

Bijlage II: Mogelijkheden voor vermindering van de P-uitspoeling naar oppervlaktewater, met speciale aandacht voor bufferstroken

Briefadvies aan de Werkgroep waterkwaliteit van de Provincie Noord-Brabant, 20 september 2002.

Jan van Bakel, Piet Groenendijk, Oscar Schoumans, Frank van der Bolt, Kees van Diepen en Joost Wolf

Probleemstelling

In het kader van de reconstructie van het platteland zoekt de Provincie Noord-Brabant naar mogelijkheden om de nutriënten- (met name fosfaat-)belasting van het oppervlaktewater te verminderen. Dit dient bij voorkeur plaats te vinden in combinatie met het realiseren van andere doelen op het gebied van landbouw, milieu, natuur, en landschap. Een optie is de aanleg van bufferstroken langs waterlopen. Deze optie is aantrekkelijk omdat bufferstroken enerzijds resulteren in verminderde nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater en anderzijds in nieuwe zones, waarin natuur- en landschappelijke waarden kunnen worden versterkt. Evidente nadelen zijn het ruimtebeslag en het inpassen van de stroken in het perceelsbeheer. Dit gaat ten koste van het landbouwareaal en resulteert in een lagere landbouwproductie. Tevens bestaat er enige onzekerheid over de effectiviteit van bufferstroken voor vermindering van de fosfaatbelasting.

Dit briefadvies is een verkenning van de mogelijkheden om de uitspoeling van fosfaat naar het oppervlaktewater te verminderen. Hierbij wordt speciale aandacht geschonken aan de aanleg van bufferstroken en aan de mogelijkheden om probleemgebieden en de effectiviteit van kansrijke ingrepen op kaart aan te geven.

Probleemgebieden zijn gebieden die nu of in de toekomst in belangrijke mate bij kunnen dragen aan de stikstof- en/of fosforbelasting van grond – en oppervlaktewater. Dit is meestal het gevolg van overmatige toediening van meststoffen gedurende een lange tijdsperiode.

Achtergrond van het fosforprobleem

De bron van het fosforprobleem in Noord-Brabant is de overmatige bemesting in de periode 1960-2000. De hoeveelheid toegediende fosfor in anorganische en dierlijke mest was met name op de zandgebieden veel groter dan de fosforafvoer in het geoogste gewas. Dit fosforoverschot hoopte zich grotendeels op in de bodem. Wanneer de mate van verzadiging met fosfaat toeneemt neemt ook de P-concentratie in bodemvocht sterk toe (zie Fig. 1), waardoor de kans op een verhoogde belasting van het oppervlaktewater ontstaat. Men spreekt meestal van een fosfaatverzadigde grond, indien de fosfaatverzadigingsgraad berekent tot aan de GHG hoger wordt dan 25%, omdat in dat geval een fosfaatconcentratie naar het bovenste grondwater uitspoelt van 0,15 mg per liter. De fosfaatverzadigde gronden worden vooral in de zandgebieden met concentraties van intensieve veehouderij aangetroffen.

In het aërobe deel van het bodemprofiel (boven het grondwater) is P relatief slecht oplosbaar en wordt het goed gebonden, waardoor fosfaat zich nauwelijks verplaatst (zolang de fosfaatverzadiging van de bodem beperkt is; zie figuur 1).

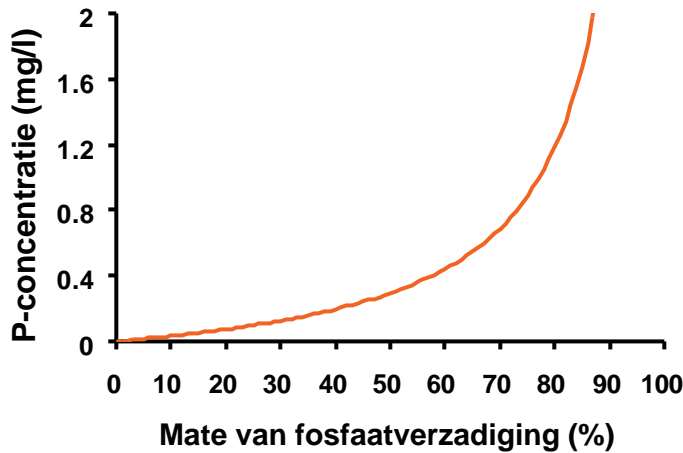


Fig.1 Illustratie van de relatie tussen de mate van fosfaatverzadiging van een laag en de fosfaatuitspoeling die op langere termijn optreedt uit diezelfde laag (concept zoals gehanteerd in het protocol fosfaatverzadigde zandgronden; aërobe omstandigheden)

