



Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

---

# Actualisering methodiek en protocol om de fosfaattoestand van de bodem vast te stellen

Commissie Deskundigen Meststoffenwet

| WOt-technical report 39



**WAGENINGEN UR**  
*For quality of life*

---



---

**Actualisering methodiek en protocol om de fosfaattoestand van de bodem vast te stellen**

---

Dit Technical report is gemaakt conform het Kwaliteitshandboek van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu.

De reeks `Wot-technical reports bevat onderzoeksresultaten van projecten die kennisorganisaties voor de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu hebben uitgevoerd.

Wot-technical report 39 is het resultaat van een onderzoeksopdracht van en gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken (EZ).

---

# Actualisering methodiek en protocol om de fosfaattoestand van de bodem vast te stellen

Commissie Deskundigen Meststoffenwet

**Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu**

Wageningen, juli 2015

---

**WOt-technical report 39**

ISSN 2352-2739

---

## Referaat

Commissie Deskundigen Meststoffenwet (2015). *Actualisering methodiek en protocol om de fosfaattoestand van de bodem vast te stellen*. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen. WOt-technical report 39. 68 blz.; 6 fig.; 5 tab.; 45 ref.

De gebruiksnormen voor stikstof en fosfaat voor landbouwgronden zijn een belangrijke pijler van het Nederlandse mest- en ammoniakbeleid. De fosfaatgebruiksnormen zijn gedifferentieerd naar de fosfaattoestand van de bodem, om op termijn voor alle landbouwgronden een fosfaattoestand te realiseren waarbij (i) fosfaat geen beperkende factor is voor de gewasopbrengst en -kwaliteit, en (ii) de belasting van het oppervlaktewater met fosfaat is teruggedrongen tot een niveau waarbij voldaan kan worden aan de doelstellingen van de Kaderrichtlijn Water. Een goede bepaling en duiding van de fosfaattoestand van de bodem is daarbij van groot belang.

Op verzoek van het ministerie van Economische Zaken heeft de Commissie Deskundigen Meststoffenwet (CDM) (i) methoden voor de bepaling van de fosfaattoestand van de bodem beoordeeld, voor de afleiding van fosfaattoestand-afhankelijke fosfaatgebruiksnormen, en (ii) een protocol beschreven voor de bemonstering en analyse van de bodem om de fosfaattoestand te bepalen.

De CDM adviseert om een gecombineerde indicator te gebruiken, die de intensiteit (P-CaCl<sub>2</sub>) en de capaciteit (P-AL-getal) van het fosfaatleverend vermogen van de bodem in beeld brengt. Uit de beschikbare gegevens blijkt dat een gecombineerde indicator een vergelijkbaar voorspellend vermogen heeft van het fosfaatleverend vermogen van de bodem als de nu gebruikte enkelvoudige indicatoren (Pw voor bouwland en P-AL-getal voor grasland). De gecombineerde indicator kan worden toegepast voor zowel bouwland als grasland, en wordt reeds gebruikt op twee derde deel van het landbouwareaal in Nederland voor de bemestingsadvisering.

Het protocol voor de bemonstering en analyse van de bodem om de fosfaattoestand te bepalen, is gebaseerd op doelvoorschriften. De vereiste minimale kwaliteit van de bemonstering en analyse is aangegeven; deze kwaliteit moet in de praktijk periodiek worden gecontroleerd door een zogenoemde 'Toetscommissie'. De CDM adviseert ook om aanvullende studies te verrichten naar het voorspellend vermogen van de gecombineerde indicator voor het risico van fosfaatverliezen naar het oppervlaktewater.

*Trefwoorden:* fosfaat, fosfaattoestand, fosfaatgebruiksnormen, fosfaatverliezen, analysemethoden, grondbemonstering, eutrofiering, gewasopbrengst

© 2015

Alterra Wageningen UR

Postbus 47, 6700 AA Wageningen

Tel: (0317) 48 07 00; e-mail: [info.alterra@wur.nl](mailto:info.alterra@wur.nl)

---

De reeks WOt-technical reports is een uitgave van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, onderdeel van Wageningen UR. Dit report is verkrijgbaar bij het secretariaat. De publicatie is ook te downloaden via [www.wageningenUR.nl/wotnatuurenmilieu](http://www.wageningenUR.nl/wotnatuurenmilieu).

**Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu**, Postbus 47, 6700 AA Wageningen

Tel: (0317) 48 54 71; e-mail: [info.wnm@wur.nl](mailto:info.wnm@wur.nl); Internet: [www.wageningenUR.nl/wotnatuurenmilieu](http://www.wageningenUR.nl/wotnatuurenmilieu)

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

---

# Woord vooraf

De Commissie van Deskundigen Meststoffenwet (CDM) is in het najaar van 2003 ingesteld op verzoek van het toenmalige ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (het huidige ministerie van Economische Zaken). De taak van de CDM is om het ministerie van EZ te adviseren over de wetenschappelijke onderbouwing en werking van de Meststoffenwet. De CDM hangt als onafhankelijke wetenschappelijke commissie onder de unit WOT Natuur & Milieu van Wageningen UR. De CDM adviseert het ministerie van EZ over het mest- en ammoniakbeleid in het algemeen en specifiek over gewenste aanpassingen van aannames, regels, normen, onderbouwingen en forfaits in de Meststoffenwet.

De gebruiksnormen voor stikstof en fosfaat voor landbouwgronden zijn een belangrijke pijler van het Nederlandse mest- en ammoniakbeleid. De fosfaatgebruiksnormen zijn gedifferentieerd naar de fosfaattoestand van de bodem, om op termijn voor alle landbouwgronden een fosfaattoestand te realiseren waarbij (i) fosfaat geen beperkende factor is voor de gewasopbrengst en -kwaliteit, en (ii) de belasting van het oppervlaktewater met fosfaat is teruggedrongen tot een niveau waarbij voldaan kan worden aan de doelstellingen van de Kaderrichtlijn Water. Een goede bepaling en duiding van de fosfaattoestand van de bodem is daarbij van groot belang.

Op verzoek van het ministerie van Economische Zaken heeft de CDM de methoden voor de bepaling van de fosfaattoestand van de bodem beoordeeld, en een advies opgesteld over de meest geschikte methoden voor de bemonstering van de bodem en de fosfaattoestand te bepalen. Het advies is opgesteld door medewerkers van Wageningen UR (Alterra, Plant Research International, Livestock Research, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Universiteit), Deltares, Nutriënten Management Instituut, en de Technische commissie bodem. Werkplan en het conceptadvies zijn voorgelegd aan een klankbordgroep met vertegenwoordigers van landbouworganisaties, grondanalyse-laboratoria en de ministeries van Economische Zaken en Infrastructuur & Milieu.

Het opstellen van het advies heeft meer tijd gevegd dan gepland. De materie is weerbarstig en statistische analyses blijken niet zonder discussie te zijn. Ook is het verenigen van de twee voornoemde doelstellingen van gedifferentieerde fosfaatgebruiksnormen via een indicator van de fosfaattoestand van de bodem lastig. Daarom zijn alle mogelijk opties in onderhavig rapport weergegeven, en is in hoofdstuk 2 een uitgebreide toelichting gegeven op de achtergronden van fosfaatgebruiksnormen en fosfaatbestedingsadviezen. Tussentijds is soms ook prioriteit gegeven aan andere onderwerpen.

Graag wil ik alle leden van de werkgroep bedanken voor hun inzet en bijdragen. Ook de leden van de klankbordgroep wil ik bedanken voor hun bijdragen. Ten slotte ook dank aan het ministerie van Economische Zaken voor hun geduld.

*Oene Oenema*

Voorzitter Commissie Deskundigen Meststoffenwet





---

# Inhoud

<b>Woord vooraf</b>	<b>5</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>9</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>15</b>
<b>2 Achtergrond en context</b>	<b>17</b>
2.1 Waaron is fosfaat belangrijk?	17
2.2 Waaron fosfaatgebruiksnormen?	18
2.3 Belasting van het oppervlaktewater met fosfaat	19
2.4 Fosfaatbemesting	20
2.5 Fosfaattoestand van de bodem	21
2.6 Correlatieve basis van grondonderzoek en bemestingsadviezen	23
2.7 Fosfaatbemestingsadviezen	24
<b>3 Indicatoren voor de fosfaattoestand van de bodem</b>	<b>27</b>
3.1 Inleiding	27
3.2 Indicatoren voor de intensiteit en capaciteit van de fosfaattoestand	27
3.2.1 Inleiding	27
3.2.2 Intensiteitsindicatoren	28
3.2.3 Capaciteitsindicatoren	29
3.3 Discussie en conclusies	30
3.3.1 Voor- en nadelen	30
3.3.2 Meest geschikte indicatoren	31
<b>4 Keuze van indicatoren en klassegrenzen van de fosfaattoestand</b>	<b>33</b>
4.1 Inleiding	33
4.2 Analyse van klassegrenzen in het huidige stelsel	33
4.3 Optie 1: Geen wijziging van indicatoren	34
4.4 Optie 2: Uniforme, gecombineerde indicatoren	35
4.5 Optie 3: als optie 2 maar met P-CaCl <sub>2</sub> en P-ox of FVG	36
4.6 Optie 4: Een vereenvoudigd stelsel met enkelvoudige indicator	37
4.7 Optie 5: De fosfaatbalans als basis voor de afleiding van fosfaatgebruiksnormen	38
4.8 Discussie en advies	38
4.8.1 Te realiseren doelstellingen	38
4.8.2 Welke indicator(en)?	39
4.8.3 Waar worden doelstellingen gerealiseerd en wanneer?	40
4.8.4 Advies	40
<b>5 Implicaties van de implementatie van nieuwe indicatoren</b>	<b>41</b>
5.1 Inleiding	41
5.2 Implicaties zijn afhankelijk van de fosfaattoestand en klassengrootte	41
5.3 Consequenties voor de mestmarkt	42
5.4 Trend naar meer uniformering in methodiek en bemonsteringsdiepte	42
<b>6 Herziening protocol om fosfaattoestand van landbouwgronden te bepalen</b>	<b>45</b>
6.1 Inleiding	45
6.2 Het protocol	46

---

<b>Literatuur</b>	<b>49</b>
-------------------	-----------

<b>Verantwoording</b>	<b>51</b>
-----------------------	-----------

Bijlage 1	Plan van aanpak 'Actualisering Methodiek en Protocol voor vaststelling fosfaattoestand van de bodem – 2013'	53
-----------	---	----

Bijlage 2	Werkwijze en samenstelling van de werkgroep	59
-----------	---	----

Bijlage 3	Onderzoek naar een gecombineerde indicator van de fosfaattoestand	61
-----------	---	----

Bijlage 4	Indicatoren voor fosfaatverliezen naar het watersysteem	65
-----------	---	----

---

# Samenvatting

In 2006 is het stelsel van gebruiksnormen voor stikstof en fosfaat ingevoerd in de Nederlandse landbouw om de uit- en afspoeling van stikstof en fosfaat vanuit de landbouw naar grondwater en oppervlaktewater te verminderen en om daarmee te voldoen aan de verplichtingen van de Nitraatrichtlijn en de Kaderrichtlijn Water van de Europese Unie. In 2010 zijn de gebruiksnormen voor fosfaat gedifferentieerd naar de fosfaattoestand van de bodem, waarbij gebruikt gemaakt moet worden van door de overheid voorgeschreven bemonsteringswijze en analysemethoden voor grasland en bouwland. Deze voorgeschreven bemonsteringswijze en analysemethoden staan echter ter discussie bij praktijk en beleid.

In reactie heeft het ministerie van Economische Zaken (EZ) aan de Commissie van Deskundigen Meststoffenwet (CDM) gevraagd om advies uit te brengen over (zie ook bijlage 1):

1. Een methodiek om de fosfaattoestand van de bodem vast te stellen waarbij zowel de bodemvoorraad als de beschikbaarheid van fosfaat voor het gewas wordt meegewogen (intensiteits- en capaciteitsindicator).
2. Een protocol om de fosfaattoestand van landbouwpercelen vast te stellen dat enerzijds nauwkeurig en controleerbaar is en anderzijds ruimte laat voor ondernemers om nieuwe technieken en (bedrijfseigen) methoden toe te passen (van middel- naar doelvoorschriften).

Het advies is opgesteld door een ad-hocwerkgroep van de CDM (zie bijlage 2). Onderhavig rapport geeft antwoorden op voornoemde verzoeken. Hoofdstuk 2 beschrijft de context en achtergrond van het advies. In hoofdstuk 3 en bijlage 3 worden de voor- en nadelen besproken van een gecombineerde indicator voor intensiteit en capaciteit van het fosfaatleverend vermogen van de bodem. Hoofdstuk 4 geeft een analyse van opties voor indicatoren en klassegrenzen van de fosfaattoestand, en beantwoordt de eerste vraag van het ministerie van EZ. Hoofdstuk 5 beschrijft mogelijke implicaties van het gebruik van nieuwe indicatoren. Hoofdstuk 6 beschrijft het protocol voor de bemonstering en analyse van de fosfaattoestand van de bodem, op basis van doelvoorschriften, en beantwoordt daarmee de tweede vraag van het ministerie.

## **Achtergrond en context**

In het huidige stelsel van gedifferentieerde fosfaatgebruiksnormen worden vier klassen voor de fosfaattoestand van de bodem onderscheiden, namelijk arm, laag, neutraal en hoog, en een gefaseerde verlaging van de gebruiksnormen voor de periode 2014 - 2017 (Tabel S1). Het uiteindelijke doel van de differentiatie van fosfaatgebruiksnormen is om op termijn voor alle landbouwgronden een fosfaattoestand te realiseren waarbij (i) fosfaat geen beperkende factor is voor de gewasopbrengst en -kwaliteit, en (ii) de belasting van het oppervlaktewater met fosfaat is teruggedrongen tot een niveau waarbij voldaan kan worden aan de doelstellingen van de Kaderrichtlijn Water.

De grenzen tussen de klassen arm, laag, neutraal en hoog worden bepaald via een bepaling van het Pw-getal (voor bouwland) en het P-AL-getal (voor grasland). Onder bouwland wordt hier verstaan: 'akker- en tuinbouw en maïsland'. De klassegrenzen en -waardering (namen) van de klassen zijn globaal afgeleid van de indelingen die gebruikt worden bij de fosfaatbemestingsadviezen voor de akker- en tuinbouw, maïsland en grasland, maar er zijn ook verschillen tussen de indelingen van de fosfaatbemestingsadviezen en die van de fosfaatgebruiksnormen gedifferentieerd naar fosfaattoestand. Voor bouwland ligt de klassegrens tussen 'laag' en 'neutraal' bij de fosfaatgebruiksnormen hoger dan die tussen 'vrij laag' en 'voldoende' in de bemestingsadviezen.

Bij een lage fosfaattoestand verhoogt fosfaatbemesting de gewasopbrengst. Bij een hoge fosfaattoestand heeft fosfaatbemesting geen effect. Volgens de bemestingsadviezen wordt de landbouweconomisch optimale opbrengst gerealiseerd bij een fosfaattoestand die (ruim) voldoende is en een fosfaatbemesting die afhankelijk is van het gewastype. Verschillen tussen gewastypen in reactie op fosfaattoestand en fosfaatbemesting zijn groot. Kenmerkend voor fosfaat is de grote variatie in fosfaattoestand tussen percelen en vaak ook binnen percelen en de variatie tussen jaren in de reactie van het gewas op fosfaattoestand en fosfaatbemesting.

De fosfaatbelasting van het oppervlaktewater door landbouwgronden wordt veroorzaakt door uitspoeling, afspoeling en erosie, maar het is niet bekend hoe groot de relatieve bijdragen zijn. Het risico van fosfaatbelasting van het oppervlaktewater neemt toe met een toename van de fosfaattoestand. Andere factoren zoals bodemtype, grondwatertrap, hydrologie, morfologie en management spelen daarbij een dominante rol; de ruimtelijke variatie in de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater door landbouwgronden is groot.

**Tabel S.1**

*Fosfaatgebruiksnormen (in kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha per jaar) voor bouwland en grasland, als functie van de fosfaattoestand van de bodem volgens het vijfde actieprogramma van de EU-Nitraatrichtlijn, voor de periode 2014-2017.*

Landgebruik	Methode	Grenzen	Klasse	2014	2015	2016	2017
Bouwland	Pw-getal, mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> L <sup>-1</sup>	<25 <sup>*)</sup>	Arm	120	120	120	120
		<36	Laag	80	75	75	75
		36 – 55	Neutraal	65	60	60	60
		>55	Hoog	55	50	50	50
Grasland	P-AL-getal, mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (100 g) <sup>-1</sup>	<16 <sup>*)</sup>	Arm	120	120	120	120
		<27	Laag	100	100	100	100
		27 – 50	Neutraal	95	90	90	90
		> 50	Hoog	85	80	80	80

\*) Fosfaatarme en fosfaatfixerende gronden, bemonsterd via een specifiek bemonsteringsprotocol.

### Indicatoren voor de fosfaattoestand van de bodem

De methode om de fosfaattoestand van de bodem voor de bemestingsadvisering vast te stellen en te interpreteren, bestaat uit drie onderdelen, namelijk (i) een methode voor bodembemonstering, (ii) een methode om de fosfaattoestand te bepalen, en (iii) bepaling van empirische relaties tussen de fosfaattoestand van de bodem en de reactie van het gewas op fosfaattoestand en fosfaatbemesting, via veldproeven.

Er zijn verschillende analysemethoden in gebruik om de fosfaattoestand van de bodem voor de bemestingsadvisering te bepalen. In EU-landen worden meer dan 16 verschillende analysemethoden gebruikt. De verschillende analysemethoden komen voort uit verschillen in opvattingen over wat voor gewassen beschikbaar fosfaat is in de bodem. In Nederland worden vijf analysemethoden routinematig toegepast om de fosfaattoestand van de bodem vast te stellen voor landbouwkundige doeleinden, namelijk Pw-getal (vooral bij bouwland en groenteteelt in de volle grond), P-AL-getal (vooral bij grasland), P-CaCl<sub>2</sub> (bouwland en grasland), P-Spurway (bouwland), en Totaal-P (alleen bij bosbouw en natuurontwikkeling). Om het risico op fosfaatuitspoeling uit de bovengrond naar de ondergrond te schatten, wordt daarnaast gebruik gemaakt van de FosfaatVerzadigingsGraad (FVG), gebaseerd op oxalaat-extraheerbaar fosfaat (P-ox), ijzer (Fe-ox) en aluminium (Al-ox).

Meer dan vijftig jaar geleden is het idee geopperd dat de reactie van het gewas op de fosfaattoestand van de bodem het beste via een combinatie van analysemethoden bepaald kan worden, namelijk een methode die de direct-beschikbare fractie bepaalt (intensiteitsindicator) en een methode die de voorraad bepaalt (capaciteitsindicator). Dit idee is vooral de laatste 10 jaar verder uitgewerkt en nu ook in de praktijk geïmplementeerd bij de bemestingsadvisering van onder andere grasland en maïsland. Daarbij wordt gebruik gemaakt van P-CaCl<sub>2</sub> als intensiteitsindicator en P-AL-getal als capaciteitsindicator.

In recent uitgevoerde studies zijn verschillende combinaties van analysemethoden vergeleken, d.w.z. methoden die de direct-beschikbare fosfaatfractie in de bodem bepalen (intensiteitsindicator) en methoden die de fosfaatvoorraad in de bodem bepalen (capaciteitsindicator). De verschillen tussen enkelvoudige indicatoren en een gecombineerde indicator (bijvoorbeeld P-CaCl<sub>2</sub> en P-AL-getal) in de verklaarde variantie van de relatie tussen fosfaattoestand en de reactie van het gewas waren gering. Dit wordt verklaard door (i) de vaak sterke correlatie tussen de resultaten van methoden die de intensiteit en capaciteit van het fosfaatleverend vermogen van de bodem bepalen, (ii) de zwakke reacties van het gewas op fosfaattoestand en fosfaatbemesting in de huidige Nederlandse landbouw, (iii) de vrij grote variatie in fosfaattoestand binnen een perceel, en (iv) de relatief grote effecten van variaties in weersgesteldheid op de reactie van het gewas.

### Keuze van indicatoren en klassegrenzen van de fosfaattoestand

In hoofdstuk 4 worden vijf opties besproken om te komen tot een advies over een methodiek om de fosfaattoestand van de bodem vast te stellen. Van elke optie worden de voor- en nadelen besproken.

#### Optie 1: Geen wijziging van indicatoren

Optie 1 is continuering van het huidige stelsel van gedifferentieerde fosfaatgebruiksnormen (zie Tabel S1), inclusief de huidige indicatoren (Pw voor bouwland en P-AL-getal voor grasland) en klassegrenzen. Voor de korte termijn biedt deze optie mogelijk voordelen, zoals de bekendheid in de praktijk met deze indicatoren, klassegrenzen en de gevolgen daarvan, al wordt vanaf 2012 een gecombineerde indicator (P-CaCl<sub>2</sub> en P-AL-getal) gebruikt voor de bemestingsadviezen van grasland en maisland. Voor de wat langere termijn is het nadeel dat er door laboratoria niet meer kennis wordt geïnvesteerd in de Pw-methode, dat enkele laboratoria het Pw-getal niet bepalen maar afleiden uit andere bepalingen (P-CaCl<sub>2</sub> en P-AL-getal), en dat een verdere uniformering van grondanalysemethoden voor bouwland en grasland minder mogelijk is.

#### Optie 2: Uniforme, gecombineerde indicator

Optie 2 komt tegemoet aan de bezwaren die genoemd zijn bij optie 1 en sluit aan op ontwikkelingen in de praktijk: (i) op een toenemend areaal is er rotatie van grasland en akkerbouwgewassen waardoor uniforme indicatoren meer van toepassing zijn geworden, (ii) P-CaCl<sub>2</sub> sneller en goedkoper te bepalen is dan Pw-getal, en dat de praktijk het Pw-getal als maat voor de fosfaattoestand niet altijd vertrouwt, en (iii) een gecombineerde indicator (gebaseerd op P-CaCl<sub>2</sub> en P-AL-getal) voor de fosfaattoestand in 2012 is geïntroduceerd in de praktijk voor grasland en snijmaïs, en in 2014 is voorgesteld voor aardappelen. In Tabel S2 wordt een uniforme indeling gegeven van de fosfaattoestand van bouwland en grasland op basis van P-AL-getal (capaciteitsindicator) en P-CaCl<sub>2</sub> (intensiteitsindicator). Voor het P-AL-getal zijn de huidige klassegrenzen (zie Tabel S1) gehandhaafd. Het nadeel van deze optie is dat de klassegrenzen voor P-CaCl<sub>2</sub> nog niet zijn onderbouwd. Ook is het areaal landbouwgrond met toestand arm, laag, neutraal en hoog (zoals gedefinieerd in Tabel S2) niet bekend, waardoor de grootte van de mestplaatsingsruimte niet goed bekend is.

Tabel S2.

*Uniforme beoordeling van de fosfaattoestand van grasland en bouwland met een gecombineerde indicator (P-CaCl<sub>2</sub>-SFA als intensiteitsindicator en P-AL-getal als capaciteitsindicator). De aanduidingen arm, laag, neutraal en hoog geven aan welke fosfaatgebruiksnormen van toepassing zijn.*

P-CaCl <sub>2</sub> -SFA, mg P kg <sup>-1</sup> *	Bouwland en grasland			
	P-AL-getal, mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (100 g) <sup>-1</sup>			
	<16	<27	27-50	>50
A	arm	arm	laag	neutraal
B	arm	laag	neutraal	neutraal
C	laag	neutraal	neutraal	hoog
D	neutraal	neutraal	hoog	hoog

\*Klassegrenzen dienen nog vastgesteld te worden

---

### Optie 3: Uniforme, gecombineerde indicatoren met P-AL-getal vervangen door P-ox of FVG

Optie 3 vloeit voort uit optie 2 en uit literatuuraanwijzingen dat oxalaat-extraheerbaar fosfaat (P-ox) of FosfaatVerzadigingsGraad (FVG), gebaseerd op P-ox en Fe-ox en Al-ox, mogelijk vergelijkbare of betere capaciteitsindicatoren zijn dan het P-AL-getal en dat P-ox of FVG een betere indicator is dan P-AL-getal voor de duiding van de gevoeligheid van landbouwgronden voor de uitspoeling van fosfaat uit de bovengrond naar de ondergrond. De nadelen van deze optie zijn dat (i) de reactie van verschillende gewassen op P-ox / FVG niet goed bekend zijn, en dus bepaald zou moeten worden, en (ii) dat P-ox / FVG in kalkrijke gronden en veengronden minder goed werkt. Ook is er nog geen onderbouwing voor mogelijke klassegrenzen. Bovendien is P-ox / FVG nu nog een relatief dure bepaling.

### Optie 4: Een vereenvoudigd stelsel met een enkelvoudige indicator

Deze optie is gebaseerd op de overweging dat de grondanalysemethode in een stelsel van fosfaattoestand-afhankelijke fosfaatgebruiksnormen bekend, robuust en transparant dient te zijn. Het P-AL-getal als enkelvoudige indicator voldoet deels aan die eisen. Een nadeel is dat (i) het P-AL-getal in de akker- en tuinbouw nog minder bekend is en dat de gewasreactie van de verschillende akker- en tuinbouwgewassen op het P-AL-getal opnieuw afgeleid moet worden, en (ii) dat uit eerder onderzoek is gebleken dat een intensiteitsindicator (b.v. Pw-getal en P-CaCl<sub>2</sub>) voor akker- en tuinbouwgewassen met een ondiep wortelstel, een geringe wortellengtedichtheid, en een kort groeiseizoen een betere indicator is dan het P-AL-getal).

### Optie 5: De fosfaatbalans als basis voor de afleiding van fosfaatgebruiksnormen

Deze optie is gebaseerd op het principe van 'evenwichtsbemesting' (zie Figuur 4 op p. 25), op de fosfaatbalans van een bedrijf (en sluit aan op het idee van de zogenoemde 'kringloopwijzer' in de melkveehouderij). De fosfaatgebruiksnorm wordt afgeleid van de gemiddelde afvoer van fosfaat met het geoogste gewas van een bedrijf. In deze optie zijn de fosfaatgebruiksnormen dus niet gebaseerd op de fosfaattoestand maar op de fosfaatbalans van een bedrijf. Een combinatie is eventueel ook mogelijk; bij lage fosfaattoestand zou de fosfaatgebruiksnorm gebaseerd kunnen worden op de fosfaattoestand en bij voldoende en hoge fosfaattoestand op de fosfaatbalans. Deze optie komt tegemoet aan de wens om opbrengst-afhankelijke gebruiksnormen in te voeren. De nadelen van deze optie zijn (i) dat er geen (of minder) kennis wordt opgebouwd over de veranderingen in de fosfaattoestand van de verschillende percelen op een bedrijf, en (ii) dat er in de akker- en tuinbouw grote verschillen zijn in de fosfaatafvoer tussen gewassen, en dat er slechts een zwak verband is tussen fosfaatbehoefte en fosfaatafvoer met het geoogste gewas. Deze optie wordt daarom als weinig zinvol gezien voor (en door) de akker- en tuinbouw.

## **Discussie**

In theoretisch opzicht is een gecombineerde indicator het beste. Op basis van empirische data blijkt dat enkelvoudige en gecombineerde indicatoren voor de fosfaattoestand weinig verschillen in het verklaren van de variantie in de reactie van een gewas op de fosfaattoestand en fosfaatbemesting. Andere overwegingen om een gecombineerde indicator toe te passen in het stelsel van gedifferentieerde fosfaatgebruiksnormen hebben betrekking op ontwikkelingen in de landbouwpraktijk en in de praktijk van grondanalyse. Uitwisseling van landbouwgrond tussen bedrijven met grasland en akkerbouw komt steeds meer voor, en er is een tendens dat de grondanalysemethoden voor grasland en bouwland voor de bemestingsadvisering uniform worden. Daarin speelt de multi-nutriënt extractiemethode 0,01 M CaCl<sub>2</sub> een belangrijke rol. Laboratoria investeren in deze extractiemethode (en in andere snelle, multi-nutriënt en non-destructieve analysemethoden), terwijl niet meer wordt geïnvesteerd in de Pw-methode.

*Samenvattend*, vervanging van de huidige combinatie van twee enkelvoudige indicatoren (Pw-getal voor bouwland en P-AL-getal voor grasland) door een uniforme, gecombineerde indicator (P-CaCl<sub>2</sub> en P-AL-getal; optie 2) voor bouwland en grasland heeft een duidelijke theoretische basis, sluit aan bij bepaalde ontwikkelingen in de praktijk, en leidt tot een nauwkeurige bepaling van de fosfaattoestand.

## **Implicaties van de introductie van nieuwe indicatoren**

Een vervanging van de huidige indicatoren (Pw-getal voor bouwland en P-AL-getal voor grasland) door een uniforme, gecombineerde indicator voor grasland en bouwland (P-CaCl<sub>2</sub> en P-AL-getal) heeft mogelijke gevolgen voor de praktijk:

1. Verschuivingen in de frequentieverdeling van percelen over de fosfaattoestandsklassen arm, laag, neutraal en hoog en daarmee in de hoogte van de fosfaatgebruiksnormen en de daarmee samenhangende plaatsing van dierlijke mest, het regionale mestoverschot en verplichte mestverwerking;
2. Aanpassing van procedures bij boeren, laboratoria, beleidsmakers, en controleurs; en
3. Een verdere uniformering van de bemestingsadviesbases voor bouwland en grasland.

### **Herziening protocol om de fosfaattoestand van landbouwgronden te bepalen**

In het protocol voor bemonstering van de bodem en bepaling van de fosfaattoestand worden de volgende aspecten in beschouwing genomen:

- Algemeen doel;
- Uitvoerende laboratoria;
- Plaatsbepaling van het perceel;
- Bemonsteringssystematiek;
- Aantal steken bij bemonstering;
- Tijdstip van bemonstering;
- Bemonsteringsdiepte;
- Monsternemingstoestellen;
- Monsteropslag;
- Monstervoorbehandeling;
- Analysemethoden; en
- Rapportage van analyseresultaten.

Voorname aspecten zijn beschreven in termen van doelen en doelvoorschriften, d.w.z. de bemonstering en analyse moet leiden tot een nauwkeurige en verifieerbare bepaling van de fosfaattoestand van de bodem. Laboratoria hebben de mogelijkheid om eigen protocollen en methoden te gebruiken, maar deze dienen (i) openbaar en gecertificeerd te zijn, en (ii) te voldoen aan de nauwkeurigheidseisen die in onderhavig protocol zijn gespecificeerd. De bemonstering van de bodem moet dus worden uitgevoerd volgens een openbaar en gecertificeerd protocol en door een gecertificeerde monsternemer. Bij de bemonstering van percelen moet rekening worden gehouden met de grootte en variatie die in de veldsituatie voorkomt en met de nauwkeurigheidseisen die gesteld worden. In de huidige praktijk van grondbemonstering en analyse wordt gestreefd naar een relatieve standaarddeviatie van minder dan 20%; die relatieve standaarddeviatie bij herhaalde bemonsteringen en analyses van 20% wordt ook hier als doel gesteld. Laboratoria moeten kunnen verzekeren dat de relatieve standaarddeviatie aan dit criterium voldoet.

