

# 30 vragen en antwoorden over fosfaat in relatie tot landbouw en milieu



Samenstellers    Oscar Schoumans  
                          Jaap Willems  
                          Geert van Duinhoven



# 30 vragen en antwoorden over fosfaat

in relatie tot landbouw en milieu

# Referaat

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.

Deze uitgaven geeft een antwoord op veel gestelde vragen over fosfaat. Het betreft zowel algemene als landbouwkundige en milieukundige vragen. Deze publicatie is opgesteld voor beleidsmedewerkers van de rijksoverheid en regionale overheden (provincies, waterschappen), maatschappelijke organisaties en voor landbouwers en hun organisaties. In feite voor allen die met fosfaatbeleid te maken hebben.

Trefwoorden: fosfaat, fosfor, fosfaattoestand, landbouw, natuur, milieu

Dit rapport is gratis te downloaden van [www.alterra.wur.nl](http://www.alterra.wur.nl) (ga naar 'boekjes en folders').

Alterra verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via de auteur.

© 2008 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

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

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

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

# Inhoud

1. Waarom deze publicatie?	5
2. Wanneer spreken we van fosfor en wanneer van fosfaat?	6
3. Wat is het belang van fosfor voor plant en dier?	7
4. Hoeveel fosfor zit er van nature in de bodem, het grondwater en het oppervlaktewater?	8
5. Hoe ziet de fosforbalans van Nederland er uit?	11
6. Is een mestoverschot hetzelfde als een fosfaatoverschot?	14
7. Is fosfor mondiaal gezien een schaarse grondstof?	15
8. Wat is de fosfaatbehoefte van een gewas?	16
9. Hoe groot is de fosfaatafvoer bij het oogsten?	18
10. Kan een gewas al het fosfaat uit de bodem opnemen?	19
11. Hoe wordt de fosfaattoestand van de bodem landbouwkundig gekarakteriseerd?	20
12. Hoe luiden de fosfaatbestedingsadviezen voor de bodem?	22
13. Hoe luiden de fosfaatbestedingsadviezen voor de verschillende gewassen?	23
14. Welk fosfaatoverschot is nodig om de geadviseerde P-toestand te handhaven?	24
15. Wat zijn fosfaatfixerende gronden?	25
16. Is een nul-bemesting bij een hoge P-toestand nadelig voor de productiviteit?	26
17. Is een startgift altijd nodig?	27
18. Maakt het uit in welke vorm de mest wordt toegediend?	28
19. Wat is landbouwkundig gezien het onvermijdelijke fosfaatverlies?	29
20. Wat gebeurt er met het fosfaatoverschot in de bodem?	30
21. Wanneer is een bodem fosfaatverzadigd?	31
22. Wat is de fosfaattoestand van landbouwgronden?	32
23. Wat is de fosfaatvoorraad in landbouwgronden?	33
24. Hoe komt de diffuse fosfaatbelasting van het oppervlaktewater tot stand?	34
25. Waar komt het fosfor vandaan dat in het oppervlaktewater zit?	36
26. Hoe groot is de natuurlijke belasting aan het oppervlaktewater?	37
27. Zijn er verschillen in uitspoeling tussen grondsoorten en gewassen?	38
28. Wat is het effect van af- en uitspoeling van fosfor op waterecosystemen?	39
29. Hoeveel fosfor kan een ecosysteem hebben voordat negatieve effecten optreden?	41
30. Welke maatregelen zijn mogelijk om de belasting van het oppervlaktewater vanuit de landbouw te verminderen?	43



# 1. Waarom deze publicatie?

Over fosfaat bestaan vele vragen, zowel op het gebied van het landbouwkundig gebruik als over de mogelijke negatieve effecten op het milieu en de manier waarop die effecten worden veroorzaakt. Maatschappelijke organisaties hebben over het algemeen uitgesproken ideeën over de noodzaak van het gebruik van fosfaat in de landbouw in Nederland, en over de consequenties voor het milieu. De visies van deze organisaties verschillen onderling nogal eens, en stroken ook niet altijd met de uitgangspunten van de betrokken overheden.

Dit alles is een goede reden om de feiten systematisch, beknopt en wetenschappelijk verantwoord op een rijtje te zetten. Dit boekje geeft een stand van zaken weer over wat we op dit moment weten over fosfaat in landbouw en milieu. Deze “30 vragen en antwoorden over fosfaat” richten zich op de betekenis van fosfaat in relatie tot het mest- en milieubeleid, en gaan daarom in op een aantal algemene, landbouwkundige en milieukundige aspecten. Met deze uitgave hopen wij een bijdrage te kunnen leveren aan het ophelderen van de vele vragen die er zijn op het gebied van de fosfaathuishouding in Nederland.

De auteurs



## 2. Wanneer spreken we van fosfor en wanneer van fosfaat?

Vaak worden de termen fosfor (P) en fosfaat ( $P_2O_5$ ) ogenschijnlijk door elkaar gebruikt. Het gebruik van deze termen hangt echter af van de context. P staat voor het chemische element fosfor uit het periodieke systeem en wordt gebruikt in de context van beschrijvingen van de mineralenhuishouding van plant, dier, bodem en water. Zo spreekt men van fosforconcentraties in het oppervlaktewater en het fosforgehalte in de plant.

Fosfor komt in de natuur het meest voor in fosfaatverbindingen. Dit zijn verbindingen van fosfor met zuurstof (bijvoorbeeld  $H_2PO_4$  of  $P_2O_5$ ). Fosfaat wordt veelal gebruikt in de context van bodemkundige aspecten, bemestingsadviezen en het mestbeleid (zoals fosfaatgift en fosfaattoestand van de bodem).

Omrekenen van kilogrammen P (fosfor) naar kilogrammen  $P_2O_5$  (fosfaat) gebeurt door te vermenigvuldigen met een vaste factor van 2,29. Omgekeerd kan fosfaat omgerekend worden naar fosfor door te delen door 2,29. Dus 100 kg P komt overeen met 229 kg  $P_2O_5$ .





### 3. Wat is het belang van fosfor voor plant en dier?

Dieren en planten kunnen niet zonder fosfor. Fosfor komt voor in het celmateriaal van alle levende wezens en is nodig voor de energieoverdracht tussen levende cellen, groei, ontwikkeling en reproductie. Fosfor is dus een van de belangrijkste voedingsstoffen voor al het leven op aarde.

In levende cellen komen minerale fosforvormen en organische fosforvormen voor als suikers, vetachtige stoffen, reservestoffen, enzymen, eiwitten en DNA. Verder is fosfor een essentieel onderdeel van botweefsel en tandweefsel.

Een goede fosforvoorziening is dus van groot belang voor het goed functioneren van plant en dier. De dagelijkse vraag van een groeiend landbouwgewas varieert van 0,1-2 kg per hectare per dag (gemiddeld ca. 0,5). Voor landbouwdieren varieert de fosforbehoefte 0,2-0,9 (kip) tot 45-85 gram per dag (koe). Helaas wordt fosfor uit het voer niet efficiënt door dieren gebruikt. Dieren moeten beduidend meer fosfor opnemen dan ze daadwerkelijk gebruiken. Hierdoor bevat de excretie van beesten nog aanzienlijke hoeveelheden fosfor.

Planten nemen fosfaat op uit de bodem. De fosfaattoestand van de bodem en de bodemeigenschappen bepalen de beschikbaarheid. De aanwezigheid van voldoende bodemfosfaat is dan ook belangrijk. Optimale productie en kwaliteit van gewassen vereisen een juiste fosfaatvoorziening. Dit betekent dat er meer fosfaat in de bouwvoor beschikbaar moet zijn dan uiteindelijk via het gewas wordt opgenomen.



*Fosfor is van groot belang voor al het leven op aarde*

## 4. Hoeveel fosfor zit er van nature in de bodem, het grondwater en het oppervlaktewater?

Fosfor komt in de natuur voor in mineralen (zouten) en organische stof (humus). Daarom spreken we van mineraal fosfor (of anorganisch fosfor) en over organisch gebonden fosfor. Doordat mineralen oplossen en verweren en organische stof in de bodem wordt afgebroken, komt fosfor in de vorm van minerale fosfaatverbindingen vrij. Levende organismen zijn goed in staat om deze minerale fosfaten weer op te nemen en om te zetten in organische verbindingen die nodig zijn om goed te kunnen functioneren.

### *Bodem*

Van nature zijn de fosforgehalten van de verschillende grondsoorten laag, namelijk 100-1000 milligram per kilogram grond (0,01-0,1 %). Fosfor komt in de bodem zowel in organische vorm als in anorganische vorm voor. De verhouding verschilt tussen de grondsoorten en tussen de verschillende bodemlagen. In zand- en kleigronden is fosfor vooral in minerale vorm opgeslagen (ondieper dan 50 cm: 70-90% en dieper dan 50 cm: 50-90%). In de laagveengronden van West-Nederland is het percentage dat in organisch vorm is opgeslagen vaak hoger. Verder neemt dit percentage met de diepte toe: van 50% in de bovengrond tot bijna 100% in pure veenlagen.

Natuurlijke aanrijking met fosfor vindt hoofdzakelijk plaats in gebieden waar fosfaat via kwelwater wordt aangevoerd. Dit kwelwater is afkomstig van hoger gelegen gebieden, waar het fosfaat in het grondwater onder zuurstofloze omstandigheden oplost.

Natuurlijke aanrijking met fosfaat vond in het verleden ook plaats door veenvorming in natte gebieden. Als gevolg van de ontwatering van deze gebieden, al dan niet door bemaling, is in de afgelopen eeuw juist een groot deel van het veen weer afgebroken, waardoor opgehoopte fosfor weer is vrijgekomen. Veel hoogveengebieden in Noordoost-Nederland zijn verdwenen en ook de veenlagen in West-Nederland worden dunner.

De ondergrond van zeeklei- en veengebieden bestaat deels uit mariene afzettingen of omstandigheden die marien beïnvloed zijn. In deze afzettingen komen veel kalkfosfaten voor.

### *Grondwater*

Het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit geeft een beeld van de gemiddelde totale fosforconcentratie die in het grondwater worden aangetroffen, gemeten op 10 meter en 25 meter diepte. De totale fosforconcentratie bestaat hoofdzakelijk uit opgelost mineraal fosfaat en organisch fosfaat. Daarnaast wordt ook het fosfaat mee bepaald dat is gebonden aan

de hele fijne deeltjes die in de oplossing zweven (zgn. kolloïden). Op deze grote diepte wordt de fosforconcentratie niet meer beïnvloed door landbouwkundig handelen. Hier meten we dus de natuurlijke fosforconcentraties in geologische afzettingen.

De gemiddelde totale fosforconcentratie in het grondwater in de ondergrond van dekzandgronden in het centrale, oostelijke en zuidelijke zandgebied is ongeveer 0,2 mg/l. De zee- en veengronden in West- en Noord-Nederland zijn van nature meestal rijker aan fosfor. In het grondwater in gebieden met zeekleigronden is de fosforconcentratie het hoogst. Dat komt door de aanwezigheid van relatief goed oplosbare fosfaatmineralen en het zoute milieu waardoor fosfaat makkelijker in oplossing blijft. In het grondwater in veengronden, die voor een groot deel uit omgezet plantenmateriaal bestaan, zijn de organische fosforconcentraties relatief hoog, doordat bepaalde afgebroken organische verbindingen makkelijker in oplossing gaan. Daarnaast ligt het veenpakket vaak op mariene zand- of kleiafzettingen waardoor in de diepe ondergrond ook verhoogde fosforconcentraties worden aangetroffen. De spreiding in fosforconcentratie is vooral bij veen en zeeklei aanzienlijk met maxima tot 3 à 4 mg/l P.

