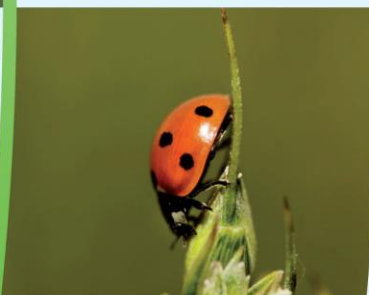


Soil for life

Report 1589.N.17.26

QuickScan bronnen NP-
belasting Vechtstromen



Rapport 1589.N17.26

QuickScan bronnen NP-belasting Vechtstromen

Auteur(s) : Gerard H. Ros (NMI)

© 2018 Wageningen, Nutriënten Management Instituut NMI B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit de inhoud mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de directie van Nutriënten Management Instituut NMI.

Rapporten van NMI dienen in eerste instantie ter informatie van de opdrachtgever. Over uitgebrachte rapporten, of delen daarvan, mag door de opdrachtgever slechts met vermelding van de naam van NMI worden gepubliceerd. Ieder ander gebruik (daaronder begrepen reclame-uitingen en integrale publicatie van uitgebrachte rapporten) is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van NMI.

Disclaimer

Nutriënten Management Instituut NMI stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens NMI verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Verspreiding

Witteveen+Bos, waterschap Vechtstromen

Inhoud

	pagina
Samenvatting en conclusies	2
1 Inleiding	3
2 Methode	4
2.1 Maatregelen agrarisch waterbeheer	4
2.2 Koppeling watersysteem- en bronnenanalyse	4
3 Resultaten QuickScan Bronnenanalyse	9
3.1 Maatregelen agrarisch waterbeheer	9
3.2 Relatieve bijdrage bronnen	9
4 Resultaten clustering stroomgebieden	15
4.1 Hiërarchische clustering	15
4.2 Expertclustering	16

Samenvatting en conclusies

Het adviesbureau Witteveen+Bos heeft in 2017 de belangrijkste water- en stofstromen in beeld gebracht voor waterschap Vechtstromen via een watersysteemanalyse per stroomgebied. Deze informatie moet bijdragen aan het bieden van concreet handelingsperspectief om de KRW-doelen voor de chemie te behalen: welke maatregelen zijn waar inzetbaar om de waterkwaliteit te verbeteren.

De voorliggende rapportage beschrijft de aanpak en resultaten van deze aanvullende analyse om meer zicht te krijgen op de invloed van agrarische bronnen. Hiervoor worden de resultaten van de watersysteemanalyse gekoppeld aan de uitkomsten van de bronnenanalyse die door *Wageningen Environmental Research* die is uitgevoerd voor de KRW-waterlichamen van Rijn-Oost. Gebruik makend van deze analyse wordt aangegeven welke agrarische maatregelen inzetbaar zijn om de waterkwaliteit te verbeteren.

Gebaseerd op de bestuurlijk geaccordeerde BOOT-lijst zijn een aantal maatwerkpakketten gedefinieerd die ingezet kunnen worden om de bijdrage van specifieke agrarische bronnen te verminderen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in pakketten rond de volgende thema's:

1. kennis en samenwerking;
2. precisiebemesting;
3. slootkantbeheer;
4. goede bemestingspraktijk;
5. duurzaam bodembeheer; en
6. erfafspoeling.

Gebaseerd op een expertclustering worden de 49 stroomgebieden in zes groepen ingedeeld die variëren in N- en P-belasting en de bijdrage vanuit agrarische bronnen. Afhankelijk van het landgebruik en de gemiddelde belasting wordt voor elke groep stroomgebieden een koppeling gelegd met geschikte en effectieve maatregelen.

1 Inleiding

Het adviesbureau Witteveen+Bos heeft in 2017 de belangrijkste water- en stofstromen in beeld gebracht voor waterschap Vechtstromen via een watersysteemanalyse per stroomgebied. Deze informatie moet bijdragen aan het bieden van concreet handelingsperspectief om de KRW-doelen voor de chemie te behalen: welke maatregelen zijn waar inzetbaar om de waterkwaliteit te verbeteren.