De werkgroep stelt voor om een 'Toetscommissie', bestaande uit vertegenwoordigers van de landbouwsector en een derde partij, jaarlijks een ringonderzoek te laten organiseren, waarbij circa 10 percelen worden aangewezen die door de deelnemende laboratoria worden bemonsterd en geanalyseerd, en waarvan de resultaten jaarlijks worden gepubliceerd in landbouwbladen. De mediaan en het gemiddelde van de analyseresultaten per laboratorium zouden niet meer dan 10% af mogen wijken van de mediaan en het gemiddelde van alle laboratoria samen. De resultaten van het ringonderzoek worden jaarlijks gepubliceerd in de landbouwbladen.

### **Conclusies en aanbevelingen**

Het concept van intensiteit-capaciteit is theoretisch gezien een goed concept om de beschikbaarheid van nutriënten in de bodem te analyseren. Een gecombineerde indicator van een intensiteitsparameter en een capaciteitsparameter biedt ook de mogelijkheid om te komen tot een uniforme wijze om de fosfaattoestand van bouwland en grasland te bepalen.

De gecombineerde indicator P-CaCl<sub>2</sub> en P-AL-getal wordt in de praktijk van de fosfaatbemestingsadvisering al toegepast voor grasland en maisland, d.w.z. op circa twee derde deel van het areaal landbouwgrond in Nederland. Door het bedrijfsleven worden initiatieven genomen om ook voor andere gewassen de gecombineerde indicator P-CaCl<sub>2</sub> en P-AL-getal in te voeren.

---

De CDM-werkgroep adviseert om de huidige enkelvoudige indicator Pw-getal voor bouwland en P-AL-getal voor grasland te vervangen door een gecombineerde indicator van P-CaCl<sub>2</sub> en P-AL-getal voor bouwland en grasland, als methodiek voor de afleiding van fosfaattoestand-afhankelijke fosfaatgebruiksnormen.

De voordelen van de gecombineerde indicator P-CaCl<sub>2</sub> en P-AL-getal zijn:

- Een uniforme bepaling van de fosfaattoestand van bouwland en grasland, waarbij de intensiteitsindicator P-CaCl<sub>2</sub> vooral van belang is voor gewassen met een ondiep wortelstelsel en kort groeizeen en de capaciteitsindicator P-AL-getal voor gewassen met een groot wortelstel en lang groeizeen;
- Aansluiting bij ontwikkelingen in de praktijk, (i) grasland en akkerbouwgewassen worden in toenemende mate in rotatie geteeld, en (ii) de gecombineerde indicator P-CaCl<sub>2</sub> en P-AL-getal wordt in toenemende mate gebruikt in de praktijk voor fosfaatbemestingsadviezen.

De nadelen van een gecombineerde indicator zijn:

- De grenzen voor de fosfaattoestandklassen arm, laag, neutraal en hoog moeten nog vastgesteld worden;
- De afleiding en interpretatie van de fosfaattoestandklassen zijn iets lastiger; en
- De analysekosten van een gecombineerde indicator zijn iets hoger dan die van een enkelvoudige indicator.

De CDM-werkgroep adviseert om meetgegevens te verzamelen over de relaties tussen P-CaCl<sub>2</sub> en P-AL-getal enerzijds en fosfaatverliezen van bovengrond naar ondergrond en oppervlaktewater anderzijds. Ook adviseert de werkgroep om na te gaan wat de voor- en nadelen zijn van een combinatie van P-CaCl<sub>2</sub> en FosfaatVerzadigingsGraad (FVG) om de doelstellingen van de differentiatie van fosfaatgebruiksnormen te realiseren.

Conform de adviesaanvraag stelt de CDM-werkgroep voor om het protocol voor de bemonstering van landbouwgrond en de analyse van de fosfaattoestand te baseren op doelvoorschriften. Daarbij wordt geen onderscheid gemaakt tussen percelen met fosfaatarme of fosfaatfixerende gronden en percelen met een lage, neutrale of hoge fosfaattoestand. Voorgesteld wordt het huidige protocol voor de toepassing van reparatiebemesting (bijlage C bij de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet) en het protocol om de fosfaattoestand te bepalen (laag, neutraal, hoog; derogatie; bijlage L bij de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet) te vervangen door onderhavig, sterk vereenvoudigd protocol gebaseerd op doelvoorschriften. Aanbevolen wordt om de naleving van het 'doelvoorschriften-protocol' te waarborgen door de instelling van een zogenoemde 'Toetscommissie'.



# 1 Inleiding

In 2006 is in Nederland het stelsel van gebruiksnormen voor stikstof en fosfaat ingevoerd (Wet tot wijziging van de Meststoffenwet (invoering gebruiksnormen) BWBR0018781, dd. 15 september 2005). Dat stelsel beoogt de uit- en afspoeling van stikstof en fosfaat vanuit de landbouw naar grondwater en oppervlaktewater te verminderen, om daarmee te voldoen aan de verplichtingen van de Nitraatrichtlijn en de Kaderrichtlijn Water van de Europese Unie. Voor de periode 2006-2009 zijn de gebruiksnormen beschreven in het derde actieprogramma Nitraatrichtlijn. De gebruiksnormen voor stikstof zijn afhankelijk van het type gewas en grondsoort. In het derde actieprogramma zijn de gebruiksnormen voor fosfaat enkel afhankelijk van het grondgebruik, d.w.z. één gebruiksnorm voor grasland en één voor bouwland. In het vierde actieprogramma (2010-2013) zijn de fosfaatgebruiksnormen ook afhankelijk gemaakt van de fosfaattoestand van de bodem; er zijn drie klassen voor de fosfaattoestand van de bodem onderscheiden, namelijk laag, neutraal en hoog. Voor fosfaatarme en fosfaatfixerende gronden is een aparte klasse en fosfaatgebruiksnorm geïntroduceerd; onder bepaalde voorwaarden en beperkingen mag de fosfaattoestand van deze gronden worden 'gerepareerd'. Deze klasse wordt in dit advies 'Arm' genoemd. De gebruiksnormen voor de periode 2014-2017 volgens het vijfde actieprogramma zijn vermeld in Tabel 1.

Het doel van de differentiatie van fosfaatgebruiksnormen naar de fosfaattoestand van de bodem is (zie bijlage 1):

- De ophoping van fosfaat in de bodem te beperken, en
- Op termijn voor alle landbouwgronden een fosfaattoestand te realiseren waarbij
  - Fosfaat geen beperkende factor is voor de gewasopbrengst en -kwaliteit, en
  - De belasting van het oppervlaktewater met fosfaat kan worden teruggedrongen tot een niveau waarbij voldaan kan worden aan de doelstellingen van de Kaderrichtlijn Water.

Tabel 1

*Fosfaatgebruiksnormen (in kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha per jaar) voor bouwland en grasland, als functie van de fosfaattoestand van de bodem volgens het vijfde actieprogramma van de EU-Nitraatrichtlijn, voor de periode 2014-2017.*

Landgebruik	Methode	Grenzen	Klasse	2014	2015	2016	2017
Bouwland	Pw-getal, mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> L <sup>-1</sup>	<25*)	Arm	120	120	120	120
		<36	Laag	80	75	75	75
		36 – 55	Neutraal	65	60	60	60
		>55	Hoog	55	50	50	50
Grasland	P-AL-getal, mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (100 g) <sup>-1</sup>	<16*)	Arm	120	120	120	120
		<27	Laag	100	100	100	100
		27 – 50	Neutraal	95	90	90	90
		> 50	Hoog	85	80	80	80

\*) Fosfaatarme en fosfaatfixerende gronden, bepaald via een specifiek bemonsteringsprotocol.

Bij de introductie van gedifferentieerde fosfaatgebruiksnormen in 2010 zijn in de Meststoffenwet voorschriften opgenomen over de wijze waarop de bepaling van de fosfaattoestand van de bodem dient plaats te vinden. Na het van kracht worden van gedifferentieerde fosfaatgebruiksnormen zijn er zowel bij het beleid (ministerie) als bij de uitvoering (Dienst Regelingen, nu Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, RVO) veel vragen binnengekomen over de precieze interpretatie van onderdelen uit de voorgeschreven protocollen voor het bemonsteren van de bodem van een perceel en de voorgeschreven analysemethoden voor de bepaling van de fosfaattoestand.

Er zijn verschillende methoden gangbaar om de fosfaattoestand van de bodem in de praktijk te bepalen. De uitvoerende laboratoria hebben vaak voorkeur voor een bepaalde methode, ook om zich te kunnen onderscheiden van andere laboratoria, die alle opereren op een vrije markt. Door nieuwe

---

inzichten en technologische ontwikkelingen komen ook nieuwe of veranderde methoden en concepten op de markt.

Ook de Technische commissie bodem (TCB) signaleerde enige jaren geleden dat de wetenschappelijke inzichten omtrent de meting van de fosfaattoestand van de bodem in beweging zijn en adviseerde eventuele verbeteringen in de meetmethoden door te laten werken in de regelgeving (TCB, 2007)<sup>1</sup>.

In reactie op signalen uit de praktijk en het voornoemde TCB-advies heeft het ministerie van Economische Zaken aan de Commissie van Deskundigen Meststoffenwet (CDM) gevraagd om advies uit te brengen over (zie Plan van aanpak in bijlage 1):

- A. Een methodiek om de fosfaattoestand van de bodem vast te stellen waarbij zowel de bodemvoorraad als de beschikbaarheid van fosfaat voor het gewas wordt meegewogen (intensiteits- en capaciteitsindicator), en
- B. Een protocol om de fosfaattoestand van landbouwpercelen vast te stellen dat enerzijds nauwkeurig en controleerbaar is en anderzijds ruimte laat voor ondernemers om nieuwe technieken en (bedrijfseigen) methoden toe te passen (van middel- naar doelvoorschriften).

Met betrekking tot verzoek A is aan de CDM gevraagd om:

- a1. Een analyse te maken van en advies op te stellen over de voor- en nadelen (voor landbouw en milieu) van het hanteren van een gecombineerde indicator voor intensiteit en capaciteit bij de vaststelling van de fosfaattoestand van de bodem.
- a2. Een analyse te maken van en advies op te stellen over de meest geschikte indicatoren voor de intensiteit en capaciteit van de fosfaattoestand van de bodem, rekening houdend met kosten, praktische uitvoerbaarheid, en nauwkeurigheid.
- a3. Een analyse te maken van en advies op te stellen over de implicaties van het gebruik van nieuwe indicatoren voor de huidige wettelijke indeling van bouwland en grasland in fosfaatklassen.
- a4. Een analyse te maken van en advies op te stellen over mogelijke wijzigingen in klassen voor de fosfaattoestand van de bodem, inclusief de daarbij behorende fosfaatgebruiksnormen.

Voor het protocol om de fosfaattoestand (verzoek B) vast te stellen, wordt de CDM gevraagd te adviseren over:

- b1. Een herzien protocol om de fosfaattoestand van landbouwgronden te bepalen voor de toepassing van reparatiebemesting op fosfaatarme of fosfaatfixerende gronden (huidige bijlage C bij de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet) en voor de bemonstering van de bodem om de fosfaattoestand te bepalen (fosfaattoestand gronden laag, neutraal, hoog; derogatie) (huidige bijlage L bij de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet); en hierbij zoveel als mogelijk uit te gaan van
  - doelvoorschriften,
  - de verschillende toepassingen (fosfaatarme en fosfaatfixerende gronden, gedifferentieerde fosfaatgebruiksnormen, derogatie), om tot een eenduidig protocol te komen, en
  - gebruik te maken van bestaande, in de praktijk gangbare, borgingssystemen voor grondbemonstering en/of grondanalyses.

Onderhavig rapport geeft antwoorden op voornoemde verzoeken. Het advies is opgesteld door een ad-hocwerkgroep van de CDM. De samenstelling en werkwijze van de werkgroep is weergegeven in bijlage 2. Hoofdstuk 2 beschrijft beknopt de context en achtergrond van 'fosfaat in landbouw en milieu'. In hoofdstuk 3 worden de voor- en nadelen besproken van verschillende analysemethoden voor de fosfaattoestand van de bodem. Hoofdstuk 4 beschrijft verschillende opties voor indicatoren en geeft het advies over indicatoren (verzoek A). Hoofdstuk 5 beschrijft beknopt de implicaties van het gebruik van (nieuwe) indicatoren voor de fosfaattoestand van de bodem voor praktijk en beleid. Hoofdstuk 6 beschrijft het protocol voor de bemonstering en analyse van de fosfaattoestand van de bodem, op basis van doelvoorschriften (Verzoek B).

---

<sup>1</sup> In de Memorie van Toelichting bij de wijziging van de Meststoffenwet (introductie van fosfaatgebruiksnormen gedifferentieerd naar de fosfaattoestand van de bodem) wordt vermeld: "Deze voorschriften zullen in lijn met het advies van de TCB worden herzien zodra nieuwe adequate meetmethoden voor de bepaling van de fosfaattoestand van bodems beschikbaar zijn" (Kamerstukken II 2008/09, 31 945, nr. 3, pag. 11)

---

## 2 Achtergrond en context

### 2.1 Waarom is fosfaat belangrijk?

Fosfaat (zie box 1) is essentieel voor de groei en ontwikkeling van plant, dier en mens. Een tekort leidt tot vertraagde groei, verminderde vruchtbaarheid en minder sterke botten. Een overmaat in plant, dier en mens leidt tot een verminderde beschikbaarheid van andere essentiële elementen zoals calcium, zink, ijzer en koper. Vergiftiging van plant, dier of mens door een overdosis komt echter zelden voor, omdat er dan fysiologische processen in werking treden die bescherming bieden tegen overmaat.

De gehalten van het element fosfor (P) in plant, dier en mens variëren globaal van 1 tot 5 g per kg droge stof. De variatie in planten (bereik 1 tot 5 g per kg) is groter dan die in dieren en mensen (bereik 2 tot 3 g per kg). Onderdelen van planten, dieren en mensen kunnen heel sterk variëren in fosforgehalte; in botten zit relatief veel fosfor (~50 g per kg). Als het aanbod van beschikbaar fosfor hoog is, dan zijn de fosforgehalten in plant, dier en mens ook relatief hoog. Omgekeerd, als het aanbod relatief laag is dan zijn de fosforgehalten relatief laag en kan gebrek optreden waardoor de groei en ontwikkeling van plant, dier en mens worden gehinderd.

Planten nemen via wortels fosfaat op uit de bodem als ortho-fosfaten ( $\text{H}_2\text{PO}_4^{1-}$  en  $\text{HPO}_4^{2-}$ ). Alleen in het bodemvocht opgeloste en oplosbaar ortho-fosfaat kan worden opgenomen. Deze hoeveelheid is gering (ca.  $0,5 - 1 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ ), maar kan relatief snel (binnen een dag) worden aangevuld uit de fosfaatvoorraad die is geadsorbeerd aan bodemdeeltjes, afhankelijk van de fosfaattoestand. In fosfaatarme, niet-bemeste bodems is het water-oplosbare deel gering ( $<0,5 - 1 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ ) en is de nalevering ook gering, waardoor fosfaatbehoefte gewassen fosfaatgebrek hebben. Op wereldschaal is de beschikbaarheid van fosfaat in de bodem, naast de beschikbaarheid van water en stikstof, een belangrijke beperkende factor voor voedselproductie.

#### Box 1. Wat is fosfaat, wat is fosfor?

Fosfaat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) is de meest voorkomende vorm van het element fosfor (P). Ook in de aardkorst, bodem, sediment, meren en oceanen komt het element fosfor voor als  $\text{PO}_4^{3-}$ -ion, maar vrijwel altijd geassocieerd met een kation (calcium, ijzer, aluminium, zink, etc.) of met organische stof, vaak in de vorm van een mono-esterverbinding (C-O-P).

In meststoffen, dierlijke mest en bij bemesting wordt fosfaat uitgedrukt als fosforpentoxide ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ), de oxidevorm van het element fosfor. Dat geldt ook voor de fosfaatgebruiksnormen, die uitgedrukt worden in  $\text{kg P}_2\text{O}_5$  per ha per jaar. Hierbij geldt dat 1 kg fosfor overeenkomt met  $\sim 2,29 \text{ kg P}_2\text{O}_5$  ( $1 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \sim 0,44 \text{ kg P}$ ). Ook de fosfaattoestand van de bodem wordt meestal aangeduid in eenheden van  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Fosfaatgehalten in planten en dieren worden echter altijd uitgedrukt in eenheden van het element fosfor (P).

De term 'fosfaat' wordt in generieke zin gebruikt voor alle stoffen waarin het element fosfor voorkomt. In dit geval wordt de term fosfaat dus niet gebezigd in termen van  $\text{PO}_4^{3-}$  of  $\text{P}_2\text{O}_5$ , maar in generieke zin (fosforhoudende stoffen). De drie 'betekenissen' van fosfaat kunnen tot verwarring leiden; daarom is het van belang de eenheden waarin fosfaat wordt uitgedrukt te vermelden.

De beschikbaarheid van fosfaat in de bodem kan worden vergroot door bemesting met fosfaathoudende meststoffen (minerale meststoffen, dierlijke mest, compost etc.). Dat is op grote schaal gedaan in rijke landen, waardoor (i) veel landbouwgronden sterk zijn verrijkt met (beschikbaar en geadsorbeerd) fosfaat, (ii) de voedselproductie in die landen niet of nauwelijks meer beperkt wordt door fosfaatgebrek, en (iii) het ruwfosfaat, dat gebruikt wordt voor de productie van fosfaatmeststoffen en diervoederadditieven, dreigt op te raken, waardoor de toekomstige voedselproductie onder druk kan komen te staan. Momenteel wordt meer dan 90% van het gewonnen ruwfosfaat in de wereld gebruikt voor voedselproductie; circa 80% voor de productie van fosfaatkunstmest en circa 10% voor de productie van additieven in veevoer en voedsel.

---

In het boekje '30 vragen en antwoorden over fosfaat in relatie tot landbouw en milieu' (Schoumans *et al.*, 2008) wordt op overzichtelijk wijze antwoord gegeven op veel door praktijk en beleid gestelde vragen over fosfaat.

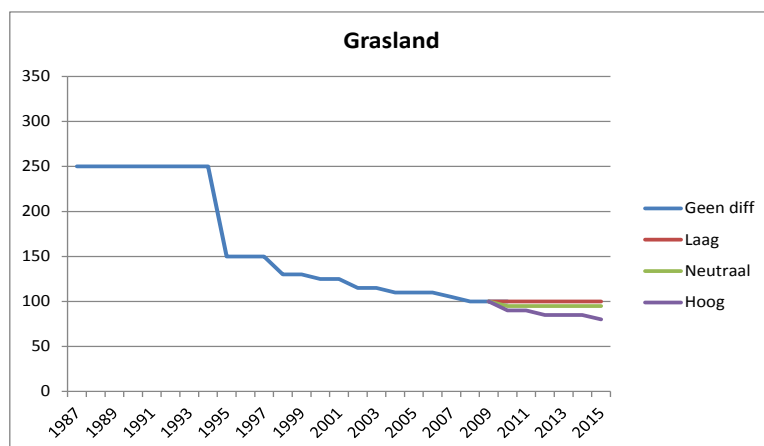
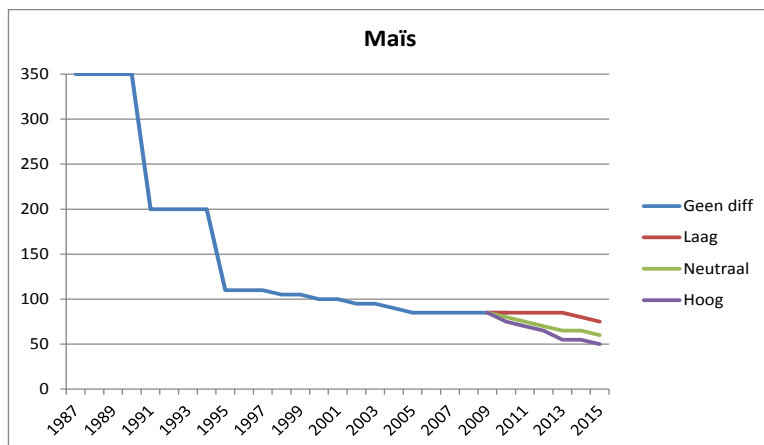
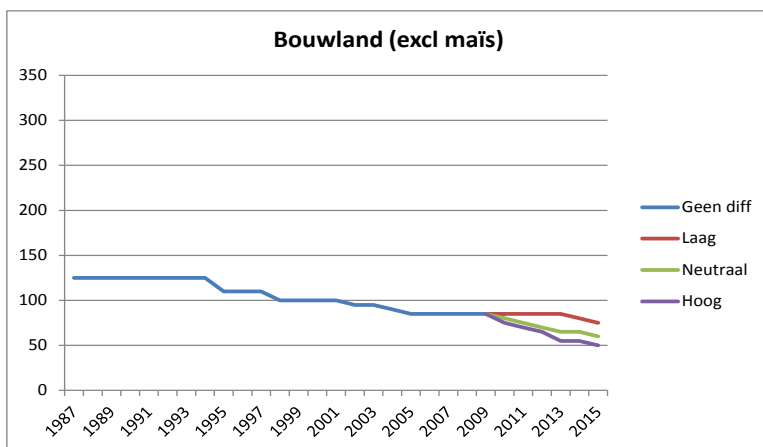
## 2.2 Waarom fosfaatgebruiksnormen?

Waarom fosfaatgebruiksnormen? Waarom regelen de markt en de fosfaatbemestingsadviezen niet dat fosfaat efficiënt wordt gebruikt in de landbouw? Waarom wordt er vaak meer fosfaat toegediend dan wordt geadviseerd?

Daarvoor zijn meer redenen aan te wijzen:

- Dierlijke mest is de grootste aanvoerbron van fosfaat in Nederland (zie ook paragraaf 2.3), en dierlijke mest wordt voor een negatieve prijs aangeboden. Het is dus financieel aantrekkelijk om meer dierlijke mest te gebruiken dan strikt noodzakelijk voor de gewasproductie. Daarmee wordt een overmaat aan fosfaat aangevoerd. Met dierlijke mest wordt ook stikstof en kali gegeven en de mestgift wordt vaak afgestemd op de stikstofbehoefte (en niet op de fosfaatbehoefte).
- Bemestingsadviezen (en analysemethoden voor bodemfosfaat) worden niet volledig vertrouwd in de praktijk (Reijneveld, 2013), waardoor de neiging bestaat om meer toe te dienen dan volgens de adviezen nodig is.
- Op school en in de praktijk is lang het adagium gepredikt: 'fosfaatbemesting; baat het niet, het schaadt ook niet'. Inderdaad, negatieve effecten van fosfaatovermaat op gewasopbrengst en gewaskwaliteit zijn heel beperkt. Ook het idee dat fosfaat wordt gefixeerd door de bodem en daardoor niet uitspoelt, leeft breed. Maar dit idee klopt niet voor bodems die veel fosfaat bevatten (Schoumans *et al.*, 2008). Overbemesting met fosfaat leidt tot uitspoeling van fosfaat. Teveel fosfaat in oppervlaktewater leidt tot eutrofiering, tot verslechtering van de ecologische en chemische waterkwaliteit en tot verlies van biodiversiteit.
- Ruwfosfaat, de grondstof voor kunstmestfosfaat, is een eindige grondstof. Schattingen geven aan dat er nog voor 100 tot 300 jaar ruwfosfaat is, bij het huidige gebruik en de huidige kennis.
- Grote arealen landbouwgrond op de wereld hebben een lage tot zeer lage fosfaattoestand. Het is vanuit duurzaamheid nodig dat het schaarse ruwfosfaat wordt gebruikt voor die gronden die fosfaatbemesting nodig hebben.

Deze vijf redenen liggen ten grondslag aan de instelling van wettelijke grenzen aan de toediening van fosfaat aan landbouwgronden in Nederland. Het mestbeleid met wettelijke normen voor de toediening van fosfaat (en stikstof) is in 1984 geïntroduceerd. Sindsdien zijn beleid en bijbehorende normen verschillende keren aangepast en vooral aangescherpt. De veranderingen in de fosfaatgebruiksnormen voor akker- en tuinbouwland, maïsland en grasland in de periode 1987 – 2015 zijn weergegeven in Figuur 1. Vooral op maïsland is de toegestane fosfaatgift fors afgenomen (vooral ook omdat daar tot 1984 relatief veel mest werd toegediend). Door de (aanscherping van de) normen is de efficiëntie van het gebruik van fosfaat verbeterd, neemt de toename van de fosfaattoestand af, en wordt de toename van de fosfaatverliezen naar ondergrond en oppervlaktewater beperkt.



**Figuur 1.** Ontwikkeling van het wettelijk toegestane fosfaatgebruik (kg  $P_2O_5$  per ha per jaar) op landbouwgrond tussen 1987 en 2015. De fosfaatgiften in de periode 1995-2006 zijn afgeleid van de verliesnormen voor fosfaat volgens het MINAS-systeem. Voor 2009 waren de gebruiksnormen niet gedifferentieerd naar de fosfaattoestand van de bodem; daarna waren er drie gebruiksnormen en een voorziening om lage fosfaattoestanden te repareren (Tabel 1).

## 2.3 Belasting van het oppervlaktewater met fosfaat

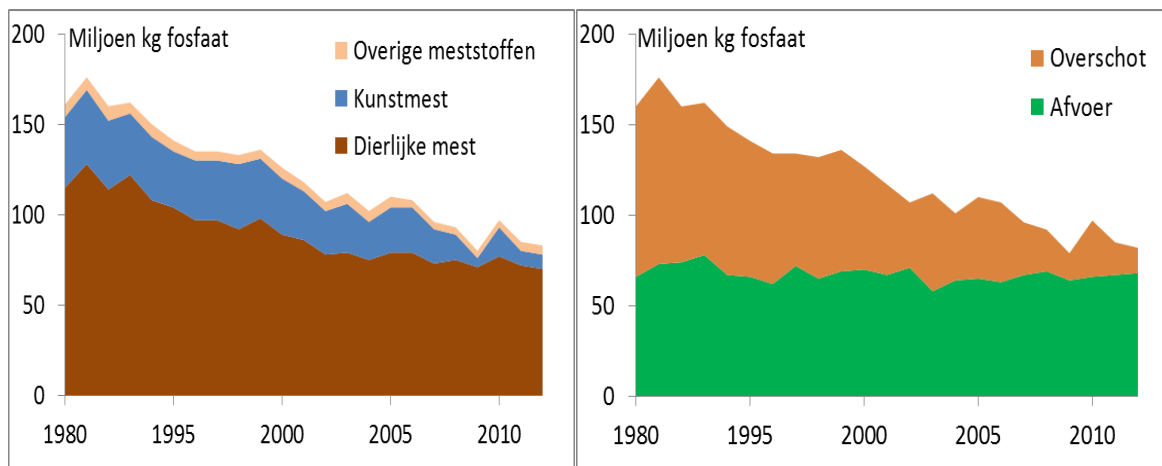
Eutrofiering van het oppervlaktewater door stikstof en fosfaat is een groot milieuprobleem (Carpenter *et al.*, 1998; 2008). Door de verrijking van het oppervlaktewater (meren, sloten, plassen, rivieren, en kustzones van oceanen) met stikstof en fosfaat neemt de groei van algen sterk toe, waardoor de soortensamenstelling van de algen verandert, het zuurstofgehalte in het water afneemt, het water troebel wordt, de vissoortensamenstelling verandert en uiteindelijk het gehele ecosysteem kan veranderen. Stikstof en fosfaat uit de landbouw spelen daarbij een grote rol, naast stikstof en fosfaat uit geloosd rioolwater van huishoudens en industrie.

De bijdrage van de landbouw aan de totale fosfaatbelasting van de regionale wateren (meren, beken en sloten) in Nederland is circa 60% (PBL, 2012). De bijdrage van de landbouw wordt vooral veroorzaakt door de afspoeling en uitspoeling van fosfaat uit landbouwgronden. Deze bijdrage is niet enkel gerelateerd aan de huidige bemesting, maar vooral ook aan de afspoeling en uitspoeling van bodemdeeltjes waaraan fosfaat zit dat al eerder als mest en kunstmest aan de bodem was toegediend. Bodemtype, grondwatertrap, hydrologie en morfologie spelen daarbij een grote rol.

Er zijn twee hoofdroutes waarlangs fosfaat van landbouwgronden in het oppervlaktewater terecht kan komen, namelijk (i) via erosie en oppervlakkige afspoeling van fosfaatrijke bodemdeeltjes, mest en meststoffen, en (ii) via uitspoeling naar de ondergrond en dan via drains of via horizontale stroming door de bodem naar waterlopen. Verliezen naar het oppervlaktewater treden vooral op tijdens zware regenbuien. De belangrijkste factoren die erosie en oppervlakkige afspoeling van fosfaat bepalen zijn de regenvalintensiteit, helling, infiltratiecapaciteit van de bodem, aanwezigheid van greppels, afstand tot waterlopen, grondwaterstand, begroeiing en het tijdstip van de toediening van mest en kunstmest. De uitspoeling van fosfaat uit de bovengrond naar de ondergrond en via drains naar oppervlaktewater wordt vooral bepaald door de fosfaattoestand van de bodem, bodemeigenschappen, grondwaterstand en hydrologie.

## 2.4 Fosfaatbemesting

In de Nederlandse landbouw worden al vanaf de tweede helft van de 19<sup>e</sup> eeuw specifieke, fosfaat-houdende meststoffen gebruikt. Sindsdien is iedere hectare landbouwgrond gemiddeld met circa 4500 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha verrijkt, maar met grote verschillen tussen percelen en regio's. De fosfaattoestand van Nederlandse landbouwgronden is daardoor gemiddeld ruim voldoende tot hoog (Reijneveld, 2013). De verrijking van landbouwgronden met fosfaat heeft vooral in de tweede helft van de 20<sup>e</sup> eeuw plaatsgevonden. Vanaf 1984 is de aanvoer van fosfaat via kunstmest en dierlijke mest gestaag afgenomen, vooral door het mestbeleid. Daardoor is het jaarlijkse fosfaatoverschot in de Nederlandse landbouw ook afgenomen, al is er voortdurend sprake geweest van een overschot. De afvoer van fosfaat in het geogste gewas is door het mestbeleid niet noemenswaardig veranderd (Figuur 2). Er is daardoor nog steeds sprake van een hogere aanvoer dan afvoer en dus van een verrijking van de bodem met fosfaat.



**Figuur 2.** Veranderingen in de aanvoer van fosfaat via dierlijke mest, kunstmest en overige meststoffen (links) en veranderingen in de afvoer van fosfaat in het geogste gewas en in het fosfaatoverschot (rechts) in de periode 1980 tot en met 2012 (CBS, 2014<sup>2</sup>).

