de waarde van het gemeten Pw-getal. Dit is weergegeven als procentuele verdeling over het berekende Pw-getal in mg P_2O_5 l^{-1} in Tabel 4.

Tabel 4. Procentuele verdeling van de berekende Pw-getallen volgens de huidige Blgg-systematiek over drie categorieën

| Pw-getal gemeten ¹ | Pw-getal berekend | | Totaal, % |
|-------------------------------|-------------------|-----------|-------------|
| | < 20 | ≥ 20 | |
| < 20 | 65 | 35 | 100 (=278) |
| ≥ 20 | 5 | 95 | 100 (=1341) |
| | < 25 | ≥ 25 | Totaal, % |
| < 25 | 64 | 36 | 100 (=490) |
| ≥ 25 | 6 | 94 | 100 (=1129) |
| | < 30 | ≥ 30 | Totaal, % |
| < 30 | 74 | 26 | 100 (=647) |
| ≥ 30 | 7 | 93 | 100 (=972) |

¹ mg P_2O_5 l^{-1}

Van alle monsters met een gemeten Pw-getal groter of gelijk aan 25 mg P₂O₅ l⁻¹ komt 6% uit op een berekende Pw-getal kleiner dan 25 mg P₂O₅ l⁻¹. Dit is het percentage monsters dat bij een gemeten Pw-getal niet de classificatie ‘*komt in aanmerking voor een verhoogde gebruiksnorm*’ had gekregen terwijl dat bij een berekend Pw-getal wel het geval zou zijn. De verhouding bij het berekende Pw-getal, gegeven de gemeten Pw-getal, hangt niet af van de gekozen grenswaarde.

Van de gemeten monsters met een Pw-getal kleiner dan 25 mg P₂O₅ l⁻¹ komt een veel groter percentage, namelijk 36%, uit op een berekende Pw-getal groter of gelijk aan 25 mg P₂O₅ l⁻¹. Deze groep krijgt dus geen classificatie ‘*laag*’ op basis van de gemeten P-PAE en PAL-getal terwijl ze die wel hadden gekregen bij een gemeten Pw-getal.

Er kan ook gekeken worden hoe de verdeling in procenten eruit ziet op basis van alle monsters (dus de gehele tabel). Dit is gedaan voor het criterium in de uitvoeringsregeling Meststoffenwet voor bouwland op basis van het Pw-getal; dit is 25 mg P₂O₅ l⁻¹. Tabel 5 geeft het resultaat.

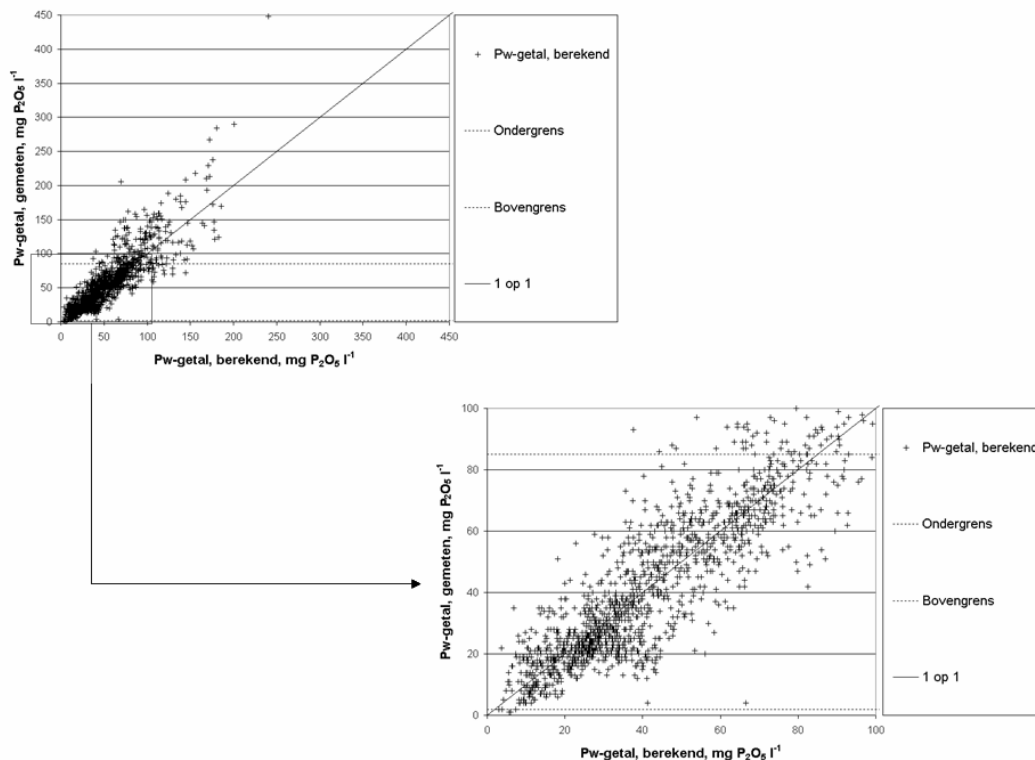
Tabel 5. Verdeling in procent van het berekende Pw-getal t.o.v. van het gemeten Pw-getal bij afbakening bij het wettelijke criterium voor het Pw-getal van 25 mg P₂O₅ l⁻¹ (100%=1619)

| Pw-getal gemeten ¹ | Pw-getal berekend | |
|-------------------------------|-------------------|------|
| | <25 | ≥25 |
| <25 | 19,3 | 11,0 |
| ≥25 | 3,9 | 65,8 |

¹ mg P₂O₅ l⁻¹.

Dit betekent voor de beschikbare data dat slechts 3,9% van de monsters een classificatie ‘*laag*’ hadden gekregen op basis van het berekende Pw-getal die dat niet hadden bij een gemeten Pw-getal. Verder geldt voor 11% dat deze geen classificatie ‘*komt in aanmerking voor een verhoogde gebruiksnorm*’ hadden gekregen op basis van het berekende Pw-getal terwijl ze dat wel hadden gehad bij een gemeten Pw-getal. Het weergegeven van percentages kent een risico omdat er verschillen in arealen met een bepaalde klassering van de fosfaattoestand zijn dat niet in het percentage tot uitdrukking komt. Hoewel de 11% van Tabel 5 op basis van het totaal aantal beschikbare observationele waarnemingen lager is dan de 36% van Tabel 4, zal het areaal groter zijn.

In Bijlage 3 worden verfijningen van Tabellen 4 en 5 gegeven (respectievelijk Tabellen B3.4 en B3.5). Ter illustratie wordt in Figuur 1 het gemeten Pw-getal uitgezet tegen het berekende Pw-getal.



Figuur 1. Gemeten Pw-getal versus uit P-PAE en PAL-getal berekend Pw-getal. De ondergrens en de bovengrens gelden voor het bereik van de regressievergelijkingen van het Blgg waarop de regressievergelijkingen zijn gebaseerd. Waarden onder een Pw-getal van 2 mg P₂O₅ l⁻¹ en boven een Pw-getal van 85 mg P₂O₅ l⁻¹ betreffen extrapolatie

Onderzocht is of de verkregen resultaten consistent zijn over de verschillende delen van de dataset. Dit door bewerking van Tabel 4 per grondsoort, cultuur of per bronhouder te onderzoeken. Voor de grens van Pw-getal gelijk aan 25 mg P₂O₅ l⁻¹ wordt het aantal monsters gegeven in onderstaande tabellen. Verder worden de twee relevante percentages gegeven. De resultaten wijzen uit dat over het algemeen de data consistent zijn over de verschillende delen van het databestand (zie ook Bijlage 3). Vier resultaten wijzen op een afwijking.

1. Grondsoort

Het totaal aantal monsters voor de grondsoorten löss, veen en kleiig veen is laag zodat voor deze grondsoorten geen betrouwbare uitspraken kunnen worden gedaan. Het aantal monsters afkomstig van zeelei is wel groot en daar geldt dat 9% van de monsters die een gemeten Pw-getal hebben van hoger dan 25 mg P₂O₅ l⁻¹ op basis van het berekende Pw-getal onder de getalswaarde van 25 komt. Dit verschilt significant van de 6% vastgesteld op het totale databestand (p=0,04). Bij een vergelijking van zeelei met alle andere grondsoorten wordt het verschil groter: 8,7% versus 3,8% en ook dit verschil is significant (p=0,01).

2. Bronhouder

De relaties tussen PAL-getal en Pw-getal en tussen P-PAE en Pw-getal, op basis waarvan het Pw-getal wordt berekend zijn gebaseerd op data van Blgg van het project KOMPAS, die ook in deze studie weer worden gebruikt. Het is daarom belangrijk om te onderzoeken of op basis van andere data de overeenkomst tussen het gemeten Pw-getal en het berekende Pw-getal gelijk blijft. Tabel 6 geeft het resultaat van dit onderzoek.

Tabel 6. Aantal monsters per bron per categorie

| Bronhouder | Pw-getal gemeten ¹ | Pw-getal berekend | | Aantal waarnemingen |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------|-----------|---------------------|
| | | < 25 | ≥ 25 | |
| Blgg | < 25 | 135 | 55 (29%) | 190 |
| | ≥ 25 | 26 (4%) | 588 | 614 |
| | Aantal waarnemingen | 161 | 643 | 804 |
| Overige bronnen ² | < 25 | 177 | 123 (41%) | 300 |
| | ≥ 25 | 37 (7%) | 478 | 515 |
| | Aantal waarnemingen | 214 | 601 | 815 |

¹ mg P₂O₅ l⁻¹

² Bronhouders zijn eigenaars van data. De metingen werden in hoofdzaak uitgevoerd door het Blgg

In Tabel 6 lijken de percentages bij overige bronnen wat hoger dan die in de Tabel 4. Vervolgens is getoetst of de verhouding 26/614 gelijk is aan 37/515, met andere woorden of het percentage dat op basis van het berekende Pw-getal een classificatie 'komt in aanmerking voor een verhoogde gebruiksnorm' krijgt gelijk is bij de data van het Blgg ten opzichte van de data van overige bronhouders. Er is een significant verschil (p=0,04) in het percentage dat op basis van het berekende Pw-getal de classificering 'komt in aanmerking voor een verhoogde gebruiksnorm' krijgt terwijl het gemeten Pw-getal groter dan 25 is, voor de monsters van Blgg ten opzichte van alle monsters van de overige bronhouders. Dit verschil is slechts deels te wijten aan verschillen tussen laboratoria; ook de data van de overige bronhouders zijn veelal afkomstig van het Blgg. Echter, van de 37 monsters 'Overig', die een berekend Pw-getal hebben van groter dan 25 mg P₂O₅ l⁻¹ hebben terwijl de gemeten waarde lager is dan 25, zijn er 34 monsters 'zeeklei'. Daarmee zijn deze effecten verstrengeld en kan niet gesteld worden of het aan 'zeeklei' ligt dan wel aan het feit dat het monsters van overige bronhouders zijn. Daarom werden de monsters afkomstig van zeeklei onderzocht (Tabel 7).

Er zijn voldoende Blgg-monsters afkomstig van zeeklei. Van de 113 met een gemeten Pw-getal ≥25 mg P₂O₅ l⁻¹ is er maar één die een berekend Pw-getal lager dan 25 mg P₂O₅ l⁻¹ heeft. Kortom het effect 'zeeklei' geldt niet voor de Blgg-monsters. Dit betekent in feite dat de Blgg-systematiek op basis van de regressievergelijkingen (rekenregels) toegepast op andere data voor de grondsoort zeeklei tot een afwijkend resultaat voor het berekende Pw-getal lijkt te leiden.

Tabel 7. Aantal monster van Blgg met grondsoort zeeklei per categorie

| Pw-getal gemeten ¹ | Pw-getal berekend | | Aantal waarnemingen |
|-------------------------------|-------------------|-----|---------------------|
| | <25 | ≥25 | |
| <25 | 28 | 21 | 49 |
| ≥25 | 1 | 112 | 113 |
| Aantal waarnemingen | 29 | 133 | 162 |

¹ mg P₂O₅ l⁻¹

Voor de andere grondsoorten is weinig of geen informatie voorhanden of wordt dit verschil niet gevonden:

- Rivierklei: 10 waarnemingen van Alterra (dit zijn Blgg analyses).
- Löss, veen, alluviale zandgrond en kleiig veen: geen punten in de andere datasets, geen basis voor vergelijking.
- Diluviale zandgrond: 198 punten van PAV; hier maar 2 van de 151 punten die op basis van berekende waarde de classificatie 'komt in aanmerking voor een verhoogde gebruiksnorm' worden terwijl ze dat met gemeten Pw-getal daar aan niet voldoen.
- Dalgrond: 94 punten van PAV waarbij 0 punten van de 73 die op basis van berekende waarde voldoen aan de classificatie 'komt in aanmerking voor een verhoogde gebruiksnorm' terwijl ze dat gemeten daaraan niet voldoen.

3. Jaar van analyse

De fosfaatanalyses met de CL zijn de afgelopen tien jaar nauwkeuriger geworden. Dit kan mogelijk leiden tot onderscheid tussen jaren. Dit is onderzocht. Er is één afwijking geconstateerd. Het resultaat in bemonsterjaar 2004 en 2005 wijken af van de overige jaren (zie Bijlage 3). Op basis van berekende Pw-getallen wordt een classificatie 'komt in aanmerking voor een verhoogde gebruiksnorm' gegeven terwijl de gemeten waarde voor het Pw-getal of gelijk of hoger is dan 25. Hoewel de data van 2005 afkomstig zijn van verschillende bronhouders, zijn alle analyses uitgevoerd door het Blgg. Het is niet duidelijk waardoor dit afwijkend resultaat wordt veroorzaakt.

4. Deelverzamelingen van de data

Bovenstaande resultaten zijn gebaseerd op het toepassen van de rekenregels van het Blgg zonder rekening te houden met de restricties die door het NMI werden opgelegd bij hun afleiding. Hierop is een controle uitgevoerd. De relaties tussen het PAL-getal en het Pw-getal en tussen P-PAE en het Pw-getal zijn afgeleid op basis van data waarvoor geldt dat het Pw-getal groter is dan 1 mg P₂O₅ l⁻¹ en het Pw-getal kleiner is dan 85 mg P₂O₅ l⁻¹ en P-PAE groter is dan 0,2 mg P kg⁻¹. Op basis van deze restricties daalt het aantal beschikbare waarnemingen naar 1329. Tabel 8 geeft het resultaat voor de procentuele verdeling. Bijlage 3 geeft het volledige overzicht.

Tabel 8. Procentuele verdeling van het berekende Pw-getal over de gemeten Pw-getallen bij het toepassen van de restricties bij afleiding van de rekenregels

| Pw-getal gemeten ¹ | Pw-getal berekend | | Totaal percentage |
|-------------------------------|-------------------|-----|-------------------|
| | <25 | ≥25 | |
| <25 | 57 | 43 | 100 (=412) |
| ≥25 | 6 | 94 | 100 (=917) |

¹ mg P₂O₅ l⁻¹

Door de restricties op te leggen stijgt ten opzichte van Tabel 5 het percentage monsters op basis van het berekende Pw-getal van 36% naar 43% dat niet in aanmerking komt voor een verhoogde gebruiksnorm terwijl op basis van het gemeten Pw-getal deze monsters wel daarvoor in aanmerking zouden komen.

4.4.2 Regressie-analyse

Regressie analyse is een manier om te onderzoeken of en hoe goed de relatie is tussen het gemeten en berekende Pw-getal. Gegeven de meetfout van zowel de gemeten als het berekende Pw-getal in het lage traject wordt geen duidelijke relatie tussen deze twee variabelen verwacht in het lage traject. Op basis van het hele meetbereik wordt de relatie wel verwacht en ook gevonden. In eenvoudige lineaire regressie van het berekende Pw-getal op het gemeten Pw-getal wordt 78% van de variantie verklaard en wanneer de lijn door de oorsprong wordt gedwongen is de helling voor het berekende Pw-getal gelijk aan 1,04 (standaardafwijking van het model is 17,8, de standaardfout van de hellingshoek is 0,008, het bereik van het Pw-getal is 1 – 448 mg P₂O₅ l⁻¹). Daarmee lijkt er over het hele traject wel sprake van een één op één relatie ondanks de grote variatie. Gelet op de standaardafwijking van het model (17,8) heeft deze relatie weinig zeggingskracht in het traject met lage fosfaattoestanden (Pw-getal <20 mg P₂O₅ l⁻¹).

Naast het berekende Pw-getal zijn ook andere variabelen, te weten grondsoort, cultuur, bouwvoor, laboratorium en bemonsterjaar opgenomen in het regressie-model. De variabelen grondsoort en bemonsteringsjaar zijn significant en ook de interactie tussen grondsoort en het berekende Pw-getal is significant. Dit betekent dat de relatie tussen het berekende Pw-getal en het gemeten Pw-getal verschilt voor deze variabelen. Dit ondersteunt de resultaten die gevonden zijn in de tabellen (zie Bijlage 3).