De gebiedsanalyse is gebaseerd op algemene gebiedskenmerken van 48 stroomgebieden. Per stroomgebied is het gewenst om meer zicht te krijgen op de onderliggende agrarische en niet-agrarische bronnen die invloed hebben op de waterkwaliteit in het KRW-lichaam.

De voorliggende rapportage beschrijft de aanpak en resultaten van deze aanvullende analyse om meer zicht te krijgen op de invloed van agrarische bronnen. Hiervoor worden de resultaten van de watersysteemanalyse gekoppeld aan de uitkomsten van de bronnenanalyse die door *Wageningen Environmental Research* die is uitgevoerd voor de KRW-waterlichamen van Rijn-Oost. Gebruik makend van deze analyse wordt aangegeven welke agrarische maatregelen inzetbaar zijn om de waterkwaliteit te verbeteren. Maatwerk is hiervoor namelijk cruciaal.

Let wel, de huidige rapportage bouwt voort op de aanpak van de watersysteemanalyse van Witteveen+Bos. Indien nodig wordt een kritische opmerking geplaatst bij de resultaten en onderliggende modelaannames, maar de resultaten van de watersysteemanalyse worden als zodanig niet in deze studie geëvalueerd.

2 Methode

2.1 *Maatregelen agrarisch waterbeheer*

De waterkwaliteit is in grote delen van het land de afgelopen jaren duidelijk verbeterd, maar onvoldoende om alle doelen van de Europese Kaderrichtlijn Water te halen en de ambities waar te maken. Daarom hebben overheden, maatschappelijke organisaties en kennisinstituten op 16 november 2016 de Intentieverklaring Deltaaanpak Waterkwaliteit en Zoetwater getekend. De prioriteiten zijn nutriënten en mest, gewasbeschermingsmiddelen en medicijnresten in water. In de intentieverklaring zijn ook acties opgenomen over het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer (DAW). Het DAW richt zich op het oplossen van knelpunten in het waterbeheer met vrijwillig maatwerk. Dat betreft niet alleen waterkwaliteit, maar ook het voorkomen van wateroverlast of het beter benutten van schaars zoetwater onder droge omstandigheden.

Vanuit het Bestuurlijk Overleg Open Teelt en Veehouderij (BOOT) is de zogenaamde BOOT-lijst met emissiereducerende maatregelen naar water vanuit landbouwbedrijven opgesteld. In het kader van DAW is de lijst in 2017 uitgebreid en bijgewerkt met bijdrages Wageningen Environmental Research (WEnR), Louis Bolk Instituut (LBI), Nutriënten Management Instituut (NMI), Deltares, de vakgroepen akkerbouw en veeteelt van LTO, de ministeries van IenM en EZ, Aeres Hogeschool, brancheorganisatie Cumela, provincies en waterschappen en de Unie van Waterschappen. Deze lijst bevat praktijkrijpe maatregelen met als doel om deze via het DAW verder uit te rollen. De nieuwe BOOT-lijst is 7 juni 2017 in het Bestuurlijk Overleg Open Teelt (BOOT) vastgesteld, en gepubliceerd op de website agrarischwaterbeheer.nl¹.

Voor de huidige studie wordt gebruik gemaakt van deze BOOT-lijst omdat deze een geactualiseerde overzicht geeft van breed gedragen maatregelen. De inzetbaarheid en effectiviteit ervan is echter afhankelijk van het bodemtype, de lokale geohydrologie, het landgebruik en de huidige bemestingspraktijk. Omdat de huidige QuickScan een eerste indicatie moet geven van welk maatwerk mogelijk is, zijn de maatregelen geclusterd in een 6-tal groepen.