<sup>2</sup> <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0093-Stikstof--en-fosforbalans.html?i=3-17>

## 2.5 Fosfaattoestand van de bodem

De fosfaattoestand is een indicator voor 'de grootte en het gemak waarmee de bodem fosfaat beschikbaar stelt voor opname door de wortels van een gewas'. Het is ook een indicator voor 'het risico van fosfaatuitspoeling uit de bovengrond naar de ondergrond'. De fosfaattoestand is 'methode-bepaald', d.w.z. dat de fosfaattoestand varieert met de extractiemethode die wordt gekozen om de fosfaattoestand vast te stellen (zie hoofdstuk 3).

De bepaling van de fosfaattoestand van grasland en de bijbehorende fosfaatbestedingsadviezen waren in Nederland van 1958 tot 2012 enkel gebaseerd op het zogenoemde P-AL-getal. De bepaling van de fosfaattoestand van bouwland en de bijbehorende fosfaatbestedingsadviezen zijn vanaf 1971 gebaseerd op het zogenoemde Pw-getal (Paauw *et al.*, 1971, Bakker en Ris, 1971, Sissingh, 1972). Vanaf 2004 wordt het Pw-getal ook afgeleid uit meetwaarden voor P-CaCl<sub>2</sub> (PPAE) en het P-AL-getal, omdat de bepaling van het Pw-getal in sommige laboratoria analytische bezwaren heeft (de bepaling is relatief tijdrovend en de reproduceerbaarheid is gering).

De P-AL- en Pw-methoden zijn destijds gekozen omdat een verband kon worden gelegd tussen (i) het P-AL-getal en de opbrengst van grasland en het fosfaatgehalte van het geoogste gras, en (ii) het Pw-getal en de opbrengst van akkerbouwgewassen (aardappel). Deze verbanden zijn empirisch vastgesteld, op basis van series van éénjarige proefvelden. Daarbij is ook vastgesteld dat er een grote spreiding is in het verband tussen het P-AL-getal en de opbrengst en het fosfaatgehalte van grasland, en tussen het Pw-getal en de opbrengst van akkerbouwgewassen (aardappel). Deze spreiding wordt veroorzaakt door de vaak grote variatie binnen een perceel in de fosfaattoestand, door verschillen tussen bodemtypen, gewassoorten en -variëteiten, en door verschillen tussen jaren in weersomstandigheden.

De landbouwkundige waardering van de fosfaattoestand van bouwland (volgens het Pw-getal) en die van grasland (volgens het P-AL-getal) is weergegeven in Tabel 2. De waarderingsklassen van de fosfaattoestand verschillen tussen die van de fosfaattoestand-afhankelijke gebruiksnormen (Tabel 1) en die van het bemestingsadvies (Tabel 2). Voor bouwland ligt de klassegrens tussen 'laag' en 'neutraal' bij de fosfaatgebruiksnormen (Tabel 1) hoger dan die tussen 'vrij laag' en 'voldoende' in de bemestingsadviezen (Tabel 2)

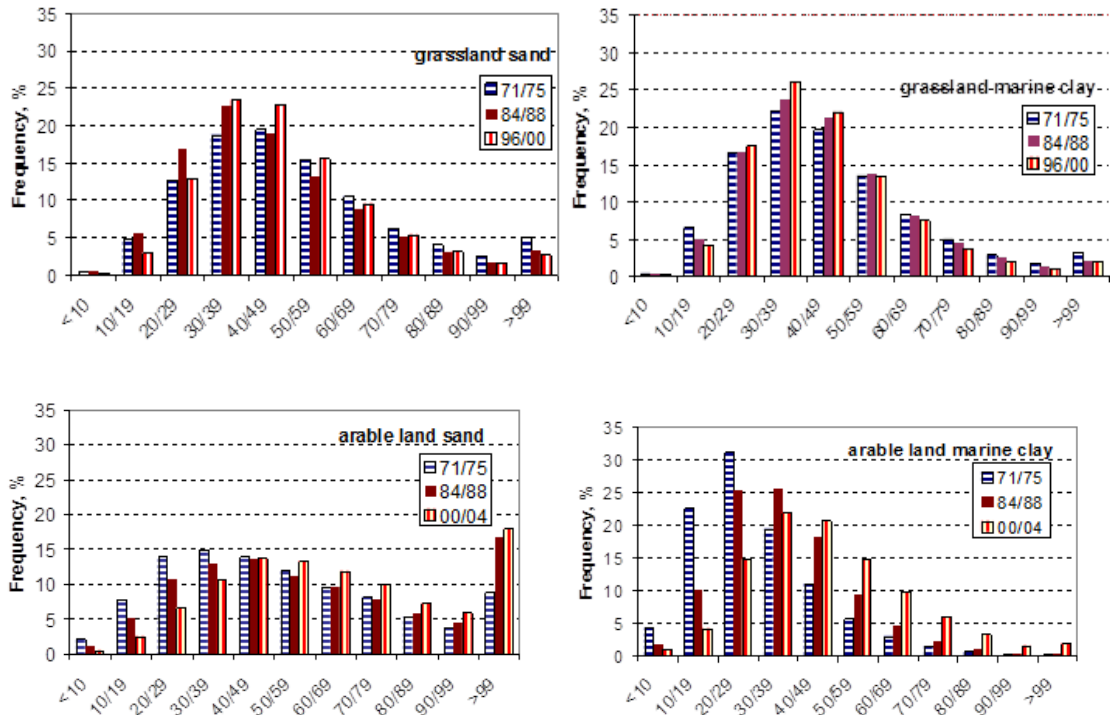
Naast waarderingsklassen worden in de Adviesbasis voor akkerbouw en vollegrondsgroenten ook streefgetallen genoemd (Pw 25 voor kleigronden en Pw 30 voor zandgronden). Deze streefgetallen gelden alleen voor bouwplannen met aardappelen en andere fosfaatbehoefteige gewassen. Dit is gedaan, omdat op veeljarige proefvelden is gevonden dat bij gewassen als aardappelen en bieten bij een lage fosfaattoestand met een hoge fosfaatbemesting een lagere opbrengst wordt behaald dan bij een hogere fosfaattoestand met een lagere bemesting. Bij een fosfaattoestand vanaf het streefgetal treedt dit nadelige opbrengsteffect niet meer op.

Tabel 2.

*Waarderingsklassen voor de fosfaattoestand van bouwland en grasland volgens de landelijke adviesbases bemesting (De Haan & Van Geel, 2013; Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen, 2012).*

Fosfaattoestand	Bouwland Pw-getal, mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> L <sup>-1</sup>	Grasland P-AL-getal, mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (100 g <sup>-1</sup> )
Zeer laag	<11	Niet aanwezig
Laag	11-20	< 16
Vrij laag	Niet aanwezig	16-26
Voldoende	21-30	27-35
Ruim voldoende	31-45	36-50
Vrij hoog	46-60	Niet aanwezig
Hoog	>60	>50

In de praktijk varieert de fosfaattoestand van perceel tot perceel. Ook binnen percelen is de variatie vaak groot. Volgens gegevens van BLGG AgroXpertus is de frequentieverdeling van de fosfaattoestand scheef; de meeste percelen hebben een (ruim) voldoende tot hoge fosfaattoestand (Figuur 3). Gronden met de hoogste fosfaattoestand komen voor op de zandgronden in zuid Nederland, vooral bij vollegrondsgroenteteelt en continue maisteelt (Reijneveld, 2013). In de periode 1970 tot 2004 zijn de frequentieverdelingen veranderd; het aantal monsters met een relatief lage fosfaattoestand is afgenomen en het aantal monsters met een relatief hoge fosfaattoestand is toegenomen (Figuur 3). Analyses van recente gegevens ontbreken.



**Figuur 3.** Frequentieverdelingen van de fosfaattoestand van grasland, uitgedrukt in P-AL-getal (bovenste twee figuren;  $\text{mg P}_2\text{O}_5 (100 \text{ g})^{-1}$ ) en van bouwland, uitgedrukt in Pw-getal (onderste twee figuren;  $\text{mg P}_2\text{O}_5 \text{ l}^{-1}$ ), op zandgrond (linker twee figuren) en kleigrond (rechter twee figuren), in de perioden 1971-1975, 1984-1988, en 2000-2004 (Reijneveld, 2013).

Een onbeantwoorde vraag is of de database van BLGG AgroXpertus een representatieve weergave is van de gemiddelde situatie van landbouwpercelen in Nederland. Ruim 50% van de landbouwpercelen wordt geregeld bemonsterd en geanalyseerd, maar de overige 50% niet of veel minder frequent. Niet uitgesloten kan worden dat percelen met een hoge fosfaattoestand minder vaak worden bemonsterd en geanalyseerd dan percelen met een voldoende of lage fosfaattoestand. Uit de BLGG-gegevens blijkt dat ongeveer 5 procent van de geanalyseerde *monsters* een 'lage' fosfaattoestand heeft (d.w.z. Pw-getal <21 en P-AL-getal <16; Reijneveld, 2013). Zeer waarschijnlijk is het aantal *percelen* met een lage fosfaattoestand minder dan 5%, omdat de praktijk heeft geleerd dat percelen met een relatief hoge fosfaattoestand minder vaak worden bemonsterd dan percelen met een relatief lage fosfaattoestand.

De totale hoeveelheid fosfaat, die aan de bodem kan worden gebonden, noemt men het fosfaatbindend vermogen (of fosfaatsorptiecapaciteit). Voor kalkloze zandgronden wordt het fosfaatbindend vermogen bepaald op basis van het oxalaat-extraheerbaar ijzer- en aluminiumgehalte (Fe-ox en Al-ox). Voor veengronden en voor kalkhoudende zand- en kleigronden moet rekening worden gehouden met respectievelijk organisch gebonden fosfaat en met kalkgebonden fosfaat. Bij landbouwgronden die als fosfaatverzadigd zijn aangemerkt, is het fosfaatbindend vermogen voor een dusdanig percentage gebruikt, dat de fosfaatconcentratie in de bodemoplossing is toegenomen tot een niveau waarbij een verhoogde fosfaatbelasting van het bovenste grondwater kan ontstaan (op het niveau van de gemiddelde hoogste grondwaterstand; concentraties hoger dan 0,10 mg ortho-P per liter of 0,15 mg totaal P per liter, een norm voor de kwaliteit van oppervlaktewater (Van der Zee et



---

*al.*, 1990a; 1990b; TCB, 1990; 2007). De uitspoeling van bodemfosfaat naar het oppervlaktewater is afhankelijk van de fosfaatverzadigingsgraad van de bodem en de hydrologische omstandigheden. Geschat wordt dat 50-60% van het areaal landbouwgronden in Nederland met fosfaat is verzadigd (Schoumans *et al.*, 2014).

Er is weinig onderzoek gedaan naar het gebruik van resultaten van grondonderzoek voor fijnregeling van de bemesting in de praktijk. Uit recente enquêtes blijkt dat akkerbouwers voor het maken van een bemestingsplan meer gebruik maken van de resultaten van grondonderzoek dan van informatie van voorlichters (Reijneveld, 2013). Tegelijkertijd wordt ook aangegeven door de respondenten dat de analyseresultaten van de fosfaattoestand als weinig betrouwbaar worden bestempeld en dat de neiging bestaat om meer fosfaat toe te dienen dan volgens het advies nodig is. Het geringe vertrouwen heeft mogelijk te maken met (i) de soms forse verschillen tussen jaren in gemeten fosfaattoestand, en (ii) de fosfaattoestand sinds 2010 een wettelijk instrument is voor het afleiden van de hoogte van de fosfaatgebruiksnormen (Hoofdstuk 1).

## 2.6 Correlatieve basis van grondonderzoek en bemestingsadviezen

Het idee dat fosfaat in de bodem voorkomt in verschillende fracties, met een verschillende beschikbaarheid voor opname door planten, is al meer dan 150 jaar oud. Dat idee heeft geleid tot een zoektocht naar de beste methode om die fracties te bepalen, vooral de fracties die direct beschikbaar zijn voor opname door het gewas. De moeilijkheid hierbij is dat:

- bodems sterk verschillen in eigenschappen en vooral ook in de sterkte waarmee fosfaat wordt gebonden,
- bepaalde fosfaatfracties in de bodem op korte termijn niet beschikbaar zijn maar op de lange termijn wel beschikbaar zijn voor het gewas,
- gewassen sterk verschillen in hun mogelijkheden om bodemfosfaat op te nemen, en
- andere nutriënten zoals stikstof, en weersomstandigheden zoals temperatuur en vochtigheid, ook een sterk effect hebben op de beschikbaarheid van bodemfosfaat, waardoor bijvoorbeeld de verschillen tussen jaren groot kunnen zijn.

Het resultaat van die zoektocht is een groot aantal analysemethoden, die verschillen in de hoeveelheid bodemfosfaat die wordt geëxtraheerd (Jordan Meille *et al.*, 2012). Experts in verschillende landen hebben verschillende keuzes gemaakt, met als gevolg dat verschillende analysemethoden gangbaar zijn in EU landen. Een methode wordt als goed bestempeld als de variatie in de geëxtraheerde hoeveelheden bodemfosfaat correspondeert met de variatie in gewasopbrengst en de hoeveelheden bodemfosfaat die door het gewas zijn opgenomen. Tevens dient de geëxtraheerde hoeveelheid fosfaat omgekeerd evenredig te zijn met de reactie van een gewas op fosfaatbemesting, d.w.z. hoe hoger de fosfaattoestand hoe geringer de reactie op fosfaatbemesting. Zonder goede correlaties heeft een analysemethode weinig waarde.

Grondonderzoek voor de bemestingsadvisering bestaat derhalve uit drie onderdelen, namelijk:

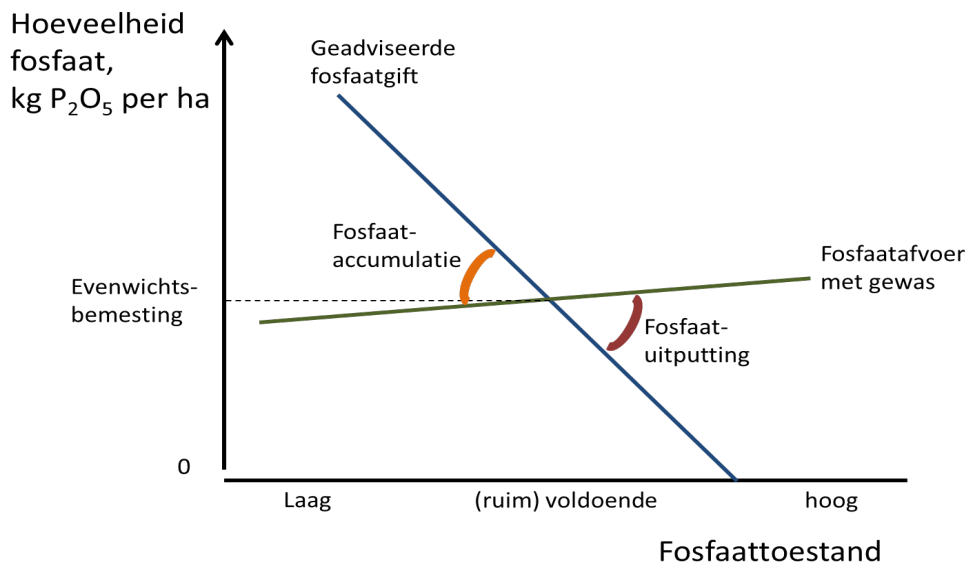
- een methode (strategie) voor de bemonstering van de bodem,
- een methode voor de extractie van bodemfosfaat en een methode voor de bepaling van de fosfaattoestand, en
- empirische relaties tussen de gemeten fosfaattoestand en de reactie van het gewas op de fosfaattoestand en fosfaatbemesting, vastgesteld in veldproeven.

Deze onderdelen zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden; een gemeten waarde voor de fosfaattoestand zonder interpretatie en toetsing via veldonderzoek in de praktijk heeft weinig tot geen waarde. Hierbij geldt globaal de '10-90-regel', d.w.z. 10% van de totale inspanning gaat in de ontwikkeling van methoden en protocollen, en 90% van de inspanning in het afleiden van de empirische relaties en de toetsing van deze relaties in de praktijk op verschillende grondsoorten, locaties, gewassen. In de periode 1930-2010 zijn duizenden veldproeven uitgevoerd, ter onderbouwing van vroegere en huidige bemestingsadviezen.

In sommige studies is de fosfaattoestand ook gebruikt om 'het risico van fosfaatverliezen uit landbouwgronden door afspoeling, erosie en uitspoeling' te bepalen. Een hoge fosfaattoestand (of hoge fosfaat-verzadigingsgraad) is dan indicatief voor een relatief groot risico. De grootte van fosfaatverliezen naar het oppervlaktewater wordt bepaald door een combinatie van fosfaattoestand van de bodem, fosfaatbemesting, geomorfologie, bodemtype, hydrologie, en regenintensiteit (Schoumans *et al.*, 2008). Het verband tussen fosfaattoestand van de bovengrond en fosfaatverliezen naar de ondergrond door uitspoeling is al meer dan 70 jaar bekend (De Vries en Hetterschij, 1935; De Vries en Van der Pauw, 1937; De Vries *et al.*, 1937), en theoretisch onderbouwd (Van der Zee *et al.*, 1990; Schoumans *et al.*, 2014). Echter, er zijn niet veel meetgegevens over de grootte van de uitspoeling van fosfaat uit de bouwvoor naar de ondergrond en vervolgens naar grondwater en oppervlaktewater, als functie van de fosfaattoestand (al is er wel modelmatig onderzoek gedaan en zijn er veel meetgegevens van de fosfaatconcentratie in het bovenste grondwater).

## 2.7 Fosfaatbemestingsadviezen

Vanaf ongeveer 1950 kent Nederland bemestingsadviezen om een voldoende fosfaattoestand (bodemgericht advies) te realiseren, als functie van bouwplan, en een economisch optimale gewasopbrengst en kwaliteit (gewasgericht advies) te realiseren. Een voldoende fosfaattoestand is nodig om met fosfaatbemesting een economisch optimale gewasopbrengst te kunnen realiseren.



**Figuur 4.** Principe van 'fosfaattoestand-afhankelijk fosfaatbemesting'; de blauwe doorgetrokken lijn geeft schematisch de geadviseerde fosfaatgift weer, als functie van de fosfaattoestand van de bodem. Elke gewasgroep heeft een 'eigen' gewasgericht advies; er zijn dus meer min of meer parallel lopende blauwe lijnen in het bemestingsadvies. De groene doorgetrokken lijn geeft schematisch de gemiddelde fosfaatafvoer met het geogoste gewas weer, aannemende dat er luxe consumptie<sup>3</sup> van fosfaat optreedt bij hoge fosfaattoestand. In het linker boven kwadrant vindt accumulatie van fosfaat in de bodem plaats (er is een fosfaatoverschot), in het kwadrant rechts beneden vindt een netto onttrekking (of uitputting) van de bodem plaats.

Het gewasgerichte advies is afhankelijk van de fosfaattoestand van de bodem (Figuur 4). Bij een relatief lage fosfaattoestand wordt een relatief hoge fosfaatgift geadviseerd (hoger dan de afvoer van fosfaat met het geogoste gewas). Bij een hoge fosfaattoestand wordt geen fosfaatgift geadviseerd, omdat de planten alle benodigde fosfaat dan uit de bodem kunnen opnemen. Bemestingsadviezen zijn

<sup>3</sup> Luxe consumptie van fosfaat door een gewas betekent dat de opbrengst niet meer toeneemt maar wel de fosfaatopname door het gewas en daardoor de fosfaatafvoer.

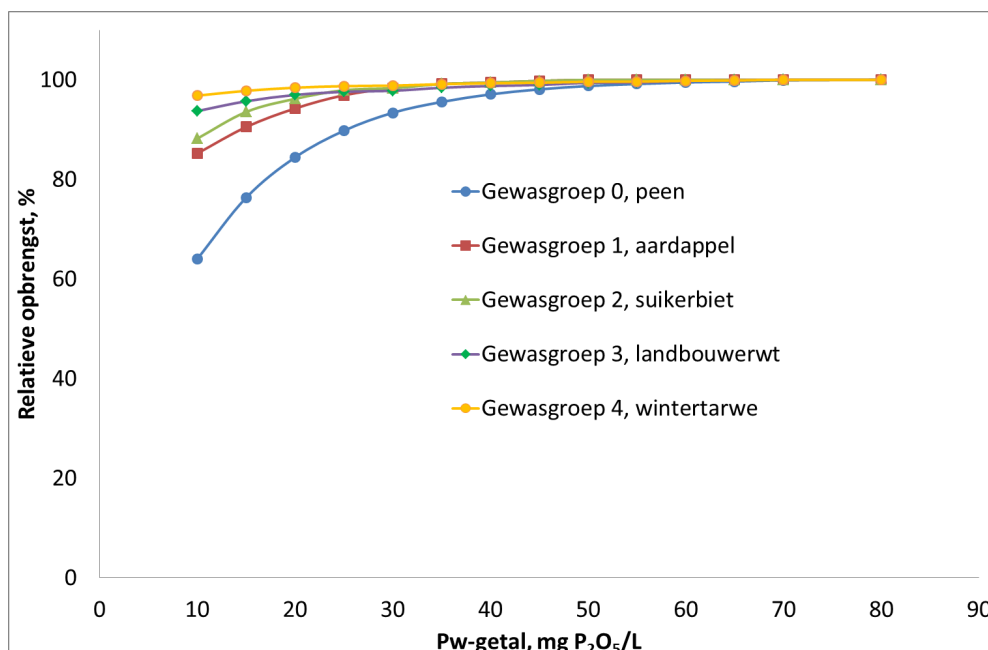
bedoeld als 'zelfcorrigerende systemen'. Bij lage fosfaattoestand wordt meer fosfaat toegediend dan het gewas opneemt en afvoert, bij hoge fosfaattoestand wordt geen of minder fosfaat gegeven dan wordt opgenomen of wordt afgevoerd. Dit principe van fosfaattoestand-afhankelijk fosfaatbemesting, dat in Nederland vanaf het midden van de 20<sup>e</sup> eeuw werd ingevoerd, en ook in andere landen wordt toegepast (Jordan Meille *et al.*, 2012) leidt er toe dat alle percelen op termijn een fosfaattoestand 'ruim voldoende' zouden moeten hebben. Dat is volgens de theorie; de praktijk is nochtans anders (Figuur 3) als gevolg van redenen genoemd in paragraaf 2.2.

Kenmerkend voor fosfaat is de sterke reactie van het gewas op een toename van de fosfaattoestand bij een initieel heel lage fosfaattoestand, en de afwezigheid van een reactie als een bepaalde drempelwaarde van de fosfaattoestand is overschreden; 'de wet van de afnemende meeropbrengst'. Een vergelijkbare constatering geldt voor de reactie van het gewas op fosfaatbemesting; bij een lage fosfaattoestand is de opbrengstreactie van het gewas op fosfaatbemesting relatief sterk en bij een ruim voldoende en hoge fosfaattoestand afwezig.

Gewassen verschillen in hun reacties op de fosfaattoestand en fosfaatbemesting. In de praktijk worden die verschillen voor akkerbouwgewassen ondergebracht in vijf gewasgroepen (De Haan en Van Geel, 2013). Per gewasgroep zijn de belangrijke akkerbouwgewassen hieronder weergegeven:

0. Bladgroentegewassen en verschillende andere groentegewassen,
1. Aardappelen, bonen, (snij)mais, enkele groentegewassen,
2. Bieten, vlas, radijs,
3. Bloembollen, gerst, peen, één- en tweejarig grasland, en
4. Granen (behalve gerst), asperges, kool (behalve spruitkool).

De grootte van de opbrengstreactie neemt af met een toename van de fosfaattoestand en ook met de volgorde van de gewasgroepen ( $0 > 1 > 2 > 3 > 4$ ; Figuur 5). Boven een fosfaattoestand met de waardering 'laag' (Tabel 2) is de reactie gering. Het areaal bouwland met een fosfaattoestand laag is gering (zie Figuur 3; Schoumans *et al.*, 2007). Dit impliceert dat op een relatief klein areaal een opbrengstreactie op fosfaatbemesting kan worden verwacht, voor slechts enkele gewasgroepen, die overigens wel veel economische waarde hebben. De variatie in opbrengstreacties binnen een perceel en tussen jaren is vaak groot.



**Figuur 5.** Relatieve opbrengst bij een bemesting van 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha ten opzichte van de maximaal haalbare opbrengst, als functie van de fosfaattoestand van de bodem en gewasgroep (Ehlert *et al.*, 2005).

---

Voor grasland zijn de reacties in opbrengst en in fosforgehalte van het gras van belang (vooral in verband met de voedingseisen van melkkoeien). De reactie van de opbrengst en het fosforgehalte in gras neemt af met een toename van het P-AL-getal; boven een P-AL-getal van 35 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per 100 g grond (ondergrens van de waarderingsklasse 'ruim voldoende' (Tabel 2)) is de reactie in opbrengst en P-gehalte gering, al blijft de reactie in P-gehalte langer doorgaan dan die in opbrengst bij een hoger P-AL-getal. Het areaal grasland met een fosfaattoestand (zeer) laag en voldoende (P-AL-getal <35 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per 100 mg grond) is circa 45% van het totale graslandareaal (Schouwmans, 2007). Dit impliceert dat op circa 45% van het graslandareaal de grasopbrengst en het P-gehalte reageert op fosfaatbemesting. Bij een P-AL-getal > 35 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per 100 g grond neemt de grasopbrengst niet maar het P-gehalte in het gras gemiddeld genomen nog wel toe door fosfaatbemesting.

Een voor landbouwkundige doeleinden gewenste fosfaattoestand kan echter leiden tot een voor het milieu ongewenst hoge uitspoeling van fosfaat naar grondwater en oppervlaktewater. Dat geldt vooral voor gronden met een hoge gemiddelde grondwaterstand. De methodes die ontwikkeld zijn om het risico op uitspoeling van fosfaat naar grondwater of oppervlaktewater te karakteriseren, wijken af van die welke voor landbouwkundige doelen worden gebruikt (Van der Zee *et al.*, 1990, Schoumans *et al.*, 2004, Schoumans en Chardon, 2012). Dit belemmert een afstemming van fosfaatgebruik op zowel landbouwkundige als milieukundige doelen.

---

## 3 Indicatoren voor de fosfaattoestand van de bodem

### 3.1 Inleiding

Er zijn verschillende methoden voor de vaststelling van de fosfaattoestand. Deze methoden meten de hoeveelheid fosfaat die met een extractiemiddel uit de bodem wordt verkregen. Ze verschillen in extractiemiddel, duur van de extractie en in de verhouding tussen het gewicht van het bodemmonster en het volume en de concentratie van het extractiemiddel. Ook zijn er verschillen bij de voorbehandeling van het bodemmonster en de bepalingmethode van het geëxtraheerde fosfaat. De fosfaattoestand van de bodem is dus 'methode-bepaald', d.w.z. naar gelang de gekozen methode wordt meer of minder bodemfosfaat geëxtraheerd. Methoden kunnen een factor 2 tot meer dan 100 verschillen in de hoeveelheid fosfaat die per gewichtseenheid (of volume) bodem wordt geëxtraheerd.

Het door de overheid geformuleerde doel van de differentiatie van fosfaatgebruiksnormen naar de fosfaattoestand van de bodem (zie hoofdstuk 1 en bijlage 1) geeft aan dat de indicatoren inzicht dienen te geven in de relaties tussen de fosfaattoestand van de bodem en

- de gewasopbrengst en -kwaliteit, en
- de fosfaatverliezen naar ondergrond en oppervlaktewater.

Dit impliceert dat de 'ideale' indicatoren een meerledig doel moeten kunnen dienen. Dat meerledige doel is lastig, want de fosfaattoestand geeft wel een indicatie van de gewasopbrengst en van de reactie van het gewas op fosfaatbemesting, afhankelijk van de gekozen methode, maar is geen goede indicator van het actuele risico op fosfaatverliezen naar het oppervlaktewater, omdat andere factoren zoals bodemtype, grondwatertrap, oppervlaktetopografie en management mede de fosfaatverliezen bepalen (paragraaf 2.6). De fosfaattoestand is wel een indicator voor het risico van uitspoeling van fosfaat uit de bovengrond naar de ondergrond, en voor het *potentiële* risico van fosfaatverliezen naar het oppervlaktewater.

In de opdrachtbrief van het ministerie van EZ aan de CDM zijn twee vragen gesteld die betrekking hebben op de keuze van de methode voor de bepaling van de fosfaattoestand ter vaststelling van de fosfaattoestand-afhankelijke gebruiksnormen:

- Wat zijn de voor- en nadelen van een gecombineerde indicator voor intensiteit en capaciteit bij de vaststelling van de fosfaattoestand van de bodem?
- Wat zijn de meest geschikte indicatoren voor de intensiteit en capaciteit van de fosfaattoestand van de bodem, rekening houdend met kosten, praktische uitvoerbaarheid, en nauwkeurigheid.

In dit hoofdstuk worden deze twee vragen beantwoord.

### 3.2 Indicatoren voor de intensiteit en capaciteit van de fosfaattoestand

#### 3.2.1 Inleiding

Het concept 'intensiteit – capaciteit' ter karakterisering van de beschikbaarheid van nutriënten in de bodem voor gewassen, kent een vrij lange geschiedenis (Box 2). In dit concept staat centraal dat de beschikbaarheid van nutriënten in de bodem voor een gewas (maar ook voor uitspoeling naar de ondergrond) wordt bepaald door (i) een hoeveelheid die direct beschikbaar is (in de bodemoplossing aanwezig is), en (ii) de snelheid of capaciteit waarmee de nutriëntenconcentratie in de bodemoplossing wordt gebufferd (de desorptiesnelheid of 'nalevering'). Dit concept is geworteld in de zogenoemde 'desorptie-isotherm'. Het bepalen van een desorptie-isotherm van een bodem is tijdrovend. Daarom is een alternatief bedacht en worden intensiteit en capaciteit afgeleid via twee

---

verschillende extracties (Van Rotterdam-Los, 2010). De grootte van de 'intensiteit' en de grootte van de 'capaciteit' worden dus bepaald door de keuze van de extractiemiddelen en -methoden. De extractiemethode bepaalt hoeveel als 'intensiteit' en hoeveel als 'capaciteit' wordt bestempeld. De juistheid van de keuze van de extractiemiddelen moet blijken uit de empirische relaties met de reacties van de gewassen zoals opbrengst en fosfaatopname en met de grootte van de gemeten fosfaatverliezen (zie ook paragrafen 2.6 en 2.7).

Ehlert *et al.* (2014) hebben tien methoden voor de bepaling van de fosfaattoestand vergeleken. Ze vonden dat de resultaten van de methoden onderling vaak sterk gecorreleerd zijn. al waren er soms forse verschillen tussen grondsoorten.