Bij vernatting komt het grondwater omhoog. Dit heeft twee gevolgen:

- In de eerste plaats zal het grondwater vaker (met name in natte winterperioden) omhoog komen tot in de zone met hoge fosfaatgehalten. Dit resulteert in ondiepe waterafstroming door de zone met hoge fosforconcentraties in het bodemvocht, in geval van sterke fosfaatverzadiging van de bovengrond (zie boven).
- Ten tweede, onder natte en permanent anaërobe condities wordt P beter oplosbaar en kan uitspoelen naar grondwater- en oppervlaktewater.

De weg waarlangs de fosfor uitspoelt, hangt af van lokale hydrologische omstandigheden:

- Diep ontwaterde zandgronden hebben een grote fosforopslagcapaciteit en zullen nauwelijks bijdragen aan de fosfaatuitspoeling naar grond- en oppervlaktewater. Het fosfaat wordt in de bovengrond vastgelegd en met de tijd zal bij hoge fosfaatgiften dit 'blokfront' met fosfaatverzadiging geleidelijk dieper worden.
- Ondiep ontwaterde zandgronden hebben slechts een dunne laag waarin het fosfaat vastgelegd kan worden, en zullen snel met fosfor verzadigd raken. Deze gronden kunnen aanzienlijk bijdragen aan de fosfaatuitspoeling naar grond- en oppervlaktewater. Overige slecht doorlatende en slecht ontwaterde gronden (bijvoorbeeld komkleigronden) wateren ook grotendeels af op het oppervlaktewater via ondiepe stroombanen, en hebben daarom ook een beperkte fosfor-opslagcapaciteit.

Verhoging van de grondwaterstand resulteert in een dunnere aërobe bovengrond en daarmee in een kleinere fosforopslagcapaciteit. Bovendien neemt de oplosbaarheid van fosfor sterk toe (met een factor 5 à 10) in de bodemlaag die door de hogere

grondwaterstand van aëroob permanent anaëroob wordt. Wanneer in deze laag een grote hoeveelheid fosfor is vastgelegd, zal deze fosfor weer versneld vrijkomen en resulteren in een sterke toename van de fosforuitspoeling naar grond- en oppervlaktewater.

De diepte van uitspoeling wordt sterk bepaald door het optreden van kwel (fig. 2). Bij kwel vindt de afvoer van overtollig regenwater plaats als laterale stroming vlak onder het freatisch vlak (dus, nagenoeg horizontale stroombanen). Daarnaast zijn het ontwateringssysteem (slootdichtheid) en de resulterende afstand tot het oppervlaktewater bepalend voor de uitspoeling.

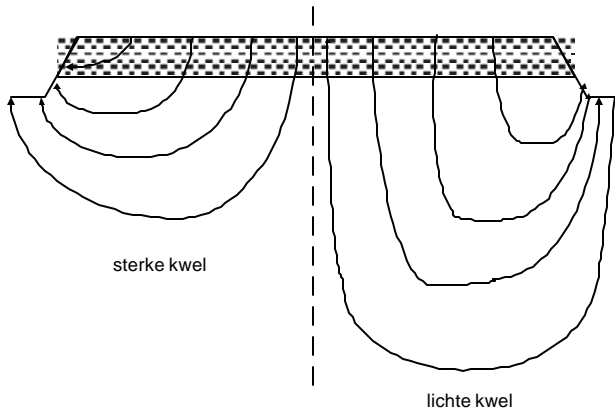


Fig. 2 Stroombanen in een perceel met sterke kwel en in een ander perceel met lichte kwel (het gearceerde deel duidt schematisch het fosfaatrijke deel van de bodem aan).