2.2 *Koppeling watersysteem- en bronnenanalyse*

De voorliggende studie maakt een koppeling tussen de resultaten van de watersysteemanalyse van Witteveen+Bos en de bronnenanalyse voor de KRW-lichamen van WEnR. Uitgangspunt van deze koppeling zijn daarom de resultaten van de 49 gekoppelde waterbalansen. Deze balansen zijn gebaseerd op beschikbare informatie (peilen, afvoeren, inlaten) van het waterschap en expertise van de WB-adviseur.

Per stroomgebied zijn de volgende gegevens beschikbaar:

- ✓ tet totale oppervlakte en het areaal agrarisch landgebruik, waarbij het agrarisch landgebruik gedifferentieerd is voor de gewassen gras, aardappel, snijmais, suikerbiet en granen (conform de LGN5-indeling).
- ✓ de berekende dan wel geschatte N- en P-vracht in het ontvangende waterlichaam, in kg N (of P) per hectare per jaar.
- ✓ de berekende bijdrage van bronnen aan de waterafvoer per stroomgebied, gespecificeerd voor de posten neerslag, uit- en afspoeling (samen), RWZI, grensoverschrijdende aanvoer, afvoer van bovenstrooms, en inlaat suppletie. De som van deze posten is per definitie gelijk aan één.

¹ zie, <http://agrarischwaterbeheer.nl/document/boot-lijst-maatregelen-agrarisch-waterbeheer>

- ✓ De geschatte uitsplitsing van gebiedseigen bronnen per waterlichaam in Rijn-Oost (in totaal 7 waterlichamen). Hierbij zijn de volgende posten bekend: bemesting (actueel plus historisch), nalevering vanuit agrarische bodem, kwel, infiltratie, uit- en afspoeling uit natuurbodems, overige agrarische bronnen, RWZI, industrie, externe aanvoer (o.a. buitenland) en depositie.

Om de agrarische belasting uit diverse bronnen te schatten worden de volgende rekenstappen uitgevoerd:

- 1) Bereken per KRW-stroomgebied de som van alle bronnen uit de WenR-studie die overeenkomen met de post 'uit- en afspoeling' uit de watersysteemanalyse van Witteveen+Bos. Concreet gaat het daarbij om de fractie N-totaal en P-totaal die in het watersysteem terecht komt en afkomstig is vanuit de zeven gebiedseigen bronnen. Deze zeven bronnen zijn: bodem, bemesting, kwel, infiltratie, uit- en afspoeling vanuit natuur, overige agrarische bronnen en depositie.
- 2) Uit de watersysteemanalyse van Witteveen+Bos is een totaalschatting beschikbaar ('uit en afspoeling') waarin alle agrarische verliezen uit bodem en bemesting samenkomen, inclusief de verliezen uit natuurbodems. Deze schatting is gebruikt als leidraad ('beste schatting') omdat deze gebaseerd is op de per stroomgebied geparametriseerde waterbalansen. Let wel, alle andere posten uit de watersysteem-analyse zijn daarbij per definitie als niet-agrarisch gedefinieerd. Dit zijn de bronnen RWZI, grensoverschrijdende aanvoer, afvoer van bovenstrooms en inlaat suppletie. Depositie via neerslag is voor stikstof overigens altijd kleiner dan 2%.
- 3) Om bovenstaande gegevens te combineren in regio specifieke schattingen van de bijdrage van bodem, bemesting en overige agrarische bronnen aan de uit- en afspoeling, moet een correctie worden uitgevoerd omdat de totale emissie (zoals geschat via beide benaderingen) niet overeenkomt. In deze QuickScan zijn vier opties meegenomen:
 - a. *Generieke aanpassing van de bijdrages van alle bronnen.* Als de totale bijdrage van bodem, bemesting, kwel, infiltratie, uit- en afspoeling vanuit natuur, overige agrarische bronnen en depositie in de WenR-studie hoger of lager is dan de geschatte totale bijdrage uit 'uit en afspoeling' van de watersysteemanalyse, dan wordt de originele WenR-schatting naar rato aangepast.
 - b. *Evenredige aanpassing over alle bronnen.* Als de totale bijdrage van gebiedseigen bronnen van WenR hoger of lager is dan de schatting uit de watersysteemanalyse, dan wordt de originele WenR-schatting van elke bron aangepast met $1/7^e$ deel van het verschil tussen beide totaalschattingen (en $1/6^e$ deel voor fosfaat omdat er geen depositie optreedt met fosfaat).
 - c. *Afwijking toekennen aan agrarische bronnen.* Als er een verschil optreedt tussen de totale bijdrage van WenR en de watersysteemanalyse, dan wordt het verschil naar rato toegekend aan de drie agrarische bronnen bodem, mest en overig agrarisch. Met andere woorden, deze optie gaat ervanuit dat de schatting van WenR voor kwel, infiltratie, uit- en afspoeling van natuur en depositie correct is, en dat het verschil tussen beide totaalschattingen veroorzaakt wordt door de agrarische bronnen. Een negatieve correctie (met andere woorden, er vindt netto vastlegging of retentie plaats in agrarische bronnen) wordt niet toegestaan.
 - d. *Afwijking toekennen aan mest of bodem.* Deze optie is identiek aan optie c behalve dat het verschil in totaalschattingen tussen WenR en de watersysteemanalyse wordt toegekend aan mest (voor stikstof) en bodem (voor fosfaat).
- 4) De N- en P-vracht afkomstig van de diverse bronnen wordt vervolgens berekend door de aangepaste bron-fracties te vermenigvuldigen met de gemeten N- en P-vracht bij het ontvangende waterlichaam. Omdat de focus van deze studie ligt op de agrarische belasting van het grond- en