### 3.2.2 Intensiteitsindicatoren

Ehlert *et al.* (2014) concluderen dat de volgende analysemethoden in principe in aanmerking komen voor het bepalen van de intensiteit:

- P-CaCl<sub>2</sub>-methode,
- 1:2-extractie met water,
- Diffusie-methoden met bindingsmiddelen (anionen-uitwisselingsharsen, filtreerpapier geïmpregneerd met ijzer-(hydr)oxiden, dialysemembranen met colloïdale oplossingen met ijzer-(hydr)oxiden),
- Isotopen verdunning, en
- Pw-getal

Deze methoden verschillen in de grootte van de fosfaatpool die wordt gemeten, omdat er in verschillende mate aan het bodemfosfaat wordt 'getrokken'. Globaal is de volgorde van de methoden in de grootte van de geëxtraheerde hoeveelheid fosfaat als volgt (al kunnen verschillen tussen grondsoorten en ook tussen diffusiemethoden groot zijn):

Isotopen verdunning < 1:2-extractie met water < P-CaCl<sub>2</sub> < Pw-getal < Diffusie-methoden

Deze methoden beogen het fosfaat onderscheppend effect van de plantenwortels te simuleren; de direct voor het gewas beschikbare fosfaatfractie wordt bepaald. Deze indicatoren geven derhalve vooral een indruk van de reactie van fosfaatbehoefte gewassen op fosfaatbemesting. Een mogelijk nadeel van methoden die de intensiteit van de fosfaattoestand bepalen, is de gevoeligheid voor omgevingsfactoren. Door monsternamen vlak na bekalking of na een droge periode, door het bodemonster te drogen bij een verhoogde temperatuur of door toevoeging van kalk of ijzerpoeder of aluminiumpoeder vermindert de beschikbaarheid van het fosfaat meteen, waardoor de hoeveelheid geëxtraheerd fosfaat daalt.

Van de vijf genoemde methoden worden twee methoden routinematig door analyselaboratoria uitgevoerd voor teelten in de vollegrond, namelijk de Pw- en de P-CaCl<sub>2</sub>-methode. Ook wordt de Spurway-methode regionaal toegepast, een variant op de Pw-methode, maar over de Spurway-methode is weinig informatie beschikbaar in publiektoegankelijke databestanden. De Pw-methode heeft de langste historie in de praktijk van het Nederlandse bemestingsonderzoek, en is in de voorbije 45 jaar in vele veldproeven gekalibreerd aan de reactie van het gewas. De resultaten laten zich mechanistisch-modelmatig interpreteren (Van Noordwijk *et al.*, 1990). Het nadeel van deze analysemethode is de relatief geringe reproduceerbaarheid, d.w.z. resultaten van herhaalde analyses binnen een laboratorium, en resultaten van analyses van verschillen laboratoria laten relatief grote variaties zien (Bussink *et al.*, 2003). Een ander nadeel is dat deze methode buiten Nederland niet of nauwelijks gebruikt wordt, waardoor uitwisseling van ervaringen en resultaten lastig is.

De P-CaCl<sub>2</sub>-methode wordt in onderzoekslaboratoria al decennia lang toegepast (in 1955 adviseerde Schofield deze methode al voor het bepalen van de fosfaattoestand van de bodem; zie box 2), maar in de praktijk van het bemestingsonderzoek wordt deze methode in Nederland nog maar 10 jaar gebruikt. Daardoor zijn de analyseresultaten veel minder goed gekalibreerd aan resultaten van veldproeven dan die van de Pw-methode. De methode is redelijk reproduceerbaar. Wel is de methode gevoelig voor omgevingsfactoren, zoals drogen en toevoegen van kalk, ijzer, aluminium, etc. De

---

resultaten van de methode kunnen mechanistisch-modelmatig geïnterpreteerd worden, waardoor aanvullende berekeningen, interpretaties en generalisaties uitgevoerd kunnen worden (Koopmans, 2004; Van Rotterdam-Los, 2010).

De overige drie genoemde methoden (1:2-extractie met water, diffusie-methoden, en isotopen-verdunning) worden in Nederland niet door routinelaboratoria uitgevoerd. Ze zijn relatief bewerkelijk, duur en zijn weinig getoetst en gekalibreerd aan resultaten van veldproeven. Deze methoden worden hier verder niet besproken.

### 3.2.3 Capaciteitsindicatoren

Voor het bepalen van de capaciteit komen de volgende analysemethoden in aanmerking, omdat deze methoden relatief veel worden gebruikt in de wereld:

- P-AL,
- P-ox,
- P-Olsen,
- P-Mehlich3,
- P-Bray, en
- P-totaal

De P-Olsen methode wordt in de wereld het meest toegepast. Ook P-Mehlich3 en P-Bray worden veel gebruikt, maar nauwelijks/niet in Nederland. In Nederland worden gebruikt: P-AL voor bemestings-onderzoek (vanaf 1958), P-ox voor milieukundig-georiënteerd onderzoek (vanaf 1964) en P-totaal voor algemeen bodemkundig en inventariserend onderzoek (vanaf 1955).

Ook deze methoden verschillen in de hoeveelheid fosfaat die wordt geëxtraheerd. Een vergelijking van methoden voor twee grondsoorten leverde onderstaande volgorde op (Ehlert *et al.*, 2014):

P-Olsen < P-Mehlich3 < P-Bray < P-AL-getal < Pox < P-totaal

Uit recente proeven blijkt dat onder Nederlandse omstandigheden de indicator P-Olsen, P-Mehlich3 en P-Bray minder sterk gecorreleerd zijn met de opbrengstreactie van het gewas dan Pw-getal, P-AL-getal en P-CaCl<sub>2</sub>-getal (Ehlert *et al.*, 2014).

De P-AL-methode wordt in Nederland toegepast voor grasland, boomkwekerijgewassen en de buitenbloementeelt. De methode is in vele veldproeven gekalibreerd aan de reactie van het gewas. De analysemethode is robuust en weinig gevoelig voor beïnvloeding door omgevingsfactoren. De reproduceerbaarheid is relatief groot, zowel bij herhaalde analyses binnen een laboratorium als bij analyses van verschillen laboratoria. De methode wordt in zes andere landen in Europa gebruikt. De resultaten van de analyses zijn niet eenvoudig mechanistisch-modelmatig te interpreteren, waardoor niet eenvoudig aanvullende berekeningen, interpretaties en generalisaties uitgevoerd kunnen worden. Daardoor is deze methode minder geschikt om uitspraken te doen over de kans op fosfaatspoeling (anders dan erosie) als functie van de fosfaattoestand.

De oxalaat-extractie methode is oorspronkelijk ontwikkeld om amorfe ijzer- en aluminium(hydr)oxiden (Fe-ox en Al-ox) te extraheren (Schwertmann, 1964), maar blijkt ook een goede indicator te zijn voor de totale hoeveelheid geadsorbeerd fosfaat (P-ox) in de bodem. De methode wordt vooral toegepast om de fosfaatverzadigingsgraad van kalkloze zandgronden te bepalen. Daarbij wordt aangenomen dat de som van de met zure ammonium oxalaat-extraheerbare hoeveelheden ijzer en aluminium (Fe-ox+Al-ox) een maat is voor de totale fosfaatbindingscapaciteit van de bodem, en dat de molaire verhouding tussen P-ox en Fe-ox+Al-ox een maat is voor de fosfaatverzadigingsgraad. Alhoewel de methode niet is ontwikkeld om de reactie van het gewas op fosfaatbemesting te voorspellen, blijkt uit de proef van Ehlert *et al.* (2014) op verschillende grondsoorten dat er een sterke correlatie was tussen P-ox en de reactie van het gewas op fosfaatbemesting en fosfaattoestand.

Met de P-totaal-methode wordt een indruk verkregen van de totale hoeveelheid fosfaat in de bodem. Het P-totaalgehalte is een maat voor de 'natuurlijke' vruchtbaarheid van de bodem. Deze indicator

---

wordt gebruikt in de bosbouw, waar de bomen tientallen jaren blijven staan en mechanismen (in samenwerking met schimmels, mycorrhizas) kunnen ontwikkelen om ook slecht-beschikbaar fosfaat te mobiliseren. Ook wordt deze indicator gebruikt bij bodeminventarisaties. Voor eenjarige landbouwgewassen en voor de bepaling van het risico van fosfaatuitspoeling heeft deze indicator weinig waarde. De analysemethode is redelijk robuust en ongevoelig voor beïnvloeding door omgevingsfactoren. De reproduceerbaarheid is relatief goed, zowel bij herhaalde analyses binnen een laboratorium als bij analyses door verschillende laboratoria.

In Nederland worden voor landbouwkundige doeleinden momenteel twee methoden gebruikt voor het bepalen van de capaciteit van de fosfaattoestand, namelijk P-AL-getal en P-totaal. Voor milieukundige doeleinden wordt aanvullend gebruik gemaakt van de FosfaatVerzadigingsGraad (FVG), d.w.z.  $P\text{-ox} / \{0,5 \times [Al\text{-ox} + Fe\text{-ox}]\}$ , op molbasis. Voor experimentele doeleinden wordt ook reversibel gebonden fosfaat (Pi) bepaald via herhaalde extractie met ijzer(hydr)oxide – geïmpregneerd filtreerpapier (Koopmans, 2004). Deze extractie duurt vele dagen, kent verschillende tijdstippen met bepalingen van gedesorbeerd fosfaat en is daardoor duur. De resultaten van de Pi-methode vertonen, afhankelijk van de gekozen tijdstippen, wel een goede correlatie met de resultaten van eerder genoemde intensiteits- en capaciteitsmethoden.

### 3.3 Discussie en conclusies

In paragraaf 3.1 werden twee vragen gesteld namelijk,

- Wat zijn de voor- en nadelen van een gecombineerde indicator voor intensiteit en capaciteit bij de vaststelling van de fosfaattoestand van de bodem?
- Wat zijn de meest geschikte indicatoren voor de intensiteit en capaciteit van de fosfaattoestand van de bodem, rekening houdend met kosten, praktische uitvoerbaarheid, en nauwkeurigheid.

In deze paragraaf worden de voor- en nadelen van een gecombineerde indicator samengevat en worden de meeste geschikte indicatoren voor de intensiteit en capaciteit van de fosfaattoestand besproken, op basis van een analyse van de beschikbare data en bevindingen (bijlagen 3 en 4).

#### 3.3.1 Voor- en nadelen

Het voordeel van een gecombineerde indicator (ten opzichte van een enkelvoudige indicator) is dat:

- inzicht wordt verkregen in zowel de directe fosfaatbeschikbaarheid als de fosfaatbeschikbaarheid op langere termijn (bufferend vermogen) van de bodem;
- in theorie een betere voorspelling wordt verkregen van de reactie van het gewas in opbrengst en P-gehalte van het gewas op de fosfaattoestand van de bodem en fosfaatbemesting. Hierdoor worden fosfaatbemestingsadviezen preciezer; en
- een gecombineerde indicator kan worden gebruikt voor een breder scala aan gewastypen (en grondsoorten), waardoor het gemakkelijker wordt om de bepalingmethode voor de fosfaattoestand te uniformeren voor akker- en tuinbouw en grasland en voedergewassen (zie ook hoofdstuk 4).

Het nadeel van een gecombineerde indicator (ten opzichte van een enkelvoudige indicator) is dat:

- de afleiding van bemestingsadviezen en fosfaattoestand-afhankelijke fosfaatgebruiksnormen lastiger wordt omdat klassen op basis van twee indicatoren afgeleid moeten worden; en
- de bepaling van de fosfaattoestand van de bodem duurder wordt.

Een gecombineerde indicator heeft (theoretisch gezien) een groter voorspellend vermogen van de uitspoeling van fosfaat naar de ondergrond dan een enkelvoudige indicator, maar de empirische onderbouwing/toetsing hiervoor is nog heel beperkt. Het risico van fosfaatverliezen naar het oppervlaktewater door uitspoeling, afspoeling en erosie wordt ook bepaald door de bodemeigenschappen, morfologie, hydrologie, bodemtype, management en regenvalintensiteit. De voorspellende waarde van een gecombineerde indicator of enkelvoudige indicator van de grootte van de fosfaatverliezen naar het oppervlaktewater is daardoor niet groot.



### 3.3.2 Meest geschikte indicatoren

De P-CaCl<sub>2</sub>-methode en de Pw-methode zijn voor Nederlandse bodems de meest geschikte indicatoren voor de intensiteit van de fosfaattoestand. Beide methoden zijn getoetst aan veldproeven, geven een statistisch betrouwbare relatie met de reactie van het gewas in opbrengst en fosforgehalte (in geval van gras). Beide methoden zijn gevoelig voor beïnvloeding door omgevingsfactoren. Beide worden routinematig toegepast door laboratoria voor grondonderzoek t.b.v. bemestingsadviesing. Het verschil is dat de P-CaCl<sub>2</sub>-methode minder tijd vergt en analytisch eenvoudiger is dan de Pw-methode.

Het P-AL-getal en het P-ox-getal (of FVG) zijn de geschikte indicatoren voor de capaciteit van de fosfaattoestand van de bodem. De P-AL-methode is veel getoetst in veldproeven, geeft een statistisch betrouwbare relatie met de reactie van het gewas in opbrengst en fosforgehalte (in geval van gras) of fosfaatafvoer (in geval van snijmaïs), maar is minder geschikt om het risico van fosfaatuitspoeling in beeld te brengen. De P-ox-methode wordt pas de laatste 15 jaar betrokken bij toetsing in veldproeven en blijkt onder andere in het onderzoek van Ehlert *et al.* (2014) statistisch betrouwbare relaties met de reactie van het gewas in opbrengst en fosfaatafvoer te kunnen geven bij snijmaïs. De analyse van P-ox in combinatie met Al-ox + Fe-ox is geschikt om het risico van fosfaatuitspoeling uit de bovengrond naar de ondergrond in beeld te brengen. Beide methoden (P-AL en P-ox) zijn analytisch robuust en relatief ongevoelig voor beïnvloeding door omgevingsfactoren. Beide worden ook routinematig toegepast door praktijklaboratoria, en geschikt om de effecten van erosie op de waterkwaliteit in beeld te brengen.

Vornoemde methoden verschillen sterk in de hoeveelheid fosfaat die wordt geëxtraheerd. Als de hoeveelheid fosfaat die met de P-CaCl<sub>2</sub>-methode op 1 eenheid wordt gesteld, dan is die hoeveelheid met Pw 10 eenheden, met P-AL circa 100 eenheden en met P-ox circa 300 eenheden.

#### Box 2. Interpretaties van 'intensiteit-capaciteit' en 'bufferend vermogen'

Al meer dan anderhalve eeuw is bekend dat niet de totaalgehalten maar de beschikbaarheid van nutriënten in de bodem de verklarende factor is voor de verschillen tussen bodems in de gewasreacties op bemesting (Mulder, 1860). Deze notie is de basis van het huidige grondonderzoek en van verschillende theorieën over 'de beschikbaarheid van nutriënten in de bodem voor het gewas' (Black, 1992; Fageria, 2009). Slechts een deel van de nutriënten in de bodem is beschikbaar voor het gewas, maar welk deel? De wortels van een gewas nemen nutriënten op uit de bodemoplossing, maar de voorraad in de bodemoplossing is in het geval van fosfaat maar heel klein (<1 kg per ha). Een belangrijke vraag is derhalve 'hoe en hoe snel wordt de voorraad in de bodemoplossing weer op peil gebracht nadat het gewas daaruit fosfaat heeft opgenomen en hoe lang de bodem kan blijven naleveren?'

Het bufferend vermogen is de eigenschap van een bodem om de voorraad beschikbare nutriënten op een bepaald (landbouwkundig gewenst) niveau te handhaven. Het belang van het bufferend vermogen voor gewasproductie werd in 1922 door Hoagland aangegeven. Het concept 'bufferend vermogen' werd naderhand verder uitgewerkt tot de concepten 'intensiteit en capaciteit' (Johnston en Hoagland, 1929). De uitwerking van de concepten verschilde per nutriënt. Bij fosfaat was de aandacht vooral gericht op de snelheid waarmee bodemfosfaat in de bodemoplossing vrijkomt, op de duur waarmee de bodem fosfaat kan blijven naleveren, op de gewasbeschikbaarheid, op de snelheid waarmee gewaswortels fosfaat opnemen of op mechanismen waarmee fosfaat door de bodem beweegt.

Schofield (1955) postuleerde het concept van 'phosphate potential' als maat voor beschikbaar fosfaat. Hij stelde voor om de 'phosphate potential' te bepalen door de pH en de fosfaat- en calciumconcentraties te meten in een 0,01M CaCl<sub>2</sub> extract van de bodem. Barrow *et al.* (1965) testten de hypothese van Schofield (1955) en noemden daarbij de termen 'phosphate potential' en 'buffering capacity'. Hoewel daarna verschillende vervolgstudies zijn uitgevoerd en theoretische juistheid werd aangetoond, is het concept van 'intensiteit-capaciteit' in Nederland voor fosfaat niet echt tot de praktijk doorgedrongen; de bemestingsadviezen werden gebaseerd op enkelvoudige extractiemethoden, die of meer het accent leggen op of intensiteit of capaciteit. In huidige contexten wordt onder het bufferend vermogen van de bodem verstaan 'het vermogen om de concentratie in bodemoplossing constant te houden bij wijziging van de voorraad bodemfosfaat'.

De snelheid waarmee de bodem fosfaat in oplossing brengt, dus 'buffert' kan worden bepaald door het herhaald toepassen van de Pi-methode (fosfaatdesorptie) op eenzelfde grondmonster (Chardon *et al.*, 1996). Dit is echter een tijdrovende methode omdat de hoeveelheid fosfaat die in oplossing gaat over een aantal weken wordt gevolgd met een herhaalde extractie (7-14 herhaalde extracties).

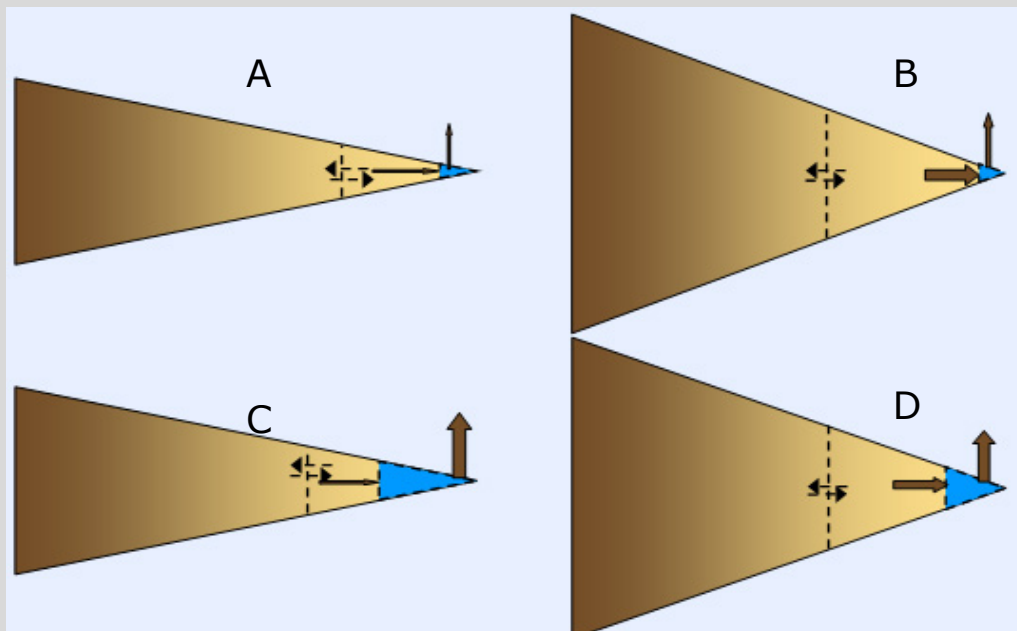
In Nederland is in de concepten intensiteit en capaciteit 'nieuw leven geblazen' na de introductie van 0,01M CaCl<sub>2</sub> als multi-element extractiemethode (Houba *et al.*, 1986; Van Erp, 2002). Daarbij speelde ook de ontevredenheid van boeren over de bepaling van de fosfaattoestand via het Pw-getal een rol, evenals de privatisering van analyselaboratoria en de noodzaak om 'betere producten op de markt te zetten'. Het concept 'intensiteit – capaciteit' biedt de mogelijkheid om de klant te adviseren over de fosfaatbeschikbaarheid op korte en langere termijn. De totale voorraad bodemfosfaat die gewas-beschikbaar is, wordt capaciteit genoemd. Deze hoeveelheid kan worden afgeleid met onder andere de P-AL-methode. De 'intensiteit', die operationeel is gedefinieerd als de 'direct/gemakkelijk beschikbare fractie fosfaat', kan worden afgeleid met 0,01 M CaCl<sub>2</sub> (Van Rotterdam-Los, 2010), conform de eerdere hypothese van Schofield (1955). De verhouding tussen capaciteit en intensiteit is een maat voor het fosfaatbufferend vermogen van de bodem (Van Rotterdam-Los, 2010).

### Box 3. Intensiteit en capaciteit van de fosfaattoestand in Nederland

Sinds 2004 wordt in Nederland een combinatie van intensiteit- en capaciteit-methoden toegepast voor het fosfaatbestedingsadvies van grasland en maïsland (combinatie van P-CaCl<sub>2</sub>-getal en P-AL-getal). Voor 2004 was het advies enkel gebaseerd op een analyse van het P-AL-getal (grasland) of Pw-getal (snijmaïs). Het besluit om een gecombineerde indicator te gebruiken is genomen op afwegingen voortkomend uit de laboratoriumpraktijk. Later is een wetenschappelijke basis gepostuleerd op basis van onderzoek van Van Rotterdam-Los (2010) en Bussink *et al.* (2011a, 2011b). Aangenomen wordt dat een gecombineerde indicator tot een nauwkeuriger advisering van de fosfaatbesteding leidt. Het concept van de gecombineerde indicator wordt schematisch toegelicht in Figuur 6, voor vier mogelijke situaties (extremen) van P-beschikbaarheid:

- A. Een lage directe beschikbaarheid en een lage 'nalevercapaciteit';
- B. Een lage directe beschikbaarheid en een hoge 'nalevercapaciteit';
- C. Een hoge directe beschikbaarheid en een lage 'nalevercapaciteit';
- D. Een hoge directe beschikbaarheid en een hoge 'nalevercapaciteit'.

De direct-beschikbare fosfaatfractie wordt bepaald met de P-CaCl<sub>2</sub>-methode, en de nalevering van fosfaat door de P-AL-methode, of door de verhouding tussen het P-AL-getal en het P-CaCl<sub>2</sub>-getal. Het idee is dat het P-CaCl<sub>2</sub>-getal inzicht geeft in de grootte van de direct-beschikbare fosfaatfractie, het P-AL-getal in de grootte van de nalevering over meerdere jaren, en de verhouding tussen P-AL-getal en P-CaCl<sub>2</sub>-getal in de mate van buffering. Voor landbouwkundige toepassingen is in Nederland nu over een periode van 10 jaar ervaring opgedaan met een set van twee indicatoren voor de bepaling van de fosfaattoestand van de bodem, d.w.z. een intensiteitsindicator (P-CaCl<sub>2</sub>) en een capaciteitsindicator (P-AL).



**Figuur 6.** Schematische weergave van het idee achter een gecombineerde indicator van de fosfaattoestand van de bodem. De bruine driehoek geeft de totale hoeveelheid fosfaat in de bodem weer, de blauwe punt geeft de grootte van de direct-beschikbare fractie weer (intensiteit), en de onderbroken lijn geeft de grens weer tussen relatief gemakkelijk (rechts van de lijn) en moeilijk (links van de lijn) na-leverbaar fosfaat (capaciteit) (Volgens Bussink *et al.*, 2011).

---

## 4 Keuze van indicatoren en klassegrenzen van de fosfaattoestand

### 4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk staat de vraag 'Welke indicatoren van de fosfaattoestand het meest geschikt zijn voor het afleiden van de fosfaattoestand-afhankelijke fosfaatgebruiksnormen?' centraal. Ook de vierde vraag in het verzoek van het ministerie van Economische Zaken aan de CDM (zie bijlage 2) "Hoe zouden eventueel gewijzigde klassen er uit kunnen zien, inclusief de daarbij behorende fosfaatgebruiksnormen?" komt aan de orde.

De keuze voor bepaalde indicatoren en klassegrenzen wordt in principe bepaald door:

- de doelen van het stelsel van gedifferentieerde fosfaatgebruiksnormen, en/of
- praktische argumenten.

In deze paragraaf worden verschillende opties besproken, gebaseerd op de voorgaande twee argumenten. Hieronder wordt eerst een analyse gegeven van de huidige normen en klassegrenzen in het stelsel van fosfaattoestand-afhankelijke fosfaatgebruiksnormen.

### 4.2 Analyse van klassegrenzen in het huidige stelsel

In het huidige stelsel van gedifferentieerde fosfaatgebruiksnormen worden vier klassen voor de fosfaattoestand van de bodem onderscheiden, namelijk arm, laag, neutraal en hoog (Tabel 1). Voor de klasse 'arm' worden aanvullende eisen gesteld wat betreft bemonstering (zie ook hoofdstuk 1).

Het stelsel van gedifferentieerde fosfaatgebruiksnormen is in 2010 ingevoerd naar aanleiding van adviezen van de Technische commissie bodem (TCB) en de CDM om de fosfaatgebruiksnormen afhankelijk te stellen van de fosfaattoestand van de bodem, conform de praktijk bij de bemestingsadvisering. Er is nu vier jaar ervaring met dit stelsel, maar er heeft nog geen specifieke evaluatie van dit stelsel plaatsgevonden; de Evaluatie Meststoffenwet 2012 (PBL, 2012) had vooral betrekking op de periode 2006 - 2010. Wel is duidelijk geworden dat veel boeren niet de fosfaattoestand van de percelen op hun bedrijf hebben laten vaststellen. Daardoor is 70% van het areaal landbouwgronden automatisch onder het regime van de lage fosfaatgebruiksnorm (behorend bij de fosfaattoestand 'hoog') komen te vallen (Willems *et al.*, 2012).

Het doel van de differentiatie van fosfaatgebruiksnormen is om op termijn voor alle landbouwgronden een fosfaattoestand te realiseren waarbij (i) fosfaat geen beperkende factor is voor de gewasopbrengst en -kwaliteit, en (ii) de belasting van het oppervlaktewater met fosfaat is teruggedrongen tot een niveau waarbij voldaan kan worden aan de doelstellingen van de Kaderrichtlijn Water. Fosfaatgebruiksnormen gedifferentieerd naar de fosfaattoestand van de bodem passen bij deze doelstellingen en zijn agronomisch (en deels ook milieukundig) goed te beargumenteren; bemesten als het nodig is. De klassegrenzen tussen laag, neutraal en goed zijn destijds bij de invoering zo gekozen dat, in combinatie met de fosfaatgebruiksnormen, (i) derving van gewasopbrengst en -kwaliteit door gebrek aan fosfaat vrijwel uitgesloten kan worden en (ii) voldoende plaatsing van dierlijke mest mogelijk is.

De differentiatie en de stapsgewijze verlaging van de fosfaatgebruiksnormen tussen 2010 en 2015 heeft de grootte van de toename van de fosfaataccumulatie in de bodem verminderd. De gemiddelde onttrekking van fosfaat door het geogoste gewas op bouwland is ongeveer 45 tot 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha per jaar en op grasland 80 tot 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha per jaar (maar met grote spreiding tussen bedrijven en tussen percelen). Vergelijking van deze waarden met die van de gebruiksnormen in Tabel 1 leidt tot de conclusie dat de aanvoer gemiddeld genomen gelijk of iets hoger is dan de afvoer door het geogoste gewas, indien bemest wordt volgens de gebruiksnormen. Dit geeft aan dat het areaal fosfaatverzadigde gronden nog niet is afgenomen en dat de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater door die gronden waarschijnlijk ook nog niet is afgenomen.

---

Om meer bij te dragen aan de realisatie van de doelstellingen van de Kaderrichtlijn Water is het gewenst dat fosfaatgebruiksnormen en klassengrenzen voor de fosfaattoestand ook gedifferentieerd worden naar grondwaterstand (hydrologie) en grondsoort. Natte gronden hebben een relatief hoog risico van fosfaatuitspoeling. Op deze gronden zouden klassengrenzen en/of fosfaatgebruiksnormen lager moeten liggen dan bij goed-ontwaterde gronden om fosfaatverliezen te beperken. Ook zijn hier mogelijk aanvullende maatregelen nodig, zoals gecontroleerde drainage van natte percelen en baggeren van sloten.

Tussen bedrijven en tussen gewassen komen ook grote verschillen voor in de afvoer van fosfaat met het geogste gewas. Aardappelen, snijmaïs en het niet-fosfaatbehoefte gewas wintertarwe zijn voorbeelden van akkerbouwgewassen met een relatief hoge fosfaatafvoer (ca. 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha per jaar, of meer). Bij gewassen als peen en knolselderij kan de afvoer meer dan 70 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha per jaar zijn. Bij graszaad, bloembolgewassen, asperges en verschillende tuinbouwgewassen is de fosfaatafvoer laag (circa 30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha per jaar, of minder). Afhankelijk van de bouwplanning en de gewasopbrengsten varieert de fosfaatafvoer op akkerbouwbedrijven gemiddeld van 40 tot 65 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha per jaar. Bij de meeste bouwplannen is de gemiddelde fosfaatafvoer gelijk aan of lager dan 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha (de gebruiksnorm voor bouwland in 2015 voor klasse neutraal). Alleen op akkerbouwbedrijven met een hoog aandeel graan en hoge graanopbrengsten is de afvoer hoger. Echter, de fosfaatbehoefte op deze bedrijven is relatief laag en bovendien, wanneer de fosfaattoestand daalt naar klasse laag, stijgt de gebruiksnorm naar 75 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha waardoor de toegestane aanvoer weer hoger is dan de afvoer.

In het algemeen is de fosfaatafvoer op tuinbouwbedrijven lager dan die op akkerbouwbedrijven (Van Dijk *et al.*, 2007). Melkveehouderijbedrijven met hoge ruwvoerbenutting oogsten 20 tot 60 kg fosfaat per ha per jaar meer dan melkveebedrijven met een geringe ruwvoerbenutting van het eigen bedrijf. Deze variatie kan worden ondervangen door fosfaatgebruiksnormen ook afhankelijk te maken van de fosfaatafvoer met het geogste gewas (opbrengstafhankelijke gebruiksnormen).

*Samengevat*, het principe van het stelsel 'fosfaattoestand-afhankelijke fosfaatgebruiksnormen' is landbouwkundig en milieukundig gezien juist, maar het houdt geen rekening met (i) de variatie tussen bedrijven in gewasopbrengsten en in fosfaatbehoefte van de gewassen, en (ii) tussen gebieden in de gevoeligheid van bodems voor fosfaatuitspoeling. Ook is de differentiatie in fosfaatgebruiksnormen om alle doelstellingen gelijktijdig te kunnen realiseren; door een sterkere differentiatie van gebruiksnormen naar fosfaattoestand en samenstelling bouwplan, en door differentiatie naar fosfaatafvoer met het geogste gewas en grondwaterstand zouden de doelstellingen eerder gerealiseerd kunnen worden. De grenswaarden voor de fosfaattoestand 'laag', 'neutraal' en 'hoog' bij de fosfaattoestand-afhankelijke gebruiksnormen (Tabel 1) liggen relatief hoog ten opzichte van de grenswaarden voor de fosfaattoestand (vrij) 'laag', 'voldoende' en 'ruim voldoende' bij de bemestingsadviezen (Tabel 2). Dit impliceert dat het risico van derving van gewasopbrengst en -kwaliteit door fosfaatgebrek klein is bij een fosfaattoestand 'neutraal' en 'hoog'.