4.4.3 Conclusies bij de combinatie

De Bgg-systematiek is gebaseerd op de meting van de combinatie van het PAL-getal en P-PAE.

Het onderzochte alternatief wijst uit dat in het traject van fosfaattoestanden met een lage waardering van de toestand er weliswaar een relatie is tussen gemeten en

berekende waarde maar dat die relatie pas vastgesteld kan worden door waarden met een hogere fosfaattoestand erbij te betrekken.

De huidige systematiek van het Blgg leidt tot een berekende waarde van het Pw-getal. Er kunnen dan criteria worden afgeleid op basis van een gewasreactie. Criteria voor het waarderen van de fosfaattoestand zijn namelijk gelijk aan die van de huidige bemestingsadviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentengewassen.

Het toepassen van de systematiek leidt doorgaans tot een vergelijkbaar resultaat als bij meting van het Pw-getal. Bij lage fosfaattoestanden is er een risico voor de akkerbouwer, groenteteler of bollenteler. De kans dat een monster op basis van de berekende fosfaattoestand niet in aanmerking komt voor een verhoogde gebruiksnorm terwijl dit wel het geval zou zijn geweest indien het Pw-getal daadwerkelijk zou zijn gemeten bedraagt 36 à 43% (werkhypothese 1).

Het risico dat de systematiek leidt tot een fosfaattoestand die lager wordt gewaardeerd dan op basis van een meting wordt vastgesteld is relatief laag namelijk 5 tot 7% (werkhypothese 3)).

4.5 Vergelijking gemeten Pw-getal met gemeten P-PAE

4.5.1 Observatieel onderzoek

In deze paragraaf worden uitsluitend metingen van P-PAE en Pw-getal onderling met elkaar vergeleken als alternatief voor de huidige systematiek van het Blgg.

P-PAE wordt op een andere schaal gemeten dan het Pw-getal en daarmee moeten ook de grenzen voor de criteria voor het aanwijzen van fosfaatarme landbouwpercelen vastgesteld worden. Er zijn 3653 monsters beschikbaar waarvoor zowel het Pw-getal als P-PAE is gemeten.

In een eenvoudige regressie analyse van P-PAE op Pw-getal wordt de volgende vergelijking verkregen:

$$\text{Pw-getal}^{10} = 19,96 + 7,40 * \text{P-PAE} \quad (1)$$

Het percentage verklaarde variantie is 70%, de standaardafwijking van het model is 18,9 en de standaardfout voor de constante en voor de helling zijn respectievelijk

¹⁰ Bij deze vergelijking is geen rekening gehouden met de verschillende dimensies (Pw-getal in mg P₂O₅ l⁻¹ en P-PAE in mg P kg⁻¹). Omrekening naar eenzelfde dimensie was alleen mogelijk door een volumegewicht te berekenen uit het gehalte aan organische stof. Meetgegevens van de volumieke massa (volumegewicht) zijn schaars. De omrekening leidt tot de introductie van nieuwe bronnen van variatie. Er werd gekozen om geen standaardisatie van de dimensie uit te voeren. Dit geeft een verstrengeling die met name bij monsters met veel organische stof (dalgrond, veengrond) tot bias leidt. Deze bias werd in deze deskstudie geaccepteerd.

0,38 en 0,008. Het bereik in Pw-getal is 1 – 448 mg P₂O₅ l⁻¹; restrictie tot een bereik van 2-85 mg P₂O₅ l⁻¹ geeft een slechter passend verband.

In een regressie analyse waarbij P-PAE de respons is, wordt de vergelijking:

$$P\text{-PAE} = -1,03 + 0,094 * P\text{w-getal} \quad (2)$$

Het percentage verklaarde variantie is 70%, de standaardafwijking van het model is 2,13 en de standaardfout voor de constante en voor de helling zijn respectievelijk 0,005 en 0,001.

Bij aanname dat bij een Pw-getal gelijk aan 0 ook P-PAE gelijk aan 0 is en visa versa dan gelden:

$$P\text{w-getal} = 9,84 * P\text{-PAE} \quad (3)$$

Met vergelijking (3) wordt 48% van de variantie verklaard, standaardafwijking van het model is 25 en de standaardfouten voor de hellingshoek is 0,09.

$$P\text{-PAE} = 0,08 * P\text{w-getal} \quad (4)$$

Waarmee 67% van de variantie wordt verklaard, de standaardafwijking van het model is 2,24 en de standaardfout van de helling is 0,0007.

Deze vergelijkingen zijn niet gelijk omdat in het ene geval wordt verondersteld dat bij een gemeten P-PAE het Pw-getal varieert en visa versa. In werkelijkheid zijn beide metingen behept met meetfouten. Deze meetfouten zijn relatief groot in het lage traject zodat in dit traject ook geen goede relatie kan worden verwacht.

De gegeven parameterschattingen zijn afhankelijk van de deelverzameling die opgelegd wordt.

In deze deskstudie gaat het erom te onderzoeken of op basis van P-PAE dezelfde groep monsters aangewezen kan worden die met het gemeten Pw-getal en het huidige geldende criterium in aanmerking komen voor een verhoogde gebruiksnorm voor fosfaat. Dit criterium is voor Pw-getal 25 mg P₂O₅ l⁻¹. Indien deze waarde wordt ingevuld leidt dit voor regressievergelijking (1) tot een waarde voor P-PAE van 0,68 (0,7) mg P kg⁻¹. In regressievergelijking (2) resulteert dit in een P-PAE van 1,32 (1,3) mg P kg⁻¹. Door deze twee berekende waarden als rubriceringswaarden voor P-PAE te nemen, worden de volgende procentuele verdelingen per categorie (rubriek) verkregen (Tabel 9).

Regressievergelijkingen (3) en (4) zonder constante leiden bij een Pw-getal van 25 mg P₂O₅ l⁻¹ tot P-PAE waarden van respectievelijk 2,54 en 2,00. Het risico op het aantal monsters dat met een gemeten Pw-getal van meer dan 25 mg P₂O₅ l⁻¹ bij lagere waarden dan 2,54 mg P kg⁻¹ of 2,00 mg P kg⁻¹ wordt dan te groot. Dit werd verder niet meer uitgewerkt.

De grenswaarde van 0,7 mg P kg⁻¹ voor P-PAE resulteert in een percentage van 8% dat op basis van P-PAE wel een classificatie 'komt in aanmerking voor een verhoogde gebruiksnorm' krijgt terwijl dat met het gemeten Pw-getal niet zou zijn verkregen. Dit komt overeen met het resultaat van het berekende Pw-getal volgens de huidige systematiek van het Blgg (§4.4). Het percentage monsters dat nu deze classificatie niet meer krijgt terwijl met een gemeten Pw-getal daarvoor wel in aanmerking zou zijn gekomen is gestegen naar 27%. Door de waarde voor rubricering van P-PAE hoger te maken, bijvoorbeeld 1,3 mg P kg⁻¹, gaat dit percentage omlaag maar het resulteert tevens in een percentage van 23% dat de classificatie 'komt in aanmerking voor een verhoogde gebruiksnorm' krijgt terwijl het gemeten Pw-getal hoger is dan 25 mg P₂O₅ l⁻¹. Ter illustratie worden in Bijlage 3 nog twee voorbeelden gegeven waarin de grens voor P-PAE is gesteld op 1,0 mg P kg⁻¹ en een voorbeeld waarbij de grens voor het Pw-getal gesteld is op 20 mg P₂O₅ l⁻¹ (respectievelijk de Tabellen B3.16 en B3.17). Tevens worden in Bijlage 3 resultaten gegeven over een fijnmazigere verdeling over P-PAE (respectievelijk Tabellen B3.18 en B3.19).

Tabel 9. Procentuele verdeling van gemeten P-PAE over gemeten Pw-getal bij twee categorieën

| Pw-getal | P-PAE | | Totaal, % |
|----------|-------|------|-------------|
| | <0,7 | ≥0,7 | |
| <25 | 73 | 27 | 100 (=1430) |
| ≥25 | 8 | 92 | 100 (=2223) |
| | <1,3 | ≥1,3 | Totaal, % |
| <25 | 94 | 6 | 100 (=1430) |
| ≥25 | 23 | 77 | 100 (=2223) |

Het is van belang te onderzoeken of de verkregen resultaten consistent zijn over verschillende delen van de dataset. Dit kan gedaan worden door tabellen te geven per grondsoort, cultuur, per bronhouder of per jaar van analyse. Voor de indeling van deze tabellen zijn waarden opgelegd voor het Pw-getal van 25 mg P₂O₅ l⁻¹ en P-PAE van 0,7 mg P kg⁻¹. In onderstaande tabellen wordt het aantal monsters gegeven. Verder worden de twee relevante percentages gegeven.

De controle op consistentie geeft in het algemeen een vergelijkbaar beeld als dat van Tabel 9. Het risico dat op basis van een gemeten P-PAE een monster met een Pw-getal hoger dan 25 mg P₂O₅ l⁻¹ in aanmerking komt voor een verhoogde gebruiksnorm voor fosfaat is 1 à 10%. Voor de grondsoorten zeelei en diluviaal zand met veel waarnemingen is dit risico 9 à 10%. Het risico dat de sector (akkerbouw, bloembollen of vollegrondsgroenten) loopt om niet in aanmerking te komen voor de verhoogde gebruiksnorm op basis van P-PAE terwijl is op basis van een gemeten Pw-getal zij daarvoor wel in aanmerking zouden komen is 13 à 48%; voor zeelei en diluviaal zand is 23 à 24%. Het resultaat voor de controle bij grondsoort wordt gegeven in Tabel 10. De trend die bij grondsoort gegeven is voor de verdeling van de monsters over de verschillende rubrieken wordt ook bij deze deelverzamelingen gevonden. Bij indeling naar het jaar van analyse valt op dat het risico om niet in

aanmerking te komen voor een verhoogde gebruiksnorm op basis van P-PAE, terwijl op basis van Pw-getal dat wel het geval zou zijn geweest, in de beginjaren 1990-1993 (met weinig monsters) aanzienlijk kleiner was dan de daaropvolgende jaren. In 2004 en 2005 is dit risico enigszins afgenomen (Bijlage 3, Tabel B3.23).

Tabel 10. Aantal monsters per grondsoort per categorie, met tussen haakjes het percentage van die deelverzameling gegeven een gemeten Pw-getal

| Grondsoort | Pw-getal, mg P ₂ O ₅ l ⁻¹ | P-PAE, mg P kg ⁻¹ | | Aantal waarnemingen |
|----------------|--|------------------------------|-----------|---------------------|
| | | <0,7 | ≥0,7 | |
| Zeeklei | <25 | 431 | 128 (23%) | 559 |
| | ≥25 | 63 (10%) | 558 | 621 |
| | Aantal waarnemingen | 494 | 686 | 1180 |
| Diluviaal zand | <25 | 329 | 106 (24%) | 435 |
| | ≥25 | 72 (9%) | 720 | 792 |
| | Aantal waarnemingen | 401 | 826 | 1227 |
| Rivierklei | <25 | 56 | 31 (36%) | 87 |
| | ≥25 | 8 (4%) | 179 | 187 |
| | Aantal waarnemingen | 64 | 210 | 274 |
| Löss | <25 | 41 | 23 (36%) | 64 |
| | ≥25 | 4 (4%) | 92 | 96 |
| | Aantal waarnemingen | 45 | 115 | 160 |
| Dalgrond | <25 | 50 | 25 (33%) | 75 |
| | ≥25 | 2 (1%) | 165 | 167 |
| | Aantal waarnemingen | 52 | 190 | 242 |
| Veen | <25 | 13 | 2 (13%) | 15 |
| | ≥25 | 1 (13%) | 7 | 8 |
| | Aantal waarnemingen | 14 | 9 | 23 |
| Alluviaal zand | <25 | 31 | 29 (48%) | 60 |
| | ≥25 | 5 (3%) | 150 | 155 |
| | Aantal waarnemingen | 36 | 179 | 215 |
| Kleilig veen | <25 | 26 | 13 (33%) | 39 |
| | ≥25 | 3 (6%) | 49 | 52 |
| | Aantal waarnemingen | 29 | 62 | 91 |

4.5.2 Relatie met praktijkgegevens

Een belangrijke vraag is hoeveel risico er is dat een bepaalde grenswaarde voor P-PAE leidt tot een in totaliteit groter areaal in Nederland dat in aanmerking komt voor reparatiebemesting. Het areaal fosfaatarme gronden werd door Schoumans e.a. (2004) geschat op 1 à 3% van het landbouwareaal dat in aanmerking komt voor een verhoogde gebruiksnorm voor fosfaat (dit is 20.000 à 60.000 ha).

Tabel 11. Het percentage¹ van grondmonsters van het seizoen 2003/2004 bij verschillende indelingsgrenzen voor het Pw-getal (bron Blgg)

| Grondsoort | Grondsoort-code | Pw-getal, mg P ₂ O ₅ l ⁻¹ | | | | | Aantal |
|----------------|-----------------|--|------------|------------|-------------|-------------|--------------|
| | | <15 | <20 | <25 | <30 | >65 | |
| Alluviaal zand | 00 | 2,1 | 3,9 | 8,2 | 13,0 | 28,6 | 633 |
| Dekzand | 10 | 1,9 | 3,8 | 6,4 | 10,2 | 48,7 | 7280 |
| Zeeklei | 20 | 2,2 | 4,8 | 8,9 | 15,0 | 22,9 | 8755 |
| Rivierklei | 40 | 6,8 | 13,2 | 18,4 | 23,2 | 36,0 | 751 |
| Maasklei | 45 | 6,5 | 7,8 | 10,4 | 15,6 | 48,1 | 77 |
| Dalgrond | 50 | 1,5 | 2,9 | 7,7 | 13,6 | 18,0 | 1914 |
| Kleiig veen | 60 | 32,1 | 39,6 | 43,4 | 50,9 | 7,5 | 53 |
| Veen | 62 | 0,0 | 4,9 | 17,1 | 24,4 | 4,9 | 41 |
| Löss | 71 | 8,0 | 11,5 | 15,5 | 21,2 | 37,1 | 477 |
| Totaal | | 2,4 | 4,8 | 8,5 | 13,6 | 32,9 | 19981 |

¹ Data van het Blgg zijn bewerkt door NMI.

Tabel 12. Het percentage¹ van grondmonsters van het seizoen 2004/2005 bij verschillende indelingsgrenzen voor P-PAE (bron Blgg)

| Grondsoort | Grondsoort-code | P-PAE mg P kg ⁻¹ | | | | Aantal |
|----------------|-----------------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| | | <0,5 | <0,7 | <1,0 | <1,3 | |
| Alluviaal zand | 00 | 1,5 | 2,8 | 6,0 | 9,6 | 681 |
| Dekzand | 10 | 4,9 | 8,5 | 15,0 | 21,5 | 7051 |
| Zeeklei | 20 | 14,6 | 25,7 | 42,8 | 56,4 | 6152 |
| Rivierklei | 40 | 29,0 | 39,6 | 54,8 | 65,8 | 646 |
| Maasklei | 45 | 18,6 | 32,2 | 35,6 | 43,1 | 59 |
| Dalgrond | 50 | 2,9 | 4,6 | 7,8 | 11,2 | 2040 |
| Kleiig veen | 60 | 27,3 | 45,5 | 45,5 | 65,6 | 33 |
| Veen | 62 | 16,7 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 12 |
| Löss | 71 | 19,1 | 25,0 | 34,0 | 40,9 | 348 |
| Totaal | | 9,3 | 15,7 | 25,9 | 34,7 | 17022 |

¹ Data van het Blgg zijn bewerkt door NMI.

Om een indruk te krijgen wat een bepaalde waarde van P-PAE voor de praktijk-situatie betekent kan men kijken naar de verdeling Pw-getal en van P-PAE in de praktijk. Gegevens van één seizoen waarin zowel Pw-getal als P-PAE werden gemeten ontbreken. Wel kunnen gegevens voor het Pw-getal van het seizoen 2003-2004 vergeleken worden met de gegevens van P-PAE van het seizoen 2004-2005. Het betreft dan twee steekproeven die onafhankelijk van elkaar zijn en waarbij aangenomen wordt dat elke steekproef een representatief beeld geeft van de fosfaat-toestand op bouwland. Het betreffen gegevens die door het NMI zijn bewerkt.

In het seizoen 2003-2004 blijkt dat 8,5% van de monsters een Pw-getal kleiner dan 25 mg P₂O₅ l⁻¹ heeft. In het seizoen 2004-2005 blijkt 9,3% van de monsters een P-PAE waarde te hebben die kleiner is dan 0,5 mg P kg⁻¹. Het NMI gaat ervan uit dat het beeld gegeven in Tabellen 11 en 12 feitelijk ook niet helemaal representatief is voor de praktijk omdat de teler eerder een grondmonster op fosfaat laat analyseren als verwacht wordt dat de fosfaattoestand laag is. De areaalgrootte van een

bemonsterd landbouwperceel is niet bekend; de Tabellen 11 en 12 berusten volledig op aantallen grondmonsters.