oppervlaktewater, worden alle berekende belastingen (tenzij anders aangegeven) uitgedrukt in kg N of P per hectare landbouwgrond per jaar.

Na deze analyse worden de maatregelpakketten gekoppeld aan de kenmerken van de stroomgebieden en bijbehorende N- en P-belasting vanuit agrarische en niet-agrarische bronnen. Hiervoor worden twee methodes toegepast:

1. Een hiërarchische clusteringsmethode gebaseerd op *Euclidian distance matrix*. Voor deze clustering is gebruik gemaakt van de geschatte totale N- en P-belasting per stroomgebied en de bijdrage van de bodem, bemesting, overige agrarische bronnen, RWZI's en grensoverschrijdende aanvoer enerzijds en het landareaal per landgebruikstype (9 typen) en het totale oppervlak anderzijds. Deze clustering is een statistische methode om vergelijkbare groepen binnen de dataset te identificeren zonder inbreng van vakinhoudelijke expertise. Op basis van deze analyse kunnen groepen stroomgebieden worden geïdentificeerd met de gemiddelde kenmerken per groep. Op basis van deze kenmerken, aangevuld met *expert judgement* over het gedrag van stikstof en fosfaat in agrarische systemen, worden de meest geschikte maatregelpakketten gekoppeld aan deze groepen stroomgebieden.
2. Een handmatige clusteringsmethode afgeleid van de ruimtelijke variatie in N en P-belasting binnen waterschap Vechtstromen en aangevuld met *expert judgement* over het gedrag van N en P in agrarische systemen. De volgende criteria zijn daarvoor opgesteld:
 - a. Stroomgebieden met een geschatte N-vracht groter dan $120 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ of een P-vracht groter dan $25 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ of een agrarische belasting kleiner dan 20% zijn gebieden met een minimale agrarische milieubelasting of zijn gebieden waarbij de geschatte vracht onrealistisch hoog is en daarmee de analyse vertroebelt. Al deze stroomgebieden komen in een cluster met als belangrijkste kenmerk 'zeer lage agrarische belasting'.
 - b. Stroomgebieden waarbij het relatieve areaal niet-uitspoelingsgevoelige gewassen (%) groter is dan de mediaan van het relatieve areaal niet-uitspoelingsgevoelige gewassen in alle stroomgebieden én de agrarische N- en P-belasting lager is dan het eerste kwartiel van de geschatte agrarische N- en P-belasting van alle stroomgebieden (probability van 33%) zijn gebieden met een lage milieubelasting. De agrarische belasting bestaat uit de som van de belasting uit de bodem, de bemesting en overige agrarische bronnen. Al deze stroomgebieden komen in een cluster met als kenmerk 'lage agrarische belasting'.
 - c. Stroomgebieden waarbij het relatieve areaal uitspoelingsgevoelige gewassen (%) groter is dan de mediaan van het relatieve areaal uitspoelingsgevoelige gewassen en de N- en P-uitspoeling van bemesting groter is dan het tweede kwartiel van de geschatte N- en P-uitspoeling afkomstig van bemesting in alle stroomgebieden (probability van 66%) zijn gebieden met een hoog risico op N- en P-uitspoeling. Al deze stroomgebieden komen in een cluster met als kenmerk 'hoge agrarische belasting bij intensieve teelt'.
 - d. Stroomgebieden waarbij het relatieve areaal grasland groter is dan de mediaan van het relatieve areaal grasland in alle stroomgebieden én waarbij de totale agrarische verliezen uit bodem, bemesting en overige agrarische bronnen groter is dan het tweede kwartiel van dezelfde belasting in alle stroomgebieden zijn gebieden met veel melkveehouderij, efficiënte ruwvoerproductie en hoge fosfaatverliezen. Al deze stroomgebieden komen in een cluster met als kenmerk 'melkveehouderij met hoge P-verliezen'.
 - e. Stroomgebieden waarbij het relatieve areaal grasland kleiner is dan de mediaan van