Om alle doelstellingen te realiseren, zou het stelsel van de fosfaattoestand-afhankelijke fosfaatgebruiksnormen verder uitgebreid moeten worden met:

- differentiatie van gebruiksnormen naar de fosfaatbehoefte van de gewassen in het bouwplan;
- differentiatie van gebruiksnormen naar fosfaatonttrekking op melkveehouderijbedrijven;
- differentiatie van gebruiksnormen naar de fosfaat-uitspoelingsgevoeligheid van percelen; en
- aanvullende maatregelen ter beperking van fosfaatbelasting van het oppervlaktewater door natte percelen.

## 4.3 Optie 1: Geen wijziging van indicatoren

Optie 1 is continuering van de huidige methoden voor de bepaling van de fosfaattoestand en van het huidige stelsel van gedifferentieerde fosfaatgebruiksnormen. Mogelijke argumenten voor deze optie zijn:

- Het mechanisme van fosfaattoestand-afhankelijke fosfaatgebruiksnormen is agronomisch en milieukundig juist;
- De verschillen tussen relevante indicatoren voor de fosfaattoestand van de bodem (Pw-getal, P-AL-getal, P-CaCl<sub>2</sub>) in de voorspelling van de gewasreactie zijn gering;
- De fosfaattoestand van de bodem heeft een beperkte voorspellende waarde voor de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater, en verschillen tussen mogelijke indicatoren voor de fosfaattoestand van de bodem (Pw-getal, P-AL-getal, P-CaCl<sub>2</sub>, P-ox-getal) in voorspellende waarde zijn daardoor waarschijnlijk ook gering (al is dit niet empirisch onderzocht);
- Veranderingen in indicatoren brengen kosten met zich mee;
- Veranderingen in indicatoren en dus in klassegrenzen leiden waarschijnlijk tot veranderingen in mestplaatsingsruimte.

Mogelijke argumenten tegen deze optie zijn:

- Er is in de praktijk weinig vertrouwen in het Pw-getal; dit is een van de redenen dat de fosfaatbestedingsadviezen voor grasland en snijmaïs nu op een gecombineerde indicator (P-AL-getal, P-CaCl<sub>2</sub>) zijn gebaseerd.
- Laboratoria vinden de Pw-methode bewerkelijk en tijdrovend.

## 4.4 Optie 2: Uniforme, gecombineerde indicatoren

Optie 2 vloeit voort uit huidige ontwikkelingen in de praktijk: (i) de introductie in het grondonderzoek van de multi-nutriënt extractievloeistof 0,01 M CaCl<sub>2</sub> voor bouwland en grasland, (ii) een toenemend gebruik van een gecombineerde indicator voor de fosfaattoestand (P-AL-getal als capaciteitsindicator en P-CaCl<sub>2</sub>-getal als intensiteitsindicator) in de praktijk, tot uiting komend onder andere in de aanpassing van de fosfaatbestedingsadviezen voor grasland en snijmaïs, en (iii) op een toenemend areaal is er een rotatie van grasland en akkerbouwgewassen waardoor uniforme indicatoren voor grasland en bouwland handiger zijn geworden.

De eerste twee genoemde trends komen voort uit ontwikkelingen bij de (grote) laboratoria, en een groot deel van de landbouwpraktijk heeft deze ontwikkelingen omarmd en geaccepteerd. Waarschijnlijk zet deze trend door en worden ook de bemestingsadviezen voor fosfaat van akkerbouwgewassen en vollegrondsgroentegewassen in de toekomst gebaseerd op de gecombineerde indicator, al vergt dit nog een forse inspanning met betrekking tot herkalibratie en toetsing van de nieuwe indicatoren aan de reacties van gewassen op fosfaattoestand en -bemesting. Op dit moment zijn de reacties van akkerbouwgewassen (uitgezonderd snijmaïs en aardappel), in opbrengst en kwaliteit, niet gekalibreerd aan gecombineerde indicatoren voor de fosfaattoestand. Door gebruik te maken van gecombineerde indicatoren wordt informatie uit de praktijk verzameld en kan een stapsgewijze, gefaseerde kalibratie plaatsvinden (Reijneveld, 2013; Bussink *et al.*, 2014).

In Tabel 3 wordt een voorstel gegeven voor een uniforme indeling van de fosfaattoestand van bouwland en grasland, op basis van P-AL-getal (capaciteitsindicator) en P-CaCl<sub>2</sub>-getal (intensiteitsindicator). Voor het P-AL-getal zijn de huidige klassegrenzen (zie Tabel 1) overgenomen; voor grasland is dit gepast, maar voor bouwland ligt dit mogelijk anders. Voor bepaalde gewasgroepen (vooral groepen 0 en 1) zouden de grenzen mogelijk wat hoger moeten liggen. De CDM-werkgroep adviseert om een nadere studie uit te voeren naar de meest wenselijke klassegrenzen, gelet op de doelstelling van het fosfaatbeleid maar ook op de mestplaatsingsruimte. Voor P-CaCl<sub>2</sub>-getal bestaan nu geen klassegrenzen. Het P-CaCl<sub>2</sub>-getal varieert in de praktijk van 0,2 (detectielimiet) tot meer dan 6 mg P per kg. Bij een P-CaCl<sub>2</sub>-getal <1 mg P per kg wordt vaak een reactie van het gewas op fosfaattoestand en fosfaatbemesting waargenomen en bij een P-CaCl<sub>2</sub>-getal >3 is die reactie (vrijwel) afwezig (Ehlert *et al.*, 2014; Adviesbasis Grasland en voedergewassen, fosfaat, 2013; <http://www.bemestingsadvies.nl/>). De CDM-werkgroep adviseert om ook hier via een aanvullende studie de meest wenselijke klassegrenzen af te leiden, gelet op de doelstellingen van het fosfaatbeleid en de mestplaatsingsruimte. Op basis van de nu beschikbare gegevens zouden voor grasland de grenzen tussen 'arm', 'laag', 'neutraal' en 'hoog' bij een P-CaCl<sub>2</sub>-getal van 0,7; 1,5; en 3,0 mg P kg<sup>-1</sup> kunnen liggen. Voor bouwland zouden deze grenzen mogelijk wat hoger moeten liggen, vooral bij gewasgroepen 0 en 1.

Tabel 3.

Uniforme beoordeling van de fosfaattoestand van grasland en bouwland met een gecombineerde indicator (P-CaCl<sub>2</sub>-SFA als intensiteitsindicator en P-AL-getal als capaciteitsindicator). De aanduidingen laag, neutraal en hoog geven aan welke fosfaatgebruiksnormen van toepassing zijn voor grasland en bouwland. De afkorting SFA staat voor 'segmented flow analysis', d.w.z. P-CaCl<sub>2</sub>-SFA heeft betrekking op het anorganische fosfaat dat met 0,01 M CaCl<sub>2</sub> wordt geëxtraheerd.

P-CaCl <sub>2</sub> -SFA, mg P kg <sup>-1</sup> *	Bouwland en grasland			
	P-AL-getal, mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (100 g) <sup>-1</sup>			
	<16	<27	27-50	>50
A	arm	arm	laag	neutraal
B	arm	laag	neutraal	neutraal
C	laag	neutraal	neutraal	hoog
D	neutraal	neutraal	hoog	hoog

\*Klassegrenzen dienen nog vastgesteld te worden

Samengevat, optie 2 komt tegemoet aan een of meerdere bezwaren die genoemd zijn bij optie 1 en volgt uit een aantal ontwikkelingen die in de praktijk van het grondonderzoek en de bemestingsadviesing worden waargenomen. Het nadeel van optie 2 is dat de klassegrenzen voor het P-CaCl<sub>2</sub>-getal nog niet bekend zijn voor bouwland en grasland en dat ook de klassegrenzen voor het P-AL-getal voor bouwland beter onderbouwd dient te worden. Vaststelling van de klassegrenzen vraagt ook beleidsmatige keuzes. Het is niet uitgesloten dat invoering van deze optie tot verschuivingen in de grootte van de mestplaatsingsruimte en de grootte het mestoverschot leiden, maar zonder aanvullende studies kan geen uitspraak worden gedaan over de grootte van deze effecten.

## 4.5 Optie 3: als optie 2 maar met P-CaCl<sub>2</sub> en P-ox of FVG

Optie 3 vloeit voort uit optie 2 en de overweging dat oxalaat-extraheerbaar fosfaat (P-ox) of de FosfaatVerzadigingsGraad (FVG), gebaseerd op P-ox en Fe-ox en Al-ox, een vergelijkbare of mogelijk een betere capaciteitsindicator is dan het P-AL-getal voor de reactie van het gewas op fosfaattoestand en dat P-ox met (Al+Fe)ox een betere indicator is dan het P-AL-getal, voor de duiding van de gevoeligheid van zandgronden voor fosfaatuitspoeling uit de bovengrond naar de ondergrond.

Momenteel worden P-ox en FVG niet gebruikt in de landbouw en bemestingsadviesing. Toch blijkt dat P-ox en FVG goede indicaties geven van de reactie van het gewas op de fosfaattoestand (Ehlert *et al.*, 2014). P-ox geeft weer hoeveel fosfaat reversibel gebonden is aan de bodem en dus in potentie beschikbaar is voor het gewas. Het is een capaciteitsindicator; met de P-ox-methode wordt meer fosfaat uit de bodem geëxtraheerd dan met de P-AL-methode.

Tabel 4.

Uniforme beoordeling van de fosfaattoestand van grasland en bouwland met een gecombineerde indicator (P-CaCl<sub>2</sub>-SFA als intensiteitsindicator en P-ox als capaciteitsindicator). De afkorting SFA staat voor 'segmented flow analysis', d.w.z. P-CaCl<sub>2</sub>-SFA heeft betrekking op het anorganische fosfaat dat met 0,01 M CaCl<sub>2</sub> wordt geëxtraheerd.

P-CaCl <sub>2</sub> -SFA, mg P kg <sup>-1</sup> *	Bouwland en grasland			
	P-ox, mg P kg <sup>-1</sup> **			
	a	b	c	d
A	arm	arm	laag	neutraal
B	arm	laag	neutraal	neutraal
C	laag	neutraal	neutraal	hoog
D	neutraal	neutraal	hoog	hoog

\*Grenzen tussen de klassen A, B, C, en D dienen nog vastgesteld te worden

\*\*\*) Grenzen tussen de klassen a, b, c, en d dienen nog vastgesteld te worden.

Voor P-ox bestaan nu geen klassegrenzen en ook elke landbouwkundige onderbouwing voor die klassegrenzen ontbreekt. Met andere woorden, introductie van P-ox vergt een omvangrijke kalibratie. P-ox varieert in de praktijk van 100 tot meer dan 1000 mg P per kg. Ehlert *et al.* (2014) vonden een vrij sterke reactie van het gewas bij een P-ox waarde <150 mg P per kg en weinig reactie bij een P-ox waarde >500 mg P per kg. Mogelijke grenzen tussen de klassen laag, neutraal en hoog zouden derhalve kunnen zijn de P-ox waarden van 150, 300 en 500 mg P per kg (Tabel 4).

*Samengevat*, optie 3 bouwt voort op optie 2; het P-AL-getal is vervangen door P-ox, omdat deze indicator een vergelijkbare of betere voorspelling van de reactie van het gewas geeft dan het P-AL-getal, volgens de studie van Ehlert *et al.* (2014), en omdat P-ox in combinatie met (Al+Fe)ox een goede indicator is voor de fosfaatverzadigingsgraad (FVG) van de bodem. De voornoemde bezwaren van optie 2 gelden echter ook voor optie 3, en zelfs in versterkte mate; de klassegrenzen zijn niet bekend. Ook is het areaal landbouwgrond met toestand laag, neutraal en hoog niet bekend, waardoor ook de grootte van de mestplaatsing onbekend is. Bovendien werkt P-ox en FVG minder goed in kalkrijke gronden en veengronden.

## 4.6 Optie 4: Een vereenvoudigd stelsel met enkelvoudige indicator

Deze optie is gebaseerd op de overweging dat de grondanalysemethode in een stelsel van fosfaat-toestand-afhankelijke fosfaatgebruiksnormen eenvoudig en robuust dient te zijn. Dat leidt tot een stelsel met een enkelvoudige indicator, waar ervaring mee is in de praktijk. Het P-AL-getal komt daarvoor in aanmerking (Tabel 5). Deze optie heeft de voordelen genoemd bij optie 1 maar niet de bezwaren van het Pw-getal. Bovendien is bij een vereenvoudigd stelsel minder kalibratie nodig. Ook voor handhaving en administratieve lasten is dit een eenvoudige optie.

Een nadeel is dat het P-AL-getal tot nu toe enkel is toegepast op grasland, boomkwekerijgewassen en buitenbloemen en niet in de akkerbouw, bloembollenteelt en vollegrondsgroenteteelt en dat de relatie met het risico van fosfaatverliezen naar het oppervlaktewater niet kwantitatief bekend is. In het verleden is via onderzoek (veldproeven) vastgesteld dat de gewasopbrengst van fosfaatbehoeftegewassen (gewasgroep 0) in Nederland beter was gecorreleerd met het Pw-getal dan met het P-AL-getal. Bij gewassen van gewasgroep 0 kan de gewasreactie op fosfaatbemesting met het P-AL-getal mogelijk worden onderschat. Voor grasland kunnen de huidige klassegrenzen worden gehandhaafd (d.w.z., 16, 27, en 50 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100 g<sup>-1</sup>; zie Tabel 1). Voor bouwland ligt dit mogelijk anders; voor bepaalde gewasgroepen (vooral groepen 0 en 1) zouden de grenzen mogelijk wat hoger moeten liggen (of de fosfaatgebruiksnormen voor de klassen arm en laag zouden wat hoger gesteld kunnen worden).

Tabel 5.

*Een vereenvoudigd stelsel met P-AL-getal als enkelvoudige indicator van de fosfaattoestand van grasland en bouwland. De aanduidingen laag, neutraal en hoog geven aan welke fosfaatgebruiksnormen van toepassing zijn voor grasland en bouwland.*

Bouwland en grasland			
P-AL-getal, mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 100 g <sup>-1</sup> *			
a	b	c	d
arm	Laag	neutraal	hoog

\*) Grenzen tussen de klassen a, b, c, en d dienen nog vastgesteld te worden.

---

## 4.7 Optie 5: De fosfaatbalans als basis voor de afleiding van fosfaatgebruiksnormen

Deze optie is gebaseerd op het principe van 'evenwichtsbemesting', op de fosfaatbalans van een bedrijf. De fosfaatgebruiksnorm wordt afgeleid van de gemiddelde afvoer van fosfaat met het geogste gewas of product van een bedrijf. Is de fosfaatafvoer hoog dan is de fosfaatgebruiksnorm ook hoog; is de fosfaatafvoer laag dan is de fosfaatgebruiksnorm ook laag. De fosfaatafvoer wordt op bedrijfsniveau vastgesteld.

In deze optie zijn de fosfaatgebruiksnormen dus niet gebaseerd op de fosfaattoestand maar op de fosfaatbalans. Een combinatie is ook mogelijk; bij lage fosfaattoestand zou de fosfaatgebruiksnorm gebaseerd kunnen worden op de fosfaattoestand en bij voldoende en hoge fosfaattoestand op de fosfaatbalans.

Deze optie is gebaseerd op de overweging dat (i) de gemiddelde fosfaatonttrekking door het gewas nogal verschilt tussen bedrijven, (ii) vooral een onderhoudsbemesting nodig is bij fosfaat, omdat de fosfaattoestand van veel percelen (ruim) voldoende is, en (iii) de fout in de bepaling van de fosfaattoestand relatief groot is (door variatie binnen percelen en door intra- en inter-laboratoria variaties in de bepaling van de fosfaattoestand). Deze optie sluit ook aan op de ontwikkeling en toepassing van de emissiewijzer in de melkveehouderij (gebruik van de Kringloopwijzer). Het vergt goede monitoring en registratie van de fosfaatafvoer met het geogste gewas en met dierlijke producten (inclusief mest). Deze optie komt tegemoet aan de wens om opbrengst-afhankelijke gebruiksnormen in te voeren.

Het nadeel van deze optie is dat percelen met lage fosfaattoestand en een hoge fosfaattoestand gelijkelijk onderworpen worden aan het regime van 'evenwichtsbemesting'. Op percelen met een lage fosfaattoestand wordt dan niet de economisch optimale gewasopbrengst gerealiseerd, omdat de toegestane fosfaatbemesting mogelijk onvoldoende is bij deze fosfaattoestand. Op percelen met een hoge fosfaattoestand wordt toegestaan om de fosfaatgift gelijk te stellen aan de fosfaatafvoer, terwijl dat vanuit bemestingsoogpunt niet nodig is en vanuit milieukundig oogpunt ongewenst is. Een ander nadeel is dat geen onderscheid wordt gemaakt naar gewasgroepen, naar de fosfaatbehoefte van de gewassen (zie paragraaf 2.7). Ter illustratie, wintertarwe heeft een relatief hoge fosfaatafvoer maar relatief groot wortelstelsel en reageert daardoor niet of nauwelijks op fosfaatbemesting of fosfaattoestand. Verschillende groentegewassen met een kort groeiseizoen en weinig ontwikkeld wortelstel hebben een relatief grote fosfaatbehoefte maar geringe fosfaatafvoer met het geogste gewas. Niet uitgesloten kan worden dat fosfaatevenwichtsbemesting tot opbrengstderving zal leiden op bedrijven met een hoog aandeel fosfaatbehoefte gewassen in het bouwplan, maar met een lage fosfaatafvoer. Tegelijkertijd zal een hoge fosfaattoestand hoog blijven, waardoor het risico van fosfaatverliezen naar ondergrond en oppervlaktewater relatief hoog blijven.

## 4.8 Discussie en advies

In de voorgaande paragrafen 4.3 – 4.7 werden de voor- en nadelen van vijf verschillen opties voor de vaststelling van de fosfaattoestand, ter afleiding van de fosfaatgebruiksnormen besproken. In deze paragraaf worden opties tegen elkaar afgewogen.

### 4.8.1 Te realiseren doelstellingen

Het primaire doel van de differentiatie van fosfaatgebruiksnormen is om op termijn voor alle landbouwgronden een fosfaattoestand te realiseren waarbij (i) fosfaat geen beperkende factor is voor de gewasopbrengst en -kwaliteit, en (ii) de belasting van het oppervlaktewater met fosfaat is teruggedrongen tot een niveau waarbij voldaan kan worden aan de doelstellingen van de Kader-richtlijn Water. Daarenboven speelt de mestplaatsingsruimte een rol; deze hangt vrijwel rechtstreeks samen met de fosfaatgebruiksnormen.



---

Differentiatie van fosfaatgebruiksnormen naar de fosfaattoestand van de bodem draagt direct bij aan de realisatie van de eerste doelstelling. Gewassen reageren op fosfaatbemesting als de fosfaattoestand minder is dan de klasse 'voldoende' (volgens de bemestingsadviesbasis; minder dan neutraal volgens het stelsel van gedifferentieerde fosfaatgebruiksnormen). Een economisch optimale gewasopbrengst met fosfaatbemesting wordt enkel gerealiseerd als de fosfaattoestand hoger is dan de klasse 'laag' (volgens de bemestingsadviesbasis; minder dan 'arm' volgens het stelsel van gedifferentieerde fosfaatgebruiksnormen). Daarbij geldt de wet van de 'verminderde meeropbrengsten'. De grenzen verschillen tussen gewasgroepen.

Realisatie van de tweede doelstelling (de belasting van het oppervlaktewater met fosfaat is teruggedrongen tot een niveau waarbij voldaan kan worden aan de doelstellingen van de Kaderrichtlijn Water) lijkt alleen mogelijk met aanvullende maatregelen (perceel-specifieke drainage, baggeren, etc.). Bovendien moeten de fosfaatgebruiksnormen sterker worden gedifferentieerd naar de fosfaattoestand, d.w.z. bij een fosfaattoestand 'hoog' geen fosfaatbemesting toe passen, conform de formele fosfaatbemestingsadviezen.

*Samenvattend*, differentiatie van fosfaatgebruiksnormen naar de fosfaattoestand van de bodem is principieel juist, geredeneerd vanuit de gestelde doelen. Het aantal van vier klassen lijkt passend bij de gestelde doelstellingen. Voor realisatie van de tweede doelstelling is een sterkere differentiatie van de fosfaatgebruiksnormen nodig dan momenteel (zie Tabel 1) het geval is.

#### 4.8.2 Welke indicator(en)?

De keuze van een bepaalde indicator van de fosfaattoestand draagt minder bij aan het realiseren van voornoemde doelstellingen dan de keuze van klassegrenzen voor de fosfaattoestand en de keuze van de bijbehorende fosfaatgebruiksnormen. Uit verschillende onderzoeken blijkt namelijk dat de verschillen relatief klein zijn tussen indicatoren in het bepalen van de fosfaattoestand. Vanuit de theorie kan beredeneerd worden dat een gecombineerde indicator een betere bepaling geeft van de fosfaattoestand, en daarmee een betere voorspelling geeft van de reactie van het gewas, dan een enkelvoudig indicator (Van Rotterdam-Los, 2010). De beschikbare empirische data over verschillen tussen gecombineerde en enkelvoudige indicatoren is echter beperkt (voor twee of drie gewassen) en verschillen worden niet gelijkmatig geïnterpreteerd. Vanuit de theorie kan ook beredeneerd worden dat een gecombineerde indicator een betere voorspelling geeft van het risico van fosfaatuitspoeling uit de bovengrond naar de ondergrond dan een enkelvoudig indicator, maar de empirische kennis is beperkt over de relaties tussen indicatoren van de fosfaattoestand van landbouwgronden en de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater door die gronden.

Ook andere overwegingen spelen een rol bij beantwoording van de vraag 'Welke indicatoren van de fosfaattoestand zijn het meest geschikt zijn voor het afleiden van de fosfaattoestand-afhankelijke fosfaatgebruiksnormen?' De praktijk heeft weinig vertrouwen in het Pw-getal, de indicator die nu wordt gebruikt voor de afleiding van de fosfaatgebruiksnormen voor bouwland. Ook speelt een rol dat het bemestingsonderzoek is geprivatiseerd. Het laboratorium dat de meeste grondmonsters van Nederlandse bodem analyseert, investeert in gecombineerde indicatoren (en in de 0,01 M CaCl<sub>2</sub> extractiemethode) en bepaalt sinds een aantal jaren het Pw-getal niet meer (wordt enkel berekend uit andere bepalingen). Dit impliceert dat kennis over enkelvoudige indicatoren en vooral over het Pw-getal niet of veel minder up-to-date wordt gehouden. De Technische Commissie Bodem en de CDM wezen eerder ook op het belang van aansluiting bij ontwikkelingen in de praktijk van het grondanalyse-onderzoek.

Een andere overweging is de uniformering van grondanalysemethoden over sectoren (d.w.z. grasland en bouwland), omdat dat leidt tot kostenbesparingen bij laboratoria en boeren, en omdat er veel meer rotatie plaatsvindt tussen grasland en akkerbouw. Een gecombineerde indicator biedt in theorie meer kans op een bevredigende uniformering dan een enkelvoudige indicator. De Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen heeft recent besloten de fosfaatbemestingsadviezen voor zowel grasland als snijmaïs te baseren op de gecombineerde indicator P-CaCl<sub>2</sub> en P-AL-getal. Dit betekent dat op tweederde van het areaal landbouwgrond in Nederland reeds een gecombineerde indicator wordt toegepast in de bemestingsadvisering.

---

Al deze overwegingen geven argumenten om te kiezen voor optie 2 'Een gecombineerde indicator'. Opties 3, 4 en 5 hebben meer nadelen dan optie 2, vooral op de korte termijn, deels omdat de onderbouwing van de klassegrenzen ontbreekt. Een combinatie van optie 2 en optie 5 geeft de meeste flexibiliteit om te sturen; optie 4 geeft de minste flexibiliteit. Optie 3 vergt meer onderzoek.

#### 4.8.3 Waar worden doelstellingen gerealiseerd en wanneer?

De fosfaattoestand varieert van perceel tot perceel. Ook binnen een bedrijf en binnen een perceel is er grote variatie. Dat komt door de bemestingshistorie en door de natuurlijke variatie in bodemgesteldheid. Binnen het stelsel van fosfaatgebruiksnormen heeft een bedrijf met percelen met ongelijke fosfaattoestand de vrijheid (de mogelijkheid) relatief veel fosfaat toedienen aan percelen met lage fosfaattoestand en weinig aan percelen met hoge fosfaattoestand. De variatie in mogelijke fosfaatbemesting tussen percelen binnen een bedrijf is daardoor groter dan de verschillen tussen fosfaatgebruiksnormen. In de praktijk is bemesten naar fosfaattoestand vaak toch lastig omdat verreweg het meeste fosfaat via dierlijke mest wordt toegediend en dan gelijktijdig ook stikstof (en kalium en andere nutriënten) wordt toegediend, waardoor de werkelijke speelruimte om met fosfaatbemesting te sturen kleiner is dan hiervoor geschetst. Mestscheiding geeft de mogelijkheid om mestfracties met verschillende stikstof – fosfaatverhouding te verkrijgen, waardoor meer precisiebemesting mogelijk is.

#### 4.8.4 Advies

De CDM-werkgroep adviseert om het stelsel van fosfaattoestand-afhankelijke fosfaatgebruiksnormen handhaven, omdat de variatie tussen percelen in fosfaattoestand groot is. Percelen met een hoge fosfaattoestand vragen veel minder (tot geen) fosfaatbemesting voor een economisch optimale opbrengst dan percelen met een lage fosfaattoestand, conform het principe van de bemestingsadviesbasis.

De CDM-werkgroep adviseert om de huidige twee, enkelvoudige indicatoren van de fosfaattoestand voor respectievelijk bouwland en grasland te vervangen door een gecombineerde, uniforme indicator (P-AL en P-CaCl<sub>2</sub>) voor alle landbouwgronden (conform optie 2). De grenzen tussen de fosfaattoestandklassen arm, laag, neutraal en hoog dienen nog wel vastgesteld te worden.

De werkgroep adviseert om de relatie tussen de gecombineerde indicator en de fosfaatverliezen uit bovengrond naar ondergrond en naar het oppervlaktewater te kwantificeren en de gevolgen van de toepassing van de gecombineerde indicator voor de mestplaatsingsruimte te monitoren.

Er zijn geen argumenten om voor grasland de klassegrenzen voor het P-AL-getal aan te passen (zie ook paragraaf 4.8.1). Deze klassegrenzen zijn afgeleid van de ondergrenzen van de klassen 'laag' (16 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100 g<sup>-1</sup>), 'voldoende' (27 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100 g<sup>-1</sup>), en 'hoog' (50 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100 g<sup>-1</sup>) van de fosfaatbemestingsadviezen voor grasland en hebben derhalve een referentiebasis. Deze klassegrenzen komen ook redelijk goed overeen met de klassegrenzen voor het P-AL-getal in de fruitteelt en boomkwekerij. Deze klassegrenzen zijn waarschijnlijk ook toepasbaar in de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt, met uitzondering van gewasgroepen 0 en 1.

De klassegrenzen voor P-CaCl<sub>2</sub> bij de gecombineerde indicator zijn lastiger te definiëren, omdat er minder referentie is. Op basis van de resultaten van Bussink *et al.* (2011a, 2011b) en Ehlert *et al.* (2014) worden de volgende klassegrenzen voor grasland voorgesteld: <0,7 mg P kg<sup>-1</sup> voor de klasse 'arm'; 0,7 – 1,5 mg P kg<sup>-1</sup> voor de klasse 'laag'; 1,5 – 3,0 mg P kg<sup>-1</sup> voor de klasse 'neutraal'; en >3,0 mg P kg<sup>-1</sup> voor de klasse 'hoog'. Voor bouwland zouden de grenzen mogelijk hoger moeten liggen.

Conform eerdere beschouwingen (in paragraaf 4.8.1.) zijn er geen duidelijke argumenten om bij een gecombineerde indicator meer klassen en dus meer variatie in gebruiksnormen te onderscheiden. De vier onderscheiden klassen arm, laag, neutraal en hoog lijken voldoende.

---

# 5 Implicaties van de implementatie van nieuwe indicatoren

## 5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk staat de derde vraag in het verzoek van het ministerie van Economische Zaken aan de CDM centraal (zie bijlage 2): 'Wat zijn de implicaties van het gebruik van nieuwe indicatoren voor de huidige wettelijke indeling van bouwland en grasland in fosfaatklassen'.

De keuze van indicatoren voor vaststelling van de fosfaattoestand om fosfaatgebruiksnormen af te leiden, heeft verschillende mogelijke consequenties.

1. Veranderen van indicatoren kunnen verschuivingen teweegbrengen in klassegrenzen van de fosfaattoestand en daarmee in de hoogte van de fosfaatgebruiksnormen en de daaruit voortvloeiende plaatsing van dierlijke mest, afhankelijk van het aantal fosfaattoestandsklassen. Dit kan gevolgen hebben voor het regionale mestoverschot en de mestverwerkingspercentages in de systematiek van de wettelijk verplichte mestverwerking.
2. Veranderen van indicatoren vraagt ook tijd voor gewenning en adaptatie, tijd van boeren, laboratoria, beleidsmakers, controleurs en onderzoekers. Veranderingen gaan mogelijk in het begin ook gepaard met fouten die later dan weer hersteld moeten worden.
3. De praktijk bij het vaststellen van fosfaattoestand-afhankelijke fosfaatgebruiksnormen is verstrengd met de praktijk bij het vaststellen van de bemestingsadviezen; veranderingen in de systematiek bij het vaststellen van fosfaattoestand-afhankelijke fosfaatgebruiksnormen heeft derhalve, zeker op termijn gevolgen voor de praktijk en basis van de bemestingsadviezen.

Deze mogelijke consequenties moeten worden afgewogen tegen de winst van een verbeterde methodiek, nu en op de langere termijn. Daarbij worden frequente kleine veranderingen vaak anders gepercipieerd door boeren, laboratoria, beleidsmakers, controleurs en onderzoekers dan eenmalige drastische veranderingen. Een eenmalige drastische verandering vraagt veel overredingskracht en inspanning van betrokkenen gedurende korte periode, maar geeft daarna duidelijkheid voor de verdere periode bij de gebruikers. Frequente kleine veranderingen en aanpassingen kunnen gemakkelijker worden uitgevoerd, maar geven meer onduidelijkheid en onzekerheid voor de langere termijn. Met andere woorden, de tijdsduur van de invoering kan ook effect hebben op het beeld en de waardering van voorgestelde veranderingen.