*Gemiddelde totaalP concentraties in het diepe grondwater (mg/l P)*

Diepte	Grondsoort			
	Zand	Rivierklei	Zeeklei	Veen
10 m	0,19	0,48	1,94	1,75
25 m	0,20	0,35	1,33	0,85

*(Bron RIVM, 2004 referentie Reijnders et al, 2004)*

### *Oppervlaktewater*

Veel wateren zijn sinds lange tijd beïnvloed door menselijk handelen. Als gevolg van o.a. kanaliseren, opstuwen, afvalwater lozingen, is de 'natuurlijke' fosfortoestand van het oppervlaktewater moeilijk vast te stellen. Voor meren, plassen en beken zijn fosforconcentraties in de orde van 0,05-0,08 mg/l nodig om ecologisch herstel te bereiken (zie ook vraag 27).



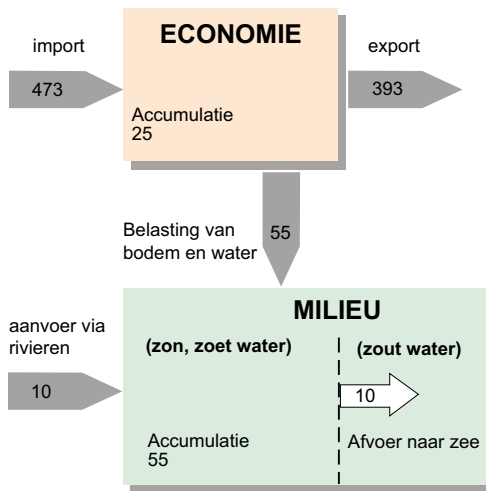
## 5. Hoe ziet de fosforbalans van Nederland er uit?

Het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) stelt al jaren de nationale fosforbalans en de fosforbalans van de Nederlandse landbouw op. Beide balansen zullen we kort bespreken.

### Nationale balans

De nationale fosforbalans geeft een beeld van de import en export van fosfor voor industrie, landbouw en huishoudens (gezamenlijk aangeduid als economie) en de stroom fosfor naar het milieu (bodem en zoet en zout oppervlaktewater). Hieronder schetsen we de balans voor het jaar 2005.

De post import (473 miljoen kg) bestaat voor het grootste deel uit fosfaaterts (71%) ten behoeve van de productie van meststoffen. De invoer via veevoeders bedraagt 62 mln kg (13%) en via levensmiddelen 74 mln kg (16%). Van de totale import wordt het grootste deel als erts en deels via producten weer uitgevoerd (export 393 mln kg: 83% van aanvoer). De resterende 17% kan worden verdeeld in accumulatie in producten (5%, 25 mln kg) en in ophoping in de bodem (12%, 55 mln kg). Tweederde deel hiervan (36 mln kg) accumuleert in landbouwgrond en het overige (19 miljoen kg) komt terecht in het water of blijft achter in niet-landbouwgronden.



### Fosforbalans van de Nederlandse landbouw (1970-2005)

Een groot deel van het overschot op de nationale fosforbalans komt uiteindelijk op landbouwgronden terecht. De grootte van het overschot kan worden gevolgd door de fosforbalans van de Nederlandse landbouw in de loop van de tijd weer te geven.

IN	1970	1986	1995	2000	2005	UIT	1970	1986	1995	2000	2005
	Krachtvoer	38	78	81	69		59	Dierlijke producten	16	26	23
Voederfosfaat	21	16	7	5	7	Plant aardige producten	10	15	27	39	24
Ruwvoer	1	2	3	3	3	Dierlijke mest	-	0	5	6	7
Kunstmest	47	37	27	27	21	Totaal uit	26	41	55	55	60
Overige mest	4	5	6	5	6						
						Overschot	85	97	69	54	36
Totaal	111	138	124	109	96	Totaal	111	138	124	109	91

*P-balans van de Nederlandse landbouw in mln kg P voor de periode 1970-2005 (bron: CBS)*

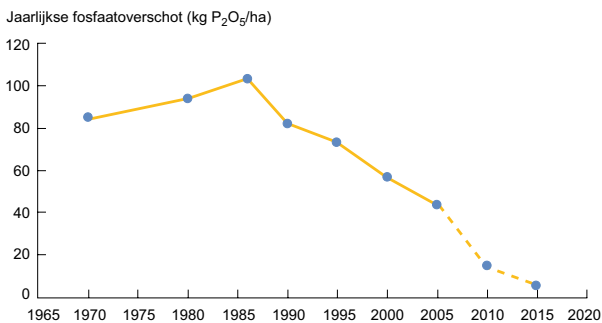
Tussen 1986, het piekjaar voor wat betreft het fosforoverschot van de Nederlandse landbouw, en 2005 hebben zich de volgende ontwikkelingen voorgedaan.

De totale fosforaanvoer is gedaald met 42 mln kg. Hieraan heeft minder kunstmestgebruik (-26 mln kg) bijgedragen. Daarnaast is de aanvoer van voederfosfaat dat aan veevoerders wordt toegevoegd, mede door toepassing van het enzym fytase in het voer van varkens en kippen, afgenomen met 9 mln kg. Door toevoeging van dit enzym wordt een groter gedeelte van de fosfaatverbindingen in het voer afgebroken en wordt het gevoerde fosfaat dus beter benut. Hierdoor komt uiteindelijk een kwart minder fosfor in de mest en hoeft er dus ook minder fosfaat aan het voer te worden toegevoegd. De aanvoer via krachtvoer en ruwvoer is met 28 mln kg afgenomen.

Naast veranderingen in aanvoer van fosfor is er ook sprake van een grotere afvoer van 19 mln kg. Vooral de afvoer van plantaardige producten (grondstoffen voor mengvoerders) is met 9 mln kg toegenomen. De afvoer van dierlijke producten is vrijwel gelijk gebleven in deze periode. Na 1989 is er een nieuwe afvoerpost bij gekomen: de afvoer van dierlijke

mest uit de landbouw waaronder de afvoer naar het buitenland. Deze is in 2005 gestegen tot 7 mln kg. Het betreft voornamelijk de afvoer van pluimveemestproducten. Zowel een lagere aanvoer als een hogere afvoer hebben bijgedragen aan de vermindering van het fosforoverschot met 61 mln kg. Dit is een afname van 63% ten opzichte van 1986.

De benutting van het aangevoerde fosfor wordt uitgedrukt in het zg. benuttingspercentage (de afvoer van dierlijke en plantaardige producten gedeeld door de totale aanvoer). De benutting van fosfor is sterk gestegen van 23% in 1970 naar 62% in 2005.



*P-balans van de Nederlandse landbouw in mln kg P voor de periode 1970-2005 (bron: CBS)*

De grafiek geeft de fosfaatbalans van de landbouwgrond voor de periode 1970-2005. De waarden tussen 1970 en 2005 zijn gebaseerd op CBS-gegevens. De stippellijn toont de prognose van het Milieu- en Natuurplanbureau (thans Planbureau voor de Leefomgeving PBL) voor 2005-2015. Het MNP heeft een fosfaatoverschot van circa 5 kg per ha als eindpunt gehanteerd. Het bereiken van het fosfaatoverschot wordt in de wetgeving beschouwd als het moment waarop fosfaatevenwichtsbemesting wordt ingevoerd. Als een overschot van gemiddeld 5 kg  $P_2O_5$  per ha zal worden gerealiseerd dan heeft de landbouw in Nederland het overschot in 2015 met circa 95% laten afnemen ten opzichte van 1986.

## 6. Is een mestoverschot hetzelfde als een fosfaatoverschot?

Er wordt vaak gezegd dat Nederland een mestprobleem heeft, ofwel een overschot aan dierlijke mest. Aan de fosforbalans van de landbouw (vraag 5) is echter te zien dat de aanvoer van fosfor vooral wordt bepaald door veevoer en kunstmest en de afvoer door plantaardige en dierlijke producten: dierlijke mest is een tussenproduct. Het is dus beter om te spreken over het mineralenoverschot, zoals fosforoverschot of stikstofoverschot. Een evenwichtige mineralenbalans op nationale schaal is van belang om de afwenteling op het milieu te minimaliseren.

Het terugdringen van het fosforoverschot is, naast het terugdringen van het stikstofoverschot, dan ook één van de hoofddoelen van het Nederlandse mineralenbeleid. Om de fosforbalans van de landbouw meer in evenwicht te brengen, is in het verleden een aantal maatregelen uitgevoerd. Zo zit er minder fosfor in veevoer en is de afvoer van fosfor via export van dierlijke mest vergroot. Het fosforoverschot wordt daarnaast in belangrijke mate bepaald door de hoogte van de toegestane hoeveelheid fosfaat die in de landbouw gebruikt mag worden, die is vastgesteld in de zogenaamde 'fosfaatgebruiksnormen voor verschillende gewassen'. De fosfaatgebruiksnorm is het totaal aan fosfaat dat via dierlijke mest, kunstmest en overige meststoffen (zoals compost) aan landbouwgrond mag worden toegediend.



## 7. Is fosfor mondiaal gezien een schaarse grondstof?

De landbouw is wereldwijd verreweg de grootste afnemer van fosfaat. Jaarlijks wordt er ongeveer 40 miljoen ton  $P_2O_5$  uit fosfaatmijnen gewonnen, waarvan 80% gebruikt wordt voor de productie van minerale meststoffen, 12% voor gebruik in wasmiddelen, 5% voor de productie van krachtvoer en 3% in andere toepassingen (tandpasta, voedingsmiddelen, metaalbewerking etc.). De totale eenvoudig winbare wereldvoorraad is naar schatting 3600-8000 miljoen ton. Met name de ontwikkeling die de landbouw wereldwijd doormaakt om aan de voedselvraag te kunnen voldoen, zal bepalen hoe snel de fosfaatvoorraden afnemen. Uitgaande van de huidige jaarlijkse winning zijn er voor ruwweg 100-200 jaar aan eenvoudige winbare voorraden van goede kwaliteit beschikbaar.

Als gevolg van de grote vraag vanuit de landbouwsector om aan de fosforbehoefte te kunnen voldoen, komt er veel fosfor diffuus op landbouwgronden terecht in landen waar veel fosfor via voer en kunstmest wordt ingevoerd. Uiteraard blijft de totale hoeveelheid fosfor op aarde gelijk, maar door het gebruik in de landbouw, verspreidt het fosfor zich diffuus over de wereld. Het is vooralsnog erg moeilijk en kostbaar om het fosfor dat wijdverspreid in het milieu is opgehoopt terug te winnen. De komende decennia zal terugwinning van fosfor uit mest en huishoudelijk en industrieel afval een belangrijk aandachtspunt worden om de voedselproductie op lange termijn te waarborgen, omdat fosfor een onvervangbaar element in de natuur is. Vooralsnog blijven de fosfaatmijnen de belangrijkste bron van fosfor.



Fosfaatmijn in North Carolina USA

## 8. Wat is de fosfaatbehoefte van een gewas?

Elk gewas heeft fosfaat nodig om tot een goede ontwikkeling te komen. De dagelijkse vraag aan fosfaat door het gewas hangt af van het type gewas en het ontwikkelingsstadium waarin het gewas zich bevindt. Een jong, snel groeiend gewas heeft een hogere dagelijkse vraag dan een afgerijpt gewas. Het gewas vraagt en de bodem levert fosfaat via bemesting en uit de aanwezige bodemvoorraad. De vraag van het gewas wordt bepaald door de hoeveelheid die dagelijks nodig is, maar ook door de totale hoeveelheid die nodig is voor het bereiken van het productiedoel en door de geschiktheid van het wortelstelsel van het gewas. De architectuur (lengte van de wortels, dikte en levensduur) van het wortelstelsel bepaalt de mate waarin de bodem geëxploiteerd kan worden. De levering van fosfaat door de bodem aan het gewas wordt bepaald door de fysische en chemische eigenschappen van de bodem.