het relatieve areaal grasland in alle stroomgebieden én waarbij de totale agrarische N- en P-belasting hoger is dan het eerste kwartiel van de geschatte agrarische N- en P-belasting van alle stroomgebieden (probability van 33%) zijn vooral akkerbouwgebieden met een verhoogde milieubelasting. Al deze stroomgebieden komen in een cluster met als kenmerk 'akkerbouw met verhoogde agrarische belasting'.

- f. Alle overige gebieden komen in het cluster 'overig' en worden gekenmerkt door een lage dan wel gemiddelde N- en P-belasting van het grond- en oppervlaktewater vanuit agrarische bronnen.

Voor toekenning van geschikte maatregelpakketten gelden de volgende algemene principes:

- ✓ Maatregelen die vallen onder de zogenoemde goede landbouwpraktijk (zoals samengevat in landelijke Adviesbasis voor Bemesting¹) kunnen per definitie gestimuleerd worden, omdat een goed bodembeheer en een duurzame op maat gemaakte bemesting altijd bijdraagt aan een betere gewasproductie en verlaging van verliezen. Een landbouwsysteem dat rekening houdt met de draagkracht van de bodem (en leefomgeving) past binnen het concept van kringlooplandbouw, een benadering die door meer en meer ondernemers wordt gevolgd om hun bedrijf te verduurzamen.
- ✓ Als de agrarische bijdrage aan de N- en P-belasting kleiner is dan 25%, dan is het effect van agrarisch waterbeheer en extra verlaging van bodemoverschotten beperkt dan wel lastig meetbaar te maken. Bij een hoge bodembelasting met stikstof en fosfaat is inzet van integrale waterbedrijfsplannen, voorlichting en kennisdeling effectief om zo de principes van kringlooplandbouw te bevorderen. Samenwerken tussen sectoren (akkerbouw, groenteteelt en veehouderij) maakt het mogelijk om beschikbare mest effectief in te zetten ofwel op te werken tot een waardevol product dat aansluit bij de agronomische behoefte. Cruciaal is dat er gestuurd wordt op doelen als een maximaal toelaatbaar N- en P-bodemoverschot.
- ✓ In stroomgebieden met overheersend gras is maar beperkte focus nodig op bodemkwaliteitsverbetering via aanvoer van organische stof en voor precisielandbouwmaatregelen (in die zin van precisiebemesting binnen het perceel). Als er al nodig organische stof nodig is (de C-balans is veelal positief), dan alleen voor akkerbouw- en maispercelen met minder dan 2% organische stof. Voorkomen van erfafspoeling is in de melkveehouderijsector per definitie zinvol om puntlozingen te voorkomen (en grotendeels al wettelijk verplicht). Goede inzet van dierlijke mest (niet te vroeg en niet te laat in het seizoen) en de inzet van vroeg gezaaide vanggewassen na mais kunnen de emissie van stikstof met 10-20% verlagen. Fosfaatverliezen uit de melkveehouderij kunnen alleen verder ingeperkt worden door minder gebruik van dierlijke mest op het eigen bedrijf (en dat gebeurt niet in de huidige markt) en door goed randenbeheer.
- ✓ In stroomgebieden waarbij de N- en P-belasting hoger is dan de mediaan (of derde kwartiel, afhankelijk van de verdeling) is extra aandacht nodig voor maatregelen die sturen op een efficiëntere inzet van organische en minerale meststoffen. Voor fosfaat kan vooral gestuurd worden via randenbeheer, het oplossen van bodemstructuurproblemen (die zorgen voor grotere oppervlakkige afspoeling) en beperken van afspoeling vanuit greppels. Bij erg hoge fosfaatbelastingen en in het bijzonder bij bollenteelt ($> 3 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$) kan gedacht worden aan end-of-pipe maatregelen als ijzerrijke drains. Als alternatief zijn er hydrologische aanpassingen in het afwaterings-