4.5.3 Effect van de meetfout

Zoals al meerdere malen gesteld, zijn zowel het Pw-getal als de P-PAE-meting behept met meetfouten. De vraag rijst of het resultaat waarbij toch verschillen te zien zijn in het Pw-getal en de P-PAE-meting niet het gevolg kan zijn van die meetfouten. De standaardafwijking van de bepaling van het Pw-getal voor het traject 0-50 mg P₂O₅ l⁻¹ is 2,1 en de standaardafwijking voor de P-PAE-bepaling tussen 0 en 2,0 mg P kg⁻¹ bedraagt 0,18.

Als de meetfout normaal verdeeld wordt verondersteld zal een monster met een gemeten Pw-getal van 25 met 95% zekerheid liggen tussen $25 \pm 2 * 2,1$ (= 20,8 – 29,2 mg P₂O₅ l⁻¹). Bovendien geldt dat de kans dat de waarde kleiner is van 25 mg P₂O₅ l⁻¹ is gelijk aan de kans dat de waarde groter is dan 25, namelijk 50%. In de situatie dat de meetfout normaal is verdeeld zullen er dus net zo veel monsters door de meetfout te groot als te klein uit vallen. Dit geldt ook voor de P-PAE-meting. Een monster dat bij de bepaling van het Pw-getal toevallig laag uitvalt, kan in de P-PAE-bepaling toevallig hoog uitvallen en vice versa. Daarmee is het te verwachten dat een deel van de monsters rond de grenswaarde in de ene methode net in een andere classificatie uit komt dan met de andere methode. Het is interessant op basis van de huidige dataset te kijken naar de verdeling van het aantal monsters beneden, boven en tussen de betrouwbaarheidsgrenzen rond een Pw-getal van 25. Dit is gedaan bij verschillende grenzen van P-PAE, Tabel 13 geeft het resultaat.

Tabel 13. Aantal monsters per categorie voor Pw-getal en P-PAE, met tussen haakjes het percentage P-PAE gegeven een klasse voor het Pw-getal

| Pw-getal gemeten ¹ | P-PAE gemeten ² | | Aantal |
|-------------------------------|----------------------------|----------|--------|
| | < 0,7 | ≥ 0,7 | |
| < 20,8 | 891 | 199(18%) | 1090 |
| 20,8 – 29,2 | 232 | 417 | 649 |
| ≥ 29,2 | 97(5%) | 1817 | 1914 |
| Aantal | 1220 | 2433 | 3653 |
| | < 1,0 | ≥ 1,0 | Aantal |
| < 20,8 | 1020 | 70(6%) | 1090 |
| 20,8 – 29,2 | 403 | 246 | 649 |
| ≥ 29,2 | 170(9%) | 1744 | 1914 |
| Aantal | 1593 | 2060 | 3653 |
| | < 1,3 | ≥ 1,3 | Aantal |
| < 20,8 | 1058 | 32(3%) | 1090 |
| 20,8 – 29,2 | 516 | 133 | 649 |
| ≥ 29,2 | 286 (15%) | 1628 | 1914 |
| Aantal | 1860 | 1793 | 3653 |

¹ mg P₂O₅ l⁻¹

² mg P kg⁻¹

Er zijn 1914 monsters die met 95% betrouwbaarheid een gemeten waarde voor het Pw-getal hebben die groter is dan de grens van 25 mg P₂O₅ l⁻¹. Hiervan heeft 9% een P-PAE-meting die kleiner is dan 1,0 mg P kg⁻¹. Er is in Tabel 12 geen rekening gehouden met de meetfout in de P-PAE-bepaling. Voor een P-PAE-meting van 1,0 mg P kg⁻¹ geldt een 95% betrouwbaarheidsinterval van 1,0 ± 2*0,18 = (0,64 – 1,36). In Tabel 14 worden de aantallen monsters gegeven voor deze grenzen.

Tabel 14. Aantal monsters per categorie voor Pw-getal en P-PAE, met tussen haakjes het percentage P-PAE gegeven Pw-getal

| Pw-getal gemeten ¹ | P-PAE gemeten ² | | | Aantal |
|-------------------------------|----------------------------|-------------|---------|--------|
| | < 0,64 | 0,64 – 1,36 | ≥ 1,36 | |
| < 20,8 | 860 | 199 (18%) | 31 (3%) | 1090 |
| 20,8 – 29,2 | 198 | 336 | 115 | 649 |
| ≥ 29,2 | 82 (4%) | 220(12%) | 1612 | 1914 |
| Aantal | 1140 | 755 | 1758 | 3653 |

¹ mg P₂O₅ l⁻¹

² mg P kg⁻¹

Het percentage monsters dat op basis van een gemeten Pw-getal zeker een classificatie ‘komt in aanmerking voor een verhoogde gebruiksnorm voor fosfaat’ krijgt terwijl het op basis van een P-PAE groter is dan de bovengrens van het betrouwbaarheidsinterval rond 1,0 is slechts 3%. Ook het percentage dat op basis van Pw-getal groter is dan 25 mg P kg⁻¹ terwijl het op basis van P-PAE kleiner is dan de ondergrens van het betrouwbaarheidsinterval rond 1,0 is klein, namelijk 4%.

Voor 18% van de monsters die op basis van het Pw-getal zeker een classificatie ‘laag’ krijgen, geldt dat ze voor de P-PAE in het 95% betrouwbaarheidsinterval rond de 1,0 mg P kg⁻¹ zitten. Naar verwachting zal hiervan de helft onder 1,0 mg P kg⁻¹ en de helft boven de 1,0 mg P kg⁻¹ zitten. Dit betekent dat bij een harde grens van 1,0 mg P kg⁻¹ voor P-PAE (3+0,5*18 =) 12% ten onrechte een classificatie ‘komt in aanmerking voor een verhoogde gebruiksnorm voor fosfaat’ krijgt. Dit is hoger dan de 6% die naar voren kwam in Tabel 11. Dit betekent dat in de dataset niet de helft van de monsters die binnen het 95% betrouwbaarheidsintervallen vallen een waarde kleiner dan 1,0 mg P kg⁻¹ heeft maar meer dan de helft.

Van de 1914 monsters die een gemeten Pw-getal groter dan 29,2 mg P₂O₅ l⁻¹ hebben, heeft 12% een P-PAE-meting die in het 95% betrouwbaarheidsinterval rond 1,0 mg P kg⁻¹ valt. Ook hiervoor geldt dat naar verwachting de helft een waarde groter dan 1,0 mg P kg⁻¹ en de helft een waarde kleiner dan 1,0 mg P kg⁻¹ zal hebben. Dit resulteert in een percentage van (4+0,5*12=) 10% van de monsters die op basis van P-PAE een classificatie ‘komt in aanmerking voor een verhoogde gebruiksnorm voor fosfaat’ krijgen terwijl ze een gemeten Pw-getal hebben die zeker groter is dan 25 mg P₂O₅ l⁻¹. Dit percentage komt wel goed overeen met hetgeen gevonden is in Tabel B3.24.

Naar verwachting is de meetfout niet normaal verdeeld maar scheef (bijvoorbeeld lognormaal) verdeeld met grotere afwijkingen naar boven. De kans dat de werkelijke waarde dan kleiner is dan de gemeten waarde kan dan groter worden van 50%. Pas bij een heel scheve verdeling gaat dit werkelijk doortellen. Op basis van de huidige gegevens en de gegeven standaardafwijking kan niets afgeleid worden met betrekking tot de vorm van de verdeling van de meetfout. Bovendien geldt een scheve verdeling van de meetfout voor beide meetmethoden zodat zij in beide gevallen een kans hebben gemiddeld iets hogere meetwaarden te geven dan het werkelijkheid moet zijn. Daarmee worden de percentages ‘vals positief’ c.q. ‘vals negatief’ niet verklaard.

4.5.4 Conclusies bij P-PAE

Er kunnen geen criteria worden afgeleid op basis van een gewasreactie. Daarmee kan werkhypothese 2 niet onderzocht worden. Er is daarop een alternatief opgesteld waarmee nagegaan is of lage waarden van P-PAE overeenkomen met lage waarden van het Pw-getal. Het onderzochte alternatief wijst uit dat in het traject van fosfaat-toestanden met een lage waardering van de toestand er weliswaar een relatie is tussen gemeten en berekende waarde maar dat die relatie alleen vastgesteld kan worden door waarden met hoge tot zeer hoge fosfaattoestand erbij te betrekken. Binnen het traject van fosfaattoestanden met een zeer lage tot lage waardering van de fosfaat-toestand is er geen relatie tussen P-PAE mede door de relatief grote analysefout.

Het toepassen van de regressieanalyse leidt tot een onderscheidenlijk resultaat. Het maakt uit of de relatie bepaald wordt door het effect van P-PAE op Pw-getal te bepalen of omgekeerd. Dit wijst op onderscheidenlijk meetfout en verdeling ervan. Het risico dat op basis van een gemeten P-PAE een monster met een Pw-getal hoger dan 25 mg P₂O₅ l⁻¹ in aanmerking komt voor een verhoogde gebruiksnorm voor fosfaat is gering (1 à 13%). Voor grondsoorten met veel waarnemingen is dit risico circa 9 à 10%.

Het risico dat de sector (akkerbouw, bloembollen of groenten) loopt om niet in aanmerking te komen voor de verhoogde gebruiksnorm op basis van P-PAE terwijl is op basis van een gemeten Pw-getal zij daarvoor wel in aanmerking zouden komen is 13 à 48%. Voor de grondsoorten met veel waarnemingen is dit percentage 23 à 24%.

Regressievergelijking (1) leidt tot een criterium van 0,7 mg P kg⁻¹ en een beperkt risico op het toekennen van een verhoogde gebruiksnorm bij gemeten Pw-getallen hoger dan 25 mg P₂O₅ kg⁻¹ (werkhypothese 3). Regressievergelijking (2) doet dit risico aanzienlijk toenemen (werkhypothese 3). Daarentegen neemt het risico voor de sector dan af terwijl juist bij toepassen van regressievergelijking (1) dit risico aanzienlijk is.

5 Advies

Combinatie van P-PAE met PAL-getal

Het Ministerie van LNV-DL heeft aangegeven dat bij opname van P-PAE dan wel de combinatie van P-PAE en PAL-getal in het protocol voor het aanwijzen van fosfaatarme gronden de systematiek met de onderliggende berekeningen openbaar gemaakt worden. Blgg heeft informatie verstrekt over de fosfaatbepaling van het PAE-pakket. Het vertrouwelijke karakter van deze informatie is daarmee vervallen. Informatie over voorbehandeling, extractie met 0,01 M CaCl₂ en de bepaling van P is gegeven via verwijzing naar NEN-voorschriften (NEN5704 en NEN5751) en wetenschappelijke publicaties (met name Houba e.a. 2000). Bij de implementatie van deze methoden op het laboratorium wordt NEN-EN-ISO/IEC 17025 gevolgd. De rijksoverheid kan de validatierapporten van deze implementatie bij het Blgg inzien. De systematiek waarmee Blgg meetgegevens omzet naar een waardering van de fosfaattoestand van de grond ten behoeve van het uitbrengen van een bemestingsadvies wordt niet vrijgegeven. Omdat deze laatste informatie de basis vormt voor het aanwijzen van percelen bouwland met een fosfaattoestand *'komt in aanmerking voor een verhoogde gebruiksnorm voor fosfaat'* kan er geen advies ten gunste van opname van de combinatie in het protocol voor het aanwijzen van fosfaatarme gronden worden gegeven.

P-PAE

In het kader van deze deskstudie zijn er geen gegevens beschikbaar gekomen of beschikbaar gesteld op basis waarvan een calibratie van de gewasreactie op fosfaattoestand (P-PAE) en fosfaatgift uitgevoerd kan worden. Het Blgg heeft geen systematiek ontwikkeld op basis van uitsluitend P-PAE om de fosfaattoestand te kunnen waarderen. Een dergelijke systematiek gebaseerd op een op chemisch grondonderzoek ontwikkelde calibratie moet nog ontwikkeld worden. Een advies ten gunste van opname van P-PAE in het protocol voor het aanwijzen van fosfaatarme gronden kan niet worden gegeven indien dezelfde systematiek gevolgd moet worden als toegepast bij het protocol voor het aanwijzen van fosfaatarme gronden bij Pw-getal en PAL-getal. Die systematiek is namelijk gebaseerd op de gewasreactie op fosfaatbemesting en fosfaattoestand.

Er is een alternatief ontwikkeld waarbij onderzocht werd of lage waarden van P-PAE overeenkomen met lage waarden voor het Pw-getal en of er risico van een verschil in beoordelingsresultaat t.b.v. het in aanmerking komen voor een verhoogde gebruiksnorm bij het toepassen van P-PAE naast Pw-getal. Dit alternatief wijst het volgende uit.

Er is nauwelijks/geen een verband tussen meetwaarden van P-PAE en Pw-getal in het traject met op basis van het Pw-getal lage tot zeer lage waarderingen van de fosfaattoestand. Door hoge tot zeer hoge fosfaattoestanden (tot Pw-getal 448 mg P₂O₅ l⁻¹) erbij te betrekken worden wel significante verbanden vastgesteld maar het maakt uit of P-PAE op Pw-getal gefit wordt of vice versa. Dit is mede een gevolg

van een onderscheidenlijke meetfout en de verdeling van die meetfout in samenhang met verschillen in de analysemethoden.

Een Pw-getal van 25 mg P₂O₅ l⁻¹ berekend uit P-PAE (regressievergelijking (1)) levert als resultaat een waarde van 0,7 mg P kg⁻¹. Het risico van hogere meetwaarden voor het Pw-getal dan 25 mg P₂O₅ l⁻¹ is 9 à 10% (Tabel 9). P-PAE berekend uit regressievergelijking (2) levert als waarde bij omrekening van een Pw-getal van 25 mg P₂O₅ l⁻¹ de waarde 1,3 mg P kg⁻¹. Het risico dat monsters waarvan het gemeten Pw-getal hoger is dan 25 mg P₂O₅ l⁻¹ toch in aanmerking komen voor een verhoogde gebruiksnorm is dan 23%. Er is daarmee een verschil in berekeningsresultaten bij toepassing van de regressievergelijkingen (1) en (2). De gegeven percentages geven geen inzicht in de betekenis ervan voor de toename van het areaal landbouwgrond dat in aanmerking komt voor een verhoogde gebruiksnorm gegeven een gekozen criterium voor P-PAE.

Data van praktijkmonsters van het Bllg van het seizoen 2003-2005 geven aan dat 8,5% van de grondmonsters van percelen van akkerbouw, vollegrondsgroententeelt en bloembollen een Pw-getal hadden die lager was 25 mg P₂O₅ l⁻¹. In het seizoen 2004-2005 hadden 9,3% van de grondmonsters een P-PAE waarde hadden die lager was dan 0,5 mg P kg⁻¹.

De procentuele verdeling van gemeten P-PAE en Pw-getal wordt voor vier indelingscriteria van P-PAE gegeven in Tabel 15.

Tabel 15. Procentuele verdeling van gemeten P-PAE over gemeten Pw-getal bij vier categorieën

| Pw-getal, mg P ₂ O ₅ l ⁻¹ | P-PAE, mg P kg ⁻¹ | | Totaal, % (tussen haakjes het aantal grondmonsters) |
|--|------------------------------|------|---|
| | <0,5 | ≥0,5 | |
| <25 | 57 | 43 | 100 (=1430) |
| ≥25 | 5 | 95 | 100 (=2223) |
| | <0,7 | ≥0,7 | |
| <25 | 73 | 27 | 100 (=1430) |
| ≥25 | 8 | 92 | 100 (=2223) |
| | <1,0 | ≥1,0 | |
| <25 | 88 | 12 | 100 (=1430) |
| ≥25 | 15 | 85 | 100 (=2223) |
| | <1,3 | ≥1,3 | |
| <25 | 94 | 6 | 100 (=1430) |
| ≥25 | 23 | 77 | 100 (=2223) |

Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

De alternatieve benadering wijst uit dat er perspectief is voor opname van P-PAE als derde methode in het protocol voor het aanwijzen van fosfaatarme gronden indien alle data met een meetbereik van het Pw-getal van 1-448 mg P₂O₅ l⁻¹ worden betrokken in de analyse. De criteria voor het aanwijzen van landbouwpercelen die in aanmerking komen voor een verhoogde gebruiksnorm voor fosfaat kan robuuster worden geformuleerd door:

- > Te onderzoeken wat de relatie is tussen de gewasreactie (drogestofopbrengst, marktbaar opbrengst, kwaliteit, fosfaatopname) op fosfaatbemesting en de fosfaattoestand van de grond bepaald met P-PAE. Dit vergt een aanzienlijke onderzoeksinspanning.
- > Een alternatief is dat nader onderzocht wordt waardoor het verschil in berekeningsresultaat wordt veroorzaakt. Aandachtspunten zijn daarbij beperking van het bereik in fosfaattoestanden die passen bij goede landbouwpraktijk (GLP) en nader onderzoek naar het effect van de grondsoort (effect zeelei).