Diepe uitspoeling resulteert in een langere verblijftijd van fosfaat in de ondergrond. Het stromingspatroon wordt beïnvloed door de aanwezigheid en het ondiep voorkomen van slecht doorlatende lemlagen (bijvoorbeeld Brabantleem). De gemiddelde verblijftijden tijdens de uitspoeling kunnen worden beschreven met de breedte van de eenjaarszone. Dat is de zone waarvan het op het freatisch vlak aankomend water gemiddeld binnen 1 jaar of korter in het oppervlaktewater komt. Deze hangt af van het neerslagoverschot, de helling, de dikte van het doorstroomde pakket, de doorlatendheid, en de slootafstand. In niet-gedraineerde Noord-Brabantse zandgebieden met fijn zand in de bovengrond is de orde van grootte van de éénjaarszone 5 à 10 meter. De aard van het ontwateringssysteem is van invloed op het stromingspatroon en op de verblijftijd van fosfaat in de bodem. Dit betreft het al dan niet aanwezig zijn van greppels en perceelssloten, en de afstand en diepte van ondergrondse drainbuizen. Van belang is ook het onderscheid tussen de zomer- en wintersituaties. Grofweg mag je bij Gt III en III* en met name in de lagere delen van het terrein het hele jaar kwelinvloed verwachten, bij Gt V is kwel in de zomer afwezig. Het algemene beeld in Noord-Brabant is dat er nauwelijks nog greppels zijn, maar wel perceelssloten van 80 cm diep die droogvallen vanaf april (met name in Gt V en V* gebieden). De benadering via stroombanen is echter een sterke simplificatie; in veel situaties in hellende gebieden kunnen de stromingsrichtingen in zomer- en wintersituaties van richting veranderen, de echte padlijnen hebben een zigzagverloop.

Als deel van de vaste fase en direct na mesttoediening kan fosfor ook via oppervlakkige afstroming in aanzienlijke mate naar het oppervlaktewater getransporteerd worden. Vanwege de verplichte injectie en onderwerking van toegediende mest zal deze oppervlakkige fosfaatafspoeling tegenwoordig gering zijn. Meer problemen doen zich voor op verzamelplaatsen van vee en looppaden. De vertrapping van de bodem resulteert hier in een verdichte en slecht doorlatend bovengrond, terwijl er veel weidemest op de bodem terecht komt. Dit kan gemakkelijk in aanzienlijke oppervlakkige P-afstroming naar sloten resulteren, indien de locatie van de verzamelplaats ongelukkig (dichtbij sloot) is. Deze bron van verontreiniging is slecht te kwantificeren en hangt af van een reeks van factoren.

De fosfaatvoorraad is in het midden van een perceel meestal scherp begrensd (wegzijging), langs waterlopen is de fosfaatvoorraad vaak meer diffuus als gevolg van de grotere horizontale component in de stroming. Het fosfaatrijke deel van de bodem in figuur 2 is niet goed weergegeven: langs de waterlopen wordt deze zone dieper en zou de arcering minder intensief moeten zijn om verschillen in de hoeveelheid P in de bodem te suggereren.

In kaart brengen van het fosforprobleem

Om een goed beeld te krijgen van de mogelijkheden tot vermindering van de fosforuitspoeling naar het oppervlaktewater moeten we weten:

- Waar is fosfor opgehoopt; dus locatie, bedrijfsvoering, mestverdeling/mestgiften, bodemtype, P-diepteprofiel en P-hoeveelheid;
- Welke factoren bepalend zijn voor de fosforuitspoeling (bodem, hydrologie, periode (zomer/wintersituatie), gewas, bedrijfsvoering).

De toegediende bemesting is in belangrijke mate gerelateerd aan veedichtheid en landgebruik. Bijvoorbeeld, maïs was tot het begin van de mestwetgeving (1994) het zwaarst bemeste gewas. Het werd vooral verbouwd op de wat hoger gelegen droge gronden. De totale hoeveelheid mest per hectare die in de loop der jaren op het land is opgebracht is vrij grof bekend per LEI landbouwregio. De mestverdeling binnen de regio's kan verder uitgesplitst worden naar landgebruik, bodemtype, enz. en zou in meer detail afgeleid kunnen worden van de CBS-data van o.a. veedichtheden per gemeente (sinds 1990). Op basis van deze data van het fosforoverschot (historische fosforaanvoer in toediende mest minus fosforafvoer in gewas) en via extrapolatie met behulp van statistische methoden zou afgeleid kunnen worden hoe het fosforoverschot ruimtelijk verdeeld is over Noord-Brabant, als functie van landgebruik, grondwatersituatie, en bodemeigenschappen. De fosfaatverdeling in de bodem (P-diepte profiel) wordt enerzijds bepaald door dit historische fosfaatoverschot per locatie en anderzijds door de fosfaatvastleggingscapaciteit bij fosfaatverzadiging (gesteld op 25%, zie boven). Indien de historische data van o.a. veedichtheid en dus mest beschikbaar zijn per minimaal 15 bedrijven, betekent dit echter dat het minimum areaalgrootte voor bepaling van de fosforaanvoer circa 500 ha bedraagt. Dit kan een ernstige beperking zijn bij het vast stellen van maatregelen op perceelsniveau. In dat geval zijn fosfaatmetingen per perceel gewenst. De fosfaatvastleggingscapaciteit van de voornaamste bodemtypen in Noord-Brabant is