In dit hoofdstuk worden enkele consequenties verder bediscussieerd.

## 5.2 Implicaties zijn afhankelijk van de fosfaattoestand en klassengrootte

Bij evenwichtsbemesting zijn de fosfaatgebruiksnormen gemiddeld genomen gelijk aan de fosfaat-afvoer met het geoogste gewas of afvoer met landbouwproducten. Dit betekent dat gemiddeld genomen de fosfaattoestand van de bodem in de toekomst niet veel zal veranderen, behalve op percelen waar de fosfaatonttrekking fors lager of hoger is dan de aanvoer volgens de fosfaatgebruiksnorm. Volgens overzichten van Reijneveld (2013) valt ongeveer 50% van het aantal geanalyseerde grondmonsters in de klasse 'hoog'. Voor deze percelen heeft een boer niet veel redenen om de fosfaattoestand te laten analyseren en zijn de implicaties van het gebruik van nieuwe indicatoren voor de fosfaattoestand dus minimaal (afwezig). De praktijk weet dit; slechts 40% van de percelen bouwland en slechts 55% van de percelen grasland zijn in 2013 geanalyseerd op fosfaattoestand. Vooral in de regio Zuid en de regio Oost is het percentage niet-bemonsterde percelen hoog, omdat de fosfaattoestand van veel percelen daar hoog is.

Mogelijke implicaties van het gebruik van nieuwe indicatoren voor de fosfaattoestand zijn ook afhankelijk van het aantal en de grootte van de klassen voor de fosfaattoestand. Hoe groter het aantal

---

klassen en hoe kleiner de verschillen tussen klassen, hoe groter de kans dat bij introductie van nieuwe indicatoren er verschuivingen optreden. Ook de standaardafwijking van de analyses van de oude en nieuwe indicatoren en de binnen-laboratoria herhaalbaarheid en de tussen-laboratorium reproduceerbaarheid van de indicatoren speelt daarbij een rol. De standaardafwijking van de analyses van Pw-getal, P-AL-getal en P-CaCl<sub>2</sub> is in de orde van grootte 5 tot 15% binnen een laboratorium, afhankelijk ook van de hoogte van de fosfaattoestand, en verschilt niet veel tussen de indicatoren (Ehlert *et al.*, 2006). De fout, die door bemonstering wordt gemaakt, is in de orde van grootte van 10 tot 20% (Ehlert *et al.*, 2005). De bemonsteringsfout en analysefout samen komen tot uiting in een variatie van globaal 4 tot 8 eenheden voor het Pw-getal en P-AL-getal in het gangbare traject van 30 tot 60 Pw- of P-AL-eenheden. Voor P-CaCl<sub>2</sub> is de mogelijke variatie door de bemonsterings- en analysefout globaal in de orde van grootte van 0,5 tot 1,0 eenheden, voor het gangbare traject tussen 0,5 en 5 P-CaCl<sub>2</sub>-eenheden.

De verschillen tussen de huidige klassen laag en hoog bedragen voor Pw-getal 19 eenheden en voor het P-AL-getal 23 eenheden (zie Tabel 1). Dit impliceert dat de mogelijke variatie die teweeg wordt gebracht door bemonsterings- en analysefouten in de orde van grootte van 25 tot 50% van de huidige klassebreedtes is. De kans op verschuiving van klassen bij her-bemonstering en -analyse en bij ingebruikneming van nieuwe indicatoren en/of andere laboratoria is derhalve aanzienlijk.

Grondonderzoek loont als aangetoond kan worden dat de fosfaattoestand door (her-)analyse een klasse lager uitvalt. Ter illustratie het volgende voorbeeld. Indien 1 grondmonster (à 25 euro) wordt genomen per 5 ha per 4 jaar en door dat grondonderzoek wordt aangetoond dat de fosfaattoestand een klasse naar beneden gaat, dan is de hoeveelheid fosfaat die extra toegediend mag worden op deze 5 ha in de orde van grootte van 100 tot 300 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in vier jaar. Bij een negatieve prijs van dierlijke mest van circa 5 euro per m<sup>3</sup> met 3 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> heeft het fosfaat uit dierlijke mest een geldelijke waarde van ongeveer 1,5 euro per kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Met andere woorden, als door grondonderzoek kan worden aangetoond dat de fosfaattoestand een klasse lager uitkomt dan eerst gedacht, dan kan dat betekenen dat de afnemer van de dierlijke mest 167 tot 500 euro extra ontvangt per 5 ha over een periode van 4 jaar. Dat is een factor 7 tot 15 keer meer dan de kosten voor grondonderzoek.

### 5.3 Consequenties voor de mestmarkt

Ruim 50% van de dierlijke mest kon in de voorbije 5 jaren worden afgezet op de bedrijven waar de mest wordt geproduceerd (Koeijer *et al.*, 2014). De overige 45-50% moet worden afgevoerd naar andere bedrijven of worden geëxporteerd al dan niet na bewerking en verwerking. Bij de plaatsing van dierlijke mest zijn in veel gevallen de fosfaatgebruiksnormen beperkend. Veranderingen in de indicatoren voor de fosfaattoestand zal mogelijk verschuivingen teweegbrengen in de arealen met fosfaattoestand laag, neutraal en hoog, en daarmee in de grootte van de mestplaatsingsruimte. Dit kan vervolgens gevolgen hebben voor regionale mestoverschotten.

Door een goede kalibratie van 'nieuwe' indicatoren op de 'oude' indicatoren kunnen de consequenties van het gebruik van nieuwe indicatoren sterk worden beperkt. Het knelpunt is evenwel dat de relaties tussen indicatoren worden beïnvloed door bodemfactoren. Om daar voor te corrigeren, zijn data nodig die nu in handen zijn van private laboratoria; de omrekeningen van de ene indicator naar de andere worden door deze laboratoria op verzoek vrijgegeven, in de vorm van klassegrenzen, maar de onderliggende relaties niet. De betrouwbaarheid en de onzekerheid in de relaties en in de opgeleverde klassegrenzen kunnen daardoor niet worden geverifieerd.

### 5.4 Trend naar meer uniformering in methodiek en bemonsteringsdiepte

Bij de herziening van het advies voor fosfaatbemesting van grasland in 2012 is voor een gecombineerde indicator gekozen (P-AL-getal en P-CaCl<sub>2</sub>) als basis voor de advisering van de fosfaatbemesting van de eerste snede. Bij de herziening van het advies voor fosfaatbemesting van

---

maïsland in 2012 is ook voor een gecombineerde indicator gekozen (P-AL-getal en P-CaCl<sub>2</sub>-getal). Voor grasland is dus een extra indicator (het P-CaCl<sub>2</sub>-getal) geïntroduceerd, voor maïsland is het Pw-getal vervangen door het P-CaCl<sub>2</sub>-getal en is het P-AL-getal als extra indicator geïntroduceerd. Deze aanpassingen hebben er toe geleid dat de bemestingsadviezen voor grasland en maïsland nu een gelijke 'grondanalysebasis' hebben (zie ook bijlage 3). Verwacht wordt dat deze uniformering ook voor akkerbouwgewassen zal gaan plaatsvinden, omdat (i) uniformering van de 'grondanalysebasis' op termijn kostenbesparingen oplevert voor de laboratoria die in alle sectoren van de landbouw een (fors) marktaandeel hebben, en (ii) een gecombineerde indicator de mogelijkheid biedt om de klant een nieuw concept voor de bemestingsadvisering aan te bieden, voor een geringe meerprijs. Daartegenover staan de investeringskosten in de kalibratie van de nieuwe indicatoren en concepten aan de gemeten reacties van gewassen in opbrengst en fosfaatopname.

De standaard bemonsteringsdiepte voor grasland (0-10 cm) verschilt van die van bouwland (0-25 cm). Deze verschillen in bemonsteringsdiepte tussen grasland en bouwland hebben in de moderne bedrijfsvoering minder betekenis dan in het verleden. Grasland op zandgrond en deels ook op kleigrond wordt om de 5 á 10 jaar op nieuw ingezaaid en deze bewerking gaat meestal gepaard met grondbewerking tot een diepte van minimaal 20 cm. Dit betekent dat de verschillen in fosfaattoestand tussen de lagen 0-10 en 10-20 cm minder groot zijn dan in het verleden het geval was met permanent grasland. De fosfaatbemestingsadviezen voor grasland zijn gebaseerd op de laag 0-10 cm. De bemonsteringsdiepte voor bouwland varieert van 20 tot 25 cm, afhankelijk van de ploegdiepte en grondbewerking. Door de grondbewerking is de bouwvoor in de akker- en tuinbouw goed gemengd. Dan maakt het in principe niet uit of een bodemonster van de lagen 0-10, 0-20 of 0-25 cm wordt genomen, vooral niet na grondbewerking en vóór de bemesting. Omdat de bouwvoor goed gemengd is, is her-kalibratie van bemestingsadviezen voor bouwland niet nodig bij een eventuele verandering in de bemonsteringsdiepte van 25 cm naar 10 cm. Bij veeljarige teelten (o.a. boomkwekerij, fruitteelt, asperge) is de verdeling van fosfaat in de bouwvoor mogelijk minder uniform. Ook bij niet kerende grondbewerking zou dit eventueel kunnen spelen. In deze situaties is de bovengrond dus minder goed gemengd.

*Samengevat*, er is een trend naar uniformering in de methodiek voor de bepaling van de fosfaattoestand, mede vanwege economische (analytische) overwegingen van laboratoria. Uniformering van de indicatoren en bemonsteringsdiepte van bouwland en grasland betekent dat de resultaten van grondonderzoek ten behoeve van grasland of bouwland gemakkelijker uitgewisseld kunnen worden. Een uniforme, gecombineerde indicator voor de bepaling van de fosfaattoestand is recent ingevoerd voor grasland en maïsland.



---

# 6 Herziening protocol om fosfaattoestand van landbouwgronden te bepalen

## 6.1 Inleiding

Bij de introductie van gedifferentieerde fosfaatgebruiksnormen in 2010 zijn in de Meststoffenwet voorschriften opgenomen voor de wijze waarop de bepaling van de fosfaattoestand van de bodem dient plaats te vinden. Het is ondernemers daarbij vrij om te kiezen voor de methode (het protocol) die al eerder was voorgeschreven voor fosfaatarme en fosfaatfixerende gronden (bijlage C bij de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet), of voor de methode die uitsluitend is bestemd voor de vaststelling van de fosfaattoestand van de bodem ter vaststelling van de hoogte van de fosfaatgebruiksnormen en voor derogatiebedrijven (bijlage L bij de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet).

Na het van kracht worden van gedifferentieerde fosfaatgebruiksnormen per 1 januari 2010 zijn er zowel bij het beleid (Ministerie van Economische Zaken ) als bij de uitvoering (Dienst Regeling; nu Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO)) zeer veel vragen binnengekomen over de precieze interpretatie van onderdelen uit de voorgeschreven protocollen. Het ging hierbij om zaken als de omvang van het te bemonsteren perceel (topografisch perceel, gewasperceel, wanneer mag je percelen samenvoegen, hoeveel deelmonsters moeten worden genomen en hoe te komen tot mengmonsters, wat als een topografisch perceel uit zowel bouwland als grasland bestaat, etc.), de voorgeschreven wijze van vaststelling van Pw-getal en P-AL-getal (mag er afgeweken worden van de analysevoorschriften) en de benodigde software (door Dienst Regelingen beschikbaar gesteld) voor de gestratificeerde steekproef (verouderd, traag, niet te combineren met bedrijfssoftware, geen ondersteuning bij softwareproblemen, etc.).

Naast voornoemde praktische knelpunten en problemen in de praktijk is er nog een aantal argumenten om de huidige, wettelijk voorgeschreven wijze van bemonsteren en analyseren aan te passen:

1. Door de wijze van bemonsteren en analyseren wettelijk voor te schrijven wordt niet of heel beperkt ingespeeld op technische en organisatorische ontwikkelingen in de praktijk, waaronder ontwikkelingen die ten goede komen aan kwaliteit, snelheid en kosten van bemonsteren en analyse. Doel van een herzien protocol kan zijn om ondernemers (die uitvoering geven aan de bemonstering en analyse van landbouwgrond en landbouwbedrijven hierover van advies dienen) meer vrijheden te geven nieuwe ontwikkelingen toe te passen onder de voorwaarde dat deze ontwikkelingen geen afbreuk doen aan het doel van de wettelijke voorschriften over de vaststelling van de hoogte van de fosfaatgebruiksnorm.
2. De huidige regering zet in op het terugdringen van regeldruk voor het bedrijfsleven. Dit kan onder meer worden gerealiseerd door af te stappen van zeer gedetailleerde middelvoorschriften en meer toe te werken naar doelvoorschriften waardoor ondernemers meer vrijheden hebben om invulling te geven aan de precieze wijze waarop de fosfaattoestand van de bodem wordt vastgesteld.

Het ministerie van Economische Zaken heeft aan de CDM gevraagd te adviseren over:

1. Een herzien protocol om de fosfaattoestand van landbouwgronden te bepalen voor de toepassing van reparatiebemesting op fosfaatarme of fosfaatfixerende gronden (huidige bijlage C bij de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet) en voor de bemonstering van de bodem om de fosfaattoestand te bepalen (fosfaattoestand gronden laag, neutraal, hoog; derogatie) (huidige bijlage L bij de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet); en
2. Hierbij zoveel als mogelijk uit te gaan van doelvoorschriften; en
3. Hierbij zoveel als mogelijk voor de verschillende toepassingen (fosfaatarme en fosfaatfixerende gronden, gedifferentieerde fosfaatgebruiksnormen, derogatie) tot een eenduidig protocol te komen; en

- 
4. Gebruikmakend van bestaande in de praktijk gangbare borgingssystemen voor grondbemonstering en/of grondanalyses.

In dit hoofdstuk wordt een sterk vereenvoudigd protocol voor de bepaling van de fosfaattoestand van landbouwgronden gepresenteerd. Dit gewijzigde protocol is bedoeld voor alle landbouwgronden, ongeacht de hoogte van de fosfaattoestand; het is derhalve van toepassing voor fosfaatarme en fosfaatfixerende gronden en voor andere landbouwgronden ter vaststelling van de hoogte van de fosfaatgebruiksnormen. Een uniform protocol voor alle landbouwgronden past bij voornoemde uitgangspunten en randvoorwaarden die het ministerie van Economische Zaken heeft gesteld in de adviesaanvraag. Een uniform protocol is ook wetenschappelijk te rechtvaardigen, omdat (i) er geen fundamentele verschillen zijn in de aard van fosfaatarme, fosfaatfixerende en fosfaatrijke percelen die tot een andere bemonstering en analyse zouden noodzaken, en (ii) op voorhand meestal niet altijd bekend is of het te bemonsteren perceel fosfaatarm en –fixerend of relatief fosfaatrijk is.

Conform de opdracht is dit protocol zoveel mogelijk gebaseerd op doelvoorschriften. Daarbij worden wel alle doelen geformuleerd, maar is het aan de uitvoerder om die doelen te realiseren. De opdrachtgever (de landeigenaar, boer) en de uitvoerder (het laboratorium) zijn gezamenlijk verantwoordelijk voor de realisering van de hier gestelde doelen. Omdat het stelsel van fosfaat-toestand-afhankelijke fosfaatgebruiksnormen, in een omgeving met een teveel aan mest en daardoor een negatieve prijs voor fosfaat, tot perverse prikkels kan leiden, is ook borging en verificatie door derden gewenst. Die borging zou het beste kunnen worden uitgevoerd door de landbouwsector, vertegenwoordigd door haar organisaties, en een derde onafhankelijke partij. In het laatste geval kan gedacht worden aan WEPAL (Wageningen Evaluating Programmes for Analytical Laboratories), TNO of CDM.

Paragraaf 6.2 beschrijft beknopt het protocol.

## 6.2 Het protocol

In onderhavige protocol om de fosfaattoestand van de bodem te bemonsteren en te bepalen, worden de volgende aspecten in beschouwing genomen:

- Algemeen doel,
- Uitvoerende laboratoria,
- Plaatsbepaling van het perceel,
- Bemonsteringssystematiek,
- Aantal steken bij bemonstering,
- Tijdstip van bemonstering,
- Bemonsteringsdiepte,
- Monsternemingstoestellen,
- Monsteropslag,
- Monstervoorbehandeling,
- Analysemethoden, en
- Rapportage van analyseresultaten.

### **Doel van het protocol**

Het protocol geeft het doel en de richtlijnen, criteria en randvoorwaarden om de fosfaattoestand van een gewasperceel te bepalen, opdat de fosfaatgebruiksnorm voor dat perceel kan worden afgeleid.

### **Criteria laboratorium**

Het uitvoerend laboratorium dient door de Raad van Accreditatie erkend te zijn om het grond-onderzoek voor de vaststelling van de fosfaattoestand uit te voeren. Hiervoor is nodig een uniek analysenummer en het accreditatiecodenummer van het laboratorium (L-nummer). Ook de monsternemers zijn gecertificeerd en hebben cursussen gevolgd voor het adequaat nemen van grondmonsters.



---

## **Plaatsbepaling en oppervlakte van het perceel**

Bij de plaatsbepaling en de oppervlaktebepaling van het perceel moet worden aangesloten bij de systematiek van de Gecombineerde Data-Inwinning (GDI)<sup>4</sup>. Kleine percelen mogen worden samengevoegd mits de totale oppervlakte van de samengevoegde percelen niet groter is dan 5 ha.

## **Bemonsteringssystematiek + aantal steken**

De bemonstering wordt uitgevoerd volgens een openbaar en gecertificeerd protocol en door een gecertificeerde monsternemer. Bij de bemonstering van percelen moet rekening worden gehouden met de grootte en variatie die in de veldsituatie voorkomt en met de nauwkeurigheidseis die gesteld wordt. De relatieve standaarddeviatie is maximaal 20%, d.w.z. dat bij herhaalde bemonstering en bepaling van de fosfaattoestand, gebruikmakend van dezelfde bemonsteringsmethode en bepalingmethode, de standaardafwijking van de gemiddelde waarde niet groter is dan 20%. De bemonsteringssystematiek en het aantal steken per perceel zijn hierop afgestemd.

## **Tijdstip van bemonstering**

De bemonstering vindt plaats op een tijdstip dat past in de bedrijfsvoering. Er worden geen bemonsteringen uitgevoerd binnen een periode van twee maanden na bekalking en/of bemesting met fosfaat; het laboratorium verifieert dit bij de eigenaar/gebruiker van het perceel.

## **Bemonsteringsdiepte**

Een uniforme bemonsteringsdiepte van 10 cm voor grasland en bouwland wordt voorgesteld, vanuit efficiëntieoverwegingen. Voor bouwland is de nu gangbare bemonsteringsdiepte 20 á 25 cm, maar omdat de bouwvoor geregeld wordt geploegd (en daardoor homogeen is) volstaat een bemonstering van de laag 0-10 cm van de bouwvoor. Laboratoria kunnen er voor kiezen om de bemonsteringsdiepte van bouwland op (maximaal) 25 cm te handhaven, mits dat wordt vermeld op het analysesheet.

## **Monsternemingstoestellen,**

De monsternemer moet een monsternemingstoestel gebruiken waarmee een monster (steek) over de gehele te bemonsteren diepte kan worden genomen.

## **Monsteropslag**

De monsters moeten gekoeld worden bewaard en binnen 5 dagen na monsterneming zijn geanalyseerd. Het laboratorium moet kunnen verzekeren dat het analyseresultaat niet door de wijze en duur van de opslag wordt beïnvloed.

## **Monstervoorbehandeling**

De monsters worden volgens de geëigende standaardvoorschriften voorbehandeld. Het laboratorium moet kunnen verzekeren dat de voorbehandeling tot de juiste analyseresultaten leidt. Geadviseerd wordt om de NEN-voorschriften (NEN 5709:2006) toe te passen (zie box 4).

## **Analysemethoden**

De monsters moeten worden geanalyseerd op de fosfaattoestand van de bodem, volgens de P-AL-methode en de P-CaCl<sub>2</sub>-methode. Geadviseerd wordt om NEN-voorschriften toe te passen (zie box 4).

Het laboratorium moet kunnen verzekeren dat de relatieve standaarddeviatie van de analyses van een duplomonster kleiner dan of gelijk is aan 10% voor beide methoden.

---

<sup>4</sup> De plaatsbepaling van het perceel gebeurt door de hoekpunten met GPS (x- en y-coördinaten) vast te leggen. Daarmee ligt ook het oppervlak van het perceel vast. Tevens worden naam en adresgegevens van de landbouwer, en het KvK-nummer en BSN-nummer vastgelegd, zodat een unieke plaatsbepaling wordt verkregen. Die vastlegging is eenmalig en geldig zolang de perceelgrootte niet verandert.

---

## Rapportage van analyseresultaten

Resultaten worden door de laboratoria gerapporteerd aan de opdrachtgever, de opdrachtgever stuurt de resultaten door naar RVO. De resultaten van het grondonderzoek worden gearhiveerd door de laboratoria.

Jaarlijks stuurt het laboratorium een kort verslag ( $\leq 5$  A4) naar de Toetsingscommissie (zie hieronder). In dat verslag worden de opgedane ervaringen besproken, en wordt een tabel opgenomen met het totale aantal geanalyseerde monsters, de bemonsterde regio, de gemiddelde en mediane fosfaattoestand en de relatieve standaarddeviatie.

## Toetsing

De 'Toetscommissie', bestaande uit vertegenwoordigers van de landbouwsector en een derde partij, organiseren jaarlijks een ringonderzoek, waarbij 10 percelen worden aangewezen door de Toetscommissie die door de deelnemende laboratoria worden bemonsterd en geanalyseerd, en waarvan de resultaten jaarlijks worden gepubliceerd in landbouwbladen. De mediaan en het gemiddelde van de analyseresultaten per laboratorium wijken niet meer dan 15% af van de mediaan en het gemiddelde van alle laboratoria samen. De resultaten van het ringonderzoek worden jaarlijks met de laboratoria besproken en gepubliceerd in landbouwbladen. De vertegenwoordiger van de landbouwsector is organisator en woord- en penvoerder, maar kan taken delegeren naar de derde partij.

Laboratoria die niet aan het ringonderzoek meedoen of niet aan de gestelde kwaliteitseisen kunnen voldoen, krijgen een publieke waarschuwing, die wordt gemeld bij de Raad van Accreditatie.

### Box 4. Referenties met betrekking tot bemonsterings- en analysevoorschriften

NEN 5709:2006. Bodem - Monstervoorbehandeling voor de bepaling van organische en anorganische parameters in grond. ICS 13.080.10.

NEN 5776: 2006. Bodem - Bepaling van ijzer, aluminium en fosfor in een ammoniumoxalaat-oxaalzuurextract voor het vaststellen van de fosfaatverzadiging. ICS 13.080.10.

NEN 5704:1996. Bodem. Monstervoorbehandeling van grond. Extractie met een calciumchloride-oplossing (0,01mol). ICS 13.080-20.

NEN-EN-ISO 6878:2004. Water - Bepaling van fosfor – Ammoniummolybdaat-spectrometrische methode

Pw-getal: Uitvoeringsregeling Meststoffenwet in bijlage C de analysemethode.

NEN 5793:2010 nl. Bodem - Bepaling van fosfaat in grond extraheerbaar met een ammoniumlactaat-azijnzuurbuffer (P-AL), ICS 13.080.10.

---

# Literatuur

- Bakker, IJ, en Ris, J. (1971). Het fosfaatbemestingsadvies op basis van het Pw-getal voor alle bouwlandgrond. *Bedrijfsontwikkeling* 2 (2): 29-33.
- Barrow, N.J., Ozanne, P.G. & Shaw, T.C. (1965). The concepts of nutrient potential and capacity and their application to soil potassium and phosphorus. *Australian Journal of Agricultural Research* 16: 61-76.
- Black, C.A. (1992). *Soil fertility evaluation and control*. Boca Raton Florida. Lewis. ISBN 0-87371-834-8.
- Bouwman, A.F., Bierkens, M.F.P., Griffioen, J., Hefting, M.M., Middelburg, J.J., Middelkoop, H. & Slomp, C.P. (2013). Nutrient dynamics, transfer and retention along the aquatic continuum from land to ocean: towards integration of ecological and biogeochemical models. *Biogeosciences* (10), 1-23. Doi: 10.5194/bg-10-1-2013.
- Bussink D.W. , R.F. Bakker, H. van der Draai en E.J.M Temminghoff (2011a). Naar een advies voor fosfaatbemesting op nieuwe leest; deel 1 snijmaïs. Wageningen, Nutriënten Management Instituut NMI B.V. rapport 1246.1.
- Bussink D.W. , R.F. Bakker, H. van der Draai en E.J.M Temminghoff (2011b). Naar een advies voor fosfaatbemesting op nieuwe leest; deel 2 grasland. Wageningen, Nutriënten Management Instituut NMI B.V. rapport 1246.2.
- Bussink D.W., T.A. van Dijk en E.J.M Temminghoff (2003). Bepaling Pw-getal problematisch; een andere bepalingsmethode is noodzakelijk. *Notitie NMI*, Wageningen, 18 pag.
- Bussink W., G.J. Doppenberg, W. van den Berg & Ch. Van Wijk (2014). Naar een nieuw bemestingsadvies voor aardappel. NMI rapport 1508.
- Carpenter, S.R., N.F. Caraco, D.L. Correll, R.W. Howarth, A.N. Sharpley, V.H. Smith (1998). Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications* 8, 559-568.
- Carpenter, S.R. (2008). Phosphorus control is critical to mitigating eutrophication. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105:11039-11040.
- Chardon, W.J., Menon, R.G. & Chien, S.H. (1996). Iron oxide impregnated filter paper (Pi test): a review of its development and methodological research. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 46: 41-51.
- Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen (2012). Bemestingsadvies. Lelystad (<http://www.bemestingsadvies.nl/bemestingsadvies/Adviesbasis%20januari%202014%20def.pdf>)
- De Haan, J.J., en W. van Geel (2013). Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouwgewassen – Fosfaat. PPO-agv, Lelystad (<http://www.kennisakker.nl/kenniscentrum/handleidingen/adviesbasis-voor-de-bemesting-van-akkerbouwgewassen-fosfaat>).
- De Vries, O. en C.W.G Hetterschij (1935). Der Phosphorsäure-Haushalt in moorkolonialen Boden. *Die Phosphorsäure* 5, 38.
- De Vries, O. & F. van der Paauw (1937). De indringing van eenige fosfaten in verschillende Nederlandse grondsoorten. *Versl. landbouwk. Onderz.* 43, 677 – 720.
- De Vries, O., C. W. G. Hetterschij & F. van der Paauw (1937). Een en ander over de fosfaat-huishouding van enkele Nederlandse grondsoorten. *Landbouwk. Tijdschr.* 49 , 768–807.
- Ehlert, P.A.I. & C.A.P. van Wijk (2002). Fosfaatbehoefte van vollegrondsgroentegewassen. Deel 2: Plaatsing in gewasgroepen. Wageningen. PPO-projectrapport nr. 1125232. - Alterra project no. 317.10195.02.
- Ehlert, P.A.I., W.H. Chardon & S.L.G.E. Burgers (2014a). Betekenis van het fosfaat-bufferend vermogen van de bodem voor de waarderingsklassen van de fosfaattoestand van fosfaatgebruiksnormen. Ontwerp van een protocol. Alterra-rapport 2500, Wageningen.
- Ehlert, P.A.I., C. van der Salm, S. Burgers, J. van Middelkoop, W. van Dijk, R. van der Maas, A. Pronk, H. van Reuler, G. Koopmans en W. Chardon (2014b). Fosfaatklassen voor fosfaatgebruiksnormen van de Meststoffenwet. Alterra-rapport 2499 Wageningen.
- Ehlert, P.A.I., H.P. Pasterkamp, H.P. en G. Brouwer (2004). Fosfaatbehoefte van bloembollen : onderbouwing van de fosfaatbemestingsadviezen. Wageningen : Alterra, Alterra-rapport (ISSN 1566-7197 ; 990).
- Ehlert, P.A.I., Schoumans, O.F., Brus, D.J., Groot, W.J.M. de, Visschers, R. en Pleijter, M. (2005). Protocol voor het aanwijzen van gronden die in aanmerking komen voor een verhoogde gebruiksnorm voor fosfaat. Technische uitwerking. Alterra rapport 1201. Alterra, Wageningen.
- Fageria, N.K. (2009). *The use of nutrients in crop plants*. CRC Press. Taylor & Francis Group. Boca Raton, London, New York.