In deze deskstudie is geen aandacht geschonken aan de bemonsteringsstrategie toegepast op P-PAE. Informatie over de steekproeffout (semivariogrammen) ontbreekt. Een advies over P-PAE en de steekproefomvang kan niet worden gegeven. Dit blijft een aandachtspunt. Deze onderzoeksonderwerpen kunnen in een projectplan van een tweede fase uitgewerkt worden.

Literatuur

- Bussink, D.W., Dijk, T.A. van & Temminghoff, E., 2002. Bepaling Pw-getal problematisch: Naar een andere bepalingsmethodiek. Nutriënten Management Instituut NMI bv, Wageningen.
- Brus, D.J. & Spätjens, L.E.E.M., 1997. Een nieuwe steekproefstrategie voor de inventarisatie van de fosfaattoestand van percelen. Voorspelling van de nauwkeurigheid en kosten. Rapport 516.1. Staring Centrum (SC-DLO), Wageningen.
- Brus, D.J., Spätjens, L.E.E.M. & Gruijter, J.J. de, 1998. A sampling scheme for estimating the mean extractable phosphorus concentration of fields for environmental regulation. *Geoderma*, 89: 129-148.
- Brus, D.J., Riele, W.J.M. te & Gruijter, J.J. de, 1999. Een nieuwe steekproefstrategie voor de inventarisatie van de fosfaattoestand van percelen. Validatie van het nauwkeurighedsmodel. Rapport 516.2. Staring Centrum, Wageningen.
- Dijk, T.A. van, Boons-Prins, E.R., Dongen, C.F.J. & Boer, D.J. den, 2003. Fosfaatkunstmest en MINAS. Rapport 846.02. Nutriënten Management Instituut NMI bv, Wageningen.
- Ehlert, P.A.I., Schoumans, O.F., Brus, D.J., Groot, W. de, Visscher, R. & Pleiter, M., 2005. Protocol voor het aanwijzen van gronden die in aanmerking komen voor een verhoogde gebruiksnorm voor fosfaat. Technische uitwerking. Alterra-rapport 1201, Wageningen.
- Erp, P.J. van, Houba, V.J.G. & Beusichem, M.L. van, 1998. One hundredth molar calcium chloride extraction procedure. Part I: a review of soil chemical, analytical, and plant nutritional aspects. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 29(11/14): 1603-1623.
- Erp, P.J. van, 2002. The potentials of multi-nutrient soil extraction with 0.01 M CaCl₂ in nutrient management. Thesis Wageningen University.
- Fotyma, M., Gosek, S., & Szewczyk, M., 1996. Preliminary experience with calcium chloride method in Poland. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 27: 1387-1401.
- Houba, V.J.G., Novozamsky, I., Huybregts, A.W.M. & Lee, J.J. van der, 1986. Comparison of soil extractions by 0.01 M CaCl₂, by EUF and by some conventional extraction procedures. *Plant and Soil*, 96(3): 433-437.

- Houba, V.J.D., Novozamsky, I., Lexmond, T.M. & Lee, J.J. van der, 1990. Applicability of 0.01 M CaCl₂ as a single extraction solution for the assessment of the nutrient status of soils and other diagnostic purposes. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 21(19 & 20): 2281-2290.
- Houba, V.J.G. & Temminghoff, E.J.M., 1999. Behaviour of phosphate in soil extracts using weak unbuffered extracting solutions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 30(9/10): 1367-1370.
- Houba, V.J.G., Temminghoff, E.J.M., Gaikhorst G.A. & Vark, W. van, 2000. Soil analysis procedures using 0.01 M calcium chloride as extraction reagent. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 31(9/10): 1299-1396.
- Johnston, A.E., Ehlert, P.A.I., Kuecke, M., Amar, B., Jaggard, K.W. & Morel, C., 2001. The effect of phosphate fertilizer management strategies on soil phosphorus status and crop yields in some European countries. Actes Editions, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Marocco.
- Koopmans, G.F., Chardon, W.J., Willigen, P. de & Riemsdijk, W.H. van, 2004. Phosphorus desorption dynamics in soil and the link to a dynamic concept of bioavailability. *Journal of Environmental Quality* 33(4): 1939-1402.
- Kusters, E., 1997. Een nieuw kompas voor de bemestingsadviesing. Eindrapportage. Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek, Oosterbeek, Nederland
- Ministerie LNV, 2005. Regeling van de Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit van 4 november 2005, nr. TRCJZ/2005/3295, houdende regels ter uitvoering van de Meststoffenwet (Uitvoeringsregeling Meststoffenwet) § 3, artikelen 31-33.
- Pauw, F. van der, Lande Cremer, L.C.N. de la & Ris, J., 1951. Toetsing van grondonderzoek naar fosfaattoestand op Nederlands grasland. With a summary: Evaluation of soil testing on availability of phosphate on Dutch grasslands. *Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen* 57 (15) 67.
- Ris, J., & Luit, B.J. van, 1973. The establishment of fertilizer recommendations on the basis of soil tests. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid. Haren, The Netherlands.
- RIVM, 2002. Minas en Milieu, balans en verkenning. Milieu en Natuurplanbureau RIVM, Bilthoven.
- Schoumans, O.F., Ehlert, P.A.I. & Chardon, W.J., 2004. Evaluatie van methoden voor het karakteriseren van gronden die in aanmerking komen voor reparatiebemesting. Alterra-rapport 730.3. Alterra, Wageningen.

Bijlage 1 Tekst van het projectplan van de offerte

Projectdefinitie

Probleemstelling

De ministeriële regeling voor het aanwijzen van gronden die in aanmerking komen voor een verruimde gebruiksnorm, is gebaseerd op de huidige methoden van grondonderzoek voor bemestingsadviesing Pw-getal en PAL-getal. Sinds 2004 wordt door het Bedrijfslaboratorium voor grond- en gewasonderzoek (Blgg) de methode P-PAE toegepast op bouwland ten behoeve van de fosfaatbemestingsadviesing. Op grasland wordt P-PAE voor dit doel nog niet toegepast. P-PAE is niet opgenomen in de ministeriële regeling omdat het criterium voor het aanwijzen van een lage fosfaattoestand niet bekend is en tevens omdat de uitvoering van P-PAE (analysevoorschrift en methodiek), zoals door Blgg wordt gehanteerd, niet bekend is. Tevens is (zijn) het criterium (of de criteria) voor het bepalen van een lage fosfaattoestand bepaald met P-PAE niet bekend. Opname van P-PAE in de ministeriële regeling als methodiek voor het aanwijzen van landbouwpercelen die in aanmerking komen voor een verhoogde gebruiksnorm is daardoor niet mogelijk.

Achtergrond

Per 1 januari 2006 is er een ministeriële regeling (voorziening) van kracht geworden waardoor gronden met een lage fosfaattoestand in aanmerking kunnen komen voor een verhoogde gebruiksnorm voor fosfaat (Ministerie LNV, 2005). De voorziening is gebaseerd op een protocol. Dit protocol geeft de bemonsteringsstrategie en analysemethoden voor chemisch grondonderzoek. Achtergronden bij dit protocol zijn gegeven door Ehlert e.a. (2005).

De analysemethoden berusten op de methoden van grondonderzoek van huidige bemestingsadviezen zoals die opgesteld zijn door de Commissies van Bemesting voor de verschillende landbouwsectoren. Dit zijn methoden gebaseerd op 1:60 (v/v) extractie met water (Pw-getal) en op een 1:20 (w/v) extractie met ammoniumlactaat azijnzuur (PAL-getal). Het Pw-getal wordt toegepast op bouwland (alle open teelten), het PAL-getal op (in hoofdzaak) grasland. Voor de grote gewassen (met grote arealen) zijn deze parameters gecalibreerd op de gewasrespons op fosfaattoestand en fosfaatbemesting. Die calibratie heeft geleid tot een indeling in klassen met een waardering van de fosfaattoestand. Op basis van Pw-getal en PAL-getal kan daardoor de fosfaattoestand beoordeeld worden op de beschikbaarheid van fosfaat voor het gewas. In hoofdzaak is die waardering afgeleid van de fysieke opbrengstreactie op fosfaatbemesting en fosfaattoestand.

Blgg te Oosterbeek heeft sinds 2003 de PAE-methode in gebruik. PAE staat voor *Plant Available Elements*; met deze methode wordt in één extract alle nutriënten en pH bepaald. De PAE-methode wordt op 75% van de landbouwbedrijven ingezet (Bussink, pers. med.). Sinds 2004 wordt PAE toegepast op bouwland ten behoeve van de fosfaatbemestingsadviesing (P-PAE); op grasland wordt PAE voor dit doel nog niet toegepast. Ten opzichte van de bepaling van het Pw-getal geeft PAE een kwaliteitsverbetering (Bussink et al., 2002; Van Dijk et al., 2003) en een beter

ontwikkelingsperspectief voor de verfijning van de fosfaatbestedingsadviesgeving (Van Erp, 2002; Koopmans et al., 2004).

P-AE is een acroniem dat recent door het Bgg is geïntroduceerd. P-AE is gebaseerd op een extractie met 0,01 M calciumchloride (CaCl_2). De methode is voorgesteld door Houba e.a. (1986) en is sindsdien onderwerp van (inter)nationaal onderzoek geweest. Over de potentie en chemische achtergronden van de methode is in de wetenschappelijke literatuur veel informatie te vinden. Voor een overzicht hiervan wordt verwezen naar Houba e.a., 1990, Houba e.a., 2000 en Van Erp, 2002. Ervaring is verder opgedaan in internationale projecten in het kader van het EU samenwerkingsprogramma Copernicus en in het kader van het West European Research Network van IMPHOS (Johnston e.a., 2001). De resultaten van deze internationale projecten reiken handvatten aan om methoden van grondonderzoek onderling te vergelijken. Calibratie van de gewasreactie op verschillende methoden van grondonderzoek werd in het kader van internationale samenwerking niet uitgevoerd. Het lot van fosfaatoverschotten en met name toepassing van strikte evenwichtsbemesting op de fosfaattoestand was onderwerp van onderzoek van Johnston e.a. (2001).

Onderzoek naar de mogelijkheden voor toepassing van de 0,01 M CaCl_2 -extractie bij bemestingsadviesgeving op basis van grondonderzoek heeft in Nederland plaatsgevonden in het kader van het mede door LNV gesubsidieerde project 'Een nieuw kompas voor bemestingsadviesgeving (Kompas)' (Kusters, 1997). Voor een aantal nutriënten en pH is perspectief aangetoond en is een herijking (nieuwe calibratie) uitgevoerd. Over de betekenis van P-P-AE voor de gewasreactie is met name in grijze en vertrouwelijke rapportages informatie aan te treffen. Een herijking van de fosfaatbestedingsadviezen op basis van de extractie met 0,01 M CaCl_2 werd niet in het kader van het project 'Kompas' uitgevoerd. De hoge detectiegrens en de flinke inspanning verbonden aan de calibratie werkten hier remmend. Het project 'Kompas' werd in 1997 beëindigd. Later onderzoek gaf aan dat extractie met 0,01 M CaCl_2 beter interpreteerbare resultaten geeft (Koopmans et al., 2004), hetgeen perspectiefvol is om P-bemesting op een meer mechanistische grondslag te baseren. Verdiepend onderzoek is in 2003 gestart bij sectie Bodemkwaliteit Wageningen Universiteit (AIO-project).

De toepassing van P-P-AE bij de fosfaatbestedingsadviesgeving op bouwland door het Bgg betekent dat aangegeven kan worden wat de betekenis is van een analyse-uitslag op basis van de P-AE-extractie voor wat betreft de waardering van de fosfaattoestand van de bouwvoor. De volgende werkwijze wordt toegepast bij P-P-AE t.b.v. de fosfaatbestedingsadviesgeving op bouwland. In aangeboden grondmonsters worden zowel P-P-AE als het PAL-getal bepaald. Op basis van regressievergelijkingen tussen P-P-AE en P_w -getal en tussen PAL-getal en P_w -getal wordt per monster per grondsoort zowel uit P-P-AE als uit PAL-getal een P_w -getal berekend. Vervolgens wordt voor dit grondmonster uit deze twee berekende waarden het gemiddelde P_w -getal bepaald. Met dit gemiddelde wordt op basis van het oorspronkelijke op P_w -getal gebaseerde bemestingsadvies een fosfaatadviesgift bepaald. De onderbouwing van deze methode van bemestingsadviesgeving en de betrouwbaarheid (voorspelfout van P-P-AE naar resp. P_w -getal en PAL-getal en voor het gemiddelde) is niet beschikbaar in

wetenschappelijke catalogi. Het is daardoor niet mogelijk om de betekenis aan te geven van een analyse-uitslag van P-PAE voor het aanwijzen van fosfaatarme gronden. Ook de extractiemethode zoals het Blgg die hanteert is niet beschikbaar in wetenschappelijke catalogi. De methode is voorgesteld door Houba e.a. (1986). Hoe de methode door het Blgg is geïmplementeerd, is echter niet bekend. Om deze redenen kon P-PAE niet onderzocht worden op mogelijkheden voor opname in het protocol (Ehlert e.a., 2005). P-PAE is betrokken bij de evaluatie van methoden voor het karakteriseren van gronden die in aanmerking komen voor reparatiebemesting. Het NEN-voorschrift is betrokken bij de evaluatie maar grenswaarden konden toen niet worden afgeleid (Schoumans e.a., 2004).

De onderbouwing van de huidige bemestingsadvisering voor fosfaat op basis van P-PAE van het Blgg is niet openbaar. Ook de rapportages van het project 'Kompas' zijn niet openbaar. Na afsluiten van dit project in 1997 is P-PAE meegenomen bij onderzoeksprojecten betreffende de fosfaatbemestingsadviezen voor vollegrondsgroenten en het fosfaatonderzoek op bouwland (veeljarige veldproeven). Het betreft incidenteel onderzoek dat of niet gerapporteerd is of waarvan de rapportstatus vertrouwelijk is. In de loop van de afgelopen 20 jaar is echter veel onderzoek uitgevoerd aan 0,01 M CaCl₂. Het betreft met name bodemchemisch onderzoek. Een beperkt deel daarvan heeft betrekking op fosfaat en de gewasrespons op fosfaattoestand en fosfaatbemesting. Hoewel deze gegevens gesignaleerd kunnen worden, zijn deze i.v.m. het vertrouwelijke karakter of het ontbreken van een rapportage niet beschikbaar in algemeen toegankelijke bestanden. Door ontsluiting van deze informatie kan (of kunnen) een criterium (of criteria) worden vastgesteld om op basis van P-PAE fosfaatarme gronden aan te wijzen. Hierbij wordt opgemerkt dat voor het bemestingsadvies niet alleen de analyse techniek relevant is maar ook aandacht besteed moet worden aan het bemonsteringsprotocol (en de fout die beide opleveren).

Projectdoelstelling

Dit projectvoorstel heeft tot doel om na te gaan of op basis van P-PAE één of meerdere criteria zijn vast te stellen waarmee landbouwgronden met een lage fosfaattoestand kunnen worden aangewezen op basis van de methode van het Blgg. De systematiek is overeenkomstig die welke toegepast werd bij de onderbouwing van het protocol voor het aanwijzen van gronden die in aanmerking komen voor een verhoogde fosfaatgebruiksnorm op basis van Pw-getal en PAL-getal. Criteria hebben betrekking op P-PAE dan wel de combinatie van P-PAE en PAL-getal en worden indien nodig gedifferentieerd per grondsoort. De criteria worden onderbouwd met beschrijving van de extractiemethode, de bepaling van de fosfaatconcentraties in het extract en de relatie van P-PAE dan wel de combinatie van P-PAE en PAL-getal met de gewasrespons ten behoeve van de waarding van de fosfaattoestand van de grond.

Projectresultaat

Het projectresultaat is een advies in rapportvorm. Het advies geeft uitsluitsel over de volgende aspecten.

Er wordt uitsluitsel verkregen of P-PAE dan wel de combinatie van P-PAE en PAL-getal als analysemethode toegevoegd kan worden aan het protocol voor het aanwijzen van landbouwpercelen met een lage fosfaattoestand.

In geval dat P-PAE dan wel de combinatie van P-PAE en PAL-getal kan worden toegevoegd als methode om fosfaatarme gronden aan te wijzen worden het criterium of de criteria en het analysevoorschrift gegeven.

In geval dat P-PAE dan wel de combinatie van P-PAE en PAL-getal kan worden toegevoegd als methode om fosfaatarme gronden aan te wijzen en verzamelde informatie niet toereikend is om een criterium of criteria vast te stellen, dan wordt een uitgewerkt plan van aanpak (projectvoorstel) voor de tweede fase gegeven. Dit projectvoorstel geeft dan een overzicht van alle activiteiten en op hoofdlijnen de daaraan verbonden te verwachte kosten. Op basis daarvan kan, als de opdrachtgever dat wil, een volledig projectvoorstel voor deze tweede fase beschreven en begroot worden.