niet goed bekend en zal ook bepaald moeten worden voor een serieuze aanpak van het fosforprobleem.

Het fosforprobleem doet zich vooral voor in de gronden, die al vrij nat zijn, of die in de toekomst nat zullen worden. Verhoging van de grondwaterstand resulteert in

- (a) een snellere afvoer van water door ondiepere bodemlagen met een hoger fosfaatgehalte
- (b) een dunnere aërobe bovengrond en daardoor in een kleinere fosforopslagcapaciteit en
- (c) in meer oppervlakkige afstroming naar het oppervlaktewater.

Deze veranderingen resulteren in meer fosforuitspoeling naar het oppervlaktewater. Als vuistregel stellen we dat de fosfaatuitspoeling vooral voorkomt bij Gemiddelde Hoogste Grondwaterstanden (GHG) van 40 cm en ondieper. Fosforophoping komt alleen voor op gronden die in het verleden voor landbouw zijn gebruikt, en met name in de zandgebieden met concentraties intensieve veehouderij. De groep probleemgronden kan zo ruwweg worden afgebakend als de zandgronden met grondwatertrappen III en III* tijdens een groot deel van het jaar, en met grondwatertrappen V en V* gedurende het natte deel van het jaar. Met de geactualiseerde grondwatertrappenkaart kan een nauwkeuriger kaartbeeld worden verkregen dan met de klassieke Gt kaarten op schaal 1:50.000.

De ingrepen waarmee we de fosforuitspoeling kunnen sturen, komen hieronder aan de orde. Hierbij wordt speciale aandacht gegeven aan de rol van bufferstroken.

Mogelijke maatregelen

Mogelijke maatregelen ter vermindering van de fosforbelasting

1. Het *uitlemjen van de fosfaatvoorraad* in de grond, door opname via plantenwortels en afvoer van de biomassa (gewas of vegetatie). Het gaat om een jaarlijkse onttrekking van maximaal 50 kg P/ha voor gras en de helft minder voor akkerbouwgewassen. Te realiseren via een zo hoog mogelijke (stikstof-) bemesting.
2. Fosfor vasthouden in de bovengrond, door te voorkomen dat het grondwaterpeil tot in de fosfaatrijke bovengrond stijgt. Dit vereist *intensieve ondiepe buisdrainage*, intensief (drainafstand van ± 10 m) zodat tijdelijke opbolling van het grondwaterpeil tussen de drains wordt voorkomen, en ondiep zodat ongewenste diepe drooglegging wordt voorkomen. Wel is het nodig om voorkeurstroming direct boven de drain te voorkomen door sleufloos te draineren. Deze ingreep is effectief en algemeen toepasbaar in natte gronden.
3. *Onderscheppen van fosfor* voordat die het perceel verlaat. Dit betreft de fosforstromen die in suspensie via oppervlakte-afstroming, met name van akker- en tuinbouw percelen, of in oplossing lateraal met ondiep afstromend grondwater, worden afgevoerd. Te realiseren *via droge bufferstroken* op maaiveldhoogte aan de lage kant van landbouwpercelen. Deze ingreep kan plaatselijk effectief zijn, vooral waar oppervlakkige afstroming samen met erosie optreedt, maar heeft geen vat op buisdrainage en diepe laterale afstroming. Erosie is ook te bestrijden door percelen als grasland te gebruiken of door de

