



Uitmijnen biedt perspectief om uitspoeling van fosfaat uit zwaar bemeste landbouwgronden te verminderen

GERWIN KOOPMANS, ALTERRA

WIM CHARDON, ALTERRA

OENE OENEMA, ALTERRA

WILLEM VAN RIEMSDIJK, WAGENINGEN UNIVERSITEIT

Het fosfaatgehalte van landbouwgronden in gebieden met intensieve veehouderij is vaak hoog, omdat gedurende lange tijd hoeveelheden dierlijke mest werden toegediend die de afvoer van fosfaat met het gewas in ruime mate overschreden. De ophoping van fosfaat in de bodem kan leiden tot grotere verliezen van fosfaat naar het grond- en oppervlaktewater én eutrofiëring. De bijdrage van uitspoeling uit landbouwgronden aan de totale fosfaatbelasting van het Nederlandse oppervlaktewater werd recentelijk geschat op 44 procent. Daarom zijn maatregelen noodzakelijk om deze fosfaatuitspoeling te verminderen. Uitmijnen, het onttrekken van fosfaat aan de grond door middel van het oogsten en afvoeren van een gewas zonder fosfaatbemesting, biedt perspectief om het risico op fosfaatuitspoeling uit landbouwgronden met een te hoog fosfaatgehalte te verminderen.

Fosfaat is een essentieel nutriënt voor de groei van planten. In verwerde tropische gronden maar ook in veel gronden in gematigde gebieden die niet zijn bemest, is de beschikbaarheid van fosfaat vaak te laag voor een optimale groei van landbouwgewassen. Het toedienen van fosfaat in kunstmest of dierlijke mest is dan noodzakelijk om het gebrek aan fosfaat in de grond op te heffen. Het fosfaatgehalte van landbouwgronden in gebieden met intensieve veehouderij is echter vaak hoog, omdat gedurende lange tijd hoeveelheden dierlijke mest werden toegediend die de afvoer van fosfaat met het gewas in ruime mate overschreden.

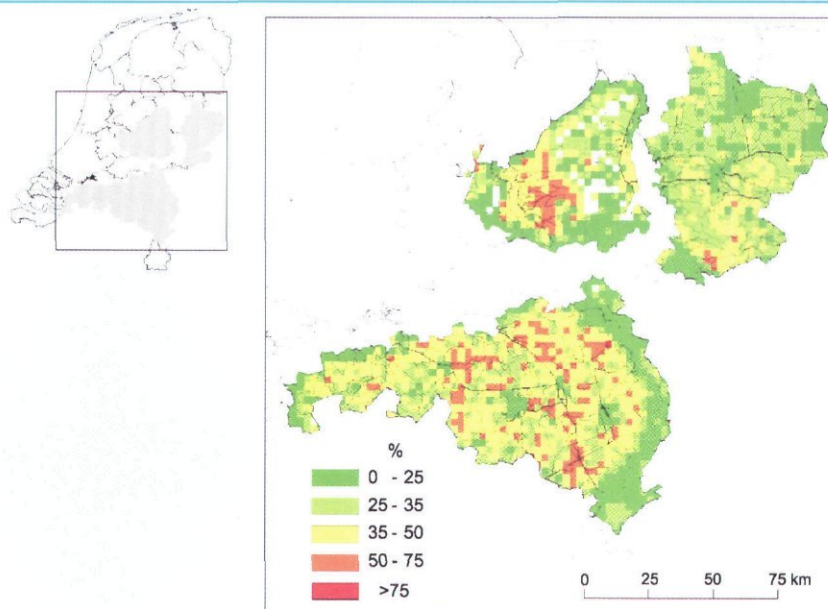
De ophoping van fosfaat in de bodem kan leiden tot grotere verliezen van fosfaat naar het grond- en oppervlaktewater. Verrijking van het oppervlaktewater met fosfaat (eutrofiëring) veroorzaakt een overmatige groei van planten, in het bijzonder bepaalde algensoorten, waardoor het water groen kleurt (groene soep) en troebel wordt¹. Deze algenbloei gaat gepaard met een verstoring van de zuurstofhuishouding en ingrijpende veranderingen in de aquatische levensgemeenschap. Onder meer de drinkwaterwinning wordt hierdoor bedreigd.