¹ Zie bijv www.bemestingsadvies.nl en <http://www.kennisakker.nl/kenniscentrum/handleidingen/adviesbasis-voor-de-bemesting-van-akkerbouwgewassen>

systeem mogelijk die zorgen voor gasvormige omzettingen naar N_2 of vastlegging van P in greppels, drains, of de slootbodem. Bodemstructuurverbeteringen verlagen de afspoeling met 7 tot 26% per jaar voor stikstof, en met -5 tot 3% voor fosfaat.

- ✓ Stikstofverliezen treden vooral op in uitspoelingsgevoelige gewassen als mais, aardappels en vollegrondsgroentegewassen. Dit komt door de korte groeiperiode en het beperkte wortelsysteem van deze gewassen. Daarentegen zijn N-verliezen minimaal bij gewassen als gras en granen.
- ✓ De belasting van het oppervlaktewater met stikstof wordt sterk gedomineerd door bemesting (of natuurlijke mineralisatie van organische stof in veengronden). Deze dominantie staat in contrast met de belasting van het watersysteem met fosfaat. De huidige wetgeving is gebaseerd op een systeem van evenwichtsbemesting wat resulteert in een praktijk waarbij de fosfaatgift vergelijkbaar of lager is dan de gewasopname. Fosfaatverliezen treden daarom altijd op via de dynamiek in de bodem. Goed bodembeheer, en het beperken van oppervlakkige afspoeling zijn daarom cruciaal om fosfaatverliezen te beperken.