In het bemestingsadvies is de fosfaatbehoefte van het gewas gedefinieerd als de fosfaatgift die nodig is om economische opbrengstderiving ten gevolge van te lage fosfaatvoorziening te voorkomen.

Bij fosfaatgebrek stagneert de groei en ontwikkeling van het gewas. Het blad verkleurt donker dof groen (aardappel) tot roodpaars (maïs). Bij fosfaatgebrek blijft de gewasontwikkeling achter. Het gewas staat er hol bij, vormt geen krop (kropsla), vormt minder en kleinere knollen of bollen (aardappel, bloembol), stoelt minder uit (graan), vormt minder zaad (graan, handeigewas) en vormt minder biomassa (gras, maïs). Soms vervroegt de bloei (siergewassen), soms vertraagt de bloei (bijvoorbeeld graangewassen). Bij grasland verslechtert de botanische samenstelling (bezien vanuit de voeding van het vee).

Voor grasland zijn er met het oog op de kwaliteit van veevoeding eisen voor het P-gehalte in het gras. De fosforbehoefte van melkkoeien met een hoge melkproductie bedraagt ongeveer 3,5 g per kg gras. De huidige fosforgehalten in het Nederlandse gras voldoet daar ruim aan (3,9-4,1 g per kg voor graskuilen).

Fosfaatbehoefte akker- en tuinbouwgewassen hebben een relatief hoge fosfaatgift nodig om goed te kunnen renderen (groep 0 en 1; zie tabel). Een hoge fosfaatbehoefte is niet hetzelfde als een hoge fosfaatopname. Fosfaatbehoefte gewassen zijn bijvoorbeeld volgrondsgronden zoals sla, spinazie en andijvie die veelal op zandgronden worden geteeld. Het zijn gewassen met een beperkte beworteling die in korte tijd relatief veel fosfaat moeten opnemen. Daarom wordt voor deze gewassen een relatieve hoge fosfaatgift geadviseerd.

Indeling gewassen naar de behoefte aan fosfaat volgens de Adviesbasis Akker- en tuinbouwgewassen. Arealen van 2007 (Bron: CBS/LEI Landbouwtelling 2007).

Groep 0	Groep 1	Groep 2	Groep 3	Groep 4
Andijvie	Cons. aard	Chichorei	Gerst	Granen (excl. Gerst)
Chinese kool	Zetm. aard	Karwij	Peen (klei)	Graszaad
Peen (zand)	Poot. aard	Suikerbiet	Witlof	Koolzaad
Sla	Boon	Voederbiet	Gladiool	Aardbei
Spinazie	Erwt	Vlas	Hyacint	Asperge
Venkel	Knolselderij		Krokus	Bloemkool
	Snijmais		Luzerne	Boerenkool
	Suikermais			Broccoli
	Spruitkool			Koolraap
	Uien			Kroot
	Dahlia			Prei
				Schorseneer
				Sluitkool
				Overige bollen
<b>4.950 ha</b>	<b>444.640 ha</b>	<b>88.400 ha</b>	<b>57.900 ha</b>	<b>202.270 ha</b>



## 9. Hoe groot is de fosfaatafvoer bij het oogsten?

De fosfaatafvoer is de hoeveelheid fosfaat die uiteindelijk met de oogst van het gewas van het perceel wordt afgevoerd. De fosfaatafvoer varieert sterk van gewas tot gewas en wordt vooral bepaald door de gewasopbrengst, het fosforgehalte van het gewas en het deel van het gewas dat uiteindelijk wordt geoogst. Voor grasland (1 miljoen ha zijnde circa 50% van het totale landbouwareaal) varieert de afvoer ruwweg tussen de 70 en 120 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha; hoe intensiever de bedrijfsvoering (melkproductie per ha) hoe groter de fosfaatafvoer met het geoogste gewas. Bij de bouwlandgewassen (circa 900.000 ha) is de variatie nog groter zoals hieronder is aangegeven.

< 30 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha areaal: 70.000 ha (8%)	30 tot 60 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha areaal: 525.000 ha (63%)	> 60 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha areaal: 246.000 ha (29%)	Sector
Stamboon	Aardappel, consumptie	Tuinboon	akkerbouw
Doperwt	Aardappel, poot	Veldboon	Vollegroondsgroenten
Droge erwt	Aardappel, zetmeel	Knolselderij	Voedergewassen
Graszaad	Biet, suiker	Ui, plant	bloembollen
Koolraap	Cichorei	Peen	Boomkwekerij (excl. kluit)
Krotten	Gerst, winter	Luzerne	fruit
Winterrogge	Gerst, zomer	Snijmais	
Schorseneer	Haver	Zanthesdeschia	
Vlaszaad	Kool, spruit	Sierconiferen	
Aardbei	Koolzaad		
Broccoli	Tarwe, winter		
IJssla	Tarwe, zomer		
Knolvenkel	Triticale		
Spinazie	Ui, zaai		
Dahlia	Witlof		
Iris	Kool, bloem		
Appel	Kool, Chinese		
Peer	Kool, wit + rood		
	Kropsla		
	Prei		
	Bleekselderij		
	Voederbiet		
	Maiskorrel		
	Anemone coronaria		
	Fritillaria		
	Gladiool		
	Hyacint		
	Krokus		
	Lelie		
	Narcis		
	Tulp		
	Bos- en haagplantsoen		
	Laan- en parkbomen		
	Rozenstruiken		
	Sierheesters en klimplanten		
	Vaste planten		

*Indicatie van de geoogste hoeveelheid fosfaat (hoofdproduct, fosfaatafvoer uitgedrukt in kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha) gebaseerd op praktijkgegevens en onderzoek*

## 10. Kan een gewas al het fosfaat uit de bodem opnemen?

Nee, een gewas kan alleen fosfaat opnemen dat is opgelost in het bodemvocht. Het bodemvocht in de bovengrond bevat ongeveer 1-1,5 kg  $P_2O_5$  per ha. Die hoeveelheid is slechts voldoende om een landbouwgewas een zeer korte periode (één tot enkele dagen) van de dagelijkse behoefte aan fosfaat te voorzien. Als door de gewasopname de voorraad opgelost fosfaat daalt, lost er fosfaat op vanuit de vaste bodemdelen mits daarin voldoende fosfaat aanwezig is. Fosfaat komt ook beschikbaar door afbraak van organische stof door micro-organismen (mineralisatie). Van al het fosfaat dat in de bodem is opgehoopt komt slechts een beperkt deel beschikbaar voor het gewas. Dit komt doordat fosfaat zeer sterk aan bodemdeeltjes wordt vastgelegd. Verschillende gewassen beschikken over mechanismen om fosfaat dat aan bodemdeeltjes is gebonden meer beschikbaar te maken. De wortels van deze planten scheiden stoffen uit die bodemfosfaat oplossen. Sommige gewassen krijgen de hulp van schimmels (mycorhiza schimmels) om bodemfosfaat op te lossen. Echter, niet al het in de bodem opgehoopte fosfaat is beschikbaar en zeker niet voor alle gewassen.

Voor de opname van fosfaat door het gewas is een goede vochtvoorziening essentieel omdat opgelost fosfaat voor het overgrote deel via vochttransport bij de wortels terecht moet komen. In Nederland wordt een tijdelijk fosfaattekort voor het gewas vaak door een slechte vochtvoorziening veroorzaakt (in drogere perioden). Gewassen met een middellang tot lang groeiseizoen zijn doorgaans goed in staat om tijdelijke suboptimale omstandigheden te compenseren. Bij gewassen met een kort groeiseizoen is dat vermogen tot compensatie geringer. Gewassen met een zwak ontwikkeld wortelstelsel en een hoge dagelijkse vraag naar fosfaat (spinazie, sla) vragen om een bodem die gemakkelijker fosfaat nalevert dan gewassen die een sterk ontwikkeld wortelstelsel hebben en die een lage dagelijkse vraag naar fosfaat hebben



*Fosfaatpotproef*



*Fosfaatgebrek maïs (paarskleuring)*

## 11. Hoe wordt de fosfaattoestand van de bodem landbouwkundig gekarakteriseerd?

Bij de bemestingsadviezen wordt voor het bepalen van de fosfaatgift rekening gehouden met de fosfaattoestand van de bouwvoor van landbouwgronden en de gewasbehoefte. In de bemestingsadviezen van de akkerbouw, vollegrondsgroente en bloembollen wordt de fosfaattoestand van de bouwvoor (ca 25-30 cm) uitgedrukt in het Pw-getal (uitgedrukt in mg  $P_2O_5$  per liter grond). Het Pw-getal wordt bepaald aan de hand van een extractie van fosfaat uit de bodem met water bij een grond-vloeistofverhouding van 1 volumedeel grond met 60 volumedelen water. Het is een maat voor de direct beschikbare hoeveelheid fosfaat voor het gewas gedurende het seizoen (fosfaatintensiteit).

Voor de bouwvoor van graslandpercelen (10 cm) en fruitteelt (ca. 25-30 cm) wordt het PAL-getal gehanteerd (mg  $P_2O_5$  per 100 gram droge grond). Het PAL-getal wordt bepaald door extractie van fosfaat uit de bodem met een zurige oplossing (AmmoniumLactaat; pH 3,75) waarbij 1 gewichtsdeel grond wordt geëxtraheerd met 20 gewichtsdelen extractievloeistof ammoniumlactaat. Het is een maat voor de capaciteit van de bodem om fosfaat na te leveren (fosfaatcapaciteit).

De landbouwkundige waardering van de fosfaattoestand van de bouwvoor is in onderstaande tabellen aangegeven voor de, qua areaal, belangrijkste gewassen. Voor de overige, qua areaal, kleinere sectoren worden over het algemeen hogere grenswaarden voor de waardering gehanteerd.

*Waardering van de fosfaattoestand van de bouwvoor (0-25 cm) op basis van het Pw-getal (uitgedrukt mg  $P_2O_5$  per liter grond)*

Waardering	Alle grondsoorten
Zeer laag	< 11
Laag	11 - 20
Voldoende	21 - 30
Ruim voldoende	31 - 45
Vrij hoog	46 - 60
Hoog	> 60

*Bron: Adviesbasis voor de akkerbouw, vollegrondsgroententeelt en voor voedergewassen*



Waardering van de fosfaattoestand van de bouwvoor (0-10 cm) voor graslandpercelen op basis van het PAL-getal (uitgedrukt in mg  $P_2O_5$  per 100 gram grond)

Waardering	Zeeklei, veen, zand en dalgrond	Rivierklei	Löss
Laag	< 16	< 14	< 13
Vrij laag	16 - 26	14 - 22	13 - 18
Voldoende	27 - 35	23 - 30	19 - 26
Ruim voldoende	36 - 50	31 - 46	27 - 40
Hoog	> 50	> 46	> 40

Bron: Adviesbasis voor grasland en voedergewassen

Een groot deel van de landbouwbodemmonsters worden door het Bedrijfslaboratorium voor grond- en gewasanalyse te Oosterbeek geanalyseerd. Daar is om laboratoriumtechnische redenen een nieuwe methode ontwikkeld, de zg. P-PAE methode. Er is echter (nog) geen bemestingsadvies opgesteld door de Commissies van Bemesting gebaseerd op het P-PAE getal, al dan niet in combinatie met het PAL-getal. Vooralsnog wordt daarom bij het opstellen van de reguliere bemestingsadviezen uitgegaan van een schatting van het Pw-getal op basis van dit P-PAE getal en het PAL-getal.

## 12. Hoe luiden de fosfaatbemestingsadviezen voor de landbouwgronden?

Fosfaatbemestingsadviezen voor bouwland maken onderscheid tussen een gewasgericht en een bodemgericht bemestingsadvies. Bij andere culturen zijn deze twee vormen van bemestingsadvisering samengevoegd.