In het Nederlandse oppervlaktewater zijn de fosfaatconcentraties (te) hoog en is eutrofiëring een groot probleem².

In 2000 werd de bijdrage van uitspoeling uit landbouwgronden aan de totale fosfaatbelasting van het Nederlandse oppervlaktewater geschat op 44 procent; de bijdrage van andere bronnen zoals industrie en rioolwaterzuiveringsinstallaties werd geschat op respectievelijk 16 en 32 procent²). In de afgelopen decennia is de bijdrage van laatstgenoemde bronnen drastisch afgenomen. Een verdere afname is echter relatief kostbaar. Hierdoor is de aandacht verschoven naar het verminderen van de uitspoeling van fosfaat uit landbouwgronden. De urgentie om de verliezen van fosfaat uit landbouwgronden te verminderen is groot. Het oppervlaktewater moet in de nabije toekomst (2015) voldoen aan de kwaliteitseisen van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW). De hoofddoelstelling van deze richtlijn is het bereiken van een goede ecologische kwaliteit. De KRW stelt eisen aan de chemische waterkwaliteit om aan de ecologische doelstellingen te kunnen voldoen. De hoge uitspoeling van fosfaat uit landbouwgronden naar het oppervlaktewater vormt hierbij een groot probleem³. Maatregelen zijn dus noodzakelijk om de bijdrage van landbouwgronden aan de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater te verminderen.

In Nederland komt de intensieve veehouderij voornamelijk voor op de centrale, oostelijke en zuidelijke kalkloze zandgronden. De bindingscapaciteit van deze gronden voor fosfaat is niet groot, waardoor als gevolg van langdurige toediening van kunstmest en dierlijke mest de grond verzadigd raakt met fosfaat. Hierdoor ontstaat een risico voor uitspoeling van fosfaat. Als de capaciteit van de grond tussen het maaiveld en de gemiddeld hoogste grondwaterstand om fosfaat te binden voor

Afb. 1: Ligging van de fosfaatverzadigde gronden in Nederland⁵.



25 procent of meer is verbruikt, wordt de grond beschouwd als fosfaatverzadigd⁴⁾; bij een verzaadigingsgraad van 25 procent of meer is de fosfaatconcentratie in het bodemvocht die op de lange termijn uit deze bodemlaag spoelt hoger dan 0.1 mg/l. Deze concentratie geldt als norm voor het Nederlandse oppervlaktewater om eutrofiëring te voorkomen. Momenteel is meer dan 70 procent van het areaal kalkloze zandgronden in de gebieden met intensieve veehouderij (400.000 ha) fosfaatverzadigd⁵⁾ (afbeelding 1). Door de omvang van het areaal fosfaatverzadigde gronden zijn grootschalige maatregelen om de uitspoeling van fosfaat te verminderen kostbaar en zijn de gevolgen voor de veehouderij groot. Mede hierdoor is het probleem van de fosfaatverzadigde gronden tot op heden niet of nauwelijks aangepakt. Bovendien wordt het nemen van maatregelen gefrustreerd door het ontbreken van een duidelijke relatie tussen enerzijds de fosfaatverzaadigingsgraad en anderzijds fosfaatuitspoeling naar het oppervlaktewater en het optreden van eutrofiëringverschijnselen⁶⁾. Chardon et al. stellen daarom voor om binnen het areaal fosfaatverzadigde gronden prioriteit te geven aan het herstel van gronden die nu reeds milieukundig gezien onacceptabel grote hoeveelheden fosfaat lekken naar het oppervlaktewater. Deze gronden bevinden zich voornamelijk in vlakke gebieden met een ondiepe grondwaterstand en een intensief afwateringsstelsel⁷⁾.

Uitmijnen als mogelijke maatregel

Uitmijnen is een mogelijke maatregel om het risico van fosfaatuitspoeling uit gronden met een te hoog fosfaatgehalte te verminderen. Bij uitmijnen wordt meer fosfaat aan de grond onttrokken door het oogsten en afvoeren van een gewas dan dat wordt aangevoerd door bemesting met kunstmest en dierlijke mest; de fosfaatbalans (aanvoer minus afvoer van fosfaat) is dan negatief. In de meest verre gaande situatie wordt in het geheel geen fosfaatbemesting gegeven en wordt de grond dus maximaal uitgemijnd. Overige nutriënten, zoals kalium en stikstof, worden zondig bijgemest om een optimale gewasgroei te realiseren. Fosfaat is mondiaal gezien een schaars element. Het vanuit de bodem weer terug brengen van fosfaat in de kringloop valt te verkiezen boven alternatieven, zoals het verhogen van de fosfaatbindingscapaciteit van de grond door het in situ chemisch immobiliseren van fosfaat. Het hydrologisch isoleren van fosfaatverzadigde gronden met een hoge fosfaatuitspoeling door middel van bufferstroken of het dempen van sloten biedt slechts perspectief voor de korte termijn.