3 Resultaten QuickScan Bronnenanalyse

3.1 Maatregelen agrarisch waterbeheer

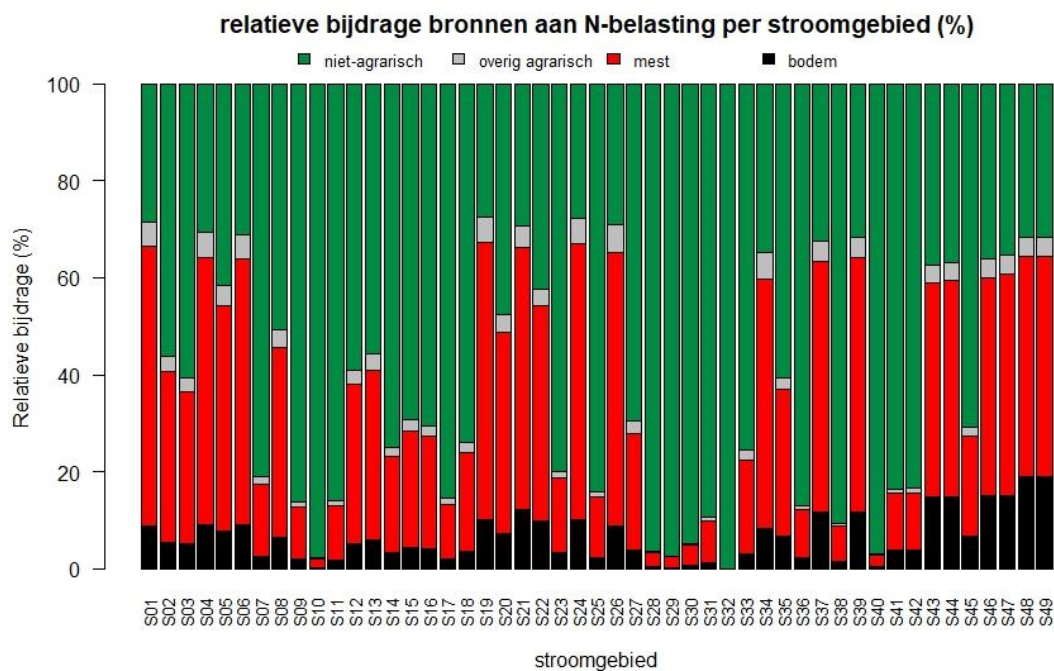
De relevante maatregelen rond bodembeheer en bemesting zijn voor de huidige analyse geclusterd in 6 maatregelpakketten (M1 tot M6). Deze pakketten worden hieronder kort toegelicht:

- 1) **Kennis en samenwerking (M1).** Dit omvat maatregelen die het sluiten van mineralenkringlopen in de regio versterken via samenwerking tussen akkerbouwers en veetelers. Dit heeft als resultaat dat de bemestingspraktijk beter aansluit op de agronomische behoefte en er netto minder stikstof en fosfaat verdwijnen richting het watersysteem. Naast de verplichte mestboekhouding is het gewenst/ mogelijk om het huidige bodembeheer en nutriënten management te optimaliseren door inzet van plannings- en adviesinstrumenten. Hiermee krijgen agrariërs inzicht in de mineralenboekhouding van hun bedrijf én het effect van hun management op de mogelijke stikstof- en fosfaatverliezen naar het watersysteem.
- 2) **Precisiebemesting (M2).** Dit omvat de inzet van allerlei beheersmaatregelen, machinerie en sensoren om bemesting en gewasbescherming plaatsspecifiek en dynamisch in de tijd toe te dienen. Hierdoor kan beter rekening worden gehouden met ruimtelijke variatie in bodemeigenschappen en het effect van weersomstandigheden en historische bemesting. Dit resulteert in lagere verliezen van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen.
- 3) **Slootkantbeheer (M3).** Dit omvat maatregelen die ingrijpen op slootkantbeheer (berm- en slootmaaisel, afrastering bij beweiding, baggeren, bemestingsvrije zones) en direct invloed hebben op oppervlakkige afspoeling van nutriënten en afbraakprocessen in de sloot.
- 4) **Goede bemestingspraktijk (M4).** Dit omvat allerlei maatregelen waarmee organische en kunstmeststoffen (type, hoeveelheid, toedieningstechniek en tijdstip) optimaal worden ingezet in aansluiting op de agronomische behoefte van de gewassen in het bouwplan.
- 5) **Goed bodembeheer (M5).** Dit omvat allerlei maatregelen waardoor de bodemkwaliteit (chemie, biologie, structuur) in goede toestand wordt gehouden dan wel wordt gebracht. Een goede bodemkwaliteit zorgt voor een hoge gewasproductie (en daardoor een hoge benutting van meststoffen), minder nat- en droogteschade aan gewassen, een betere ziekteverendheid en groter bufferend vermogen van de bodem.
- 6) **Erfafspoeling (M6).** Dit omvat allerlei maatregelen die ervoor zorgen dat af- en uitspoeling van mest vanaf erfverhardingen en van perswater uit opgeslagen mest, ruwvoer en geoogste producten wordt vermeden.