In het bodemgerichte bemestingsadvies wordt gestreefd naar een voldoende fosfaattoestand van de bouwvoor en het bereik waarop deze gehandhaafd dient te worden (handhaving fosfaattoestand). Er geldt een streefgetal en een bereik in fosfaattoestanden waarvoor geadviseerd wordt om de fosfaattoestand te handhaven. Streefgetallen gelden voor gewasrotaties met ten minste 25% hakvruchten.

Het kan voorkomen dat de fosfaattoestand zo laag is, dat reparatie nodig is. De geadviseerde fosfaatgiften voor reparatiebemesting zijn vele malen hoger dan de afvoer van fosfaat met de oogst.

Voor fosfaatbehoefte akkerbouw- en vollegrondsgroenteteeltgewassen (klasse 0 en 1, zie vraag 8) en bloembollen zijn er streefgetallen en getallen voor handhaving van de fosfaattoestand ( $P_w$ -getal) geformuleerd. Deze trajecten voor handhaving van de fosfaattoestand liggen boven het streefgetal om het risico van mogelijke opbrengstderving te vermijden.

*Gewenste  $P_w$ -getal (mg  $P_2O_5$  per liter grond) en het traject waarbinnen wordt geadviseerd de toestand te handhaven*

Gewassengroepen	Grondsoort	Streefgetal	Handhaven
Fosfaatbehoefte akkerbouw- en vollegrondsgroentengewassen (groep 0 en 1)	Zeeklei en zeezand	25	25-45
Fosfaatbehoefte akkerbouw- en vollegrondsgroentengewassen (groep 0 en 1)	Dekzand, dalgrond, rivierklei en löss	30	30-45
Bloembollen	Alle grondsoorten	20	20-25

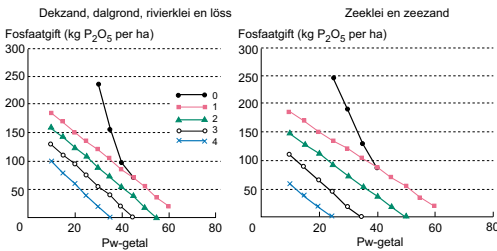
Er is voor de fosfaattoestand van graslandpercelen geen streefgetal vastgesteld. Het advies voor grasland houdt rekening met zowel de gewasbehoefte – het is vooral de eerste snede die op fosfaatbemesting reageert – als de fosfaatafvoer.



### 13. Hoe luiden de fosfaatbemestingsadviezen voor de verschillende gewassen?

Gewasgerichte fosfaatbemestingsadviezen geven aan hoeveel fosfaat er voor elk gewas gegeven moet worden, gegeven de fosfaattoestand van de bouwvoor. De fosfaattoestand van de bouwvoor is belangrijk omdat er over het algemeen meer fosfaat in de bouwvoor zit dan jaarlijks via bemesting toegediend wordt. Daarom is het van belang altijd eerst te weten hoeveel fosfaat er in de bouwvoor zit dat beschikbaar is voor het gewas (zie vraag 11).

Het gewasgerichte bemestingsadvies is bedoeld om het gewas optimaal te voorzien van fosfaat. Het is gebaseerd op de reactie van het gewas op fosfaatbemesting, gegeven de fosfaattoestand van de bouwvoor. Hieruit kan een fosfaatgift worden afgeleid. Gewassen met vergelijkbare fosfaatbehoeften zijn ondergebracht in dezelfde gewasgroepen. Naarmate de fosfaatbehoefte van het gewas groter is, zijn de geadviseerde fosfaatgiften ook groter (gewasgroep 0 hebben relatief hoge en gewasgroep 4 relatief lage fosfaatbemestingsadviezen).



*Fosfaatgift volgens het adviesbasis voor de 5 gewasgroepen ingedeeld naar fosfaatbehoefte (zie vraag 8).*

Bij een hoge fosfaattoestand (Pw-getal) wordt geadviseerd geen fosfaat meer te geven omdat het geven van teveel fosfaat economisch nadelig is en schadelijk kan zijn voor het milieu. Het gewasgerichte bemestingsadvies werkt dus corrigerend. Het opvolgen van de gewasgerichte adviezen voorkomt dat de fosfaattoestand daalt naar te lage waarden voor landbouwgewassen maar ook dat de fosfaattoestand onnodig hoog wordt. Het betreft hier een zelfregulerend systeem.

Wanneer fosfaat via rijenbemesting wordt geplaatst, kan volgens het bemestingsadvies bij een aantal gewassen (maïs, bonen, fosfaatbehoefte groentegewassen), volstaan worden met 50-75% van de fosfaatgift van een breedwerpige toepassing (ook wel volveldsadvies genoemd).

## 14. Welk fosfaatoverschot is nodig om de geadviseerde fosfaattoestand te handhaven?

De gewasrotatie met de daaraan verbonden fosfaatbehoefte en fosfaatafvoer van de gewassen bepalen het fosfaatoverschot voor het perceel en daarmee de ontwikkeling van de fosfaattoestand van de bodem. Zo zal opvolging van de adviezen voor een rotatie met veel fosfaatbehoefte gewassen (gewasgroepen 0 en 1, vaak vollegrondsgroenten), als gevolg van de hogere fosfaatgiften en lagere fosfaatafvoer via de oogst, leiden tot hogere fosfaatstanden van de bouwvoor dan opvolging van de bemestingsadviezen voor een rotatie met 100% graan (gewasgroep 4).

De fosfaatgift die uiteindelijk nodig is om de fosfaattoestand van de bodem te handhaven, hangt af van de fosfaattoestand van de bodem, de grondsoort en het management van het perceel en het bouwplan (gewasrotatie).

In onderstaande tabel zijn de gemiddelde fosfaatoverschotten per gewasgroep aangegeven. Gewasgroep 0, met het kleinste areaal, kan relatief meerdere teelten per jaar omvatten, zodat de feitelijke overschotten in de praktijk lager zijn. Tevens is het benodigde fosfaatoverschot voor een veelkomend bouwplan opgenomen.

*Gemiddelde fosfaatoverschotten (kg  $P_2O_5$  per ha) voor de 5 gewasgroepen en een veel voorkomend bouwplan op dekzandgronden berekend voor het traject waarin de fosfaattoestand van de bodem gehandhaafd dient te worden (Pw-getal resp. 30 en 45, uitgedrukt in mg  $P_2O_5$  per liter grond).*

Groep	Areaal (ha)	Adviesgift		Afvoer (kg $P_2O_5$ /ha)	Overschot	
		bij Pw=30 (kg $P_2O_5$ /ha)	bij Pw=45 (kg $P_2O_5$ /ha)		bij Pw=30 (kg $P_2O_5$ /ha)	bij Pw=45 (kg $P_2O_5$ /ha)
0	4.950	235	70	30.4	204.6	39.6
1	444.640	120	70	57.7	62.3	12.3
2	88.400	90	40	52.0	38.0	-12.0
3	57.900	55	0	50.5	4.5	-50.5
4	202.270	20	0	48.4	-28.4	-48.4
Rotatie aardappelen, bieten, twee- maal granen		62.5	27.5	51.6	10.9	-24.1

## 15. Wat zijn fosfaatfixerende gronden?

In de landbouwpraktijk worden landbouwgronden 'fosfaatfixerend' genoemd als de benodigde fosfaatgift veel groter is dan gemiddeld om de fosfaattoestand van de grond te verhogen naar de streefwaarde. Over het algemeen bevatten deze gronden van nature veel ijzer. Tijdens de bodemkartering zijn gronden met veel ijzer in kaart gebracht. Het totale areaal ijzerrijke gronden bedraagt ongeveer 50.000 ha. Dit is ongeveer 2.5% van het totale landbouwgebied.

Een grond met een lage fosfaattoestand is niet altijd fosfaatfixerend, omdat de mate van fosfaatfixatie niet alleen afhangt van de actuele fosfaattoestand van de bodem, maar vooral van de capaciteit van de bodem om fosfaat te kunnen vastleggen (ook wel fosfaatbindend vermogen genoemd). Het omgekeerde geldt wel: een fosfaatfixerende grond heeft altijd een lage fosfaattoestand.

Een advies voor reparatiebemesting van fosfaatfixerende gronden is er niet. Het is economisch niet rendabel om de fosfaattoestand van deze gronden structureel te verhogen. Het opvolgen van een gewasgericht advies bij een fosfaattoestand 'laag' leidt echter wel tot een voortdurende hoge fosfaatbemesting en zal op den duur de fosfaattoestand van de bovengrond wel verhogen.



Ligging van de geclassificeerde ijzerrijke gronden in Nederland

## 16. Is een nul-bemesting bij een hoge P-toestand nadelig voor de productiviteit?

Nee, bij hogere fosfaattoestanden van de bodem is het niet nodig om fosfaat te geven. Bij een fosfaattoestand 'hoog' (Pw-getal hoger dan 60) zal het niet geven van fosfaat geen negatieve invloed hebben op de productie of de kwaliteit van het gewas. Er is geen opbrengstderiving. Ook bij een PAL-getal hoger dan 55 wordt bij grasland geen fosfaatbemesting meer geadviseerd.

Opvolging van de gewasgerichte adviezen voorkomt niet alleen dat de fosfaattoestand daalt naar te lage waarden voor landbouwgewassen maar ook dat de fosfaattoestand onnodig hoog wordt. Als de adviezen daadwerkelijk worden opgevolgd, is het een zelfregulerend systeem. Dat wil zeggen dat de hoge fosfaattoestanden van de bouwvoor zullen dalen, terwijl de lage fosfaattoestanden omhoog zullen gaan.

## 17. Is een startgift altijd nodig?

Nee, in geen van de bemestingsadviezen is aangegeven dat een startgift noodzakelijk is.

Soms ondervinden fosfaatbehoefte gewassen een positief effect van een startgift met kunstmest terwijl de fosfaattoestand van de bovengrond hoog is. Dit is vooral het geval bij gewassen zoals maïs en peen waarvan het wortelstelsel in de jeugdfase te zwak ontwikkeld is om aan de dagelijkse vraag naar fosfaat te kunnen voldoen. Vochttekort verhoogt de kans op een tijdelijk tekort aan beschikbaar fosfaat. Verhoging van de fosfaatconcentratie in het bodemvocht direct bij de gewaswortels helpt dit tijdelijk tekort in fosfaataanbod te voorkomen. Daarom helpt onder dergelijke omstandigheden een startgift, vooral als het fosfaat bij de wortels van het kiemplantje wordt gegeven.

Een tijdelijk fosfaatgebrek in de jeugdfase hoeft niet te leiden tot een derving van de gewasopbrengst en -kwaliteit. Zo zijn bij aardappel en maïs, ondanks een voldoende fosfaattoestand, soms in de jeugdfase soms effecten zichtbaar van een fosfaattekort, maar bij de eindoogst zijn deze niet meer aanwezig.

## 18. Maakt het uit in welke vorm de mest wordt toegediend?

Fosfaat kan in verschillende vormen worden toegediend (kunstmeststoffen, dierlijke mest en bodemverbeteraars zoals compost, zuiveringsslib). Het fosfaat in moderne kunstmeststoffen (bijvoorbeeld triplesuperfosfaat en ammoniumfosfaat) is grotendeels direct beschikbaar voor het gewas, maar er zijn fosfaatmeststoffen waarbij het fosfaat op korte termijn weinig beschikbaar fosfaat bevat. Fosfaat in bijvoorbeeld dierlijke mest en organische bodemverbeterende middelen bestaat voor een deel uit mineraal fosfaat dat minder goed in water oplost en een deel uit fosfaat dat is vastgelegd in organische stof die eerst moet worden gemineraliseerd voordat deze beschikbaar is.