De beschrijving van de extractie, de bepaling van het fosfaatgehalte in het extract en de afleiding om te komen tot de waardering van de fosfaattoestand van de grond met onderliggende meetgegevens en resultaten van bewerking zijn vooralsnog betrouwbaar. Echter indien deze in het kader van de eerste fase verzamelde gegevens en resultaten leiden tot opname van P-PAE in het protocol voor het aanwijzen van fosfaatarme gronden, dan zijn deze beschrijvingen en bewerkingen van meetgegevens openbaar toegankelijk via de rapportage.

Indien de eerste fase niet leidt tot afdoend uitsluitsel kunnen in de tweede fase, indien hiertoe besloten wordt, aanvullende beschrijvingen, metingen en bewerkingen worden uitgevoerd. Ook zal dan gelden deze vooralsnog betrouwbaar zijn maar bij opname van P-PAE dan wel de combinatie van P-PAE met PAL-getal in het protocol openbaar toegankelijk worden.

Projectafbakening

Het project richt zich uitsluitend op het opstellen van een advies voor een criterium of een set van criteria om de fosfaattoestand 'laag' vast te stellen op basis van P-PAE dan wel de combinatie van P-PAE en PAL-getal. Het projectresultaat geeft geen uitsluitsel over andere waarderingen van de fosfaattoestand en de betekenis daarvan voor fosfaatbestedingsadviesing.

Er vindt geen herijking van bemestingsadviezen op P-PAE of de combinatie van P-PAE en PAL-getal plaats.

Het project richt zich uitsluitend op bouwland.

Er vindt geen veldonderzoek plaats.

In de eerste fase worden geen chemische analyses aan grondmonsters uitgevoerd.

Data worden geanalyseerd voor zover deze in direct toegankelijke bestanden beschikbaar zijn. Data-invoer ten behoeve van het aanleggen van een databestand met gegevens van P-PAE en/of andere fosfaatparameters (Pw-getal, PAL-getal) ten behoeve

van het onderbouwen de gewasrelatie op fosfaattoestand en fosfaatbemesting vindt in de eerste fase niet plaats.

Semivariogrammen op basis van P-PAE zijn niet beschikbaar. Het aantal steken dat nodig om een landbouwperceel verantwoord te kunnen bemonsteren, is daardoor onbekend. Omdat veldonderzoek en chemisch analyses niet plaats vinden, vormt dit aspect van de bemonsteringsstrategie geen onderdeel van de eerste fase.

Indien het resultaat van de eerste fase niet toereikend is om een criterium of criteria af te leiden, dan geeft een uitgewerkt plan van aanpak aan welk onderzoek in de tweede fase nodig is. Er wordt onderhavig projectvoorstel echter geen uitvoering aan die tweede fase gegeven.

Effect / Toepassingsmogelijkheden voor de opdrachtgever

Het resultaat van de eerste fase geeft uitsluitsel over toepassingsmogelijkheden van P-PAE als methode van grondonderzoek om fosfaatarme landbouwpercelen te kunnen onderscheiden. Indien P-PAE een geëigende analysemethode is om fosfaatarme gronden aan te wijzen, wordt een criterium (of worden criteria) geformuleerd om fosfaatarme gronden te kunnen onderscheiden. Dit criterium (of deze criteria) samen met de bijhorende extractie- en analysemethode kunnen toegevoegd worden aan de ministeriële regeling.

Literatuur

- Bussink, D.W., Dijk, T.A. van, & Temminghoff, E., 2002. Bepaling Pw-getal problematisch: Naar een andere bepalingsmethodiek. Nutriënten Management Instituut NMI bv, Wageningen.
- Dijk, T.A., van, Boons-Prins, E.R., Dongen, C.F.J. & Boer, D.J. den, 2003. Fosfaatkunstmest en MINAS. Rapport 846.02. Nutriënten Management Instituut NMI bv, Wageningen.
- Ehlert, P.A.I., Schoumans, O.F., Brus, D.J., Groot, W. de, Visscher, R. & Pleiter, M., 2005. Protocol voor het aanwijzen van gronden die in aanmerking komen voor een verhoogde gebruiksnorm voor fosfaat. Technische uitwerking. Alterra-rapport 1201, Wageningen.
- Erp, P.J. van, Houba, V.J.G. & Beusichem, M.L. van, 1998. One hundredth molar calcium chloride extraction procedure. Part I: a review of soil chemical, analytical, and plant nutritional aspects. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 29(11/14): 1603-1623.
- Erp, P.J. van, 2002. The potentials of multi-nutrient soil extraction with 0.01 M CaCl₂ in nutrient management. Thesis Wageningen University.
- Fotyma, M., Gosek, S., & Szewczyk, M., 1996. Preliminary experience with calcium chloride method in Poland. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 27: 1387-1401.

- Houba, V.J.G., Novozamsky, I., Huybregts, A.W.M. & Lee, J.J. van der, 1986. Comparison of soil extractions by 0.01 M CaCl₂, by EUF and by some conventional extraction procedures. *Plant and Soil*, 96(3): 433-437.
- Houba, V.J.D., Novozamsky, I., Lexmond, T.M. & Lee, J.J. van der, 1990. Applicability of 0.01 M CaCl₂ as a single extraction solution for the assessment of the nutrient status of soils and other diagnostic purposes. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 21(19 & 20): 2281-2290.
- Houba, V.J.G., Temminghoff, E.J.M., Gaikhorst G.A. & Vark, W. van, 2000. Soil analysis procedures using 0.01 M calcium chloride as extraction reagent. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 31(9/10): 1299-1396.
- Johnston, A.E., Ehlert, P.A.I., Kuecke, M., Amar, B., Jaggard, K.W. & Morel, C., 2001. The effect of phosphate fertilizer management strategies on soil phosphorus status and crop yields in some European countries. *Actes Editions, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Marocco*.
- Koopmans, G.F., Chardon, W.J., Willigen, P. de, & Riemsdijk, W.H. van, 2004. Phosphorus desorption dynamics in soil and the link to a dynamic concept of bioavailability. *Journal of Environmental Quality* 33(4): 1939-1402.
- Kusters, E., 1997. Een nieuw kompas voor de bemestingsadviesing. Eindrapportage. *Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek, Oosterbeek, Nederland*.
- Ministerie LNV, 2005. Regeling van de Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit van 4 november 2005, nr. TRCJZ/2005/3295, houdende regels ter uitvoering van de Meststoffenwet (Uitvoeringsregeling Meststoffenwet) § 3, artikelen 31-33.
- Paauw, F. van der, Lande Cremer, L.C.N. de la, Ris, J., 1951. Toetsing van grondonderzoek naar fosfaattoestand op Nederlands grasland. With a summary: Evaluation of soil testing on availability of phosphate on Dutch grasslands. *Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen* 57 (15) 67.
- Ris, J., & Luit, B.J. van, 1973. The establishment of fertilizer recommendations on the basis of soil tests. *Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren, The Netherlands*.
- Schoumans, O.F., Ehlert, P.A.I., & Chardon, W.J., 2004. Evaluatie van methoden voor het karakteriseren van gronden die in aanmerking komen voor reparatiebemesting. *Alterra-rapport 730.3. Alterra, Wageningen*.

Activiteitenplan

Globale fasering

Het project is opgesplitst in twee fasen.

Eerste fase

In de eerste fase worden de volgende acties uitgevoerd.

Beschrijving inclusief verantwoording van de huidige systematiek van het BLGG voor de waardering van de fosfaattoestand van bouwland op basis van P-PAE. De systematiek wordt onderzocht op geschiktheid voor het aanwijzen van percelen met een lage fosfaattoestand. De toestand 'laag' is daarbij gebaseerd op de gewasreactie. Daartoe worden de extractiemethode, de analysemethode voor fosfaat in het extract en de onderbouwing (calibratie) van de gewasreactie op fosfaattoestand en fosfaatbemesting in het traject met lage fosfaattoestanden bestudeerd.

Verzamelen van relevante gegevens op basis waarvan vastgesteld kan worden welk criterium (of welke criteria) geldt (of gelden) voor het aanwijzen van fosfaatarme landbouwpercelen op basis van P-PAE.

Analyseren van deze verzamelde gegevens en zo mogelijk vaststellen van het criterium (of de criteria) voor het aanwijzen van fosfaatarme gronden op basis van P-PAE. Het criterium (of criteria) wordt (worden) afgeleid uit de gewasrespons. Indien dit niet leidt tot een verantwoord criterium (of criteria) dan wordt onderzocht of met de combinatie van P-PAE samen met PAL-getal verantwoord fosfaatarme gronden kunnen worden aangewezen op basis van de gewasrespons. Bij deze analyse wordt de grondslag toegepast van de onderbouwing van de huidige bemestingsadviezen.

Indien criteria op basis van P-PAE of de combinatie van P-PAE samen met PAL-getal kunnen worden vastgesteld dan wordt onderzocht of het hanteren van twee verschillende systematieken van grondonderzoek (P-PAE of P-PAE en PAL-getal naast Pw-getal) een *risico geven op een verschillend beoordelingsresultaat*. Dit risico wordt zo mogelijk gekwantificeerd.

Opstellen van een *beschrijving van de PAE-extractie* en de bijhorende analysemethoden die toegepast worden bij de bepaling van fosfaat in het calciumchloride-extract. Tot de beschrijvingen behoren de prestatiekenmerken (aantoonbaarheidsgrens, herhaalbaarheid, reproduceerbaarheid, juistheid, etc.). Indien de combinatie van P-PAE samen met PAL-getal een verantwoord criterium (of criteria) geeft, wordt tevens de bepaling van het PAL-getal zoals uitgevoerd door het Blgg beschreven. Verschil(len) met de methode voor PAL-getal uit de ministeriële regeling word(t)(en) aangegeven.

Opstellen conceptrapportage (Alterra is trekker).

Beoordeling van conceptrapportage door externe deskundigen.

Opstellen van een plan van aanpak (projectplan) voor de tweede fase indien eerste fase geen toereikend en afdoende resultaat heeft gegeven. Bij het opstellen van een plan van aanpak worden externe deskundigen betrokken.

De waardering van de fosfaattoestand van de grond bij bemestingsonderzoek is gebaseerd op de gewasrespons. Verzamelde gegevens (actie 1) worden geanalyseerd (actie 2) volgens de methode van onderbouwing van het huidige bemestingsadvies (Pauw e.a., 1951; Ris & Van Luit, 1973). Hiermee kan op een vergelijkbare wijze de met P-PAE vastgestelde fosfaattoestand worden gewaardeerd als uitgevoerd werd bij

de calibratie van de gewasreactie op Pw-getal (en PAL-getal). Alternatieve methoden van bewerkingen kunnen gevolgd worden als verzamelde data dat nodig maken.

Tweede fase

Ontwerp, fasering en uitvoering van de tweede fase is afhankelijk van het resultaat van de eerste fase. Over het plant van aanpak en aansturing van onderzoek zullen dan in goed overleg met de opdrachtgever nadere afspraken worden gemaakt.

Ontwerp / Werkwijze

Het onderzoek in fase 1 betreft een deskstudie die gemeenschappelijk met partners wordt uitgevoerd. Empirisch onderzoek op laboratorium of in het veld vindt niet plaats. De activiteiten met bijdrage van de partners wordt gegeven in de tabel.

| Activiteit | Partner | | | | | |
|--|-------------------------------------|------|-----|---------|--------------------|-----------------------------|
| | WUR- DOW- Bodem- kwaliteit | BLGG | NMI | Alterra | PRI- Biometeris | Externe deskun- digen |
| 1. Beschrijving huidige systematiek door BLGG gevolgd systematiek voor vaststellen van een lage fosfaattoestand en onderzoek naar de mogelijkheden om daarmee de toestand 'laag' vast te stellen | | x | x | | | |
| 2. Verzameling gegevens | x | x | x | x | | |
| 3. Analyse en zo mogelijk vaststellen criterium/criteria | x | | x | x | x | |
| 4. Risicoanalyse | x | | x | x | x | |
| 5. Beschrijving analysemethoden (extractie en bepaling van fosfaat) | x | x | | x | | |
| 6. Opstellen conceptrapportage Alterra is trekker | x | x | x | x | | |
| 7. Evaluatie door deskundigen | | | | | | x |
| 8. Indien 1 ^e fase onvoldoende uitsluitsel geeft, opstellen van plan van aanpak | x | x | x | x | | (x) |

Informatie over de gewasresponse op fosfaattoestand en fosfaatbemesting wordt verzameld uit beschikbare gegevens van de volgende bronnen:

- Een nieuw kompas voor bemestingsadvisering.
- Het WUR-project uitgevoerd in het kader van het EU – kaderprogramma Copernicus.
- West European Research Network (IMPHOS).

- Het project ‘Fosformanagement van vollegrondsgroenten’.
- Het project ‘Effect verliesnormen op bodemfosfaat’.
- Toets in het praktijk van het protocol voor het aanwijzen van fosfaatarme percelen.
- Literatuur.

Gegevens worden verzameld voor zover deze beschikbaar zijn of gesteld worden.

Statistische expertise bij stappen 3 en 4 wordt ingebracht door PRI-Biometris.

Communicatie/Rapportage

Het projectvoorstel wordt indien nog gewenst besproken en toegelicht met de opdrachtgever. Bij goedkeuring wordt fase 1 in uitvoering genomen. Het resultaat van fase 1 wordt als conceptrapport aan de opdrachtgever aangeboden. Op verzoek kan het rapport worden toegelicht. Indien fase 1 perspectief biedt en een tweede fase nodig is, wordt een projectplan met een plan van aanpak met volledige kostenbegroting opgesteld. Op verzoek wordt het projectplan voor de tweede fase toegelicht en na goedkeuring in uitvoering worden omgezet. Ook het resultaat van de tweede fase zal dan aan de opdrachtgever worden toegelicht.

Het concept van de rapportage van de eerste fase, als die tevens de eindfase is, of van de tweede fase wordt voorgelegd aan drie externe deskundigen. De externe deskundigen zullen in goed overleg met de opdrachtgever worden geselecteerd. Reacties van deze deskundigen worden met de opdrachtgever besproken. Het projectplan voorziet niet in grote wijzingen of aanvullend onderzoek indien de reacties van de externe deskundigen dit wenselijk of noodzakelijk maken. Hiervoor zal dan apart een begroting worden opgesteld.

Nazorg

In dit projectvoorstel zijn geen presentaties, publicaties in wetenschappelijke tijdschriften of vakbladen voorzien, alleen rechtstreeks communicatie (toelichting op concept rapport) naar de opdrachtgever.

Beheersplan

Kwaliteit

De projectleider is ir. P.A.I. Ehlert van Alterra Centrum Bodem. Op de uitvoering van het project door Alterra zijn de kwaliteitscriteria van toepassing zoals vastgelegd in ISO 9001:2000. NMI en BLGG opereren onder ISO 17025:1999.

Data verzameld in het kader van dit project worden niet openbaar gemaakt. De data blijven eigendom van de bronhouder. Gebruik voor andere doeleinden is niet mogelijk tenzij de bronhouder daartoe schriftelijke toestemming heeft verleend.

Het onderzoeksresultaat wordt vastgelegd in een gemeenschappelijk rapport dat door Alterra wordt opgesteld. De status vertrouwelijk/niet vertrouwelijk van dit rapport kan bij het schrijven van deze offerte nog niet worden aangegeven. Indien het resultaat van onderzoek leidt tot opname van P-PAE in het protocol voor het aanwijzen van fosfaatarme gronden, wordt de informatie openbaar via een publiektoegankelijke rapportage.

Op de eindrapportage zal een inhoudelijke kwaliteitscontrole plaats vinden door externe deskundigen.

Organisatie/samenwerking

Het project wordt uitgevoerd in onderlinge samenwerking (Alterra, Wageningen UR, NMI, Bgg) en met inbreng van PRI-Biometris bij statistische databewerking bij een afdoend resultaat van de dataverzameling.

Tijdschema en voortgangscontrole

Het project start direct na goedkeuring. De eerste fase wordt twee maanden na goedkeuring opgeleverd. Een snelle voortgang van de eerste fase is nodig om tijdig een tweede fase te kunnen opstarten (mits noodzakelijk).

Indien het project begin februari start, dan wordt het concept van de eerste fase begin april opgeleverd. Een eventuele tweede fase kan daardoor al in april worden opgestart. Ten tijde van het schrijven van deze offerte is het onduidelijk wanneer het resultaat van een eventuele tweede fase kan worden opgeleverd.

Beheersing van afwijkingen

Indien de beschikbaarheid van relevante gegevens onvoldoende is, wordt dit met consequenties tijdig gemeld. In onderling overleg kan worden besloten om activiteiten van de eerste fase te bekorten, het project te beëindigen dan wel versneld een tweede fase op te starten.