- percelen vlak te leggen. Percelen die als grasland worden gebruikt hebben vaak meer oppervlakkige afstroming dan bij een ander landbouwkundig gebruik.
4. *Opvangen van fosfor* direct bij verlaten van het perceel, voordat fosfor in het oppervlaktewater terechtkomt. Dit kan *door een natte bufferstrook*, waarin water uit drainbuizen, lateraal uittredend grondwater en oppervlakkig afstromend water worden opgevangen en vastgehouden, zodat de vegetatie in de buffer de fosfor kan opnemen. De effectiviteit hangt af van de tijd dat het water in de buffer kan worden verspreid, vastgehouden en opgenomen door de buffervegetatie, voordat het gemengd wordt met het afstromende oppervlaktewater. In de winter zal deze methode niet effectief zijn: veel afvoer en weinig opname. In de zomer functioneert deze methode beter, als er tenminste afvoer optreedt en de vegetatie voldoende tijd krijgt om de fosfor op te nemen. In de zomer fungeert een droogvallende waterloop zelf als natte buffer (echter zonder de helofytenvegetatie). Een dergelijke natte buffer als extra voorziening ter vermindering van fosforbelasting is alleen zinvol langs een permanent watervoerende waterloop.
 5. *Afgraven van de bouwvoor* is de meest effectieve (maar ook dure) maatregel om de fosforvoorraad in de bodem te reduceren.
 6. *Doorspoelen door hanteren van tijdelijke hoge peilen in de wintersituatie* verschuift het probleem van de bodem naar het oppervlaktewater (waar onder anaerobe omstandigheden fosfor weer vrij komt) en lijkt daardoor een minder serieuze maatregel. Omdat de verbijftijden in het oppervlaktewater in de hellende zandgebieden klein zijn wordt waarschijnlijk wel een deel van de fosforvrucht getransporteerd naar de zee. Deze optie verdient een nadere analyse.
 7. *Bodemsanering*: chemische vastlegging van fosfaat in de bodem *door toediening van ijzer, aluminium of kalkverbindingen*. Hiernaar is wel onderzoek gedaan. De werking op lange termijn is nog onzeker, bijvoorbeeld omdat de vastlegging beïnvloed wordt door de pH of mate van aërobie. Bovendien kunnen er ongewenste bijproducten ontstaan. Maar de problemen van maatschappelijke acceptatie zijn waarschijnlijk een groter struikelblok dan de technische uitvoering. Deze methode is voor de volledigheid in deze lijst opgenomen maar is vooralsnog geen reële optie.

Bij alle mogelijke maatregelen ter vermindering van de fosforbelasting van oppervlaktewater moeten we niet uit het oog verliezen dat alle maatregelen die leiden tot vernatting van gronden die in het verleden voor de landbouw zijn gebruikt, en met name de zandgronden in gebieden met concentraties intensieve veehouderij, het fosforprobleem groter maken. Voor iedere locatie kan op basis van een berekening van de historische opgebouwde fosforvoorraad in de bodem en de mate van afname door vernatting van de aërobe bovengrond en van de fosforopslagcapaciteit berekend worden hoeveel extra fosfaatuitspoeling naar het oppervlaktewater zal plaatsvinden en gedurende welke tijdsperiode.

Bufferstroken

Bufferstroken zijn bemestingsvrije zones langs watergangen. Ze kunnen aangelegd zijn op de oorspronkelijke maaiveldhoogte, of verdiept zijn aangelegd. Men spreekt dan van droge en natte bufferstroken.

Het mechanisme van het verminderen van de fosfaatuitspoeling in bufferstroken bestaat uit