Uitmijnen is bovendien nodig voor de ontwikkeling van nieuwe natuur. Natuurontwikkeling vindt momenteel vooral plaats in het



De potproef in de kas.

kader van de realisering van de Ecologische Hoofdstructuur en in de Reconstructiegebieden, waar een ruimtelijke herinrichting plaatsvindt om de nadelige effecten van intensieve veehouderij op de natuur te verminderen. Een te hoge beschikbaarheid van fosfaat kan problemen opleveren bij natuurontwikkeling als het gewenste natuurdoel gekenmerkt wordt door een lage biomassa productie en een grote soortenrijkdom. Een te hoge fosfaatbeschikbaarheid leidt tot een lagere soortenrijkdom en de ontwikkeling van ruigesoorten, zoals pitrus, gewoon struisgras, liesgras en grote brandnetel⁸⁾. In de praktijk worden maatregelen als plaggen, afgraven en verschrallen veelvuldig toegepast door natuurbeheerders om een overmaat aan nutriënten uit de bodem te verwijderen. Plaggen van de zodelaag (bovenste tien centimeter) is echter niet altijd effectief, omdat fosfaat zich kan hebben verspreid tot onder de zodelaag. Afgraven van de bouwvoor (bovenste 25 tot 40 centimeter) is echter kostbaar en landschappelijk gezien niet altijd wenselijk. Bovendien is hergebruik van grond niet altijd mogelijk. Een ander nadeel van afgraven is het verwijderen van de aanwezige zaadbank. Bij verschrallen wordt uitsluitend gemaaid gevolgd door het afvoeren van de oogst.

Naar uitmijnen onder veldomstandigheden is echter nog weinig onderzoek uitgevoerd. Kwantitatieve informatie over veranderingen die op de langere termijn optreden in de totale hoeveelheid fosfaat in de grond en de verdeling daarvan over verschillende fosfaatvormen (speciatie), nadat het toedienen van fosfaat is gestopt, bestaat nauwelijks. Een belangrijk aspect dat moet worden onderzocht is de termijn waarbinnen een acceptabel niveau van fosfaatbeschikbaarheid wordt bereikt. Deze kennis is belangrijk om de

mogelijkheden van uitmijnen te kunnen beoordelen als maatregel voor het beheer en herstel van gronden die nu reeds milieukundig gezien onacceptabel grote hoeveelheden fosfaat lekken naar het oppervlaktewater.

Potproef

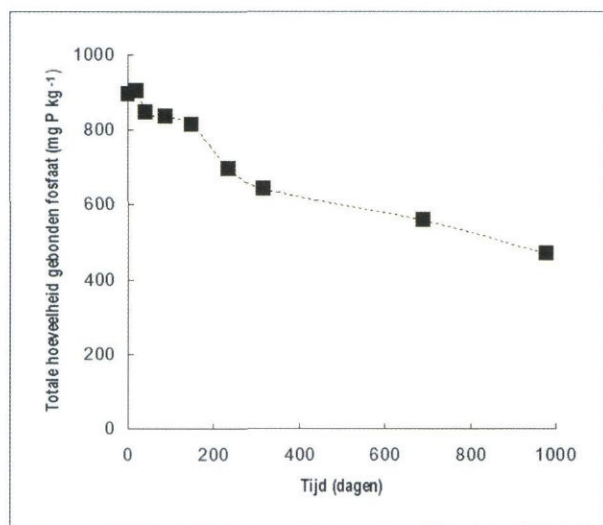
In een proef, die is uitgevoerd door onderzoekers van Alterra en Wageningen Universiteit, is het proces van uitmijnen versneld nagebootst in potten in een kas⁹⁾. Onderzocht zijn de afname in de hoeveelheid fosfaat in de grond en de veranderingen in de fosfaatspeciatie.