De werking van toegediend fosfaat hangt niet alleen af van de vorm waarin het wordt toegediend, maar ook van het tijdstip van toediening, de wijze van toediening en de hoeveelheid die wordt toegediend. Op korte termijn (binnen een groeiseizoen) werkt het fosfaat van moderne kunstmest efficiënter dan fosfaat van dierlijke mest; de werking van fosfaat uit dierlijke mest varieert van 60 tot 100% ten opzichte van de werking van fosfaat uit moderne kunstmest. De werking op wat langere termijn van dierlijke mest is doorgaans gelijk; aan die van moderne kunstmest, namelijk 100%. Dat betekent niet dat dan 100% van de toegediende fosfaat wordt opgenomen door het gewas.



## 19. Wat is het landbouwkundig “onvermijdelijke” fosfaatverlies?

Als de fosfaataanvoer op een perceel gelijk is aan de fosfaatafvoer via de oogst zal de fosfaat-toestand van de bodem op termijn toch dalen. Dit komt doordat het fosfaat uit de kunstmest of uit de dierlijke mest reacties aangaat met bodembestanddelen. Daardoor wordt een deel van het toegediende fosfaat omgezet in fosfaatvormen die op korte termijn niet meer beschikbaar of meetbaar zijn (volgens Pw- of PAL-getal). Daarnaast zal fosfaat ook onderdeel worden van de organische stofvoorraad in de bodem. Bovendien zal een deel van het toegediende fosfaat uitspoelen naar bodemlagen onder de bouwvoor of graszode of oppervlakkig afspoelen naar de sloot. Ook transporteert het gewas fosfaat van de bouwvoor of graszode naar dieper gelegen bodemlagen bij uitbreiding van het wortelstelsel. Tenslotte treedt verplaatsing op als gevolg van (micro)biologische activiteit en door (diep)ploegen, en door het aanleggen van kunstmatige drainage en bij het egaliseren van het oppervlak (maaiveld).

Kortom, er is dus meer fosfaat nodig om in de bouwvoor of graszode een voldoende toestand te handhaven dan je op grond van de aanvoer en de afvoer zou denken. Dit noemen we de “onvermijdelijke fosfaatverliezen”. Deze verliezen zijn overigens wel te beïnvloeden door management van teelt en bodem. Naast deze perceelsaspecten is er ook nog sprake van fosfaatverliezen die op bedrijfsniveau optreden (zoals nutriëntenafspoeling over het verharde oppervlak van erven).

Het voornemen van de regering is om in 2015 ‘fosfaatevenwichtsbemesting’ te realiseren in de Nederlandse landbouw. Bij de vaststelling van de hoogte van de evenwichtsbemesting wordt hoogstwaarschijnlijk rekening gehouden met onvermijdelijke fosfaatverliezen die bij een fosfaat-toestand ‘voldoende’ optreden. De omvang van deze onvermijdelijke fosfaatverliezen zal nog nader moeten worden vastgesteld. Momenteel houdt de rijksoverheid voor het landbouwkundig onvermijdelijk verlies bij evenwichtsbemesting in 2015 een waarde van maximaal 5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha aan. Eerder werd dit verlies hoger geraamd in de orde van grootte van 20 tot 50 kg per ha.

Milieukundig beschouwd mogen de verliezen niet hoger zijn dan 1 tot 1,7 kg/ha om bij een neerslagoverschot van 300 mm/j de GEP-waarden van 0,15 – 0,25 mg/l P niet te overschrijden (GEP is een afkorting voor Goede Ecologisch Potentieel; zie ook vraag 29).

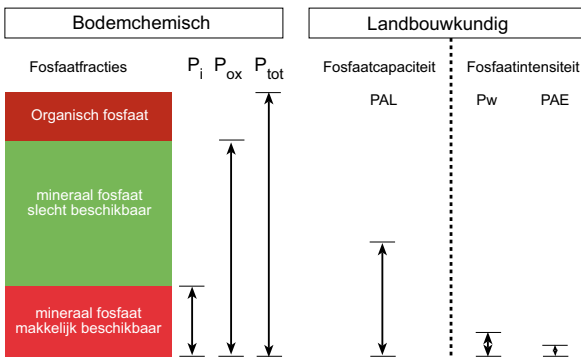
## 20. Wat gebeurt er met het fosfaatoverschot in de bodem?

Fosfaat dat aan landbouwgronden wordt toegediend, en gedurende het seizoen niet door het gewas wordt opgenomen, hoopt zich grotendeels op in de bodem. Het overgrote deel van de totale hoeveelheid fosfaat ( $P_{tot}$ ) bevindt zich in de bodem in minerale vorm ( $P_{ox}$ ; oxalaat extraheerbaar fosfaat). In eerste instantie wordt deze fosfaatvoorraad goed in de bodem vastgelegd. Naarmate echter de hoeveelheid fosfaat in de bodem toeneemt, neemt de capaciteit om nog meer fosfaat te binden af.

In kalkarme zand-, klei- en veengronden is fosfaat hoofdzakelijk gebonden aan aluminium en ijzerverbindingen. In de bovengrond kan een aanzienlijk deel (> 65%) lang en stevig blijven zitten. Het resterende deel (< 35%; wordt als  $P_i$  aangeduid) is makkelijk beschikbaar fosfaat.

In kalkrijke zandgronden in het kustgebied, bindt het fosfaat hoofdzakelijk aan de aanwezige kalk. De capaciteit en kracht om fosfaat te binden is veel lager dan in kalkarme zandgronden, waardoor het fosfaat in kalkrijke zandgronden relatief eenvoudig beschikbaar komt en kan uitspoelen.

Naarmate er meer fosfaat in de bodem is opgeslagen, neemt het risico van uitspoeling van fosfaat naar grotere diepte toe. Onder natte omstandigheden kan fosfaat ook direct afspelen naar aanliggende greppels en sloten.



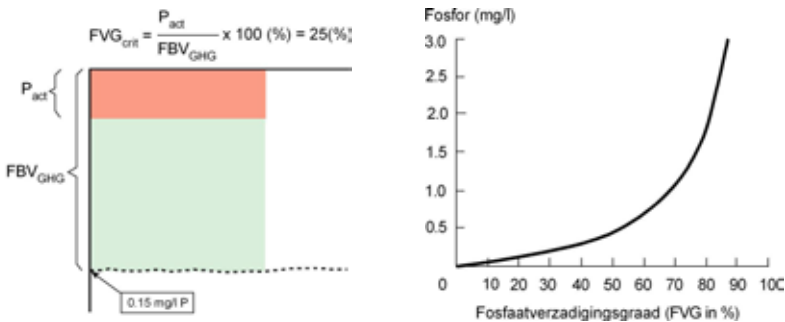


## 21. Wanneer is een bodem fosfaatverzadigd?

Bij het definiëren van een fosfaatverzadigd grond is men er van uitgegaan dat het bovenste grondwater bij hoge grondwaterstanden niet met fosfor verontreinigd mag worden. Anders bestaat de kans dat het fosfor uit het grondwater uitspoelt naar het oppervlaktewater. Een fosfaatverzadigde grond is dusdanig met fosfaat bemest dat het bovenste grondwater een fosforconcentratie kan hebben of inmiddels heeft die boven de doelstelling ligt van maximaal 0,15 mg per liter (totaal-P). Voor kalkarme zandgronden is afgeleid dat deze situatie optreedt wanneer de totale fosfaatbindingscapaciteit van de grond voor meer dan 25% verbruikt is. Hierbij wordt alleen de grond beschouwd die boven de gemiddelde hoogste grondwaterstand ligt.

Kortom, een fosfaatverzadigde kalkarme zandgrond is een grond waarvan de grond boven de gemiddelde hoogste grondwaterstand voor meer dan 25% met fosfaat verzadigd is. De grond is dus niet volledig met fosfaat verzadigd zoals de naam “fosfaatverzadigde grond” suggereert.

Ook voor andere gronden is op vergelijkbare wijze nagegaan wat de maximale fosfaatverzadigingsgraad mag zijn. Over het algemeen is het criterium van 25% een goede indicatie. In kalkrijke gronden en veengronden ligt dit percentage lager. Uit berekeningen blijkt dat op circa 56 procent van het areaal landbouwgronden in Nederland het criterium voor fosfaatverzadigde gronden overschrijdt.

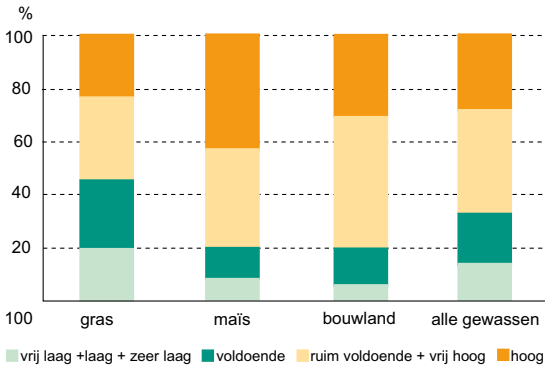


**Links:** Schematische weergave van de maximale fosfaatopbouw in de bodem ( $P_{act}$ ) ten opzicht van de totale fosfaatbindingscapaciteit ( $FBV$ ) tot aan de gemiddelde hoogste grondwaterstand ( $GHG$ ) waarbij de grond net “fosfaatverzadigd” wordt beschouwd (fosfaatverzadigingsgraad van 25%;  $FVG_{crit}$ ). Indien de fosfaatopbouw ( $P_{act}$ ) dieper komt zal de referentieconcentratie van 0,15 mg/l P in het bovenste grondwater verder overschreden worden (Schoumans, 2004).

**Rechts:** Relatie tussen de fosfaatverzadigingsgraad (FVG) en de fosforconcentratie (totaal-P) die naar het grondwater ( $GHG$ ) uitspoelt (Schoumans, 2004).

## 22. Wat is de fosfaattoestand van landbouwgronden?

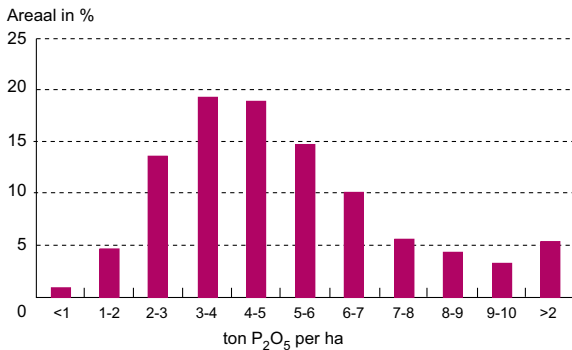
Als gevolg van de bemesting met kunstmest en dierlijke mest in de 20e eeuw is de fosfaattoestand (Pw- of PALgetal) van een groot deel van de Nederlandse landbouwgronden naar een toestand “voldoende” tot “hoog” gebracht. Een fosfaattoestand hoger dan voldoende komt voor op 80% van het areaal bouwland en snijmaïs en op 55% van het graslandareaal. Op circa 30% van het areaal landbouwgronden is de fosfaattoestand “hoog”. Ook komen er in Nederland nog steeds landbouwgronden voor met een relatief lage fosfaattoestand. Dit zijn vooral percelen die extensief zijn beheerd. Daarnaast zijn het ijzerrijke gronden die het fosfaat in grote hoeveelheden kunnen binden, de zogenaamde “fosfaatfixerende gronden”.



Verdeling van de fosfaattoestand van de landbouwgronden in Nederland (gemiddeld in de periode 1998-2003; bron: Schoumans, 2007).