- Hoagland, D.R. (1922). Soil analysis and soil plant interrelations. Agr. Exp. Station Univ. California, Circular N. 235: 1-7.
- Houba, V.J.G., I. Novozamsky, A. W. M. Huybregts, J. J. van der Lee. (1986). Comparison of soil extractions by 0.01M CaCl<sub>2</sub>, by EUF and by some conventional extraction procedures. *Plant and Soil*, 96(3): 433-437.
- Johnston, E.S. & Hoagland, D.R., 1955. Minimum potassium level required by tomato plants grown in water cultures. *Soil Science* 27: 89-110.
- Jordan-Meille, L, GH Rubæk, PAI Ehlert, V Genot, Georges Hofman UGent, K Goulding, J Recknagel, G Provolo and P Barraclough (2012). An overview of fertilizer-P recommendations in Europe: soil testing, calibration and fertilizer recommendations. *Soil Use and Management* 28, 419-435
- Koopmans, G. (2004). Characterization, desorption, and mining of phosphorus in non-calcareous sandy soils. PhD Thesis Wageningen University, Wageningen, 168 pp.
- Mulder, G.J. (1860). *De scheikunde der bouwbare aarde. Vier delen*, monograph, Rotterdam.
- Paauw, F., van der (1959). De landbouwkundige waarde van het P-AL-getal. *Landbouwvoorlichting*, april: 180-185. <http://edepot.wur.nl/215548>.
- PBL (2012). *Evaluatie Meststoffenwet 2012. Syntheserapport*. Planbureau voor de Leefomgeving. Bilthoven.
- Reijneveld J.A. (2013). *Unravelling Changes in Soil Fertility of Agricultural Land in the Netherlands*. PhD Thesis, Wageningen University, Wageningen.
- Schofield, R.K. (1955). Can a precise meaning be given to "available" soil phosphorus? *Soils and Fertilizers* 18: 373-375
- Schoumans, O.F. (2013). Description of the phosphorus sorption and desorption processes in lowland peaty clay soils. *Soil Science* 178, 291 - 300.
- Schoumans, O.F.; Chardon, W.J.; Bechmann, M.; Gascuel-Oudou, C.; Hofman, G.; Kronvang, B.; Rubaek, G.H.; Ulen, B.; Dorioz, J.M. (2014). Mitigation options to reduce phosphorus losses from the agricultural sector and improve surface water quality: a review. *Science of the Total Environment* 468-469, 1255 - 1266.
- 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 Wageningen, rapport 730.3.
- Schoumans, O.F., J. Willems & G. van Duinhoven (2008). 30 vragen en antwoorden over fosfaat in relatie tot landbouw en milieu. Wageningen, Alterra, 53 blz.
- Schoumans, O.F., Salm, C. van der, Groenendijk, P. (2013). PLEASE: a simple model to determine P losses by leaching. *Soil Use and Management* 29, 138 - 146.
- Schwertmann, U. (1964). Differenzierung der Eisenoxide des Bodens durch Extraktion mit Ammoniumoxalat-Lösung. *Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenk.* 105, 194-202.
- Sissingh, H.A. (1972). Analytical technique of the Pw method, used for the assessment of the phosphate status of arable soils in het Netherlands. *Plant and Soil* 34: 483-486.
- Van Dijk, W., P.H.M. Dekker, H.F.M. ten Berge, A.L. Smit & J.R. van der Schoot (2007). Aanscherping van fosfaatgebruiksnormen op bouwland bij akker en tuinbouwgewassen. *Verkenning van noodzaak en mogelijkheden tot differentiatie*. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, PPO nr. 367
- Van Erp, P.J. van (2001). Relationship between magnesium extracted by 0.01 m calcium chloride extraction procedure and conventional procedures. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32(1-2): 1-18.
- Van Noordwijk, M., P. de Willigen, P.A.I. Ehlert & W.J. Chardon (1990). A simple model of P uptake by crops as a possible basis for P fertilizer recommendations. *Netherlands journal of agricultural science* 38, Issue 3A, Pages: 317-
- Van der Paauw, F., H.A. Sissingh & J. Ris (1971). Een verbeterde methode van fosfaatextractie van grond met water: het Pw-getal. With a summary: An improved method of waer extraction for the assessment of availability of soil phosphate: Pw value. *Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen* 749.
- Van Rotterdam- Los, A.M.D. (2010). The potential of soils to supply phosphorus and potassium, processes and predictions. Wageningen University, Wageningen. 144 pp.
- Van der Salm, Toorn, A. van den; Chardon, W.J.; Koopmans, G.F. (2012). Water and nutrient transport on a heavy clay soil in a fluvial plain in the Netherlands. *Journal of Environmental Quality* 41, 229 - 241.
- Willems, W. J. *et al.* (2012). *Evaluatie Meststoffenwet 2012: Syntheserapport*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Zee, S.E.A.T.M. van der, Riemsdijk, W.H. van, Haan, F.A.M. de (1990a). Het protocol fosfaatverzadigde gronden. Deel I: Toelichting. Landbouwuniversiteit, Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding, Wageningen, Nederland.
- Zee, S.E.A.T.M. van der, Riemsdijk, W.H. van, Haan, F.A.M. de (1990b). Het protocol fosfaatverzadigde gronden. Deel II: Technische uitwerking. Landbouwuniversiteit, Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding, Wageningen, Nederland.

---

# Verantwoording

Dit project werd uitgevoerd door een werkgroep van deskundigen, geformeerd door de Commissie van Deskundigen Meststoffenwet (CDM), op verzoek van het ministerie van Economische Zaken. Het projectplan en de werkwijze zijn besproken met de klankbordgroep, met vertegenwoordigers van landbouworganisaties, laboratoria, en de ministeries van Economische Zaken en Infrastructuur & Milieu.

Tussentijdse resultaten zijn besproken met het ministerie van Economische Zaken. Alle leden van de CDM-werkgroep van deskundigen hebben het finale rapport geaccordeerd. De auteurs bedanken allen voor hun bijdrage aan het tot stand komen van deze rapportage.



---

# Bijlage 1 Plan van aanpak 'Actualisering Methodiek en Protocol voor vaststelling fosfaattoestand van de bodem – 2013'

## Samenvatting

Het ministerie van Economische Zaken heeft de Commissie van Deskundigen (CDM gevraagd om advies uit te brengen over:

1. Een methodiek voor vaststelling van de fosfaattoestand van de bodem waarbij zowel de bodemvoorraad als de beschikbaarheid van fosfaat voor het gewas wordt meegewogen (intensiteits- en capaciteitsindicator);
2. Een protocol voor vaststelling van de fosfaattoestand van landbouwpercelen dat enerzijds nauwkeurig en controleerbaar is en anderzijds ruimte laat voor ondernemers om nieuwe technieken en (bedrijfseigen) methoden toe te passen (van middel- naar doelvoorschriften).

Voor deze adviesaanvraag is verzocht om een projectplan op te stellen en deze te bespreken met de directie Plantaardige Agroketens en Voedselkwaliteit (Martin van Rietschoten) en de directie Agro kennis (Jacob van Vliet). Onderhavig projectplan voorziet in dit verzoek; het verschaft inzicht in de aanpak, de in te zetten disciplines (samenstelling werkgroep of werkgroepen), de benodigde financiële middelen, de tijdsplanning en risico's en afhankelijkheden. Het projectplan is ook door het ministerie goedgekeurd.

## 1 Inleiding

Nederland is gehouden iedere vier jaar een actieprogramma Nitraatrichtlijn op te stellen. Het actieprogramma moet de maatregelen bevatten waarmee, op termijn, de doelen van de Nitraatrichtlijn worden bereikt. Op basis van overeenstemming met de Europese Commissie over het actieprogramma is derogatie van de gebruiksnorm voor dierlijke mest mogelijk. Op dit moment is het vierde actieprogramma Nitraatrichtlijn van kracht, geldend voor de periode 2010-2013. Op basis van dit vierde actieprogramma is aan Nederland een derogatiebeschikking afgegeven voor dezelfde periode. Nederland is momenteel in gesprek met de Europese Commissie over de invulling van het vijfde actieprogramma Nitraatrichtlijn voor de periode 2014-2017.

Eén van de verplichte onderdelen uit de actieprogramma's betreft het fosfaatbeleid. Met de start van het vierde actieprogramma is de hoogte van de fosfaatgebruiksnormen voor bouw- en grasland afhankelijk gemaakt van de fosfaattoestand van de bodem. De normen voor bouw- en grasland kennen ieder drie fosfaatklassen, te weten 'laag', 'neutraal' en 'hoog'. De normen zijn in het vierde actieprogramma geleidelijk aangescherpt, met name voor de categorieën 'neutraal' en 'hoog', met als uiteindelijke doel (op de lange termijn) een situatie waarbij alle landbouwgronden zich in de klasse 'neutraal' bevinden (in bemestingsadviezen de klasse 'voldoende' tot 'ruim voldoende'). In een dergelijke situatie is de beschikbaarheid van fosfaat vanuit de bodemvoorraad voldoende gewaarborgd en zijn de verliezen naar het oppervlaktewater in voldoende mate ingeperkt om de doelen van de Kaderrichtlijn Water (KRW) te realiseren.

In het vierde actieprogramma, brieven aan de Tweede Kamer, moties en in toelichtingen bij de Meststoffenwet en onderliggende regelgeving zijn voornemens geformuleerd over aanpassingen van het fosfaatbeleid voor het vijfde actieprogramma. Daarnaast hebben ervaringen met de implementatie en uitvoering van het fosfaatbeleid uit het vierde actieprogramma een aantal mogelijke verbeterpunten aan het licht gebracht. Het gaat om:

1. De grens tussen de klasse 'laag' en 'neutraal' voor bouwland. Deze is in het vierde actieprogramma vastgesteld op niveau dat ondernemers de tijd geeft om zich aan de nieuwe situatie aan te passen ( $Pw < 36$ ). Voor het vijfde actieprogramma zou worden bezien of deze grens naar beneden kan worden bijgesteld naar  $Pw < 31$ ;

- 
2. De toepassing van andere methoden ter vaststelling van de fosfaattoestand van de bodem (genoemd is PPAE) in plaats van of naast de voorgeschreven methoden Pw voor bouwland en Pal voor grasland;
  3. Onderzoek naar de mogelijkheid om bij de vaststelling van de fosfaattoestand van de bodem zowel de bodemvoorraad als de beschikbaarheid van fosfaat voor het gewas mee te nemen (intensiteit en capaciteit);
  4. Het gebruik van dierlijke mest bij reparatiebemesting op bouwland;
  5. De uitvoerbaarheid van de in de Meststoffenwet voorgeschreven gestratificeerde steekproef voor reparatiebemesting;
  6. Het beter laten aansluiten van het bemonsterings- en analyseprotocol bij de uitvoeringspraktijk en bij nieuwe ontwikkelingen in methoden en technieken;

Het ministerie van Economische Zaken heeft aan de Commissie van Deskundigen Meststoffenwet (CDM) gevraagd om voornoemde punten 2, 3, 5 en 6 te adresseren (brief DGA-AK / 13080182 van 5 augustus 2013). Het onderhavig projectplan beschrijft de aanpak van de werkzaamheden voor het op te stellen advies en verschaft inzicht in de in te zetten disciplines (samenstelling werkgroep of werkgroepen), de benodigde financiële middelen, de tijdsplanning en risico's en afhankelijkheden. In voornoemde brief wordt gevraagd om een concept-projectplan te bespreken met de directie Plantaardige Agroketens en Voedselkwaliteit (Martin van Rietschoten) en de directie Agro kennis (Jacob van Vliet).

## **2 Vraagstelling**

### **2.1 Algemene doelstelling fosfaatbeleid**

Met de in 2010 doorgevoerde differentiatie van de fosfaatgebruiksnormen wordt beoogd de ophoping van fosfaat in de bodem terug te dringen en op termijn voor alle landbouwbodems een fosfaattoestand te realiseren waarbij enerzijds gewassen zich optimaal kunnen ontwikkelen en fosfaat geen beperkende factor is voor gewasopbrengsten en –kwaliteit en anderzijds de belasting van het oppervlaktewater met fosfaat uit landbouwbodems op termijn tot een niveau wordt teruggedrongen waarmee voldaan kan worden aan de doelstellingen van de Kaderrichtlijn Water.

De indeling van landbouwgronden in fosfaatklassen en de daaraan verbonden fosfaatgebruiksnormen moeten bijdragen aan bovenstaande doelstelling.

### **2.2 Vaststelling fosfaattoestand van de bodem en indeling in fosfaatklassen**

In de memorie van toelichting bij Wijziging van de Meststoffenwet (differentiatie fosfaatgebruiksnorm) (Tweede Kamer, vergaderjaar 2008–2009, 31 945, nr. 3) staat over de toepassing van het Pw- en Pal-getal het volgende:

“Overigens constateert de TCB dat de wetenschappelijke inzichten omtrent de meting van de fosfaattoestand van de bodem in beweging zijn. In de huidige bemestingsadviezen wordt de fosfaattoestand aangeduid met het Pw-getal (uitgedrukt in milligrammen fosfaat per liter grond) of met het PAL-getal (uitgedrukt in milligrammen fosfaat per 100 gram grond). Het Pw-getal geeft de hoeveelheid fosfaat aan die in de bodemoplossing voorkomt plus een deel van de hoeveelheid gemakkelijk uitwisselbaar fosfaat. Met het PAL-getal wordt ook een deel van het moeilijk uitwisselbaar fosfaat bepaald. De TCB adviseert eventuele verbeteringen in de meetmethoden door te laten werken in de wijze waarop de fosfaattoestand van de bodems wordt bepaald”.

In reactie op voornoemde aanbeveling van de TCB en ter voorbereiding van het nu gevraagde advies zijn in 2011 twee onderzoeken uitgevoerd bij Wageningen UR over fosfaat, in het kader van het Beleidsondersteunend Onderzoek (BO-onderzoek). Het betrof:

1. Protocol bepaling fosfaattoestand (BO-12.07-006-003); en
  2. Indeling van de fosfaattoestand van de bodem in klassen (fosfaatklassen) (BO-12.07-008-010).
- Beide onderzoeken dienen als kennisbasis voor onderhavige adviesaanvraag. Beide onderzoeken zijn, op het moment van schrijven van deze adviesaanvraag, in rapportagefase. Conceptrapporten zijn beschikbaar en besproken met de opdrachtgever.



---

De resultaten (conceptrapportages) laten zien dat voordeel behaald kan worden door een gecombineerde capaciteit- en intensiteitsparameter te hanteren bij de vaststelling van de fosfaattoestand van de bodem. De CDM wordt gevraagd te adviseren over:

1. Wat zijn de voor- en nadelen (voor landbouw en milieu) van het hanteren van een gecombineerde indicator voor intensiteit en capaciteit bij de vaststelling van de fosfaattoestand van de bodem?
2. Welke indicatoren zijn hiervoor het meest geschikt (kosten, praktische uitvoerbaarheid, nauwkeurigheid)?
3. Wat betekent de inzet van nieuwe indicatoren voor de huidige wettelijke indeling van bouwland en grasland in fosfaatklassen?
4. Hoe zouden eventueel gewijzigde klassen er uit kunnen zien, inclusief de daarbij behorende fosfaatgebruiksnormen?

### **2.3 Bemonstering en analyse fosfaattoestand van de bodem**

Bij de introductie van gedifferentieerde fosfaatgebruiksnormen per 2010 zijn in de Meststoffenwet voorschriften opgenomen over de wijze waarop de bepaling van de fosfaattoestand van de bodem dient plaats te vinden. Het is ondernemers daarbij vrij om te kiezen voor de methode (het protocol) die al eerder was voorgeschreven voor fosfaatarme en fosfaatfixerende gronden (bijlage C bij de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet), of voor de methode die uitsluitend is bestemd voor de vaststelling van de fosfaattoestand van de bodem ter vaststelling van de hoogte van de fosfaatgebruiksnormen en voor derogatiebedrijven (bijlage L).

Na het van kracht worden van gedifferentieerde fosfaatgebruiksnormen per 1 januari 2010 zijn er zowel bij het beleid (ministerie) als bij de uitvoering (Dienst Regeling) zeer veel vragen binnengekomen over de precieze interpretatie van onderdelen uit de voorgeschreven protocollen. Het ging hierbij om zaken als de omvang van het te bemonsteren perceel (topografisch perceel, gewasperceel, wanneer mag je percelen samenvoegen, hoeveel deelmonsters en hoe te komen tot mengmonsters, wat als een topografisch perceel uit zowel bouwland als grasland bestaat, etc.<sup>5</sup>), de voorgeschreven wijze van vaststelling van Pw en/of Pal (mag er afgeweken worden van de analysemethode) en de benodigde software (door Dienst Regelingen beschikbaar gesteld) voor de gestratificeerde steekproef (verouderd, traag, niet te combineren met bedrijfssoftware, geen ondersteuning bij softwareproblemen, etc.).

Naast deze problemen in de praktijk zijn er nog een aantal argumenten om de wettelijk voorgeschreven wijze van bemonsteren en analyseren aan te passen:

- Door de wijze van bemonsteren en analyseren wettelijk voor te schrijven wordt niet of heel beperkt ingespeeld op technische en organisatorische ontwikkelingen in de praktijk, waaronder ontwikkelingen die ten goede komen aan kwaliteit, snelheid en kosten van bemonsteren en analyse. Doel van een herzien protocol kan zijn om ondernemers (die uitvoering geven aan de bemonstering en analyse van landbouwgrond en landbouwbedrijven hierover van advies dienen) meer vrijheden te geven nieuwe ontwikkelingen toe te passen onder de voorwaarde dat deze ontwikkelingen geen afbreuk doen aan het doel van de wettelijke voorschriften over de vaststelling van de hoogte van de fosfaatgebruiksnorm.
- Dit Kabinet zet in op het terugdringen van regeldruk voor het bedrijfsleven. Dit kan onder meer worden gerealiseerd door af te stappen van zeer gedetailleerde middelvoorschriften en meer toe te werken naar doelvoorschriften waardoor ondernemers meer vrijheden hebben om invulling te geven aan de precieze wijze waarop de fosfaattoestand van de bodem wordt vastgesteld.

De CDM is gevraagd te adviseren over:

- Een herzien protocol voor de bepaling de fosfaattoestand van landbouwgronden voor de toepassing van reparatiebemesting op fosfaatarme of fosfaatfixerende gronden (huidige bijlage C bij de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet) en voor de bemonstering van de bodem ter bepaling van de fosfaattoestand (fosfaattoestand gronden laag, neutraal, hoog; derogatie) (huidige bijlage L); en
- Hierbij zoveel als mogelijk uit te gaan van doelvoorschriften; en

---

<sup>5</sup>Zie ook bijlage 4 voor de DR-instructies over het bepalen van gewogen gemiddelde.

- 
- Hierbij zoveel als mogelijk voor de verschillende toepassingen (fosfaatarme en fosfaatfixerende gronden, gedifferentieerde fosfaatgebruiksnormen, derogatie) tot een eenduidig protocol te komen; en
  - Gebruikmakend van bestaande in de praktijk gangbare borgingssystemen voor grondbemonstering en/of grondanalyses.

### **Doelstellingen van dit project**

De algemene doelstelling van dit project is om adviezen op te stellen over:

1. Een methodiek voor vaststelling van de fosfaattoestand van de bodem waarbij zowel de bodemvoorraad als de beschikbaarheid van fosfaat voor het gewas wordt meegewogen (intensiteits- en capaciteitsindicator);
2. Een protocol voor vaststelling van de fosfaattoestand van landbouwpercelen dat enerzijds nauwkeurig en controleerbaar is en anderzijds ruimte laat voor ondernemers om nieuwe technieken en (bedrijfseigen) methoden toe te passen (van middel- naar doelvoorschriften).

Voor de eerste algemene doelstelling zijn de volgende specifieke doelstellingen geformuleerd:

- A. *Een analyse te maken van en advies op te stellen over de voor- en nadelen (voor landbouw en milieu) van het hanteren van een gecombineerde indicator voor intensiteit en capaciteit bij de vaststelling van de fosfaattoestand van de bodem;*
- B. *Een analyse te maken van en advies op te stellen over de meest geschikte indicatoren voor de intensiteit en capaciteit van de fosfaattoestand van de bodem, rekening houdend met kosten, praktische uitvoerbaarheid, en nauwkeurigheid;*
- C. *Een analyse te maken van en advies op te stellen over de implicaties van het gebruik van nieuwe indicatoren voor de huidige wettelijke indeling van bouwland en grasland in fosfaatklassen; en*
- D. *Een analyse te maken van en advies op te stellen over mogelijke wijzigingen in klassen voor de fosfaattoestand van de bodem, inclusief de daarbij behorende fosfaatgebruiksnormen.*

Voor de tweede algemene doelstelling is het volgende specifieke doel geformuleerd:

- Het opstellen van een advies voor een herzien protocol voor de bepaling van de fosfaattoestand van landbouwgronden voor de toepassing van reparatiebemesting op fosfaatarme of fosfaatfixerende gronden (huidige bijlage C bij de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet) en voor de bemonstering van de bodem ter bepaling van de fosfaattoestand (fosfaattoestand gronden laag, neutraal, hoog; derogatie) (huidige bijlage L).

Daarbij gelden de volgende randvoorwaarden:

- A. Uit te gaan van doelvoorschriften (zoveel als mogelijk is);
- B. Voor de verschillende toepassingen (fosfaatarme en fosfaatfixerende gronden, gedifferentieerde fosfaatgebruiksnormen, derogatie) tot een geharmoniseerde systematiek te komen (voor zover mogelijk); en
- C. Gebruik te maken van bestaande en in de praktijk gangbare borgingssystemen voor grondbemonstering en/of grondanalyses.

### **Producten**

Er worden in dit project twee deelrapporten opgeleverd, namelijk

- Een deelrapport met analyses van en adviezen over methodieken voor de vaststelling van de fosfaattoestand (klassen) van de bodem, waarbij zowel de bodemvoorraad als de beschikbaarheid van fosfaat voor het gewas wordt meegewogen; en
- Een deelrapport met een advies voor een herzien protocol voor de bepaling de fosfaattoestand van landbouwgronden voor (i) het identificeren van percelen met fosfaatarme of fosfaatfixerende gronden waarvoor de toepassing van reparatiebemesting geldt, en (ii) voor het identificeren van percelen met lage, neutrale en hoge fosfaattoestand, waarvoor verschillende fosfaatgebruiksnormen van toepassing zijn.

### **Werkwijze**

Voor de uitvoering van dit project wordt een ad-hocwerkgroep van de CDM geformeerd die zal bestaan uit medewerkers van Alterra, PPO, Livestock Research, NMI, PRI, Deltares, TCB en CDM. De volgende medewerkers zullen worden gevraagd:

---

PPO:	Janjo de Haan en/of Wim van Geel
Livestock Research:	Jantine van Middelkoop
NMI:	Wim Bussink
PRI:	Koos Verloop
Deltares/UU	Jasper Griffioen
TCB	Sandra Boekhold
Alterra:	Phillip Ehlert Paul Römken (secretaris)
CDM:	Oene Oenema (v.z.)

Naar verwachting komt de werkgroep drie keer bij elkaar:

1. Om de vragen en doelstellingen te articuleren en om de best mogelijke aanpak en uitvoering van het project vast te stellen. Tevens zullen data- en informatiebronnen worden geïnventariseerd en ideeën over de meest geschikte methodieken en protocol worden besproken.
2. Om de eerste concept-rapportages te bespreken;
3. Om de finale concept-rapportages te bespreken.

De finale rapportages worden via email rondgestuurd en door de leden van de werkgroep via de email geaccordeerd. Tussentijdse resultaten van de werkgroep worden door individuele leden van de werkgroep niet gecommuniceerd met derden. De voorzitter van de CDM is voorzitter van de werkgroep.

De secretaris stelt de deelrapporten samen, op basis van bestaand feitenmateriaal (waaronder de twee recente BO-rapporten), heersende meningen en opinies in wetenschap, praktijk en beleid, en op basis van de analyses, suggesties en commentaar van de leden van de CDM-werkgroep. De werkgroep streeft naar wetenschappelijke consensus, d.w.z. dat alle leden van de werkgroep de analyses en adviezen onderschrijven en daarmee medeauteur zijn van de op te stellen rapporten.

Meningen en opinies over methodieken en protocol voor de bepaling van de fosfaattoestand van de bodem worden via de klankbordgroep geïnventariseerd en in de werkgroep besproken. Leden van de werkgroep en klankbordgroep kunnen ook schriftelijk reageren. Voor de klankbordgroep zullen de volgende stakeholders worden uitgenodigd:

- Vertegenwoordigers van grondanalyzelaboratoria in NL
- ZLTO en NLTO
- NVWA, Dienst Regelingen
- Ministeries van EZ (inclusief DR) en I&M

De klankbordgroep komt twee keer bijeen. De eerste keer worden de meningen en opinies over methodieken en protocol voor de bepaling van de fosfaattoestand van de bodem geïnventariseerd. De tweede keer worden de finale concept-rapportages besproken; de versie die ook in de derde bijeenkomst van de CDM-werkgroep wordt besproken. Key-players van de klankbordgroep zullen worden geïnterviewd.

### Planning

De planning van de werkzaamheden is als volgt:

- |   |                     |
|---|---------------------|
| • Conceptadviesaanvraag:  | half april 2013     |
| • Definitieve adviesaanvraag (d.w.z. door CDM ontvangen):       | begin augustus 2013 |
| • Conceptprojectplan:   | begin mei 2013      |
| • Definitief projectplan (d.w.z. door ministerie geaccordeerd): | half mei 2013       |
| • Eerste bijeenkomst werkgroep                                  | 4 september 2013    |
| • Tweede bijeenkomst werkgroep                                  | begin oktober 2013  |
| • Derde bijeenkomst werkgroep                                   | begin november 2013 |
| • Eerste bijeenkomst klankbordgroep                             | 5 september 2013    |
| • Tweede bijeenkomst klankbordgroep                             | begin oktober 2013  |
| • Conceptadvies   | 11 oktober 2013     |
| • Definitief advies   | 11 november 2013    |



---

## Bijlage 2    Werkwijze en samenstelling van de werkgroep

1. Het advies is opgesteld door een ad-hocwerkgroep van landbouwkundigen en milieukundigen van diverse instellingen (voor samenstelling, zie hieronder).
2. De eerste bijeenkomst van deze CDM-werkgroep vond plaats op 4 september 2013. Tijdens deze bijeenkomst zijn de vragen in de opdrachtbrief van het ministerie van Economische Zaken besproken, en zijn gezichtspunten en visies uitgewisseld met betrekking tot de kennis over indicatoren voor de fosfaattoestand van de bodem in relatie tot de gevraagde toepassing (landbouw en milieu). De leden van de CDM-werkgroep hebben hun zienswijze vervolgens schriftelijk doorgegeven aan de secretaris van de werkgroep in de periode 5 september – 5 oktober 2013.
3. Tijdens een bijeenkomst van de klankbordgroep op 6 september, waarvoor vertegenwoordigers van laboratoria, ministeries en landbouworganisaties waren uitgenodigd, zijn de wensen van deze doelgroepen geïnventariseerd en de mogelijkheden voor herziening van het protocol verkend.
4. In de periode tussen 5 september en 5 oktober zijn verdere analyses uitgevoerd m.b.t. de 'methodiek voor vaststelling van de fosfaattoestand van de bodem', mede op basis van de zienswijzen van de leden van de CDM-werkgroep.
5. In aanvulling op deze zienswijzen is aan de leden van de CDM-werkgroep gevraagd de indicatoren voor de fosfaattoestand van de bodem te scoren op een aantal criteria voor toepasbaarheid, betrouwbaarheid, robuustheid etc.
6. De voorlopige resultaten zijn op 8 oktober besproken in de werkgroep. Op basis van de opmerkingen is een eerste conceptadvies opgesteld, dat op 10 oktober naar de leden van de werkgroep is gestuurd. De opmerkingen van de leden op dat concept zijn 14 oktober verwerkt. Het eerste conceptadvies is vervolgens op 15 oktober 2013 naar het ministerie van EZ en naar de klankbordgroep gestuurd.
7. Dit eerste concept is op 18 oktober 2013 met leden van de klankbordgroep besproken en vervolgens op 31 oktober 2013 met de leden van de CDM-werkgroep.
8. Het tweede concept is 25 november 2013 met de opdrachtgever (het ministerie van Economische Zaken) besproken.
9. Een derde concept is 14 januari 2014 besproken met de werkgroep.
10. Een vierde concept is schriftelijk becommentarieerd door de werkgroepleden in januari en februari 2014
11. Een vijfde concept is schriftelijk becommentarieerd in september 2014.
12. Een zesde concept is besproken op 25 november 2014, en geaccordeerd onder de voorwaarde dat de gemaakte opmerkingen in het zesde concept worden verwerkt.
13. Een finaal concept is 24 december 2014 naar de opdrachtgever gestuurd.

### **Samenstelling van de CDM-werkgroep (in alfabetische volgorde):**

Mevr. S. Boekhold, secretariaat TCB  
Dhr. W. Bussink, NMI  
Dhr. P. Ehlert, Alterra-WUR  
Dhr. W. van Geel, PPO-WUR  
Dhr. J. Griffioen, UU en Deltares  
Dhr. G. Koopmans, Wageningen Universiteit  
Mevr. J. van Middelkoop, ASG  
Dhr. O. Oenema, CDM  
Dhr. P. Römken, Alterra-WUR  
Dhr. K. Verloop, PRI-WUR



---

# Bijlage 3    Onderzoek naar een gecombineerde indicator van de fosfaattoestand

## **Analyse van effecten een gecombineerde versus enkelvoudige indicatoren**

Er zijn vele publicaties over de verschillen en overeenkomsten tussen indicatoren van de fosfaattoestand, maar in vrijwel alle gevallen gaat het om een vergelijking tussen enkelvoudige indicatoren op basis van laboratoriumanalyses en proefveldresultaten. Een systematische vergelijking in de praktijk van de voordelen en nadelen van het gebruik van een gecombineerde indicator ten opzichte van een enkelvoudige indicator heeft slechts in beperkte mate plaatsgevonden. Dat geldt ook voor het buitenland. De Nederlandse onderzoeken worden hieronder kort samengevat.

Een vergelijking van gecombineerde en enkelvoudige indicatoren in het veld in Nederland is onlangs uitgevoerd door Bussink *et al.* (2011a; 2011b; 2014) en Ehlert *et al.* (2014). Bussink *et al.* (2011a) hebben in de jaren 2007 en 2008 op 96 percelen met snijmaïs strokenproeven in enkelvoud aangelegd (met en zonder fosfaatbemesting in de rij), en de percelen bemonsterd en de bodemonsters geanalyseerd op P-CaCl<sub>2</sub>, en P-AL-getal. Het gemiddelde effect van fosfaatbemesting in de rij was 0,4 ton per ha in 2008 en 1,0 ton per ha in 2007. De variatie tussen percelen was groot (8 tot 22 ton per ha). Een statistisch model met een gecombineerde indicator verklaarde iets meer variantie in de relatie tussen opbrengst en fosfaattoestand dan een statistisch model met enkelvoudige indicatoren. Op basis van die analyse en het verkregen statistisch model is vervolgens een fosfaatbemestingsadvies voor snijmaïs afgeleid dat gebaseerd is op de gecombineerde indicator P-CaCl<sub>2</sub> en P-AL.

Bussink *et al.* (2011b) hebben in de jaren 2007 en 2008 proeven met stikstof en fosfaatbemesting uitgevoerd op ruim 50 percelen grasland, en de percelen bemonsterd en de bodemonsters geanalyseerd op P-CaCl<sub>2</sub> en P-AL-getal. Een effect van fosfaatbemesting op drogestofopbrengst was afwezig, maar er was een statistisch betrouwbaar effect van fosfaatbemesting op het P-gehalte in het gras van de eerste snede. Een statistisch model met een gecombineerde indicator voor de fosfaattoestand verklaarde iets meer variantie in de relatie tussen P-gehalte in het gras en fosfaattoestand dan een statistisch model met enkelvoudige indicatoren. Op basis van die analyse en het verkregen statistisch model is vervolgens een fosfaatbemestingsadvies voor grasland afgeleid dat gebaseerd is op de gecombineerde indicator P-CaCl<sub>2</sub> en P-AL. De statistische analyse die is toegepast door Bussink *et al.* (2011a; 2011b; 2014) is echter niet zonder discussie, omdat ook de verhouding 'capaciteit : intensiteit' als verklarende variabele in het model is meegenomen en die variabele is verstrengeld met intensiteit. Daardoor wordt de conclusie dat een gecombineerde indicator iets meer variantie in de relatie tussen opbrengst en fosfaattoestand verklaarde dan een statistisch model met enkelvoudige indicatoren niet door alle leden van de werkgroep gedeeld.