Gras is gebruikt om een zwaar bemeste kalkloze zandgrond uit te mijnen gedurende circa drie jaren. De potproef bestond uit twee behandelingen: de fosfaatrijke grond is in potten aangebracht in een laag van vijf of tien centimeter dikte. Stikstof en andere nutriënten (behalve fosfaat) zijn bijgemest om een optimale groei van het gras te realiseren. In de loop van de tijd zijn potten opgeofferd om de grond te bemonsteren. Het gras is regelmatig geoogst en afgevoerd en de opbrengst en het fosfaat- en stikstofgehalte van het geoogste gras zijn gemeten. De fosfaatconcentratie in het bodemvocht en de totale hoeveelheid gebonden fosfaat zijn geschat met behulp van respectievelijk 0.01 M CaCl₂- en zure ammonium oxalaatextractie.

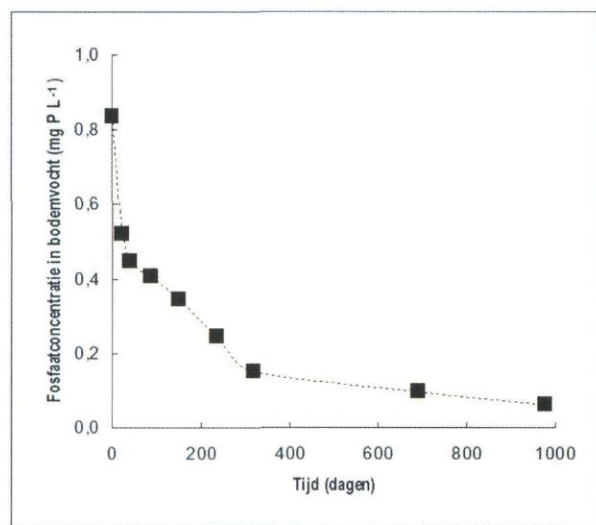
De potproef is onderdeel van het proefschrift van G. Koopmans¹⁰⁾, waarop hij 5 maart jongstleden is gepromoveerd aan Wageningen Universiteit.

Resultaten van de potproef

Het afvoeren van het geoogste gras veroorzaakte een afname van de totale hoeveelheid gebonden fosfaat in de grond. Deze nam af met respectievelijk 48 en 32 procent in de behandelingen met vijf en tien centimeter grond



Afb. 2: Afname van de totale hoeveelheid gebonden fosfaat bij de behandeling met vijfcentimeter grond.



Afb. 3: Afname van de fosfaatconcentratie in het bodemvocht bij de behandeling met vijfcentimeter grond.

(afbeelding 2). Interessant is dat de relatieve afname van de fosfaatconcentratie in het bodemvocht veel groter was: deze nam af met respectievelijk 93 en 91 procent (afbeelding 3). Bovendien verliep de afname van de fosfaatconcentratie in het bodemvocht veel sneller dan de afname van de totale hoeveelheid gebonden fosfaat⁹⁾. Deze resultaten zijn belangrijk, omdat het actuele risico van fosfaatuspoeling niet zozeer wordt bepaald door de totale hoeveelheid gebonden fosfaat maar met name door de fosfaatconcentratie in het bodemvocht.

Perspectief voor herstel fosfaatverzadigde gronden

Het versneld nabootsen van uitmijnen in een potproef in een kas leidde dus tot een snelle afname van de fosfaatconcentratie in het bodemvocht. Deze waarnemingen van de potproef zijn gedaan gedurende een periode waarbinnen 31 grassneden zijn gehaald. Dit komt overeen met circa zes jaren intensief oogsten en afvoeren van gras in het veld als in één groeiseizoen vijf sneden worden gehaald. Uitmijnen lijkt dus een effectieve maatregel te zijn om het risico van fosfaatuspoeling uit de bovenste bodemlaag binnen een relatief korte periode te verminderen.