Bijlage 2 Gegevens van algemeen grondonderzoek

| Parameter | Grootheid | Grondsoort, code en omschrijving | | | | | | | | | | Gemiddeld/ totaal aantal |
|----------------------|------------|----------------------------------|---------|---------|------------|----------|----------|--------------|------|------|----------|--------------------------------|
| | | 0 | 10 | 20 | 40 | 45 | 50 | 60 | 62 | 71 | 99 | |
| | | Zeezand | Dekzand | Zeeklei | Rivierklei | Maasklei | Dalgrond | Kleilig veen | Veen | Löss | Onbekend | |
| Organische stof, % | Gemiddelde | 1,2 | 4,1 | 4,4 | 3,8 | 3,2 | 10,8 | 22,5 | 37,4 | 3,3 | 4,5 | 5,2 |
| | Mediaan | 1,2 | 3,6 | 2,8 | 3,2 | 2,8 | 9,1 | 25,2 | 32,1 | 2,7 | 3,1 | 3,1 |
| | Minimum | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 1,0 | 2,2 | 0,1 | 1,2 | 0,1 |
| | Maximum | 5,4 | 31,9 | 25,3 | 16,5 | 10,2 | 34,4 | 43,2 | 81,6 | 29,9 | 23,1 | 81,6 |
| | Aantal | 341 | 833 | 835 | 265 | 131 | 230 | 73 | 51 | 214 | 104 | 3077 |
| Lutum, % | Gemiddelde | 3 | 4 | 18 | 21 | 17 | 3 | 29 | 3 | 17 | 13 | 14 |
| | Mediaan | 3 | 3 | 17 | 19 | 16 | 3 | 31 | 3 | 14 | 13 | 12 |
| | Minimum | 0 | 1 | 1 | 6 | 5 | 1 | 8 | 3 | 3 | 1 | 0 |
| | Maximum | 9 | 15 | 54 | 53 | 57 | 3 | 58 | 3 | 63 | 32 | 63 |
| | Aantal | 333 | 228 | 820 | 265 | 131 | 22 | 73 | 18 | 208 | 59 | 2157 |
| Afslibbaar, % | Gemiddelde | 4 | 21 | 29 | 31 | 29 | * | 41 | * | 29 | 28 | 25 |
| | Mediaan | 4 | 8 | 27 | 30 | 26 | * | 41 | * | 26 | 26 | 23 |
| | Minimum | 1 | 1 | 6 | 11 | 8 | * | 13 | * | 2 | 15 | 1 |
| | Maximum | 10 | 69 | 71 | 79 | 81 | * | 68 | * | 75 | 73 | 81 |
| | Aantal | 316 | 79 | 646 | 237 | 131 | 0 | 73 | 0 | 214 | 23 | 1719 |
| pH-KCl | Gemiddelde | 5,9 | 5,9 | 6,0 | 6,0 | 5,8 | 6,0 | 5,9 | 5,7 | 5,9 | 5,6 | 5,9 |
| | Mediaan | 5,7 | 5,8 | 5,8 | 5,9 | 5,6 | 6,0 | 5,7 | 5,6 | 5,8 | 5,4 | 5,8 |
| | Minimum | 3,8 | 3,5 | 3,7 | 3,9 | 3,8 | 3,8 | 3,9 | 4,0 | 3,8 | 4,1 | 3,5 |
| | Maximum | 7,9 | 8,1 | 8,0 | 8,3 | 7,8 | 8,1 | 7,7 | 7,5 | 8,1 | 7,5 | 8,3 |
| | Aantal | 331 | 875 | 785 | 254 | 131 | 243 | 73 | 55 | 214 | 102 | 3063 |
| pH-CaCl ₂ | Gemiddelde | 6,0 | 5,9 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,1 | 5,7 | 6,0 | 5,9 | 6,0 |
| | Mediaan | 5,9 | 5,8 | 5,8 | 5,9 | 5,8 | 5,9 | 6,0 | 5,6 | 5,9 | 5,6 | 5,8 |
| | Minimum | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 3,9 | 4,0 | 4,5 | 4,4 | 3,9 | 4,0 | 3,9 |
| | Maximum | 7,7 | 8,1 | 8,0 | 7,7 | 7,9 | 7,7 | 7,9 | 7,7 | 7,9 | 7,6 | 8,1 |
| | Aantal | 314 | 613 | 686 | 231 | 129 | 215 | 70 | 49 | 209 | 39 | 2555 |

Bijlage 3 Statistische bewerkingen door Biometris

1. Beschikbare data

De data zijn afkomstig van vier zogenoemde bronhouders, te weten Blgg, Alterra, PAV en IMPHOS. In het totaal bestaat de dataset uit 6736 monsters. Het Pw-getal is gemeten in 5197 monsters, P-PAE in 5526 monsters en het PAL-getal in 3795 monsters.

Voor de rechtstreekse vergelijking van het Pw-getal met P-PAE zijn alleen de monsters bruikbaar die met beide methoden gemeten zijn. Dit zijn 3653 monsters.

In de systematiek van Blgg worden op basis van regressievergelijkingen tussen P-PAE en het Pw-getal en tussen het PAL-getal en het Pw-getal per monster per grondsoort zowel de gemeten P-PAE als het gemeten PAL-getal omgerekend in een Pw-getal. Vervolgens wordt voor dit grondmonster uit deze twee berekende waarden het gemiddelde Pw-getal bepaald. Voor de vergelijking van het gemeten Pw-getal en dit berekende Pw-getal zijn alleen monsters bruikbaar waarin zowel het Pw-getal als P-PAE als het PAL-getal zijn gemeten en waarvoor de grondsoort (volgens de oude systematiek) bekend is. Dit is voor 1619 monsters het geval.

2. Pw-getal-gemeten vergeleken met Pw-getal-berekend via P-PAE en PAL-getal

In totaal is van 1619 monsters bekend wat de grondsoort (volgens de oude systematiek) is en is een meting beschikbaar voor het Pw-getal, het PAL-getal en P-PAE. Op basis van de gegeven relaties¹¹ is per monster het PAL-getal en P-PAE omgerekend in een berekende Pw-getal. Dit berekende Pw-getal wordt vergeleken met het gemeten Pw-getal.

De relaties tussen het PAL-getal en P-PAE en het Pw-getal zijn vastgesteld op basis van een dataset waarbij monsters met een Pw-getal ≤ 1 en/of P-PAE $\leq 0,2$ niet zijn meegenomen. In de beschikbare dataset (van 1831 monsters) zijn er **89** monsters waarvoor het Pw-getal ≤ 1 en/of P-PAE $\leq 0,2$. In deze studie gaat het juist om de monsters met een lage fosfaattoestand. Monsters op of onder de detectielimiet horen daar zeker bij en het zou verlies van informatie zijn om deze monsters niet mee te nemen.

In eerste instantie is voor drie grenzen van het Pw-getal, te weten 20, 25 en 30 bekeken in hoeverre de indeling op basis van het berekende Pw-getal overeenkomt met het gemeten Pw-getal. Dit is weergegeven in aantallen en percentages in de onderstaande tabellen.

¹¹ Deze relaties zijn bedrijfseigendom van het Blgg en worden daarom hier niet gegeven.

Tabel B3.1. Aantal monsters per categorie voor een drietal grenzen van het Pw-getal

| | | | |
|-------------------|-----|-----------|--------|
| Pw-getal berekend | <20 | ≥ 20 | Aantal |
| Pw-getal gemeten | | | |
| <20 | 181 | 97 | 278 |
| ≥ 20 | 71 | 1270 | 1341 |
| Aantal | 252 | 1367 | 1619 |
| Pw-getal berekend | <25 | ≥ 25 | Aantal |
| Pw-getal gemeten | | | |
| <25 | 312 | 178 | 490 |
| ≥ 25 | 63 | 1066 | 1129 |
| Aantal | 375 | 1244 | 1619 |
| Pw-getal berekend | <30 | ≥ 30 | Aantal |
| Pw-getal gemeten | | | |
| <30 | 478 | 169 | 647 |
| ≥ 30 | 70 | 902 | 972 |
| Aantal | 548 | 1071 | 1619 |

Het is interessant om te zien hoe de monsters met een gemeten Pw-getal kleiner dan een gegeven grens zich procentueel verdeelt over het berekende Pw-getal.

Tabel B3.2. Verdeling in percentage van het gemeten Pw-getal over het berekende Pw-getal

| | | | |
|-------------------|-----|-----------|----------|
| Pw-getal berekend | <20 | ≥ 20 | Totaal % |
| Pw-getal gemeten | | | |
| <20 | 65 | 35 | 100 |
| ≥ 20 | 5 | 95 | 100 |
| Pw-getal berekend | <25 | ≥ 25 | Totaal % |
| Pw-getal gemeten | | | |
| <25 | 64 | 36 | 100 |
| ≥ 25 | 6 | 94 | 100 |
| Pw-getal berekend | <30 | ≥ 30 | Totaal % |
| Pw-getal gemeten | | | |
| <30 | 74 | 26 | 100 |
| ≥ 30 | 7 | 93 | 100 |

Van alle monsters met een gemeten Pw-getal groter of gelijk aan 25 komt 6% uit op een berekende Pw-getal kleiner dan 25. Dit is het percentage monsters dat bij een gemeten Pw-getal niet de classificatie 'laag' had gekregen terwijl dat een berekende Pw-getal wel het geval zou zijn. De verhouding bij het berekende Pw-getal, gegeven het gemeten Pw-getal, hangt niet af van de gekozen grenswaarde.

Van de gemeten monsters met een Pw-getal kleiner dan 25 komt een veel groter percentage, namelijk 36%, uit op een berekende Pw-getal groter of gelijk aan 25. Deze groep krijgt dus geen classificatie 'laag' op basis van de gemeten P-PAE en het PAL-getal terwijl ze die wel hadden gekregen bij een gemeten Pw-getal.

Er kan ook gekeken worden hoe de verdeling in procenten eruit ziet op basis alle monsters (dus de gehele tabel). Dit is gedaan voor het Pw-getal van 25 (nu wettelijke grens).

Tabel B3.3. *Verdeling in procent (%) van berekende Pw-getal t.o.v. van gemeten Pw-getal bij afbakening bij een Pw-getal gelijk aan 25*

| Pw-getal -berekend Pw-getal -gemeten | <25 | ≥25 |
|---|------|------|
| <25 | 19,3 | 11,0 |
| ≥25 | 3,9 | 65,8 |

Dit betekent voor de beschikbare data dat 3,9% van de monsters een classificatie 'laag' hadden gekregen op basis van het berekende Pw-getal die dat niet hadden bij een gemeten Pw-getal. Verder geldt voor 11% dat deze geen classificatie 'laag' hadden gekregen op basis van het berekende Pw-getal terwijl ze dat wel hadden gehad bij een gemeten Pw-getal.

De grens van 25 (of 20 of 30) is erg grof. Daarom is eenzelfde tabel gemaakt maar nu voor een indeling met meerdere categorieën.

Tabel B3.4. *Aantal monsters per categorie*

| Pw-getal berekend Pw-getal gemeten | <15 | 15-25 | 25-35 | ≥35 | Aantal |
|---------------------------------------|-----|-------|-------|-----|--------|
| <15 | 88 | 37 | 3 | 6 | 134 |
| 15-25 | 48 | 139 | 121 | 48 | 356 |
| 25-35 | 7 | 40 | 137 | 62 | 246 |
| ≥35 | 3 | 13 | 61 | 806 | 883 |
| Aantal | 146 | 229 | 322 | 922 | 1619 |

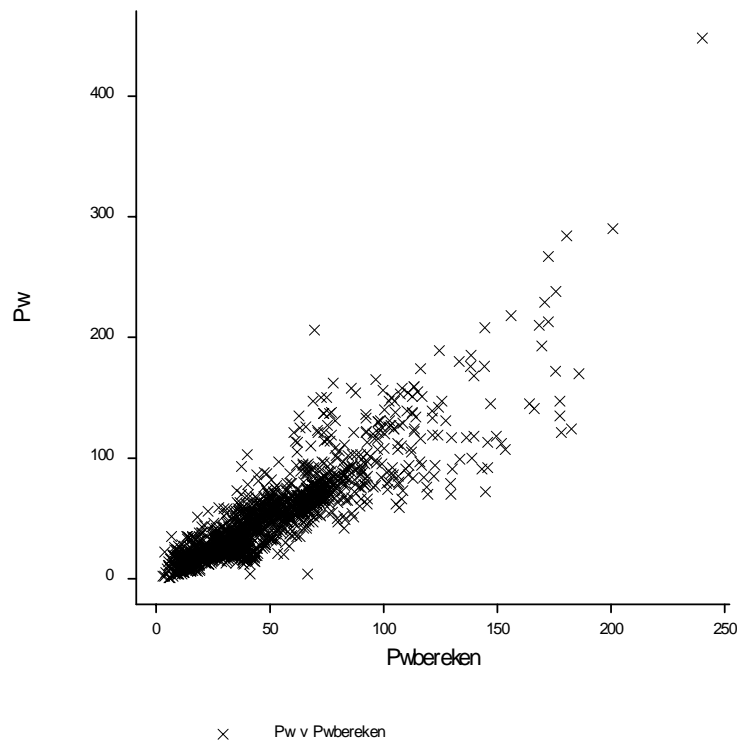
Een alternatieve manier om naar deze tabel te kijken is, hoe de verdeling per gemeten Pw-getal-klasse is over het berekende Pw-getal-klasse. In percentages resulteert dit in de volgende tabel.

Tabel B3.5. *Verdeling per gemeten klasse van het Pw-getal over de klassen van het berekende Pw-getal in percentages*

| Pw-getal berekend Pw-getal gemeten | <15 | 15-25 | 25-35 | ≥35 | Totaal |
|---------------------------------------|------|-------|-------|------|--------|
| <15 | 65,7 | 27,6 | 2,2 | 4,5 | 100 |
| 15-25 | 13,5 | 39,0 | 34,0 | 13,5 | 100 |
| 25-35 | 2,8 | 16,3 | 55,7 | 25,2 | 100 |
| ≥35 | 0,3 | 1,5 | 6,9 | 91,3 | 100 |

Het percentage monsters dat een lage berekende Pw-getal heeft terwijl het gemeten Pw-getal hoog is (≥ 25) is heel laag: 2,8 en 0,3%. Van de monsters die een lage gemeten Pw-getal (< 15) hebben, krijgt het overgrote deel, namelijk $63,7+28,8=92,5\%$, ook op basis van het berekende Pw-getal een classificatie 'laag'. De monsters met een gemeten Pw-getal tussen de 15 en 25 zijn, zoals ook verwacht mocht worden, wat meer verdeeld over de klassen van het berekende Pw-getal. Van deze monsters komt 13,5% uit op een hoger berekende Pw-getal (≥ 35).

Ter illustratie wordt in onderstaande figuur het gemeten Pw-getal uitgezet tegen het berekende Pw-getal.



Figuur B3.1. Relatie tussen berekende en gemeten Pw-getallen

Het is van belang te onderzoeken of de verkregen resultaten consistent zijn over verschillende delen van de dataset. Dit kan gedaan worden door Tabel B3.1 en B3.2 te geven per grondsoort, cultuur of per bronhouder. Voor de grens van het Pw-getal gelijk aan 25 wordt het aantal monsters gegeven in onderstaande tabellen. Verder worden de twee relevante percentages gegeven.

Tabel B3.6. Aantal monsters per grondsoort per categorie, met tussen haakjes het percentage Pw-getal - berekend gegeven Pw-getal - gemeten

| Grondsoort | Pw-getal berekend Pw-getal gemeten | <25 | ≥25 | Aantal |
|------------------------|---------------------------------------|--------|----------|--------|
| Zeeklei | <25 | 159 | 115(42%) | 274 |
| | ≥25 | 35(9%) | 366 | 401 |
| | Aantal | 194 | 481 | 675 |
| Diluviale zandgrond | <25 | 109 | 38(26%) | 147 |
| | ≥25 | 20(4%) | 431 | 451 |
| | Aantal | 129 | 469 | 598 |
| Rivierklei | <25 | 14 | 4(22%) | 18 |
| | ≥25 | 3(4%) | 66 | 69 |
| | Aantal | 17 | 70 | 87 |
| Löss | <25 | 1 | 4(80%) | 5 |
| | ≥25 | 1(3%) | 32 | 33 |
| | Aantal | 2 | 36 | 38 |
| Dalgrond | <25 | 17 | 10(37%) | 27 |
| | ≥25 | 1(1%) | 98 | 99 |
| | Aantal | 18 | 108 | 126 |
| Veen | <25 | 1 | 0(0%) | 1 |
| | ≥25 | 0(0%) | 3 | 3 |
| | Aantal | 1 | 3 | 8 |
| Alluviale zandgrond | <25 | 4 | 4(50%) | 8 |
| | ≥25 | 0(0%) | 52 | 52 |
| | Aantal | 4 | 56 | 60 |
| Kleiig veen | <25 | 7 | 3(30%) | 10 |
| | ≥25 | 3(14%) | 18 | 21 |
| | Aantal | 10 | 21 | 31 |

Tabel B3.7. Aantal monsters per cultuur per categorie

| Cultuur ¹² | Pw-getal berekend Pw-getal gemeten | <25 | ≥25 | Aantal |
|-----------------------|---------------------------------------|--------|----------|--------|
| BLB | <25 | 5 | 3(38%) | 8 |
| | ≥25 | 0(0%) | 51 | 51 |
| | Aantal | 5 | 54 | 59 |
| BLD | <25 | 86 | 33(28%) | 119 |
| | ≥25 | 22(8%) | 269 | 291 |
| | Aantal | 108 | 302 | 410 |
| GTT | <25 | 123 | 108(48%) | 231 |
| | ≥25 | 18(4%) | 469 | 487 |
| | Aantal | 141 | 577 | 718 |

¹² BLB: bloembollen; BLD: akkerbouw; GTT: vollegrondsgroenten.