## 23. Wat is de fosfaatvoorraad in landbouwgronden?

De totale voorraad fosfaat in de bovenste 50 cm van landbouwpercelen varieert van ruwweg 2.000 tot 10.000 kg fosfaat per ha. Verreweg het grootste deel is afkomstig van bemesting. Ongeveer 15 – 35% van de bodemvoorraad kan beschikbaar komen voor het gewas. De variatie tussen landbouwgronden in beschikbaar fosfaat is dus erg groot en varieert van enkele honderden tot enkele duizenden kilogrammen fosfaat per ha. Omdat via de oogst ruwweg maar 30-70 (bouwland) tot 70-120 kg fosfaat per ha (grasland) wordt afgevoerd, is er in een aanzienlijk deel van de landbouwgronden een fosfaatbuffer aanwezig die aangesproken kan worden voor opname door het gewas. Dat geldt dus ook als er niet wordt bemest. Deze fosfaatbuffer is echter ook een belangrijke drijvende kracht voor de uitspoeling van fosfaat vanuit landbouwgronden naar het oppervlaktewater.



Verdeling van de fosfaatophoping in landbouwgronden (Bron: Schoumans, 2004)

## 24. Hoe komt de diffuse fosforbelasting van het oppervlaktewater tot stand?

Uit- en afspoeling van fosfor vanuit landbouwgronden treedt op onder natte omstandigheden. Het gebeurt als er veel fosfaat in de bodem zit of nadat kunstmest of dierlijke mest is toegevoegd. Intensieve regenbuien, plasmvorming en zeer hoge grondwaterstanden leiden dan tot een verhoogde fosfaatbelasting van het oppervlaktewater dat over het maaiveld of ondiep door de bodem af- en uitspoelt naar greppels en sloten.

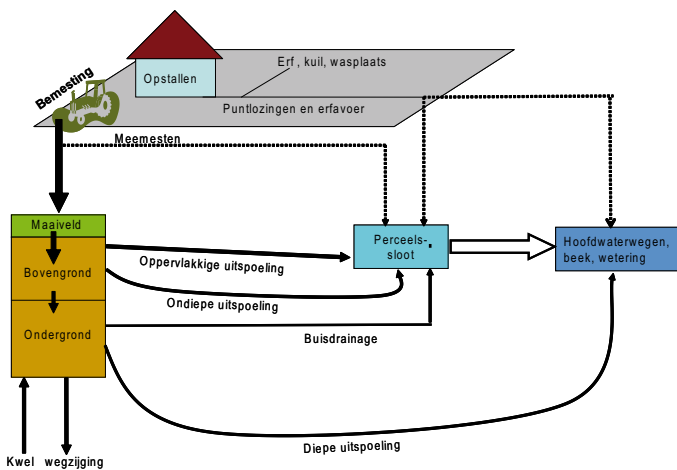


Het risico van uit- en afspoeling van fosfor naar het oppervlaktewater hangt van veel factoren af zoals het neerslagpatroon, de bemestingsvorm, de wijze waarop wordt bemest, de fosfaatopbouw in de bodem, de resterende fosfaatbindingscapaciteit van de bodem, de wijze waarop het perceel is ontwaterd, en het verloop van de grondwaterstand in de loop van het jaar. De mate waarin en de manier waarop fosfor uit- en afspoelt, verschilt ook nog eens per landschappelijke regio. In het vrij afwaterende centrale, oostelijke en zuidelijke dekzandgebied spoelt fosfaat vooral ondiep uit door de bodem en soms over het bodemoppervlak. Bij zeer intensieve buien kan ook over het maaiveld een verhoogde fosforbelasting plaatsvinden vooral als de grond is verdicht of verslemt.

In poldergebieden met kleigrond zwelt de grond in natte perioden vaak dicht, waardoor het water over het maaiveld wegstroomt, samen met het daarin opgeloste fosfor. In de meeste gevallen zijn de kleigronden voorzien van drains die het grootste deel van het water en opgeloste stof, waaronder fosfor, afvoeren naar de sloten. In droge perioden kan het voorkomen dat water via scheuren snel naar de drains wordt getransporteerd.

In de laagliggende veengebieden van West-Nederland wordt de fosforbelasting van het oppervlaktewater niet alleen bepaald door de af- en uitspoeling over en door de bodem maar ook door de rechtstreekse aanvoer van fosforrijk kwelwater. Daarnaast kan door de afbraak van het veenmateriaal, als gevolg van de ontwatering van het gebied door onderbemaling, fosfor uitspoelen.

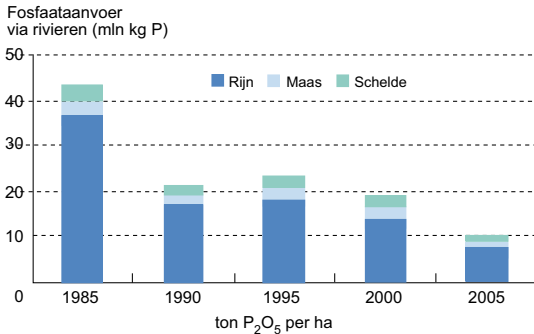
Naarmate de grondwaterstand hoger is, neemt de kans op fosforbelasting van het oppervlaktewater toe. Dit komt doordat het grondwater frequenter in contact komt met lagen waarin het fosfaat in de bodem is opgehoopt. Dit betekent ook dat de fosforbelasting van het oppervlaktewater toeneemt als gebieden worden vernat voor natuurontwikkeling.



Verschillende routes van de fosforbelasting van het oppervlaktewater

## 25. Waar komt het fosfor vandaan dat in het oppervlaktewater zit?

Het Nederlandse oppervlaktewater ontvangt veel fosfor uit het buitenland via de grensoverschrijdende rivieren. Het overgrote deel komt via deze rivieren direct in de Noordzee terecht.



Bijdrage van de grensoverschrijdende rivieren aan de fosforaanvoer naar het oppervlaktewater (bron: RIZA).

Het fosfor in de regionale wateren heeft vooral een binnenlandse oorsprong. Zowel de aanvoer via de grensoverschrijdende rivieren als de belasting van de regionale wateren door Nederlandse bronnen zijn sinds 1985 sterk afgenomen. Dit is vooral het gevolg van zuiveringsmaatregelen door de industrie, het fosfaatvrij maken van textielwasmiddelen, de toegenomen aansluiting van huishoudens op de riolering en de extra zuivering van rioolwater.

*P-belasting oppervlaktewater door binnenlandse bronnen (mln kg P; bron RIZA)*

	1985	1990	1995	2000	2005
Rioolwaterzuiveringsinstallaties	10.8	6.2	3.5	2.8	2.7
Industrie	13.4	11.0	3.6	1.9	0.4
Landbouw (direct)	0.8	0.6	0.4	0.4	0.3
Af- en uitspoeling (landbouwgrond)	2.9	2.0	4.6	3.6	3.1
Af- en uitspoeling (natuurgrond)	0.4	0.3	0.4	0.5	0.4
Overig communaal*	2.6	0.6	0.4	0.2	0.1
Totaal	30.9	20.8	12.8	9.4	7.0

\* riooloverstorten, niet op riool/RWZI aangesloten lozingen (huishoudens/bedrijfjes/schepen)

De af- en uitspoeling vanuit landbouwgronden varieert van jaar tot jaar (afhankelijk van de regenval, maar is gemiddeld genomen niet veel veranderd sinds 1985. De relatieve bijdrage van landbouwgronden is nu circa 45 procent en daarmee momenteel de grootste binnenlandse bron van fosfor in het oppervlaktewater.

## 26. Hoe groot is de natuurlijke belasting aan het oppervlaktewater?

Het is lastig om voor een zo sterk door de mens veranderd land als Nederland nog te spreken over 'natuurlijke' belasting van het oppervlaktewater. Een globale indruk kan worden verkregen door na te gaan welke emissies worden berekend voor natuurgebieden. Voor natuur op zand wordt een gemiddelde fosforemissie geraamd van 0,3 kg/ha. Voor kleigrond is dit 0,9 kg/ha en voor natuur op veengrond 0,7 kg/ha. De fosforemissie vanuit landbouwgrond ligt een factor 2 (klei) tot 4 (zand en veen) hoger.

## 27. Zijn er verschillen in uitspoeling tussen grondsoorten en gewassen?

De onderstaande tabel laat zien hoe groot de gemiddelde jaarlijkse aanvoer- en afvoerposten van de fosforbalans zijn voor de belangrijkste gewassen op verschillende grondsoorten in de periode 1986-2000. Ook is te zien wat de omvang van de jaarlijkse fosforophoping in de bodem is en wat de omvang is van de af- en uitspoeling is. De ophoping is bij maïs veel groter dan bij gras en bouwland omdat maïs in de periode 1986-2000 hogere dierlijke mestgiften heeft ontvangen dan gras- en bouwland. De emissie naar oppervlaktewater varieert van gemiddeld 1,0 tot 2,8 kg/ha. De fosforemissie naar het oppervlaktewater is dus een klein deel (1-5%) van de totale aanvoer aan fosfor.

*Fosforbalans van bodem-gewascombinaties in de periode 1986-2000, in kg/ha P per jaar. De gegevens zijn het resultaat van modelberekeningen, die in het kader van de Evaluatie van de Meststoffenwet zijn uitgevoerd.*

Periode 1986-2000	Aanvoer via mest	Afvoer door gewasoogst	Ophoping in de bodem	Af/uitspoeling naar oppervlaktewater
Gras op zand	76,4	39,9	35,2	1,3
Gras op klei	61,1	41,9	17,3	1,9
Gras op veen	65,9	42,7	20,4	2,8
Bouwland op zand	45,0	23,0	21,0	1,0
Bouwland op klei	41,6	25,3	14,4	1,9
Maïs op zand	110,6	26,5	82,6	1,5
Maïs op klei	111,7	28,2	81,8	1,7

In 2015 moet evenwichtsbemesting voor fosfaat worden bereikt (voorlopige gebruiksnormen zijn 90 kg/ha voor gras en 60 kg/ha voor bouwland en maïs). Voor de periode tussen 2015 - 2030 is het effect van deze normen op de emissie van fosfor naar het oppervlaktewater berekend. Hierbij is een vergelijking gemaakt met het effect van de gebruiksnormen van 2006 als deze naar de toekomst toe niet zouden worden verlaagd. Verwacht wordt dat de af- en uitspoeling van fosfor voor alle landbouwgrond gemiddeld 0,1 kg/ha lager zal zijn. Nationaal betekent dit 200.000 kg minder P-uitspoeling. Dit komt neer op een reductie van circa 8 %. Bij veen (gras) wordt de grootste afname verwacht (10 %), bij klei de kleinste (5%).