Bijmesten van stikstof en andere nutriënten (geen fosfaat) is noodzakelijk om een optimale gewasgroei te realiseren. De stikstofgift in de potproef bedroeg circa 620 kg/ha per jaar, wat erg hoog is in vergelijking met de stikstofgift op grasland in de gangbare landbouw. In de potproef bedroeg de recovery van stikstof gemiddeld 69 procent; dit is de hoeveelheid stikstof die is gemeten in het geoogste gras als fractie van de hoeveelheid stikstof die is gegeven als kunstmest. Dit is een normale waarde voor grasland in de gangbare landbouw¹¹⁾,

maar een deel van de stikstofgift (31 procent) wordt dus niet opgenomen door het gras. Het is belangrijk om stikstof bij te mesten, maar om stikstofverliezen naar het milieu te beperken is het monitoren van het stikstofgehalte in het geoogste gewas tijdens uitmijnen belangrijk. Als een deel van de stikstofopname plaatsvindt in de vorm van luxe consumptie, kan de stikstofbemesting worden verminderd. Het geoogste gras kan worden gebruikt als veevoer in de veehouderij. Het fosfaatgehalte van gras in de gangbare landbouw is circa vier gram per kilo droge stof¹²⁾. Het geoogste gras dient minstens drie gram per kilo droge stof te bevatten om als voer te kunnen dienen voor hoogproductief melkvee bij een dieet van alleen gras¹³⁾. Het fosfaatgehalte van het geoogste gras in de potproef nam echter drastisch af in de loop van de tijd en was uiteindelijk veel lager dan deze waarde. Het gras moet dan worden gemengd met een fosfaatrijkere voedingsbron.

De schatting voor de benodigde tijdsduur van uitmijnen op basis van de potproef is onzeker. De omstandigheden voor de groei van planten, zoals licht, temperatuur en vochtvoorziening, zijn in het veld veel minder goed dan die in een kas. Bovendien is de bewortelingsintensiteit van gewassen in het veld lager dan die in potten¹⁴⁾. Bij een lagere bewortelingsintensiteit kan een gewas een bepaald volume grond minder effectief uitmijnen, omdat het transport van fosfaat door de bodem naar de wortels als beperkende factor voor fosfaatopname dan belangrijker wordt¹⁵⁾. Deze verschillen tussen veld en kas veroorzaken in het veld naar verwachting een minder snelle gewasgroei en fosfaatopname en dus een lagere afvoer van fosfaat met het geoogste gewas. In het veld zou dus meer tijd nodig zijn om de fosfaatrijke grond die werd gebruikt in de pot-

proef uit te mijnen tot dezelfde lage fosfaatconcentratie in het bodemvocht. Het is echter onduidelijk hoeveel langer het zou gaan duren; testen van uitmijnen onder veldomstandigheden is dus nodig. Daarnaast kan fosfaat zich in landbouwgronden tot op een grotere diepte hebben verspreid dan alleen in de bovenste vijf of tien centimeter van de bodem. De hoeveelheid fosfaat die dan moet worden uitgemijnd om dezelfde lage fosfaatconcentratie in het bodemvocht te realiseren als die in de potproef is groter. Uitmijnen biedt geen oplossing om uitspoeling uit bodemlagen te verminderen als fosfaat zich heeft verspreid tot onder de bewortelbare bodemlaag. Het succes van uitmijnen is sterk afhankelijk van de plaatselijke condities. Om inzicht te verkrijgen in de mogelijkheden van uitmijnen is grondonderzoek vooraf noodzakelijk. De totale hoeveelheid fosfaat in de bewortelbare zone en de verdeling daarvan over de verschillende fosfaatvormen en de verspreiding van fosfaat in het bodemprofiel tussen het maaiveld en de gemiddeld hoogste grondwaterstand zijn hierbij van belang. Deze informatie in combinatie met eenvoudige berekeningen van de opname van fosfaat door gewassen bieden uitsluitsel over het perspectief van uitmijnen voor een specifieke landbouwgrond met een hoog fosfaatgehalte.