Ehlert *et al.* (2014) hebben op basis van een orthogonale proefopzet in combinaties van I en C met snijmaïs een vergelijking gemaakt tussen de drogestofopbrengst en fosfaatopname met de fosfaattoestand bepaald via enkelvoudige en gecombineerde indicatoren. Uit die vergelijking blijkt dat een gecombineerde indicator voor de fosfaattoestand van de bodem een vergelijkbare of betere statistisch correlatie had met de opbrengstreactie van het gewas dan een aantal enkelvoudige indicatoren. Een enkelvoudige indicator die ook goed correleerde was de fosfaatverzadigingsgraad. Hoewel de fosfaattoestand van de percelen waarop de proefvelden waren aangelegd relatief laag waren voor Nederlandse begrippen, was de opbrengstreactie van snijmaïs op P-bemesting gering (<3%). De reactie van het gewas in P-opneming waren groter (~10%). Bussink *et al.* (2011a; 2011b, 2014) kwamen tot vergelijkbare conclusies; de opbrengst van snijmaïs en grasland werd in heel geringe mate beïnvloed door de fosfaattoestand en/of P-bemesting. Effecten komen vooral bij zeer lage fosfaattoestanden tot uitdrukking.

De onderzoeken van Bussink *et al.* (2011a; 2011b; 2014) en Ehlert *et al.* (2014) geven aan dat een gecombineerde indicator (intensiteit en capaciteit) gemiddeld genomen iets meer van de variantie in de relaties tussen fosfaattoestand en gewasopbrengst of fosfaatafvoer verklaarden dan een

---

enkelvoudige indicator (intensiteit of capaciteit). De verschillen tussen verklaarde variantie van verschillende regressievergelijkingen zijn klein. Ook de reacties van het gewas op fosfaattoestand en fosfaatbemesting waren klein, en in de meeste gevallen statistisch niet significant.

De redenen voor een iets grotere (of vergelijkbare) verklaarde variantie bij een gecombineerde indicator, ten opzichte van een enkele indicator, in de relaties tussen fosfaattoestand en gewasopbrengst en P-gehalte in het gewas, is dat een beperkt aantal landbouwgronden een hoge intensiteit combineren met een lage capaciteit, en omgekeerd een lage intensiteit met een hoge capaciteit. Voor deze gronden met een lage fosfaatvoorziening en verschillend fosfaatbufferend vermogen is een gecombineerde indicator superieur ten opzichte van een enkelvoudige indicator. Het areaal landbouwgronden met een hoge intensiteit en lage capaciteit of met een lage intensiteit en hoge capaciteit (situaties B en C in box 3) is echter gering in Nederland; ongeveer 5% van het aantal geanalyseerde monsters valt in deze categorie. Voor de meeste percelen geldt dat intensiteit en capaciteit sterk gecorreleerd zijn en dat een gecombineerde indicator dan niet meer van de variantie in de relaties tussen fosfaattoestand en gewasopbrengst en P-gehalte in het gewas kan verklaren dan een enkelvoudige indicator. Het is overigens niet goed bekend waar de percelen met een hoge intensiteit en lage capaciteit of met een lage intensiteit en hoge capaciteit situaties B en C liggen in Nederland. Dit impliceert dat op voorhand niet aangegeven kan worden op welke percelen een gecombineerde indicator vooral voordelen biedt.

Een complicerende factor bij de analyse van voor- en nadelen van een gecombineerde indicator ten opzichte van een enkelvoudige indicator is dat de reactie van het gewas op verschillen in fosfaattoestand en fosfaatbemesting in Nederland niet groot zijn. In veel proeven zijn de verschillen in opbrengst statistisch niet significant, omdat landbouwgronden relatief rijk zijn aan fosfaat en omdat de variatie binnen percelen in fosfaattoestand vaak groot zijn. De invloed van het weer op de opbrengst is vaak ook groot, waardoor de reactie van het gewas sterk kunnen verschillen tussen jaren. Dit impliceert dat de statistische betrouwbaarheid van adviezen voor "de optimale fosfaattoestand en optimale fosfaatbemesting" gering is, ongeacht het gebruik van een gecombineerde of enkelvoudige indicator.

De verschillen in de wettelijk toegestane fosfaatgiften (50 – 75 kg per ha voor akkerbouwgewassen en 80 – 100 kg per ha voor grasland (Tabel 1)), als functie van fosfaattoestand, zijn ook niet groot. Kleine verschillen in fosfaatgiften (50 kg versus 75 kg, en 80 kg versus 100 kg per ha) geven zeer waarschijnlijk geen statistisch betrouwbare verschillen in opbrengst en P-gehalten in het gewas (gras) en/of fosfaatafvoer, ongeacht de hoogte van de fosfaattoestand, en ongeacht of de fosfaattoestand is bepaald met een enkelvoudige of gecombineerde indicator. Met andere woorden, de implicaties voor de praktijk van een gecombineerde of enkelvoudige indicator zijn gering in termen van drogestofopbrengst en P-gehalten in het gras onder de gegeven omstandigheden. Daarbij komt dat de meeste landbouwgronden in Nederland een (ruim) voldoende fosfaattoestand hebben (Schoumans, 2007; Reijneveld, 2013).

### **Enkele achtergronden van de introductie van een gecombineerde indicator in Nederland**

De introductie van de gecombineerde indicator in het fosfaatbemestingsadvies van grasland en voedergewassen is voorafgegaan door de introductie van het multi-nutriënt extractiemiddel 0,01 M CaCl<sub>2</sub> door het grootste grondonderzoeklaboratorium BLGG in Nederland in de praktijk van het grondonderzoek vanaf 2004. Dit extractiemiddel heeft een groot aantal nutriënt-specifieke extractiemiddelen vervangen, waardoor het grondonderzoek is vereenvoudigd en efficiënter en goedkoper is gemaakt. Verschillen tussen akkerbouw, grasland en voedergewassen en groenteteelt in grondanalysemethoden zijn hierdoor kleiner geworden, waardoor in principe ook de bemestingsadviesbases een gemeenschappelijke grondonderzoekanalysemethode kunnen krijgen. De resultaten van het multi-nutriënt extractiemiddel 0,01 M CaCl<sub>2</sub> zijn geïntroduceerd als intensiteitsparameters, d.w.z. als direct of snel beschikbare nutriënten (waaronder fosfaat, maar ook kalium en magnesium). Tegelijkertijd ontstond de noodzaak om ook informatie te verschaffen over de capaciteit, d.w.z. over de beschikbaarheid en levering van nutriënten over langere perioden. De introductie van het multi-nutriënt extractiemiddel 0,01 M CaCl<sub>2</sub> heeft dus de introductie van gecombineerde indicatoren voor de beschikbaarheid van nutriënten in de bodem gefaciliteerd/gestimuleerd. Capaciteitsparameters in het grondonderzoek voor de landbouwpraktijk worden in toenemende mate bepaald met low-cost infrarood spectrofotometrie (NIRS, MIRS).



---

De introductie van een gecombineerde indicator voor de beschikbaarheid van nutriënten in de bodem speelt deels in op ontwikkelingen in de landbouw. Het gebruik van grasland en bouwland verandert vaker dan voorheen. De akkerbouw heeft voor de teelt van aardappelen, bloembollen en verschillende groentegewassen ziektevrije landbouwgronden nodig en zoekt die bij melkveehouderijbedrijven op grasland. Bovendien is de teelt van snijmaïs en andere voedergewassen gemeengoed geworden op veel melkveehouderijbedrijven waardoor ook binnen die bedrijven veel meer rotaties zijn van grasland en bouwland. Het gebruik van verschillende indicatoren voor de fosfaattoestand (en verschillende bemonsteringsdieptes) van grasland en bouwland is dan lastig en niet handig. Dit leidt ertoe dat grondslagen voor de bemestingsadviezen van bouwland en grasland en groentegewassen in de toekomst waarschijnlijk uniformer worden.

### **Voor- en nadelen van een gecombineerde indicator**

Op basis van diverse criteria (robustheid analysemethode, empirische onderbouwing, internationale (h)erkenning, toekomstverwachtingen, en draagvlak in de praktijk), zijn P-AL en P-CaCl<sub>2</sub>, en de combinatie daarvan, de meest voor de hand liggende indicatoren voor de fosfaattoestand van de bodem. Een alternatieve combinatie zoals P-ox en P-CaCl<sub>2</sub> blijkt wat betreft gewasrespons (aardappel) ook goed te scoren maar de onderbouwing, (h)erkenning en het draagvlak in de praktijk voor die combinatie van indicatoren is naar verwachting gering op de korte termijn.

Intensiteitsparameters zijn gevoeligheid voor omgevingsfactoren. Door droogte, bekalking, en toevoeging van middelen die fosfaat binden, kunnen indicatoren voor de intensiteit van de fosfaattoestand worden beïnvloed. In de bemestingsadvisering wordt hier rekening mee gehouden, bijvoorbeeld voor het tijdstip van bemonstering in samenhang met de gewasrotatie. Dit impliceert dat situaties met een lage intensiteit kunnen worden 'gecreëerd'. Regelgeving met betrekking tot fosfaattoestand-afhankelijke fosfaatgebruiksnormen dient hier ook rekening mee te houden. Een indicator voor de capaciteit van de fosfaattoestand is veel robuuster en minder afhankelijk van omgevingsfactoren.

Uit veldonderzoek op grasland en maïsland met hoge capaciteit en lage intensiteit blijkt dat een gecombineerde indicator een vergelijkbaar of iets hoger percentage variantie verklaren voor het verband tussen fosfaattoestand en de reactie van het gewas in opbrengst en/of fosfaatgehalte dan een enkelvoudige indicator. Een gecombineerde indicator biedt in theorie de mogelijkheid om preciezer landbouwgronden te detecteren waar een gewas een reactie zal tonen in opbrengst en op fosfaatbemesting, waardoor een preciezer bemestingsadvies mogelijk is. Naar schatting gaat het hier om circa 5% van het areaal landbouwgronden.

Een gecombineerde indicator biedt het perspectief om te komen tot een uniforme methode voor de bepaling van de fosfaattoestand van bouwland en grasland. Een gecombineerde methode biedt ook het perspectief om de advisering voor andere nutriënten te uniformeren en daardoor goedkoper te maken.

De introductie van nieuwe of gecombineerde indicatoren voor de beschikbaarheid van nutriënten in de bodem vergt dat de resultaten van het grondonderzoek opnieuw gekalibreerd en getoetst moeten worden aan resultaten van veldproeven. Zonder die kalibratie en toetsing heeft een nieuwe of gecombineerde indicator weinig of geen waarde, omdat het grondonderzoek t.b.v. bemesting gebaseerd is op correlatieve verbanden tussen analysecijfers van grondonderzoek en reacties van het gewas in opbrengst en nutriëntengehaltes in het gewas. Die toetsing heeft tot nu toe slechts in beperkte mate plaatsgevonden en is niet geheel transparant uitgevoerd en is dus ook niet altijd verifieerbaar (ook omdat die kalibratie en toetsing door laboratoria wordt beschouwd als vertrouwelijke informatie). Gebrek aan transparantie en mogelijkheid tot verificatie wordt door leden van de werkgroep als bezwaarlijk gevonden.

Een mogelijk nadeel van een gecombineerde indicator zijn de hogere analysekosten. De toename van de analysekosten zijn echter beperkt, omdat de extra analyses niet duur zijn; de kosten verbonden aan bemonstering en voorbereiding van het monster blijven immers gelijk. De geschatte extra analysekosten van een intensiteits- én capaciteitsparameter zijn in de orde van grootte van 1 tot 15 euro per monster, afhankelijk van het analysepakket.

---

Een ander mogelijk nadeel van een gecombineerde indicator is het ingewikkeldere beoordelings-systeem. De onderbouwing en interpretatie van een gecombineerde indicator is lastiger dan de onderbouwing en interpretatie van een enkelvoudige indicator, vooral in de situaties met een hoge intensiteit en lage capaciteit of met een lage intensiteit en hoge capaciteit. In het beoordelingssysteem moeten voor combinaties van de intensiteitsindicator en de capaciteitsindicator adviezen (en fosfaatgebruiksnormen) worden vastgesteld, die bij voorkeur op empirische gegevens zijn gebaseerd. Die empirische gegevens ontbreken echter grotendeels.

Op een aantal laboratoria wordt momenteel de Pw-methode niet meer gemeten. Één laboratorium berekent Pw-getal uit de gemeten waarden van P-AL en P-CaCl<sub>2</sub>. Daarbij worden grondsoort-afhankelijke kalibratielijnen gebruikt die niet openbaar zijn en dus niet geverifieerd kunnen worden. De argumentatie van de laboratoria is dat de berekening van het Pw-getal sneller en goedkoper is een vergelijkbare (on)nauwkeurigheid heeft dan een gemeten Pw-getal. Dit laatste is echter niet te verifiëren. Bij introductie van een gecombineerde indicator op basis van P-AL en P-CaCl<sub>2</sub> verdwijnt de noodzaak om het Pw-getal te meten en/of te berekenen waardoor de eerder genoemde bewaren van 'geen transparantie' verdwijnen.

Empirisch onderzoek van kalibratie en validatie naar de gewasreactie op fosfaattoestand en fosfaatbemesting is uitgevoerd. De parameterschattingen van de gehanteerde regressiemodellen zijn – met uitzondering van aardappel - niet beschikbaar in het publieke domein.

Ten slotte, niet alle laboratoria zijn even goed voorbereid op een introductie van een gecombineerde indicator van de fosfaattoestand. Deze laboratoria hanteren deels eigen methoden, die specifiek voor een bepaalde regio zijn ontwikkeld en waarin telers vertrouwen hebben. Omschakeling vergt in dit geval overredingskracht en tijd.

## Conclusies

- Een gecombineerde indicator biedt in theorie de mogelijkheid om preciezer landbouwgronden te detecteren waar een gewas een reactie zal tonen in opbrengst en op fosfaatbemesting, waardoor in principe een preciezer bemestingsadvies mogelijk is. Naar schatting gaat het hier om circa 5% van het areaal landbouwgronden in Nederland.
- Uit veldonderzoek op grasland en maïslaan met hoge capaciteit en lage intensiteit blijkt dat een gecombineerde indicator vergelijkbare percentages verklaarde varianties te geven voor het verband tussen fosfaattoestand en de reactie van het gewas in opbrengst en/of fosfaatgehalte dan een enkelvoudige indicator.
- In een enkelvoudig indicatorsysteem voor de afleiding van fosfaattoestand-afhankelijke fosfaatgebruiksnormen is een capaciteitsmethode (b.v. P-AL-methode) te prefereren boven een intensiteitsmethode (b.v. Pw-methode of P-CaCl<sub>2</sub>-methode), vanwege de robuustheid van de analyseresultaten.
- Een indicator voor de intensiteit van de fosfaattoestand is gevoeliger dan een indicator voor de capaciteit van de fosfaattoestand om de reactie van het gewas op fosfaatbemesting te voorspellen. Dit is vooral bij groentewassen van gewasgroep 0 (bouwland) van belang.
- De P-CaCl<sub>2</sub>-methode en de Pw-methode zijn de meest geschikte indicatoren voor de intensiteit van de fosfaattoestand van de bodem.
- Een indicator voor de capaciteit van de fosfaattoestand is robuuster (relatief grote reproduceerbaarheid binnen en tussen laboratoria) en minder gevoelig voor omgevingsfactoren dan een indicator voor de intensiteit van de fosfaattoestand.
- Het P-AL-getal en het P-ox-getal zijn geschikte indicatoren voor de capaciteit van de fosfaattoestand van de bodem.
- Nadelen van een gecombineerde indicator ten opzichte van een enkelvoudige indicator vloeien voort uit:
  - de toename van de analysekosten;
  - de complexere beoordeling van de fosfaattoestand;
  - het relatief geringe areaal landbouwgronden waarvoor de voordelen gelden.

---

## Bijlage 4    Indicatoren voor fosfaatverliezen naar het watersysteem

Door uit- en afspoeling van fosfaat dragen landbouwgronden bij aan de belasting van oppervlaktewater. Ofschoon de netto aanvoer van fosfaat naar landbouwgronden gedurende de laatste decennia is gedaald, zijn de gemiddelde P-gehalten in oppervlaktewateren in landbouwgebieden nauwelijks gedaald. De relatieve bijdrage van uit- en afspoeling van fosfaat uit bodems aan de belasting van het oppervlaktewater is zelfs toegenomen van 13 naar 49% omdat de bijdrage van andere bronnen zoals industrie en rioolwaterzuivering is gedaald.

Tot vrij recent werd verondersteld dat de zogenoemde 'diffuse uitspoeling' de belangrijkste route is voor de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater door landbouwgronden. Met 'diffuse belasting' wordt aangegeven dat de belasting door landbouwgronden verspreid over het land en verspreid over het jaar plaatsvindt, dat er geen specifieke bron en periode is, anders dan fosfaatrijke en natte landbouwgronden. Recent is duidelijk geworden dat de zogenoemde incidentele verliezen ook een forse bijdrage kunnen leveren. Het gaat hierbij om belasting door afspoeling en erosie van bodemdeeltjes en mest naar het oppervlaktewater tijdens hevige regenbuien (Van der Salm *et al.*, 2012; Bouwman *et al.*, 2013). De bijdrage van deze incidentele verliezen is niet alleen afhankelijk van de fosfaattoestand van de bodem, maar ook van klimaat, hydrologische factoren en het bedrijfsmanagement. De kans op het vóórkomen van deze incidentele verliezen is *gemiddeld* het grootst in kleigronden waar de infiltratiecapaciteit genomen lager is dan in bijvoorbeeld zandgronden.

Studies gericht op het bepalen van het risico of fosfaatuitspoeling naar ondergrond, grondwater en oppervlaktewater, hebben vooral gebruik gemaakt van de indicatoren P-ox en de fosfaatverzadigingsgraad (FVG), in combinatie met hydrologie, reliëf en textuur. Deze indicatoren geven inzicht in de fosfaatsorptiecapaciteit van de bodem. Indien de FVG ook bekend is van de ondergrond, en de grondwaterstand en -stroming en de afstand tot het oppervlaktewater ook bekend zijn, dan geven deze indicatoren een goed beeld van het risico van een perceel van de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater. In enkele studies is ook de bruikbaarheid van Pw-getal, P-AL-getal en P-CaCl<sub>2</sub>-getal als indicatoren voor het risico of fosfaatuitspoeling naar ondergrond, grondwater en oppervlaktewater getoetst, maar op beperkte schaal (kalkloze zandgronden) en op basis van simulatiemodellen (Schoumans, 2013; Schoumans *et al.*, 2013; 2014). Er is niet verkend of combinaties van intensiteit en capaciteit een betere schatting geven van het risico van fosfaatverliezen uit landbouwgronden naar ondergrond en oppervlaktewater dan enkelvoudige indicatoren. Er zijn dus geen empirische gegevens.

### Conclusies

- Een gecombineerde indicator (capaciteit en intensiteit) geeft in theorie meer inzicht in het risico van fosfaatuitspoeling (via intensiteit) van fosfaat uit de bovengrond naar de ondergrond, en van fosfaatverliezen door afspoeling en erosie van vaste bodemdeeltjes (via capaciteit) dan een enkelvoudige indicator. Echter, empirische gegevens ontbreken. Ook het relatieve aandeel in de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater door afspoeling en erosie versus uitspoeling is niet goed bekend in Nederland.
- De beperkte empirische data tonen aan dat een indicator voor capaciteit (vooral P-ox en fosfaatverzadigingsgraad, FVG) van een bodemprofiel inzicht geeft in het risico van fosfaatuitspoeling via drains. Een indicator voor intensiteit (o.a. Pw en P-CaCl<sub>2</sub>) van de bouwvoor geeft inzicht in de fosfaatconcentratie in het bodemvocht en de fosfaatuitspoeling uit de bouwvoor naar de ondergrond.
- De bijdrage van incidentele verliezen (door afspoeling en erosie) aan de totale fosfaatbelasting van het oppervlaktewater door landbouwgronden in Nederland is niet bekend. Ook is de relatie met de fosfaattoestand niet goed bekend, omdat niet duidelijk is of de afspoeling en erosie vooral bodemdeeltjes betreft of mest en kunstmest. Indien bodemdeeltjes de belangrijkste bron van P in de afspoeling en erosie is, dan is de fosfaattoestand van de bodem een indicator voor incidentele fosfaatverliezen. In dit geval is er voorkeur voor een capaciteitsindicator (b.v. Pox) omdat die meer

---

inzicht geeft in de totale belasting van het oppervlaktewater. Daarenboven kan een intensiteitsparameter extra inzicht verschaffen in de grootte van het direct-beschikbare fosfaat van de bodemdeeltjes die in het oppervlakte water terecht komen.

- Landelijk gezien zijn diffuse uitspoeling en incidentele verliezen via afspoeling en erosie de twee belangrijkste routes voor de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater door landbouwgronden. Daarbij kan grofweg een scheiding worden gemaakt tussen Pleistoceen Oost-Nederland en Holocene West-Nederland, waarbij op goed doorlatende zandgronden in Oost-Nederland waarschijnlijk de bijdrage van uitspoeling dominant is en in West Nederland met zijn polders en klei- en veengronden de bijdrage van incidentele verliezen waarschijnlijk dominant is.

## Verschenen documenten in de reeks Technical reports van de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

WOT-Technical reports zijn verkrijgbaar bij het secretariaat van Unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu te Wageningen. T 0317 – 48 54 71; E info.wnm@wur.nl

WOT-Technical reports zijn ook te downloaden via de website [www.wageningenUR.nl/wotnatuurenmilieu](http://www.wageningenUR.nl/wotnatuurenmilieu)

1	Arets, E.J.M.M., K.W. van der Hoek, H. Kramer, P.J. Kuikman & J.-P. Lesschen (2013). <i>Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector for the UNFCCC and Kyoto Protocol. Background to the Dutch NIR 2013.</i>
2	Kleunen, A. van, M. van Roomen, L. van den Bremer, A.J.J. Lemaire, J.-W. Vergeer & E. van Winden (2014). <i>Ecologische gegevens van vogels voor Standaard Gegevensformulieren Vogelrichtlijngebieden.</i>
3	Bruggen, C. van, A. Bannink, C.M. Groenestein, B.J. de Haan, J.F.M. Huijsmans, H.H. Luesink, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk (2014). <i>Emissies naar lucht uit de landbouw in 2012. Berekeningen van ammoniak, stikstofoxide, lachgas, methaan en fijn stof met het model NEMA</i>
4	Verburg, R.W., T. Selnes & M.J. Bogaardt (2014). <i>Van denken naar doen; ecosysteemdiensten in de praktijk. Case studies uit Nederland, Vlaanderen en het Verenigd Koninkrijk.</i>
5	Velthof, G.L. & O. Oenema (2014). <i>Commissie van Deskundigen Meststoffenwet. Taken en werkwijze; versie 2014</i>
6	Berg, J. van den, V.J. Ingram, L.O. Judge & E.J.M.M. Arets (2014). <i>Integrating ecosystem services into tropical commodity chains- cocoa, soy and palm oil; Dutch policy options from an innovation system approach</i>
7	Knegt de, B., T. van der Meij, S. Hennekens, J.A.M. Janssen & W. Wamelink (2014). <i>Status en trend van structuur- en functiekenmerken van Natura 2000- habitattypen op basis van het Landelijke Meetnet Flora (LMF) en de Landelijke Vegetatie Databank (LVD). Achtergronddocument voor de Artikel 17-rapportage.</i>
8	Janssen, J.A.M., E.J. Weeda, P. Schippers, R.J. Bijlsma, J.H.J. Schaminée, G.H.P. Arts, C.M. Deerenberg, O.G. Bos & R.G. Jak (2014). <i>Habitattypen in Natura 2000-gebieden. Beoordeling van oppervlakte representativiteit en behoudsstatus in de Standard Data Forms (SDFs).</i>
9	Ottburg, F.G.W.A., J.A.M. Janssen (2014). <i>Habitatrichtlijnsoorten in Natura 2000-gebieden. Beoordeling van populatie, leefgebied en isolatie in de Standard Data Forms (SDFs)</i>
10	Arets, E.J.M.M. & F.R. Veeneklaas (2014). <i>Costs and benefits of a more sustainable production of tropical timber.</i>
11	Vader, J. & M.J. Bogaardt (2014). <i>Natuurverkenning 2 jaar later; Over gebruik en doorwerking van Natuurverkenning 2010-2040.</i>
12	Smits, M.J.W. & C.M. van der Heide (2014). <i>Hoe en waarom bedrijven bijdragen aan behoud van ecosysteemdiensten; en hoe de overheid dergelijke bijdragen kan stimuleren.</i>
13	Knegt, B. de (ed.) (2014). <i>Graadmeter Diensten van Natuur; Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland.</i>
14	Beltman, W.H.J., M.M.S. Ter Horst, P.I. Adriaanse, A. de Jong & J. Deneer (2014). <i>FOCUS_TOXSWA manual 4.4.2; User's Guide version 4.</i>
15	Adriaanse, P.I., W.H.J. Beltman & F. Van den Berg (2014). <i>Metabolite formation in water and in sediment in the TOXSWA model. Theory and procedure for the upstream catchment of FOCUS streams.</i>
16	Groenestein, K., C. van Bruggen en H. Luesink (2014). <i>Harmonisatie diercategorieën</i>
17	Kistenkas, F.H. (2014). <i>Juridische aspecten van gebiedsgericht natuurbeleid (Natura 2000)</i>
18	Koeijer, T.J. de, H.H. Luesink & C.H.G. Daatselaar (2014). <i>Synthese monitoring mestmarkt 2006 – 2012.</i>
19	Schmidt, A.M., A. van Kleunen, L. Soldaat & R. Bink (2014). <i>Rapportages op grond van de Europese Vogelrichtlijn en Habitatrichtlijn. Evaluatie rapportageperiode 2007-2012 en aanbevelingen voor de periode 2013-2018</i>
20	Fey F.E., N.M.A.J. Dankers, A. Meijboom, P.W. van Leeuwen, M. de Jong, E.M. Dijkman & J.S.M. Cremer (2014). <i>Ontwikkeling van enkele mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee, situatie 2013.</i>
21	Hendriks, C.M.A., D.A. Kamphorst en R.A.M. Schrijver (2014). <i>Motieven van actoren voor verdere verduurzaming in de houtketen.</i>
22	Selnes, T.A. and D.A. Kamphorst (2014). <i>International governance of biodiversity; searching for renewal</i>
23	Dirkx, G.H.P, E. den Belder, I.M. Bouwma, A.L. Gerritsen, C.M.A. Hendriks, D.J. van der Hoek, M. van Oorschot & B.I. de Vos (2014). <i>Achtergrondrapport bij beleidsstudie Natuurlijk kapitaal: toestand, trends en perspectief; Verantwoording casestudies</i>
24	Wamelink, G.W.W., M. Van Adrichem, R. Jochem & R.M.A. Wegman (2014). <i>Aanpassing van het Model for Nature Policy (MNP) aan de typologie van het Subsidiestelsel Natuur en Landschap (SNL); Fase 1</i>

<b>25</b>	Vos, C.C., C.J. Grashof-Bokdam & P.F.M. Opdam (2014). <i>Biodiversity and ecosystem services: does species diversity enhance effectiveness and reliability? A systematic literature review.</i>
<b>26</b>	Arets, E.J.M.M., G.M. Hengeveld, J.P. Lesschen, H. Kramer, P.J. Kuikman & J.W.H. van der Kolk (2014). <i>Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector for the UNFCCC and Kyoto Protocol. Background to the Dutch NIR 2014.</i>
<b>27</b>	Roller, te J.A., F. van den Berg, P.I. Adriaanse, A. de Jong & W.H.J. Beltman (2014). <i>Surface WAter Scenario Help (SWASH) version 5.3. technical description</i>
<b>28</b>	Schuiling, C., A.M. Schmidt & M. Boss (2014). <i>Beschermde gebiedenregister; Technische documentatie</i>
<b>29</b>	Goossen, C.M., M.A. Kiers (2015). <i>Mass mapping; State of the art en nieuwe ideeën om bezoekersaantallen in natuurgebieden te meten</i>
<b>30</b>	Hennekens, S.M, M. Boss en A.M. Schmidt (2014). <i>Landelijke Vegetatie Databank; Technische documentatie</i>
<b>31</b>	Bijlsma, R.J., A. van Kleunen & R. Pouwels (2014). <i>Structuur- en functiekenmerken van leefgebieden van Vogelrichtlijn- en Habitatrichtlijnsoorten; Een concept en bouwstenen om leefgebieden op landelijk niveau en gebiedsniveau te beoordelen</i>
<b>32</b>	Commissie Deskundigen Meststoffenwet (2015). <i>Nut en risico's van covergisting. Syntheserapport.</i>
<b>33</b>	Bijlsma, R.J. & J.A.M. Janssen (2014). <i>Structuur en functie van habitattypen; Onderdeel van de documentatie van de Habitatrichtlijn artikel 17-rapportage 2013</i>
<b>34</b>	Fey F.E., N.M.J.A. Dankers, A. Meijboom, P.W. van Leeuwen, J. Cuperus, B.E. van der Weide, M. de Jong, E.M. Dijkman & J.S.M. Cremer (2014). <i>Ecologische ontwikkeling binnen een voor menselijke activiteiten gesloten gebied in de Nederlandse Waddenzee; Tussenrapportage achtste jaar na sluiting (najaar 2013).</i>
<b>35</b>	Kuindersma, W., F.G. Boonstra, R.A. Arnouts, R. Folkert, R.J. Fontein, A. van Hinsberg & D.A. Kamphorst (2015). <i>Vernieuwingen in het provinciaal natuurbeleid. Vooronderzoek voor de evaluatie van het Natuurpact.</i>
<b>36</b>	Berg van den, F., W.H.J. Beltman, P.I. Adriaanse, A. de Jong & J.A. te Roller (2015). <i>SWASH Manual 5.3. User's Guide version 5</i>
<b>37</b>	Brouwer, F.M., A.B. Smit & R.W. Verburg (2015). <i>Economische prikkels voor vergroening in de landbouw</i>
<b>38</b>	Verburg, R.W., R. Michels, L.F. Puister (2015). <i>Aanpassing Instrumentarium Kosten Natuurbeleid (IKN) aan de SNL-typologie</i>
<b>39</b>	Commissie Deskundigen Meststoffenwet (2015). <i>Actualisering methodiek en protocol om de fosfaattoestand van de bodem vast te stellen</i>





---

### Thema Agromilieu

Wettelijke Onderzoekstaken  
Natuur & Milieu  
Postbus 47  
6700 AA Wageningen  
T (0317) 48 54 71  
E info.wnm@wur.nl

ISSN 2352-2739

[www.wageningenUR.nl/  
wotnatuurenmilieu](http://www.wageningenUR.nl/wotnatuurenmilieu)



De WOT Natuur & Milieu voert wettelijke onderzoekstaken uit op het beleidsterrein natuur en milieu. Deze taken worden uitgevoerd om een wettelijke verantwoordelijkheid van de minister van Economische Zaken te ondersteunen. De WOT Natuur & Milieu werkt aan producten van het Planbureau voor de Leefomgeving, zoals de Balans van de Leefomgeving en de Natuurverkenning. Verder brengen we voor het ministerie van Economische Zaken adviezen uit over (toelating van) meststoffen en bestrijdingsmiddelen, en zorgen we voor informatie voor Europese rapportageverplichtingen over biodiversiteit.

De WOT Natuur & Milieu is onderdeel van de internationale kennisorganisatie Wageningen UR (University & Research centre). De missie is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

---