Tabel B3.8. Aantal monsters per bronhouder per categorie

| Bronhouder | Pw-getal berekend Pw-getal gemeten | <25 | ≥25 | Aantal |
|----------------------|---------------------------------------|--------|----------|--------|
| Blgg | <25 | 135 | 55(29%) | 190 |
| | ≥25 | 26(4%) | 588 | 614 |
| | Aantal | 161 | 643 | 804 |
| Overig ¹³ | <25 | 177 | 123(41%) | 300 |
| | ≥25 | 37(7%) | 478 | 515 |
| | Aantal | 214 | 601 | 815 |

Op het eerste gezicht komen de percentages in Tabel 6, 7 en 8 redelijk overeen met de percentages uit Tabel B3.2. Dit betekent dat het niet van grondsoort, cultuur of bronhouder afhangt of het berekende Pw-getal hoger of juist lager is dan het gemeten Pw-getal. De gevonden resultaten zijn dus over het algemeen consistent over de verschillende delen van de dataset.

In Tabel B3.6 blijkt dat het totale aantal monsters voor de grondsoorten löss, veen en kleiig veen erg klein is zodat voor deze grondsoorten geen betrouwbare uitspraken kunnen worden gedaan.

Het aantal monsters voor zeeklei is wel groot en daar geldt dat 9% van de monsters die een gemeten Pw-getal heeft van hoger dan 25 op basis van het berekende Pw-getal onder de 25 uit komt. Het is van belang om te weten of deze schatting significant verschilt van de 6% die gevonden wordt op basis van hele dataset. Met andere woorden verschilt $35/401=0,0873$ significant van $63/1129=0,0558$? Dit kan getoetst worden met Fisher's exact test en het verschil is significant ($p=0,04$). Bij een vergelijking van zeeklei met alle andere grondsoorten wordt het verschil groter 8,7% versus 3,8% en duidelijk significant ($p=0,001$).

De relaties tussen het PAL-getal en het Pw-getal en P-PAE en het Pw-getal, op basis waarvan het Pw-getal wordt berekend zijn gebaseerd op data van Blgg die ook in deze studie worden gebruikt. Het is daarom belangrijk om te onderzoeken of op basis van andere data de overeenkomst tussen het gemeten Pw-getal en het berekende Pw-getal gelijk blijft. In Tabel B3.8 komen de percentages goed overeen met die in de Tabel B3.2 (op basis van alle data). Vervolgens is getoetst of de verhouding $26/614$ gelijk is aan $37/515$, met andere woorden of het percentage dat op basis van het berekende Pw-getal een classificatie 'laag' krijgt gelijk is bij de Blgg-monsters ten opzichte van alle overige monsters. Er is een significant verschil ($p=0,044$) in het percentage dat op basis van een berekend Pw-getal de classificering 'laag' krijgt terwijl het gemeten Pw-getal groter dan 25 is, voor de monsters van Blgg ten opzichte van de data van overige bronhouders¹⁴.

Echter, van de 37 monsters van overige bronhouders die een berekende Pw-getal >25 hebben terwijl gemeten lager is, zijn er 34 monsters 'zeeklei'. Daarmee zijn deze

¹³ Overig betreffen de bronhouders anders dan het Blgg. Deze bronhouders hebben voor een belangrijk deel de fysische chemische analyses door het Blgg laten uitvoeren.

¹⁴ Ook bij overige bronhouders (PAV,Alterra) zijn de metingen vaak uitgevoerd door het Blgg.

effecten verstrengeld en kun je niet stellen of het aan 'zeeklei' ligt dan wel aan het feit dat de gegevens afkomstig zijn van overige bronhouders.

Kijkend naar de monsters van Blgg krijg je de volgende tabel voor 'zeeklei':

Tabel B3.9. Aantal monsters van Blgg met grondsoort zeeklei per categorie

| Pw-getal berekend | ≥ 25 | < 25 | Totaal |
|-------------------|-----------|--------|--------|
| Pw-getal gemeten | | | |
| < 25 | 28 | 21 | 49 |
| ≥ 25 | 1 | 112 | 113 |
| Totaal | 29 | 133 | 162 |

Er zijn voldoende monsters met zeeklei. Van de 113 met een gemeten Pw-getal ≥ 25 is er maar één die een berekende Pw-getal lager dan 25 heeft. Kortom het effect 'zeeklei' geldt niet voor de Blgg-monsters. Dit betekent in feite dat de Blgg-regressievergelijkingen toegepast op andere data voor de grondsoort zeeklei tot een afwijkend resultaat voor het berekende Pw-getal -getal lijkt te leiden.

Voor de andere grondsoorten is weinig of geen informatie voorhanden of wordt dit verschil niet gevonden:

- Rivierklei: 10 punten van Alterra.
- Löss, veen, alluviale zandgrond en kleiig veen: geen punten in de andere datasets.
- Diluviale zandgrond: 198 punten van PAV¹⁵; hier maar 2 van de 151 punten die op basis van berekende laag worden terwijl ze dat met gemeten niet zijn.
- Dalgrond: 94 punten van PAV waarbij 0 punten van de 73 die op basis van berekende laag zouden worden terwijl ze dat gemeten niet zijn.

¹⁵ Alle meetgegevens van PAV zijn afkomstig van het Blgg.

Tabel B3.10. Aantal monsters per bemonsterjaar per categorie

| Bemonsterjaar | Pw-getal berekend Pw-getal gemeten | <25 | ≥25 | Aantal |
|---------------|---------------------------------------|---------|----------|--------|
| 1990 | <25 | 0 | 0(0%) | 0 |
| | ≥25 | 0(0%) | 9 | 9 |
| | Aantal | 0 | 9 | 9 |
| 1991 | <25 | 0 | 0(0%) | 0 |
| | ≥25 | 0(0%) | 17 | 17 |
| | Aantal | 0 | 17 | 17 |
| 1992 | <25 | 0 | 2(100%) | 2 |
| | ≥25 | 0(0%) | 18 | 18 |
| | Aantal | 0 | 20 | 20 |
| 1993 | <25 | 0 | 11(100%) | 11 |
| | ≥25 | 0(0%) | 7 | 7 |
| | Aantal | 0 | 18 | 18 |
| 1994 | <25 | 28 | 12(30%) | 40 |
| | ≥25 | 2(1%) | 165 | 167 |
| | Aantal | 30 | 177 | 207 |
| 1995 | <25 | 5 | 5(50%) | 10 |
| | ≥25 | 0(0%) | 90 | 90 |
| | Aantal | 5 | 95 | 100 |
| 1996 | <25 | 19 | 47(71%) | 66 |
| | ≥25 | 3(3%) | 94 | 97 |
| | Aantal | 22 | 141 | 163 |
| 1997 | <25 | 27 | 22(45%) | 49 |
| | ≥25 | 7(7%) | 90 | 97 |
| | Aantal | 34 | 112 | 146 |
| 1998 | <25 | 76 | 42(36%) | 118 |
| | ≥25 | 9(3%) | 286 | 286 |
| | Aantal | 85 | 328 | 413 |
| 1999 | <25 | 7 | 1(12%) | 8 |
| | ≥25 | 0(0%) | 9 | 9 |
| | Aantal | 7 | 10 | 17 |
| 2004 | <25 | 65 | 31(32%) | 96 |
| | ≥25 | 14(5%) | 242 | 256 |
| | Aantal | 79 | 273 | 352 |
| 2005 | <25 | 85 | 5(5%) | 90 |
| | ≥25 | 28(42%) | 39 | 67 |
| | Aantal | 113 | 44 | 157 |

Het resultaat in bemonsterjaar 2005 wijkt af van de overige jaren.

Regressie analyse

Regressie analyse is een manier om te onderzoeken of en hoe goed de relatie is tussen het gemeten en het berekende Pw-getal. Gegeven de meetfout van zowel de gemeten als het berekende Pw-getal in het lage traject wordt geen duidelijke relatie tussen deze twee variabelen verwacht in het lage traject. Op basis van het hele meetbereik wordt de relatie wel verwacht en ook gevonden. In eenvoudige lineaire regressie van het berekende Pw-getal op het gemeten Pw-getal wordt 78% van de variantie¹⁶ verklaard en wanneer de lijn door de oorsprong wordt gedwongen is de helling voor het berekende Pw-getal gelijk aan 1,04. Daarmee lijkt er over het hele traject wel sprake van een één op één relatie ondanks de grote variatie.

Naast het berekende Pw-getal zijn ook andere variabelen, te weten grondsoort, cultuur, bouwvoor, lab en bemonsterjaar opgenomen in het regressie model. De variabelen grondsoort en bemonsteringsjaar zijn significant en ook de interactie tussen grondsoort en het berekende Pw-getal is significant. Dit betekent dat de relatie tussen het berekende Pw-getal en het gemeten Pw-getal verschilt voor deze variabelen. Dit ondersteunt de resultaten die gevonden zijn in de tabellen.

Deel van de data

De relaties tussen het PAL-getal en het Pw-getal en tussen P-PAE en het Pw-getal zijn afgeleid op basis van data waarvoor geldt Pw-getal $>1 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ l}^{-1}$ en Pw-getal $<85 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ l}^{-1}$ en P-PAE $>0,2 \text{ mg P kg}^{-1}$. Op basis van deze restricties daalt het aantal beschikbare waarnemingen naar 1329. Tabel B3.11 en B3.12 met grenswaarde Pw-getal gelijk aan 25 en Tabel B3.13 worden hieronder gegeven voor dit deel van de dataset.

Tabel B3.11. Aantal waarnemingen verdeeld over berekende en gemeten Pw-getal

| Pw-getal berekend Pw-getal gemeten | <25 | ≥ 25 | Aantal |
|---------------------------------------|-----|-----------|--------|
| <25 | 235 | 177 | 412 |
| ≥ 25 | 53 | 864 | 917 |
| Aantal | 288 | 1041 | 1329 |

In percentage:

Tabel B3.12. Relatief aantal waarnemingen verdeeld over berekende en gemeten Pw-getal in procent (%).

| Pw-getal berekend Pw-getal gemeten | <25 | ≥ 25 | Totaal |
|---------------------------------------|-----|-----------|--------|
| <25 | 57 | 43 | 100 |
| ≥ 25 | 6 | 94 | 100 |

¹⁶ De standaardafwijking van het model is 17,8%.

Tabel B3.13 Aantal waarnemingen verdeeld over berekende en gemeten Pw-getal, verfijnd

| Pw-getal berekend | <15 | 15-25 | 25-35 | ≥35 | Aantal |
|-------------------|-----|-------|-------|-----|--------|
| Pw-getal gemeten | | | | | |
| <15 | 34 | 30 | 3 | 6 | 73 |
| 15-25 | 35 | 136 | 120 | 48 | 339 |
| 25-35 | 6 | 34 | 137 | 62 | 239 |
| ≥35 | 2 | 11 | 61 | 604 | 678 |
| Aantal | 77 | 211 | 321 | 720 | 1329 |

3. Gemeten Pw-getal vergeleken met P-PAE

In plaats van het berekende Pw-getal te vergelijken met het gemeten Pw-getal kan P-PAE ook rechtstreeks worden vergeleken met het gemeten Pw-getal. P-PAE wordt op een andere schaal gemeten dan het Pw-getal en daarmee moeten ook de grenzen die het meest vergelijkbare resultaat geven nog gezocht worden. Er zijn 3653 monsters beschikbaar waarvoor zowel het Pw-getal als P-PAE is gemeten.

In een eenvoudige regressie analyse van P-PAE op het Pw-getal wordt de volgende vergelijking verkregen:

$$\text{Pw-getal} = 19,96 + 7,40 * \text{P-PAE}$$

In een regressie analyse waarbij P-PAE de respons is, wordt de vergelijking:

$$\text{P-PAE} = -1,03 + 0,094 * \text{Pw-getal}$$

Deze vergelijkingen zijn niet gelijk omdat in het ene geval wordt verondersteld dat bij een gemeten P-PAE het Pw-getal varieert en vice versa. In werkelijkheid zijn beide metingen behept met meetfouten. Deze meetfouten zijn relatief groot in het lage traject zodat in dit traject ook geen goede relatie kan worden verwacht.

In deze studie gaat het erom te onderzoeken of op basis van P-PAE dezelfde groep monsters aangewezen kan worden die met de gemeten Pw-getal en de huidige Pw-getal-grens een classificatie 'laag' krijgen. De huidige grenswaarde voor het Pw-getal ligt bij het Pw-getal –getal gelijk 25. Dit invullen in de eerste regressievergelijking geeft een waarde voor P-PAE van 0,5. In de tweede vergelijking resulteert dit in een P-PAE van 1,32. Door deze twee als grenswaarde voor P-PAE te nemen worden de volgende aantallen monsters per categorie verkregen:

Tabel B3.14. Aantal monsters per categorie voor twee grenzen voor P-PAE en Pw-getal

| P-PAE | <0,7 | ≥0,7 | Aantal |
|------------------|------|------|--------|
| Pw-getal gemeten | | | |
| <25 | 1044 | 386 | 1430 |
| ≥25 | 178 | 2045 | 2223 |
| Aantal | 1222 | 2431 | 3653 |
| P-PAE | <1,3 | ≥1,3 | Aantal |
| Pw-getal gemeten | | | |
| <25 | 1347 | 83 | 1430 |
| ≥25 | 513 | 1710 | 2223 |
| Aantal | 1860 | 1793 | 3653 |

Tabel B3.15. Als Tabel B3.14 uitgedrukt in percentage

| P-PAE | <0,7 | ≥0,7 | Totaal-% |
|------------------|------|------|----------|
| Pw-getal gemeten | | | |
| <25 | 73 | 27 | 100 |
| ≥25 | 8 | 92 | 100 |
| P-PAE | <1,3 | ≥1,3 | Totaal-% |
| Pw-getal gemeten | | | |
| <25 | 94 | 6 | 100 |
| ≥25 | 23 | 77 | 100 |

De grenswaarde van 0,7 voor P-PAE resulteert in een percentage van 8% dat op basis van P-PAE wel een classificatie 'laag' krijgt terwijl dat met het gemeten Pw-getal niet zou zijn verkregen. Dit komt overeen met het resultaat van het berekende Pw-getal. Het percentage monsters dat nu geen classificatie 'laag' meer krijgt terwijl die dat met het Pw-getal wel gekregen zouden hebben is gestegen naar 27%. Door de grenswaarde van P-PAE hoger, bijvoorbeeld 1,3 te zetten gaat dit percentage omlaag maar het resulteert tevens in een percentage van 23% dat 'laag' wordt terwijl het gemeten Pw-getal hoger dan 25 is.

Ter illustratie worden nog twee voorbeelden gegeven waarin de grens voor P-PAE is gesteld op 1,0 en een voorbeeld waarbij de grens voor het Pw-getal is gesteld op 20.

Tabel B3.16. Aantal monsters per categorie voor verschillend grenzen van P-PAE en gemeten Pw-getal

| P-PAE | <1,0 | ≥1,0 | Aantal |
|------------------|----------|----------|--------|
| Pw-getal gemeten | | | |
| <25 | 1259 | 171(12%) | 1430 |
| ≥25 | 334(15%) | 1889 | 2223 |
| Aantal | 1593 | 2060 | 3653 |

Tabel B3.17. Aantal monsters per categorie voor verschillende grenzen van P-PAE en gemeten Pw-getal

| P-PAE | <0,7 | ≥0,7 | Aantal |
|------------------|----------|----------|--------|
| Pw-getal gemeten | | | |
| <20 | 839 | 167(20%) | 1006 |
| ≥20 | 381(14%) | 2266 | 2647 |
| Aantal | 1220 | 2433 | 3653 |

In plaats van de grove indeling in twee categorieën voor het Pw-getal en P-PAE kan ook gekeken worden naar de verdeling bij een indeling in meerdere categorieën. In de volgende Tabel B3.18 wordt de verdeling in aantallen en percentages gegeven voor 4 klassen van het Pw-getal en P-PAE.