Toekomstig onderzoek

Uitmijnen lijkt een effectieve maatregel te zijn om de concentratie van fosfaat in het bodemvocht van fosfaatverzadigde gronden binnen een relatief korte periode te verlagen. In de praktijk is echter nog weinig ervaring hiermee opgedaan. Uitmijnen moet zich vooral richten op de fosfaatverzadigde gronden die nu reeds een hoge fosfaatuspoeling vertonen. Om uitmijnen verantwoord te kunnen toepassen, dient deze techniek te worden getest

onder veldomstandigheden. Bij het testen van uitmijnen in het veld is het noodzakelijk om de veranderingen in de verdeling van fosfaat over verschillende fosfaatvormen in de grond te meten. Aanbevolen wordt een protocol te ontwikkelen waarin richtlijnen zijn opgenomen om de mogelijkheden van uitmijnen voor een specifieke grond met een te hoog fosfaatgehalte te beoordelen. Voor het herstel van fosfaatverzadigde gronden met een hoge fosfaatuitspoeling en het geschikt maken van gronden die uit landbouwproductie zijn genomen voor natuurontwikkeling, moet ook gekeken worden naar andere gewassen dan gras voor gebruik bij uitmijnen. Het ideale gewas voor uitmijnen heeft bij voorkeur een diep en intensief wortelend wortelstelsel en een hoge biomassa productie van de bovengrondse gewasdelen gecombineerd met een hoge fosfaatopname. Het gewas dient echter inpasbaar te zijn in de bedrijfsvoering van boer of natuurbeheerder. 

LITERATUUR

- 1) Correll D. (1998). The role of phosphorus in the eutrophication of receiving waters: A review. *Journal of Environmental Quality* nr. 27, pag. 261-266.
- 2) RIVM (2002). MINAS en milieu. Balans en verkenning.
- 3) Van der Bolt F., R. van den Bosch, T. Brock, P. Hellegers, C. Kwakernaak, D. Leenders, O. Schoumans en P. Verdonchot (2003). Aquarein: gevolgen van de Europese Kaderrichtlijn Water voor landbouw, natuur, recreatie en visserij. Alterra-rapport 835.
- 4) Van der Zee S., W. van Riemsdijk en F. de Haan (1990). Het protocol fosfaatverzadigde gronden, deel I toelichting, deel II technische uitwerking. Landbouwuniversiteit Wageningen.
- 5) Reijerink J. en A. Breeuwsmā (1992). Ruimtelijk beeld van de fosfaatverzadiging in mestoverschotgebieden. Staring Centrum-rapport 222.
- 6) Chardon W., O. Oenema, O. Schoumans, P. Boers, B. Fraters en Y. Geelen (1996). Verkenning van de mogelijkheden voor beheer en herstel van fosfaatlekkende landbouwgronden. Programmabureau Geïntegreerd Bodemonderzoek, deel 8.
- 7) Schoumans O. en P. Groenendijk (2000). Modeling soil phosphorus levels and phosphorus leaching from agricultural land in the Netherlands. *Journal of Environmental Quality* nr. 29, pag. 111-116.
- 8) Chardon W. en F. Sival (2003). Fosfaat: knelpunt voor realisering EHS op voormalige landbouwgronden? De Levende Natuur nr. 104, pag. 267-271.
- 9) Koopmans G., W. Chardon, P. Ehlert, J. Dolging, R. Suurs, O. Oenema en W. van Riemsdijk (2004). Phosphorus availability for plant uptake in a phosphorus-enriched noncalcareous sandy soil. *Journal of Environmental Quality* nr. 33, pag. 965-975.
- 10) Koopmans G. (2004). Characterization, desorption, and mining of phosphorus in noncalcareous sandy soils. Proefschrift Wageningen Universiteit.
- 11) Prins W. (1980). Changes in quantity of mineral nitrogen in three grassland soils as affected by intensity of nitrogen fertilization. *Fertilizer Research* nr. 1, pag. 51-63.
- 12) Agterberg G. en P. Henkens (1995). Grondslagen van het fosfaatbestedingsadvies op grasland. Meststoffen 1995, pag. 12-23.
- 13) Valk H., L. Sebek, A. van 't Klooster en A. Jongbloed (1999). Clinical effects of feeding low dietary phosphorus levels to high yielding dairy cows. *Veterinary Record* nr. 145, pag. 673-674.
- 14) Delorme T., J. Angle, F. Coale en R. Chaney (2000). Phytoremediation of phosphorus-enriched soils. *International Journal of Phytoremediation* nr. 2, pag. 173-181.
- 15) Van Noordwijk M., P. de Willigen, P. Ehlert en W. Chardon (1990). A simple model of P uptake by crops as a possible basis for P fertilizer recommendations. *Netherlands Journal of Agricultural Science* nr. 38, pag. 317-332.