1. Het uitmijnen van de fosfaatvoorraad in de grond, door opname via plantenwortels en afvoer van de biomassa (gewas of vegetatie). Het uitmijnen van de historisch opgebouwde P-voorraden in de bodem is een proces van lange adem, het duurt tientallen jaren voordat enig resultaat zichtbaar is. Bij verschrallend beheer zal de jaarlijkse opname door het gewas en dus de netto-afvoer geleidelijk teruglopen. Het uitmijnen lukt alleen zolang de opname en daarmee de afvoer duidelijk groter is dan de aanvoer. Omdat relatief weinig water uit de bouwvoor direct langs de waterlopen in het oppervlaktewater terecht komt resulteert uitmijnen in bufferstroken in een beperkte verandering van de waterkwaliteit.
2. Naast de P-opname door de planten werkt de bufferstrook via het onderscheppen van laterale P-stromen, en door zowel het vastleggen van opgelost fosfor als door het invangen van fosfor in suspensie (mest en humus) bij oppervlakte-afstroming. Laterale nutriëntenstromen via drainbuizen of via diep grondwater blijven geheel buiten bereik van de plantenwortels in de bufferstroken en worden nauwelijks in een bufferstrook vastgelegd. In Brabant stroomt daardoor bij een normale landbouwkundige inrichting en gebruik een groot deel van het water onder droge bufferzones door. De effectiviteit van de droge bufferzones is daardoor twijfelachtig. Bij verlaagde bufferstroken (natte bufferstroken), die zijn ontstaan door afgraving, is een groot deel van het fosfaat reeds verwijderd vlak naast de waterloop, hetgeen in eerste instantie positief werkt. De werking is echter beperkt doordat het fosfaat dat vanuit het verhoogde deel van het perceel uitspoelt naar de bufferstrook slecht gebufferd zal worden in deze bufferstrook. Dit wordt veroorzaakt doordat in de natte bufferstrook langdurig anaëroob omstandigheden heersen. Onder deze omstandigheden wordt fosfaat slecht vastgelegd (blijft goed mobiel). Dit betekent dat uiteindelijk eerst het droge deel naast de natte bufferstrook van fosfaat ontdaan moet worden, alvorens ook op langere termijn een verbetering te verwachten is in de natte bufferstrook en het aanliggende oppervlaktewater.
3. Daarnaast telt het effect van niet meebemesten van de bufferstrook mee. Het gunstige effect van dit laatste op de waterkwaliteit staat buiten kijf.

Het te realiseren effect van een bufferstrook op de fosfaatuitspoeling is niet goed bekend en is locatie-specifiek.

Breedte van bufferstroken.

Op basis van vooral buitenlandse literatuur is geconcludeerd dat voor droge bufferstroken een breedte van 10 meter optimaal was, en tussen 5 en 20 meter voor natte bufferstroken. De keuze was gemotiveerd op basis van de geringe effectiviteittoename die resulteerde van nog verdere verbreding. In grote lijnen vermindert bij droge buffers de nutriëntenbelasting naar het oppervlaktewater tot 50 procent bij 5 meter breedte en tot 70 procent bij 10 meter breedte. De spreiding in beschouwde breedtes lag tussen 2 en 22 meter maar er waren zeer weinig metingen aan buffers smaller dan 5 meter. De spreiding in resultaten voor wat betreft de mate van effectiviteit is groot, juist voor de breedtes van 2 tot 10 meter.

De informatie over de effectiviteit van bufferstroken op basis van buitenlandse literatuur is niet goed vertaalbaar naar Nederlandse omstandigheden (vlak bodemoppervlak, hoge grondwaterstand) en kent daarnaast een hoge mate van onzekerheid. De 'buitenlandse' bufferstroken zijn vooral bedoeld om P-afvoer via erosie en oppervlakkige afstroming in relatief steile gebieden te voorkomen. Dit betekent dat in eerste instantie op basis van de verzamelde buitenlandse literatuur een indicatie voor de gewenste breedte van de bufferstroken afgeleid kan worden. Het is echter niet duidelijk welke effectiviteit bij deze breedte van bufferstroken wordt gerealiseerd. Nader onderzoek naar de effectiviteit van bufferstroken en de optimale breedte onder Noord-Brabantse omstandigheden is dringend gewenst.

In kaart brengen van kansrijke maatregelen

Het is wenselijk om over kaarten te beschikken, waarop de effectiviteit van elk type ingreep locatiespecifiek wordt aangegeven. Daarbij moet worden gedacht aan kaarten van 1:10.000 en gedetailleerder. Dergelijke gedetailleerde kaarten kunnen alleen samengesteld worden op basis van gedetailleerde gebiedsinformatie, die vaak niet beschikbaar is. Dat betekent dat om de vraagstelling te kunnen beantwoorden gebiedsspecifiek informatie verzameld moet worden of dat de vraagstelling wordt aangepast zodat gebruik kan worden gemaakt van bestaande, meer globale kaarten en informatie.