Tabel B3.18. Aantal monsters per categorie voor vier grenzen voor P-PAE en Pw-getal

| P-PAE | <0,5 | 0,5-1,0 | 1,0-2,0 | ≥2,0 | Aantal |
|------------------|------|---------|---------|------|--------|
| Pw-getal gemeten | | | | | |
| <15 | 576 | 84 | 14 | 6 | 680 |
| 15-25 | 237 | 362 | 122 | 29 | 750 |
| 25-35 | 72 | 161 | 212 | 99 | 544 |
| ≥35 | 37 | 64 | 274 | 1304 | 1679 |
| Aantal | 922 | 671 | 622 | 1438 | 3653 |

In percentages Tabel B3.19.

Tabel B3.19. Als Tabel B3.18 in percentages

| P-PAE | <0,5 | 0,5-1,0 | 1,0-2,0 | ≥2,0 | Totaal |
|------------------|------|---------|---------|------|--------|
| Pw-getal gemeten | | | | | |
| <15 | 85 | 12 | 2 | 1 | 100 |
| 15-25 | 32 | 48 | 16 | 4 | 100 |
| 25-35 | 13 | 30 | 39 | 18 | 100 |
| ≥35 | 2 | 4 | 16 | 78 | 100 |

Het percentage monsters dat een lage P-PAE (<0,1) heeft terwijl het gemeten Pw-getal hoog is (≥ 35) is heel laag: 2+4%. Van de monsters die een lage gemeten Pw-getal (<15) hebben, heeft het overgrote deel, namelijk 85+12=97% een P-PAE kleiner dan 1,0. De monsters met een gemeten Pw-getal tussen de 15 en 25 zijn, zoals ook verwacht mag worden, wat meer verdeeld over de P-PAE klassen. Van deze monsters komt 20% uit op een P-PAE ≥ 1,0.

Het is van belang te onderzoeken of de verkregen resultaten consistent zijn over verschillende delen van de dataset. Dit kan gedaan worden door tabellen te geven per grondsoort, cultuur of per bronhouder. Voor de grens van het Pw-getal gelijk aan 25 en P-PAE gelijk aan 0,7 wordt het aantal monsters gegeven in onderstaande tabellen. Verder worden de twee relevante percentages gegeven.

NB. Voor een aantal monsters is de grondsoort, cultuur of bemonsteringsjaar niet bekend zodat de totalen niet overal optelen tot 3653.

Tabel B3.20. Aantal monsters per grondsoort per categorie, met tussen haakjes het percentage P-PAE gegeven het gemeten Pw-getal

| Grondsoort | Gemeten PPAE Gemeten Pw-getal | <0,7 | ≥0,7 | Aantal |
|------------------------|----------------------------------|---------|----------|--------|
| Zeeklei | <25 | 431 | 128(23%) | 559 |
| | ≥25 | 63(10%) | 588 | 621 |
| | Aantal | 494 | 686 | 1180 |
| Diluviale zandgrond | <25 | 329 | 106(24%) | 435 |
| | ≥25 | 72(9%) | 720 | 792 |
| | Aantal | 401 | 826 | 1227 |
| Rivierklei | <25 | 56 | 31(36%) | 87 |
| | ≥25 | 8(4%) | 179 | 187 |
| | Aantal | 64 | 210 | 274 |
| Löss | <25 | 41 | 23(36%) | 64 |
| | ≥25 | 4(4%) | 92 | 96 |
| | Aantal | 45 | 115 | 160 |
| Dalgrond | <25 | 50 | 25(33%) | 75 |
| | ≥25 | 2(1%) | 165 | 167 |
| | Aantal | 52 | 190 | 242 |
| Veen | <25 | 13 | 2(33%) | 15 |
| | ≥25 | 1(13%) | 7 | 8 |
| | Aantal | 14 | 9 | 23 |
| Alluviale zandgrond | <25 | 31 | 29(48%) | 60 |
| | ≥25 | 5(3%) | 150 | 155 |
| | Aantal | 36 | 179 | 215 |
| Kleiig veen | <25 | 26 | 13(33%) | 39 |
| | ≥25 | 3(6%) | 49 | 52 |
| | Aantal | 29 | 62 | 91 |

Tabel B3.21. Aantal monsters per cultuur per categorie, met tussen haakjes het percentage P-PAE gegeven het gemeten Pw-getal

| Cultuur | Gemeten P-PAE Gemeten Pw-getal | <0,7 | ≥0,7 | Aantal |
|---------|-----------------------------------|--------|----------|--------|
| BLB | <25 | 51 | 26(34%) | 77 |
| | ≥25 | 5(2%) | 188 | 193 |
| | Aantal | 56 | 214 | 270 |
| BLD | <25 | 419 | 131(23%) | 550 |
| | ≥25 | 40(5%) | 721 | 761 |
| | Aantal | 459 | 852 | 1311 |
| GTT | <25 | 196 | 139(41%) | 335 |
| | ≥25 | 27(4%) | 657 | 684 |
| | Aantal | 223 | 796 | 1019 |

Tabel B3.22. Aantal monsters per Bronhouder per categorie, met tussen haakjes het percentage P-PAE gegeven het gemeten Pw-getal

| Bronhouder | Gemeten P-PAE Gemeten Pw-getal | <0,7 | ≥0,7 | Aantal |
|------------|-----------------------------------|---------|----------|--------|
| Alterra | <25 | 87 | 4(4%) | 91 |
| | ≥25 | 8(40%) | 12 | 20 |
| | Aantal | 95 | 16 | 111 |
| Blgg | <25 | 641 | 283(30%) | 924 |
| | ≥25 | 141(8%) | 1552 | 1693 |
| | Aantal | 782 | 1835 | 2617 |
| IMPHOS | <25 | 140 | 5(3%) | 145 |
| | ≥25 | 3(4%) | 75 | 78 |
| | Aantal | 143 | 80 | 223 |
| PAV | <25 | 172 | 98(36%) | 270 |
| | ≥25 | 28(6%) | 404 | 432 |
| | Aantal | 200 | 502 | 702 |

Tabel B3.23. Aantal monsters per bemonsteringsjaar per categorie, met tussen haakjes het percentage P-PAE gegeven het gemeten Pw-getal

| Bemonsterjaar | Gemeten PPAE Gemeten Pw-getal | <0,7 | ≥0,7 | Aantal |
|---------------|----------------------------------|---------|----------|--------|
| 1960 | <25 | 77 | 1(1%) | 78 |
| | ≥25 | 3(100%) | 0 | 3 |
| | Aantal | 80 | 1 | 81 |
| 1990 | <25 | 14 | 0(0%) | 14 |
| | ≥25 | 0(0%) | 9 | 9 |
| | Aantal | 14 | 9 | 23 |
| 1991 | <25 | 6 | 0(0%) | 6 |
| | ≥25 | 0(0%) | 17 | 17 |
| | Aantal | 6 | 1723 | |
| 1992 | <25 | 15 | 1(1%) | 16 |
| | ≥25 | 0(0%) | 18 | 18 |
| | Aantal | 15 | 19 | 34 |
| 1993 | <25 | 44 | 1(2%) | 45 |
| | ≥25 | 3(43%) | 4 | 7 |
| | Aantal | 47 | 5 | 52 |
| 1994 | <25 | 189 | 121(39%) | 310 |
| | ≥25 | 18(2%) | 699 | 717 |
| | Aantal | 207 | 820 | 1027 |
| 1995 | <25 | 51 | 40(44%) | 91 |
| | ≥25 | 11(5%) | 231 | 242 |
| | Aantal | 62 | 271 | 333 |
| 1996 | <25 | 105 | 47(31%) | 152 |
| | ≥25 | 11(6%) | 178 | 189 |
| | Aantal | 116 | 225 | 341 |

| Bemonsterjaar | Gemeten PPAE Gemeten Pw-getal | <0,7 | ≥0,7 | Aantal |
|---------------|----------------------------------|---------|---------|--------|
| 1997 | <25 | 30 | 31(67%) | 61 |
| | ≥25 | 5(5%) | 92 | 97 |
| | Aantal | 35 | 123 | 158 |
| 1998 | <25 | 82 | 40(33%) | 122 |
| | ≥25 | 6(2%) | 282 | 295 |
| | Aantal | 88 | 329 | 417 |
| 1999 | <25 | 6 | 2(25%) | 8 |
| | ≥25 | 0(0%) | 9 | 9 |
| | Aantal | 6 | 11 | 17 |
| 2003 | <25 | 1 | 0(0%) | 1 |
| | ≥25 | 0(0%) | 0 | 0 |
| | Aantal | 1 | 0 | 1 |
| 2004 | <25 | 215 | 39(15%) | 254 |
| | ≥25 | 82(21%) | 314 | 396 |
| | Aantal | 297 | 353 | 650 |
| 2005 | <25 | 180 | 46(20%) | 226 |
| | ≥25 | 40(24%) | 129 | 169 |
| | Aantal | 220 | 175 | 395 |

Voor alle vier de tabellen geldt dat de percentages redelijk overeenkomen met de percentages uit Tabel 3.2. Er zijn geen verschillen tussen de grondsoorten (percentage bij veen lijkt hoger maar is gebaseerd op heel weinig waarnemingen) en ook niet tussen de vormen van landgebruik (BLB, BLD, GTI). In de tabel met de bronhouders (Tabel B3.22) gaat het om de vergelijking tussen de monsters van het Blgg versus alle overigen monsters. Alle gegevens van overige bronhouders samen resulteren in een percentage van 4% voor de monsters die een P-PAE <0,7 mg P kg⁻¹ hebben terwijl Pw-getal >25 is en dit is vergelijkbaar met de Blgg-monsters. In de Tabel B3.23 van het bemonsteringsjaar wijken 2004 en 2005 af van alle overige jaren¹⁷.

Effect van de meetfout

Zoals al meerdere malen gesteld, zijn zowel het Pw-getal als de P-PAE-meting behept met meetfouten. De vraag rijst of het resultaat waarbij toch verschillen te zien zijn in het Pw-getal en de P-PAE-meting niet het gevolg kan zijn van die meetfouten. De standaardafwijking van de bepaling van het Pw-getal voor het traject 0-50 mg P₂O₅ l⁻¹ is 2,1 en de standaardafwijking voor de P-PAE meting tussen 0 en 2,0 mg P kg⁻¹ bedraagt 0,18.

Als de meetfout normaal verdeeld wordt verondersteld zal een monster met een gemeten Pw-getal van 25 met 95% zekerheid liggen tussen $25 \pm 2 \cdot 2,1 = (20,8, 29,2)$. Bovendien geldt dat de kans dat de waarde kleiner is van 25 is gelijk aan de kans dat de waarde groter is dan 25, namelijk 50%. In de situatie dat de meetfout normaal is

¹⁷ Mogelijk wordt deze afwijking verklaard doordat in 2004 en 2005 de grondmonsters in enkelvoud zijn geanalyseerd en in overige jaren tenminste in tweevoud.

verdeeld zullen er dus net zo veel monsters door de meetfout te groot als te klein uit vallen. Dit geldt ook voor de P-PAE-meting. Een monster dat in de meting van het Pw-getal toevallig laag uitvalt, kan in de P-PAE-meting toevallig hoog uitvallen en vice versa. Daarmee is het te verwachten een deel van de monsters rond de grenswaarde in de ene methode net in een andere classificatie uit komt dan met de andere methode. Het is interessant op basis van de huidige dataset te kijken naar de verdeling van het aantal monsters beneden, boven en tussen de betrouwbaarheidsgrenzen rond een Pw-getal van 25. Dit is gedaan in Tabel B3.24 bij verschillende grenzen van P-PAE.

Tabel B3.24 Aantal monsters per categorie voor Pw en P-PAE, met tussen haakjes het percentage P-PAE gegeven een klasse voor het Pw-getal

| Gemeten P-PAE Gemeten Pw-getal | <0,7 | ≥0,7 | Aantal |
|-----------------------------------|----------|----------|--------|
| <20,8 | 891 | 199(18%) | 1090 |
| 20,8-29,2 | 232 | 417 | 649 |
| ≥29,2 | 97(5%) | 1817 | 1914 |
| Aantal | 1220 | 2733 | 3653 |
| Gemeten P-PAE Gemeten Pw-getal | <1,0 | ≥1,0 | Aantal |
| <20,8 | 1020 | 70(6%) | 1090 |
| 20,8-29,2 | 403 | 246 | 649 |
| ≥29,2 | 170(9%) | 1744 | 1914 |
| Aantal | 1593 | 2060 | 3653 |
| Gemeten P-PAE Gemeten Pw-getal | <1,3 | ≥1,3 | Aantal |
| <20,8 | 1058 | 32(3%) | 1090 |
| 20,8-29,2 | 516 | 133 | 649 |
| ≥29,2 | 286(15%) | 1628 | 1914 |
| Aantal | 1860 | 1793 | 3653 |

Er zijn 1914 monsters die met 95% betrouwbaarheid een gemeten waarde voor het Pw-getal hebben die groter is dan de grens van 25. Hiervan heeft 9% een P-PAE-meting die kleiner is dan 1,0. Er is in Tabel B3.24 geen rekening gehouden met de meetfout in de P-PAE-meting. Voor een P-PAE-meting van 1,0 geldt een 95% betrouwbaarheidsinterval van $1,0 \pm 2 \cdot 0,18 = (0,64, 1,36)$. In Tabel B3.25 worden de aantallen monsters gegeven voor deze grenzen.

Tabel B3.25 Aantal monsters per categorie voor Pw-getal en P-PAE, met tussen haakjes het percentage P-PAE gegeven Pw-getal

| Gemeten P-PAE Gemeten Pw-getal | <0,64 | 0,64-1,36 | ≥1,36 | Aantal |
|-----------------------------------|--------|-----------|--------|--------|
| <20,8 | 860 | 199(18%) | 31(3%) | 1090 |
| 20,8-29,2 | 198 | 336 | 115 | 649 |
| ≥29,2 | 82(4%) | 220(12%) | 1612 | 1914 |
| Aantal | 1140 | 755 | 1758 | 3653 |

Het percentage monsters dat op basis van een gemeten Pw-getal zeker een classificatie 'komt in aanmerking voor een verhoogde gebruiksnorm voor fosfaat' krijgt terwijl het op basis van een P-PAE groter is dan de bovengrens van het betrouwbaarheidsinterval rond 1,0 is slechts 3%. Ook het percentage dat op basis van Pw-getal groter is dan 25 terwijl het op basis van P-PAE kleiner is dan de ondergrens van het betrouwbaarheidsinterval rond 1,0 is klein, namelijk 4%.

Voor 18% van de monsters die op basis van het Pw-getal zeker een classificatie 'laag' krijgen, geldt dat ze voor de P-PAE in het 95% betrouwbaarheidsinterval rond de 1,0 zitten. Naar verwachting zal hiervan de helft onder 1,0 en de helft boven de 1,0 zitten. Dit betekent dat bij een harde grens van 1,0 voor de P-PAE ($3+0,5*18 =$) 12% ten onrechte een classificatie 'komt in aanmerking voor een verhoogde gebruiksnorm voor fosfaat' krijgt. Dit is hoger dan de 6% die naar voren kwam in Tabel B3.24. Dit betekent dat in de dataset niet de helft van de monsters die binnen het 95% betrouwbaarheidsintervallen vallen een waarde kleiner dan 1,0 heeft maar meer dan de helft.

Van de 1914 monsters die een gemeten Pw-getal groter dan 29,2 hebben, heeft 12% een P-PAE-meting die in het 95% betrouwbaarheidsinterval rond 1,0 valt. Ook hiervoor geldt dat naar verwachting de helft een waarde groter dan 1,0 en de helft een waarde kleiner dan 1,0 zal hebben. Dit resulteert in een percentage van ($4+0,5*12=$) 10% van de monsters die op basis van P-PAE een classificatie 'komt in aanmerking voor een verhoogde gebruiksnorm voor fosfaat' krijgen terwijl ze een gemeten Pw-getal hebben die zeker groter is dan 25. Dit percentage komt wel goed overeen met hetgeen gevonden is in Tabel B3.24

Naar verwachting is de meetfout niet normaal verdeeld maar scheef (bijvoorbeeld lognormaal) verdeeld met grotere afwijkingen naar boven. De kans dat de werkelijke waarde dan kleiner is dan de gemeten waarde kan dan groter worden van 50%. Pas bij een heel scheve verdeling gaat dit werkelijk door tellen. Op basis van de huidige gegevens en de gegeven standaardafwijking kan niets afgeleid worden met betrekking tot de vorm van de verdeling van de meetfout. Bovendien geldt een scheve verdeling van de meetfout voor beide meetmethoden zodat zij in beide gevallen een kans hebben gemiddeld iets hogere meetwaarden te geven dan het werkelijkheid moet zijn. Daarmee worden de percentages 'vals positief' c.q. 'vals negatief' niet verklaard.