Periode 2015-2030	Zand	Klei	Veen	Cultuurgrond
Gebruiksnormen 2006	1,3	1,9	3,0	1,8
Gebruiksnormen 2015	1,2	1,8	2,7	1,7
Afname	0,1	0,1	0,3	0,1
Afname in %	9	5	10	8

*Fosforbelasting van het oppervlaktewater door af- en uitspoeling van landbouwgronden op zand, klei en veen (grasland) in de periode 2015-2030 (in kg P per ha per jaar).*

Bron: Evaluatie Meststoffenwet 2007

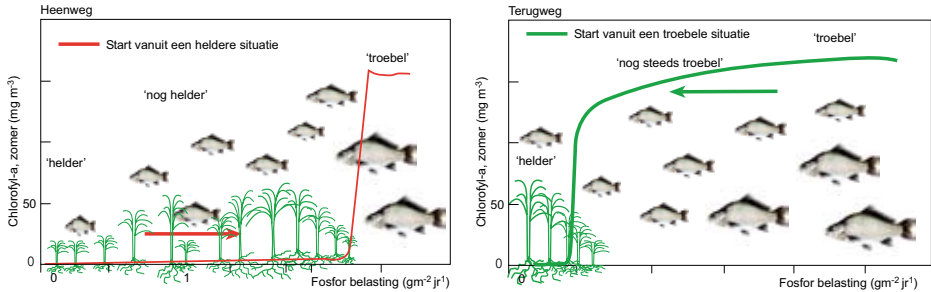


## 28. Wat is het effect van af- en uitspoeling van fosfor op waterecosystemen?

Waterbeheerders streven naar een goede waterkwaliteit en een evenwichtig en duurzaam functionerend voedselweb met fytoplankton (algen), zoöplankton (dierpjes die zich met fytoplankton voeden), macrofauna (o.a. kreeftjes, slakken), waterplanten, amfibieën en vissen. Door uitspoeling van fosfor wordt het oppervlaktewater voedselrijker (eutrofer) en dat heeft effect op planten en dieren in het water. Eutrofiëring van sloten leidt tot kroosbedekking die verminderde lichtinval veroorzaakt, en daarmee leidt tot het verdwijnen van waterplanten en tot vissterfte door zuurstofloze omstandigheden. In kanalen en meren is vooral de sterke groei van fytoplankton (algenbloei) een nadelig effect van eutrofiëring. De algenbloei zorgt daar ook voor de verminderde lichtinval, het verdwijnen van waterplanten en het optreden van vissterfte door zuurstofgebrek. Bloei van blauwalgen (eigenlijk geen plant maar een bacterie) wordt over het algemeen als de meest negatieve situatie gezien, omdat blauwalgen giftige stoffen kunnen afscheiden die tot stank en sterfte bij watervogels en vissen kunnen leiden. Ook kunnen blauwalgen gezondheidsklachten bij zwemmers veroorzaken. Om deze reden wordt fytoplanktonbloei vaak als indicator voor eutrofiëring gezien. De voor de algengroei meest beperkende voedingsstof (fosfor) wordt vervolgens bepaald aan de hand van de concentratie fytoplanktonbiomassa. Door deze grote aandacht voor fytoplankton wordt er relatief weinig aandacht besteed aan andere eutrofiëringseffecten en aan het feit dat voor andere waterplanten en -dieren dan fytoplankton andere voedingsstoffen zoals stikstof beperkend voor de algengroei kunnen zijn. Verder kan bij een overmaat aan fosfaat in het oppervlaktewater ook stikstof voor algen limiterend zijn. Beide voedingsstoffen spelen dus een rol.

### *En hoe werkt eutrofiëring nu?*

In een voedselarm meer groeien vrij weinig waterplanten. Toename van de fosforbelasting geeft een uitbreiding van waterplanten maar het water blijft nog geruime tijd helder (figuur links, rode pijl). Wel neemt het aantal algen toe en verandert de soortensamenstelling ervan. Maar omdat de waterplanten veel voedingsstoffen opnemen, is de algengroei nauwelijks zichtbaar. Ook het zoöplankton neemt toe vanwege de grotere hoeveelheid algen en de schuilplaatsen die de waterplanten bieden. Tenslotte nemen ook de vissen, die eveneens meer voedsel vinden en de bodem omwoelen, toe. Hier profiteren de algen van. Ze vertroebelen het water verder en door gebrek aan licht sterven de waterplanten, en dat geeft weer ruimte voor verdere algengroei. Dit kan eindigen in volledig troebel water dat overheerst wordt door giftige blauwalgen en bepaalde vissoorten (brasem). Het aantal dier- en plantensoorten is dan heel beperkt.



Eutrofiëring, de weg heen (links) na toename fosforbelasting, en de moeizame weg terug (rechts) na afname fosforbelasting. Op de horizontale as neemt de fosforbelasting van links naar rechts toe. Op de verticale as neemt het aantal algen van beneden naar boven toe. Bron: Janse, J.H. & L. van Liere (1995).

Als de fosforbelasting weer wordt verlaagd, dan herstelt de waterkwaliteit langzaam. Omdat de dominante vis (de brasem) het water troebel houdt, door langdurige nalevering van fosfor uit de bodem en doordat blauwalgen zeer effectief met (weinig) fosfor om kunnen gaan, is de terugweg lang. Waterplanten krijgen vanwege de troebelheid in eerste instantie geen kans te herstellen. Pas na verloop van tijd, als de fosforconcentraties ver genoeg zijn gedaald en het water niet meer vertroebelt, krijgt het ecosysteem de kans zich volledig te herstellen.

## 29. Hoeveel fosfor kan een ecosysteem hebben voordat negatieve effecten optreden?

Voor de normering voor voedingsstoffen of nutriënten in het oppervlaktewater is in het verleden allereerst gezocht naar kritische concentraties in stagnante wateren (meren) omdat die het meest eutrofiëringgevoelig zijn. Bovendien kennen deze wateren vaak grote natuur- en recreatieve waarden. Voor fosfor waren dit het Maximaal Toelaatbaar Risico MTR (0,15 mg/l P) en het Verwaarloosbaar Risico VR (0,05 mg/l P). Om mogelijke afwentelingproblemen van beken en kanalen op meren te voorkomen zijn deze concentraties in het verleden als richtwaarden vastgesteld voor al het oppervlaktewater. Algemene normen voor voedingsstoffen in oppervlaktewater worden echter niet altijd als bevredigend ervaren. De meer stroomopwaarts gelegen kleine wateren en grote rivieren zijn op een andere manier gevoelig voor eutrofiëring dan de gevoelige meren en plassen. De Vierde Nota Waterhuishouding van 1998 geeft daarom ruimte om normen te ontwikkelen voor de andere watertypen en om na te gaan of die kunnen en mogen afwijken van de normen voor meren en plassen. Ecologische waterkwaliteit vormt hierbij nadrukkelijk het uitgangspunt. Het behalen van bepaalde concentraties aan nutriënten is dus niet meer het doel, maar het middel om een bepaalde ecologische waterkwaliteit te bereiken. Dit komt overeen met de uitgangspunten van de Europese Kaderrichtlijn Water, die als doel heeft om in 2015 de natuurlijke oppervlaktewateren in een Goede Ecologische Toestand (GET) te brengen en het Goede Ecologische Potentieel (GEP) te bereiken voor de niet-natuurlijke (sterk veranderde en kunstmatige) wateren. Dat betekent een zodanige fysisch-chemische (zuurstofgehalte, zuurgraad, temperatuur, nutriënten) en hydromorfologische (natuurvriendelijke oevers, meandering) kwaliteit van water, waterbodem en oevers dat deze wateren voldoende levenskansen bieden voor de aquatische levensgemeenschappen waarvan ook hogere organismen, zoals vissen, vogels en zoogdieren deel uitmaken. De Nederlandse oppervlaktewateren zijn voor 5% als natuurlijk en voor 95% als sterk veranderd dan wel kunstmatig aangemerkt.

Op grond van bovengenoemde uitgangspunten zijn voorlopige werknormen (grenswaarden) voor nutriënten per watertype afgeleid die naast de andere fysisch-chemische, hydromorfologische kenmerken waarborgen die ervoor kunnen zorgen dat de goede ecologische toestand bereikt kan worden. Omdat voor de niet-natuurlijke GEP-wateren de hydromorfologische omstandigheden per watertype anders kunnen zijn, kunnen ook per watertype andere GEP-normen voor nutriënten worden afgeleid. Als richtlijn zijn voor de hoofdwater-typen daarom 'standaard/default'-GEP nutriëntennormen afgeleid.

Naast de oude MTR-waarden staan in het onderstaande schema werknormen voor stikstof en fosfor in zoete en zoute natuurlijke wateren (GET) en 'standaard/default' waarden voor nutriënten in sterk veranderde en kunstmatige zoete wateren (GEP).



Oppervlaktewaterkwaliteitsnormen voor stikstof en fosfor voor verschillen de watertypen en doelstellingen (Bron STOWA 2007a, 2007b en 2007c).

Wateren	Stikstof (mg/l N)			Fosfor (mg/l P)		
	MTR	GET	GEP	MTR	GET	GEP
<b>Regionale wateren</b>						
Beken	2,2	≤ 4,0	-	0,15	≤ 0,14	-
Meren <sup>1</sup>	2,2	1,0-1,5	-	0,15	0,03-0,09	-
Vaarten/kanalen <sup>2</sup>	2,2	nvt	≤ 2,8/≤ 3,8	0,15	nvt	≤ 0,15/≤ 0,25
<b>Rijkswateren</b>						
Rivieren	2,2	≤ 4,0	-	0,15	≤ 0,14	-
Grote meren <sup>1</sup>	2,2	≤ 1,3	-	0,15	0,03-0,09	-
Kanalen <sup>2</sup>	2,2	nvt	≤ 1,8/≤ 3,8	0,15	nvt	≤ 0,25
Overgangswater	-	≤ 0,46	-	-	nvt	nvt

MTR = Maximaal Toelaatbaar Risico

GET = Goede Ecologische Toestand;

GEP = Goed Ecologisch Potentieel;

1 = variatie hangt samen met verschillen in gevoeligheid van meertypen voor eutrofiëring

2 = variatie hangt samen met verschillen in gevoeligheid van kanaaltypen

## 30. Welke maatregelen zijn mogelijk om de belasting van het oppervlaktewater vanuit de landbouw te verminderen?

Momenteel (2006-2009) werken de waterschappen de eerste stroomgebiedsbeheersplannen uit om de oppervlaktewaterkwaliteit te verbeteren conform de doelstelling van de Kaderrichtlijn Water. In veel gevallen worden puntlozingen (rioolwaterzuiveringsinstallaties, industrie, overstorten vanuit het stedelijk gebied) zo veel mogelijk verder gesaneerd. Daarnaast laat men beken weer meanderen en worden meer natuurvriendelijke oevers aangelegd om de ecologische toestand van het water te verbeteren. Indien uiteindelijk de doelstellingen van de Kaderrichtlijn Water in 2015 niet worden gehaald, zullen wellicht ook maatregelen binnen de landbouwgronden noodzakelijk zijn. In hoeverre deze maatregelen uiteindelijk uitgevoerd zullen worden, zal sterk verschillen per regio. Deels moet er ook nog onderzoek plaatsvinden naar het effect van landbouwkundige maatregelen.

### *1 Voorkomen van puntlozingen en erfafvoeren*

Op de boerderij kan worden voorkomen dat afvalwater dat ontstaat bij het reinigen van machines, de melkinstallatie of het schoonspuiten van het erf, of perssappen uit de kuil direct in de sloot stromen. Dit afvalwater kan worden opgevangen en naar het riool worden geleid. Is er geen riool, dan kan een septic tank uitkomst bieden. In de veehouderij kan het water ook in de mestkelder worden opgeslagen. Kavelpaden kunnen, mits goed en op de juiste plaats aangelegd, afspoeling over het oppervlak (mest en urine) naar de sloot voorkomen.

### *2 Efficiënte bemestingsmaatregelen*

Bemestingsmaatregelen zorgen ervoor dat efficiënt met het beschikbare fosfaat wordt omgegaan. Enerzijds kan dit door rekening te houden met de fosfaattoestand van de bodem en anderzijds door het gericht toedienen van fosfaat aan het gewas (o.a. rijenbemesting, kantstrooien) of betere dosering in de loop van de tijd (afgestemd op de gewasgroei) om de benutting van fosfaat te vergroten. Bij hoge tot zeer hoge fosfaattoestanden in de bodem kan er voor worden gekozen om gedurende een aantal jaren in het geheel geen fosfaat meer te geven terwijl de overige nutriënten, zoals stikstof en kali, naar behoefte gegeven kunnen worden. Men spreekt dan wel over het uitmijnen van fosfaat in de bodem. Verminderen van de bemesting is een voor de hand liggende brongerichte maatregel om uitspoeling te verminderen. Rekening houden met het weerbericht kan helpen om niet vlak voor een periode met hevige neerslag te bemesten.

### *3 Maatregelen gericht op het verminderen watertransport met daarin aanwezige fosfaten*

Dit zijn maatregelen die de afvoer via de verschillende transportroutes naar het oppervlaktewater vertragen, veranderen of blokkeren. Belangrijke landbouwkundige fosfaatroutes zijn: over het maaiveld, door de bouwvoor, via greppels en drainagebuizen of door de ondiepe uitspoeling door de bovengrond. Ook worden maatregelen beschouwd die voorkomen dat het grondwater in contact komt met de fosfaatrijke bovengrond.