Benodigde informatie om voor de bovenstaande vraagstelling een gebied te karakteriseren, omvat:

1. bodemtype
2. fosfaatbindend vermogen bij 25% verzadiging per bodemtype
3. P-voorraad
4. grondwatertrap
5. kwel
6. drainagedichtheid
7. slootdichtheid

De volgende hydrologische informatie is voor Brabant beschikbaar:

1. Bodemkaart (1:50.000 lokaal ook 1:10.000)
2. Fosfaatbindend vermogen (1:250.000)
3. P-voorraad (gemeenteniveau, >1:250.000)
4. Historische Gt-kaarten en (deels) Geactualiseerde Gt-kaarten (1:50.000)
5. Kwelintensiteitskaarten (eenheden van 500x500 meter, >1:100.000)
6. Geschatte drainagedichtheid (Massop, >1:50.000)
7. Slootdichtheid (1:10.000)

Gegevens over het fosfaatbindend vermogen en de P-voorraden zijn niet op een bruikbaar schaalniveau beschikbaar. Het door Massop geschat voorkomen van buisdrainage en de kwelintensiteitskaarten zijn niet voldoende nauwkeurig om te gebruiken voor het evalueren van specifieke maatregelen op gedetailleerd niveau. Voor de identificatie van probleemgebieden op een meer regionaal schaalniveau kan deze informatie wel worden gebruikt. Dat is niet eenvoudig omdat daarbij moet goed worden gekeken naar de betrouwbaarheden van de gebruikte relaties voor de

verschillende bodems. De bodemkaart en Gt-kaarten benaderen het noodzakelijke schaalniveau, de slootdichtheid is op die schaal beschikbaar. De nu beschikbare informatie over de lokale hydrologische situatie en de mate van P-ophoping is derhalve te grof om voor concrete lokale situaties maatregelen te ontwerpen. Met de huidige gegevensbestanden kunnen uitsluitend uitspoelingsgevoelige zones worden geïdentificeerd. Voor een gebiedspecifieke aanpak van het fosforprobleem dient meer gedetailleerde informatie verzameld en berekend te worden.

Aanpak voor globale identificatie van zones met gronden gevoelig voor P-uitspoeling

- Mbv het grondgebruik worden de (voormalige) landbouwgronden geselecteerd.
- Mbv de Gt-kaart worden de sterk uitspoelingsgevoelige gronden ($\text{GHG} < 40$ cm-mv), de minder uitspoelingsgevoelige gronden ($40 < \text{GHG} < 80$ cm-mv) en de niet-uitspoelingsgevoelige gronden ($\text{GHG} > 80$ cm-mv) binnen de landbouwgronden worden onderscheiden.
- Mbv de kaarten met geschat voorkomen van buisdrainage kunnen de risicogebieden verder worden ingeperkt (waar intensieve buisdrainage aanwezig is, is het risico op uitspoeling van P klein). Hierbij moet de betrouwbaarheid van de gebruikte relaties voor de verschillende bodem-gewas-combinaties echter goed in ogenschouw worden genomen.

Aanpak voor maatregelen

Voor de eerder genoemde ingrepen om de P-belasting te verminderen, is de wijze van aanpak en de benodigde informatie hieronder aangegeven.

1. Uitmijnen van fosfaatvoorraad:
 - Berekening van fosforopslagcapaciteit in afhankelijkheid van bodemtype en -textuur, chemische samenstelling (Al- en Fe-gehalte, pH), en grondwaterstand;
 - Historische bemesting en berekening van de fosforophoping en fosfordiepteprofiel in bodem;
 - Berekening van mate van jaarlijkse fosforonttrekking in afhankelijkheid van landgebruik en bemesting;
 - Berekening van mate van fosforuitspoeling in huidige en toekomstige (bijvoorbeeld uitmijnen en hogere grondwaterstand) situatie;
 - Chemische bepalingen voor het bepalen van fosforopslagcapaciteit en huidige fosforophoping zijn waarschijnlijk noodzakelijk.
2. Voorkomen uitspoeling door intensieve ondiepe buisdrainage:
 - Berekening van fosforopslagcapaciteit in afhankelijkheid van bodemtype en -textuur, chemische samenstelling (Al- en Fe-gehalte, pH), en grondwaterstand;
 - Historische bemesting en berekening van de fosforophoping en fosfordiepteprofiel in bodem;
 - Om fosfaat in de bovengrond vast te houden, moet de grondwaterstand beneden de zone met fosforophoping te blijven. Dit bepaalt de minimale draandiepte;

- De drainafstand is afhankelijk van de toekomstige kwel en GHG bij vernatting, de maatgevende neerslag en de hydraulische doorlatendheid van de bodem; daartoe is gedetailleerde informatie over toekomstige GHG, kwel, hydrologische doorlatendheid van de bodem en de ruimtelijke distributie van de oppervlaktewateren is noodzakelijk.
3. Onderscheppen van fosfor via droge bufferstroken:
- gedetailleerde informatie over het risico en de mate van runoff en erosie op basis van topografie- en landgebruikkaart;
 - bepalen van mate van afstroming via drains, ondiep en diep grondwater in afhankelijkheid van kwel, drainagesysteem, afstand tot oppervlaktewater, en hydrologische bodemeigenschappen (watervoerende lagen en slechtdoorlatende lagen);
 - berekening van optimale breedte van bufferstrook in afhankelijkheid van erosierisico en van mate van afstroming via ondiep grondwater (zie 2.), de gewenste verblijftijd in bufferstrook voor vastlegging en gewasonttrekking, en de hydrologische bodemeigenschappen;
 - gedetailleerde informatie over topografie, landgebruik (akker- en tuinbouwgebieden), toekomstige GHG, kwel, hydrologische doorlatendheid van de bodem en de ruimtelijke distributie van de oppervlaktewateren is noodzakelijk.
4. Opvangen van fosfor via natte bufferstroken:
- bepalen van mate van afstroming via drains, ondiep en diep grondwater in afhankelijkheid van kwel, drainagesysteem, afstand tot oppervlaktewater, en hydrologische bodemeigenschappen (watervoerende lagen en slechtdoorlatende lagen);
 - berekeningen van het verloop van water- en fosforafvoer via drains en lateraal uittredend grondwater over het jaar en van de fosforvastlegging en gewasonttrekking in de natte buffers kunnen worden gedaan voor verschillende omstandigheden m.b.t. hydrologische bodemeigenschappen, drainagesysteem en slootwaterpeil en geven een indicatie van de effectiviteit waarmee deze buffers fosfor kunnen vastleggen en onttrekken;
 - gedetailleerde informatie over landgebruik, grondwaterstand, kwel, drainagesysteem, hydrologische doorlatendheid van de bodem en slootwaterpeil is noodzakelijk.
5. Afgraven van de fosfaatvoorraad:
- Berekening van fosforopslagcapaciteit in afhankelijkheid van bodemtype en -textuur, chemische samenstelling (Al- en Fe-gehalte, pH), en grondwaterstand;
 - Historische bemesting en berekening van de fosforophoping en fosfordiepteprofiel in bodem;
 - Berekening van mate van fosforuitspoeling in huidige en toekomstige (door afgraven wordt de grondwaterstand ten opzichte van maaiveld kleiner).

Literatuur

- Chardon, W.J., Oenema, O., Schoumans, O.F., Boers, P.C.M., Fraters, B., and Geelen, Y.C.W.M. 1996. Verkenning van de mogelijkheden voor beheer en herstel van fosfaatlekkende landbouwgronden. Rapporten Programma Geïntegreerd Bodemonderzoek, Deel 8, Wageningen.
- Schoumans, O.F. en A. Breeuwsma (1990). Methode voor de chemische bodem-schematisatie van PAWN-districten op basis van de bodemkaart schaal 1 : 250 000. Wageningen, DLO-Staring Centrum, Rapport 45, 38 p.
- Schoumans, O.F., and Köhlenberg, H. 1995. Onderzoek naar maatregelen ter vermindering van de fosfaatsuitlekking uit landbouwgronden. Mogelijkheden van toediening van aluminium en ijzerverbindingen aan de bodem. Staring Centrum Wageningen, Rapport no. 374.2.
- Schoumans, O.F., and Kruijne, R. 1995. Onderzoek naar maatregelen ter vermindering van de fosfaatsuitlekking uit landbouwgronden. Meting van de fosfaatsuitlekking uit fosfaatverzadigde zandgrond met en zonder hydrologische maatregel. Staring Centrum Wageningen, Rapport no. 374.1.
- Schoumans, O.F., and Kruijne, R. 1995. Onderzoek naar maatregelen ter vermindering van de fosfaatsuitlekking uit landbouwgronden. Eindrapport. Staring Centrum Wageningen, Rapport no. 374.
- Schoumans, R. Kruijne en D.T. van der Molen, 1995. Vermindering van de fosfaatsuitlekking. Mogelijkheden bij fosfaatverzadigde gronden. Landschap. Vol. 6: 63-73.