Meststoffen kunnen door hevige regen, tezamen met bodemdeeltjes, direct worden meegevoerd naar de sloot. Door aan de rand van het perceel onbemeste droge of natte bufferstroken, bezinkgreppels of dammetjes aan te leggen wordt dit voor een groot deel voorkomen. Natte bufferstroken ontstaan door de strook net naast de sloot af te graven en hier riet te planten. Hierbij moet ervoor worden gezorgd dat de fosfaatrijke bovengrond wordt afgevoerd van de perceelsrand. Water met meststoffen en bodemdeeltjes wordt eerst opgevangen in de natte bufferstrook waar het slib met de fosfaten bezinkt en het riet een deel van de voedingsstoffen opneemt met als gevolg dat de sloot minder wordt belast. Bij aanwezigheid van buisdrainage moeten de drainbuizen in de natte bufferstrook uitkomen.

Bij ondiepe waterafvoer met fosfaten naar de sloot kan het nuttig zijn om buisdrainage aan te leggen en de eventuele greppels te dichten. Daardoor vindt een groter deel van de afvoer via de ondergrond plaats en wordt het fosfaat alsnog in de ondergrond van de bodem vastgelegd. Als de bestaande drainagebuizen te veel fosfaat afvoeren, kan het zinvol zijn om de drainagebuizen dieper te leggen.

### *4. Maatregelen gericht op het verminderen van de fosfaatbeschikbaarheid van de bodem*

Door het toedienen van fosfaatbindende bestanddelen (bijv. ijzer- of aluminiumverbindingen) aan de bodem neemt de kans op fosfaatuitspoeling af. Ook bewerking van grond om te voorkomen dat plassen ontstaan, en water met bodemdeeltjes versneld wordt afgevoerd, kan helpen om de uitspoeling van voedingsstoffen naar het oppervlaktewater te verminderen.

### *5. Vergroten van de opslag in het oppervlaktewater*

Een maatregel die meestal niet op bedrijfschaal kan worden genomen, maar wel op regionale schaal is bijvoorbeeld de aanleg van een helofytenfilter. Een helofytenfilter is een nat gebied met moerasplanten. Nutriënten die uit- en afspoelen worden hier doorheen geleid. Getransporteerde bodemdeeltjes bezinken en opgeloste voedingsstoffen worden opgenomen. Als de moerasplanten regelmatig worden afgevoerd en na verloop van tijd ook het bezinksel wordt afgevoerd, komt een deel van de uit- en afspoeling uiteindelijk niet in het benedenstroomse gebied terecht. Andere maatregelen die de bedrijfsschaal overstijgen zijn bijvoorbeeld de aanleg van een bezinkbassin in waterlopen of maatregelen waardoor het water langzamer gaat stromen zodat de meestromende deeltjes met fosfaten makkelijker bezinken. Deze maatregelen zijn bedrijfsoverstijgend en vallen onder het waterbeheer van de waterschappen.

## LITERATUUR en achtergrondinformatie

### **Algemene deel (vragen 1 t/m 7)**

#### *Vraag 4:*

Reijnders H.F.R., G. van Drecht, H.F. Prins, J.J.B. Bronswijk, L.J.M. Boumans (2004). De kwaliteit van ondiep en middeldiep grondwater in Nederland in het jaar 2000 en verandering daarvan in de periode 1984-2000. RIVM rapport 714801030. RIZA (2007) Mest en Oppervlaktewater: Een terugblik 1985-2005. RWS-RIZA rapport 2007.002.

Bronswijk J.J.B., M.S.M. Groot P.M.J. Fest & T.C. van Leeuwen (2003) Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit; Resultaten eerste meetronde 1993-1997. RIVM rapport nr. 714801031.

Tisdale S.L., W.L. Nelson, J.D. Beaton & J.L. Havlin (1993) Soil fertility and Fertilizers 5th ed. MacMillan Publ. Comp.

#### *Vraag 5:*

CBS (1992) Mineralen in de landbouw 1970-1990.

CBS StatLine: <http://statline.cbs.nl>

Milieu- en Natuur Compendium: <http://www.mnp.nl/mnc/index-nl.html>

Verkenning milieugevolgen van het nieuwe mestbeleid Achtergrondrapport Evaluatie Meststoffenwet 2007. MNP Rapport nr. 500124002/2008

#### *Vraag 7:*

Steen, I.: Phosphorus availability in the 21 th century. Management of a non-renewable resource. <http://www.nhm.ac.uk/research-curation/research/projects/phosphate-recovery/p&k217/steen.htm>

### **Landbouwkundige aspecten (vragen 8 t/m 23)**

#### *Vraag 8: fosfaatbehoefte*

Ehlert, P.A.I., Schoumans, O.F., Brus, D.J., Groot, W.J.M., Visschers & R. en Pleijter, 2006. Protocol voor het aanwijzen van gronden die in aanmerking komen voor een verhoogde gebruiksnorm. Technische uitwerking. Rapport 1201, Alterra, Wageningen.



Henk Valk, Nitrogen and phosphorus supply of dairy cows. Proefschrift Wageningen Universiteit, 2002.

Aarts, H.F.M., C.H.G. Daatselaar & G. Holshof (2008). Bemesting, meststofbenutting en opbrengst van productiegrasland en snijmais op melkveebedrijven. PRI, Rapport 208, Wageningen.

#### *Vraag 9: fosfaatafvoer*

P.A.I. Ehlert, J.C. van Middelkoop & P.H.M. Dekker; Fosfaatafvoer en fosfaatgehalten van landbouwgewassen. Rapport 1348, Alterra, Wageningen.

#### *Vragen 10, 11, 12, 13, 14, 17 en 18: fosfaattoestand en fosfaatbemestingsadvies*

Aendekerk, Th., G.L., 2000. Adviesbasis voor de bemesting van boomkwekerijgewassen. Proefstation voor de boomkwekerij (Thans PPO-BBF Lisse), Boskoop.

Anoniem, 1990. Bemestingsadviesbasis voor stedelijk groen inclusief stadsbomen en sportvelden. De Dorschkamp. Instituut voor Bosbouw en Groenbeheer. Rapport nr. 604. Wageningen.

Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen, 2008. PV praktijkboek 22. Lelystad.

Dam, A.M., van, Kater, L.J.M. & Wees, N.S., 2004. Adviesbasis voor de bemesting van bloembolgewassen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. Sector Bloembollen. PPO 708.

Dijk, W. van (samenstelling), 2003. Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Publicatienr. 307.

Kodde, J., 1994. Adviesbasis voor de bemesting van fruitteeltgewassen in de vollegrond. Grondonderzoek. Bladonderzoek. Informatie en Kennis Centrum Akker- en Tuinbouw, Afdeling Fruitteelt, Wilhelminadorp. Publicatie IKC-FT-09.

Kreij, C. de, 1999. Bemestingsadviesbasis buitenbloemen. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente. Naaldwijk.

*Vraag 15: fosfaatfixerende gronden*

Schoumans, O.F., P.A.I. Ehlert, W.J. Chardon, 2004. Evaluatie van methoden voor het karakteriseren van gronden die in aanmerking komen voor reparatiebemesting. Alterra rapport 730.3. Alterra, Wageningen.

*Vraag 16: nulbemesting*

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.

*Vraag 19 onvoormijdelijke fosfaatverlies*

P-Deskstudie fosfaatverliezen en fosfaatoverschotten in de Nederlandse landbouw, 1995. Rapport van de technische projectgroep 'P-Deskstudie'. Ministerie van LNV. Den Haag. Schröder, J.J. en W.J. Corré, 2000. Actualisering N- en P-deskstudies, PRI rapport 22. Plant Research International, Wageningen.

*Vragen 20 en 23. Wat gebeurt er met het fosfaatoverschot in de bodem*

Schoumans, O.F., L. Renaud, H. Oosterom, P. Groenendijk (2004) Lot van het fosfaat overschot. Analyse van STONE-berekeningen die zijn uitgevoerd in het kader van de Evaluatie Meststoffenwet 2004. Alterra rapport 730.5. Alterra, Wageningen.

*Vraag 21. Wanneer is een bodem fosfaatverzadigd*

Zee, S.E.A.T.M. van der, W.H. van Riemsdijk & F.A.M. de Haan, 1990. Het protocol fosfaatverzadigde gronden. Deel I: Toelichting. Vakgroep Bodemkunde en Plantvoeding. Landbouwuniversiteit Wageningen.

Schoumans, O.F., (2004). Inventarisatie van de fosfaatverzadiging van landbouwgronden in Nederland. Alterra rapport 730.4. Alterra, Wageningen. In het kader van de Evaluatie Meststoffenwet.

*Vraag 22. Wat is de fosfaattoestand van landbouwgronden?*

Schoumans, O.F., 2007. Trends in de fosfaattoestand van landbouwgronden in Nederland in de periode 1998-2003. Alterra rapport 1537. Alterra, Wageningen.

**Milieukundige aspecten (vragen 24 t/m 30)**

*Vraag 24:*

Beek, C.L. van, O.A. Clevering, L.J.M. Kater & H. van Reuler (2003) Maatregelen om de belasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfaat uit de landbouw te verminderen; Alterra rapport nr 714.

*Vraag 25, 26 en 27:*

Willems W.J., A.H.W. Beusen, L.V. Renaud, H.H. Luesink, J.G. Conijn, G.J. v.d. Born, J.G. Kroes, P. Groenendijk, O.F. Schoumans & H. vd Weerd (2008). Verkenning milieugevolgen van het nieuwe mestbeleid Achtergrondrapport Evaluatie Meststoffenwet 2007. MNP Rapport nr. 500124002/2008.

*Vraag 28:*

MNP (2007) Werking van de Meststoffenwet 2006. Overgang van verliesnormenstelsel naar een gebruiksnormenstelsel: evaluatie van werking in verleden (1998-2005), heden (2006-2007) en toekomst (2008-2015). MNP Rapport nr. 500124001. (bron: Janse en Van Liere, 1995).

Lake, P.C. A modelling tool for the evaluation of lake restoration scenarios. Water Science & Technology. 1995, 31(8):371-4.

*Vraag 29:*

STOWA (2007a). Afleiding getalswaarden voor nutriënten voor de goede ecologische toestand voor natuurlijke wateren, Rapport 02-2007. STOWA.

STOWA (2007b) Omschrijving MEP en conceptmaatlaten voor sloten en kanalen voor de Kaderrichtlijn Water. De deelstroomgebieden Rijn-West, Rijn-Midden, Rijn-Noord, Rijn-Oost, Eems en Maas. Conceptrapport 9S3656, STOWA en CSN.

STOWA (2007c) Toelichting op ecologische doelen voor nutriënten in oppervlaktewateren. STOWA rapport nr. 17.

*Vraag 30:*

Leenders, T.P & C. Kwakernaak (red.) (2007); 20 puzzelstukjes voor de KRW. Een bloemlezing uit het onderzoek van Wageningen UR voor de Europese Kaderrichtlijn Water; Alterra Rapport 1403.



Deze uitgave is tot stand gekomen met bijdragen van:

*Alterra*

Oscar Schoumans, Phillip Ehlert, Wim Chardon, Oene Oenema, Gert-Jan Noij, Caroline van der Salm, Piet Groenendijk en Frank van der Bolt.

*PPO, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*

Peter Dekker en Wim van Dijk

*ASG, Animal Sciences Group*

Andre Bannink en Jantine Middelkoop

*Planbureau voor de Leefomgeving*

Jaap Willems en Frits Kragt

*Samenstellers*

Oscar Schoumans (Alterra), Jaap Willems (PBL) en Geert van Duinhoven (Redactie)