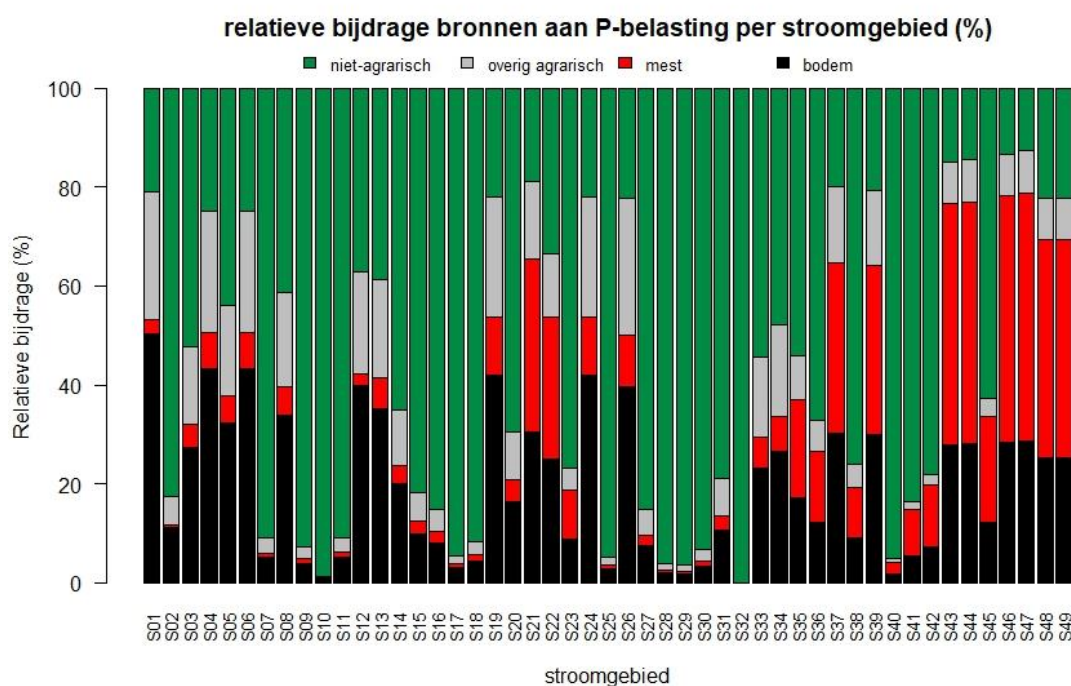
3.2 Relatieve bijdrage bronnen

De relatieve bijdrage van de verschillende bronnen aan de N- en P-belasting per stroomgebied wordt weergegeven in de figuren 3.1 en 3.2. Uit deze visualisatie wordt het volgende duidelijk:

- ✓ In de meeste stroomgebieden is de invloed van de landbouw relatief beperkt. Externe en niet agrarische bronnen zorgen voor de grootste stikstofbelasting. In 18 van de 49 stroomgebieden is bemesting (combinatie van actuele en historische bemesting) de sturende factor.
- ✓ De bodem levert vooral voor fosfaat een aanzienlijke bijdrage: deze kan oplopen tot bijna 50% in vrijwel de helft van de stroomgebieden. In tegenstelling tot stikstof is de bijdrage van bemesting vooral afkomstig van historische bemesting. De huidige gebruiksnormen gaan namelijk uit van evenwichtsbemesting, wat betekent dat de aan- en afvoer van fosfaat vergelijkbaar zijn. Het is wel opvallend dat in 10 deelgebieden de bijdrage van bemesting groter is dan 30%. Dit gebeurt vooral binnen de KRW-waterlichamen 'Afwateringskanaal' en 'Ommerkanaal'.



Figuur 3.1. Relatieve bijdrage van bemesting, bodem, overige en niet-agrarische bronnen aan de N-belasting per stroomgebied.

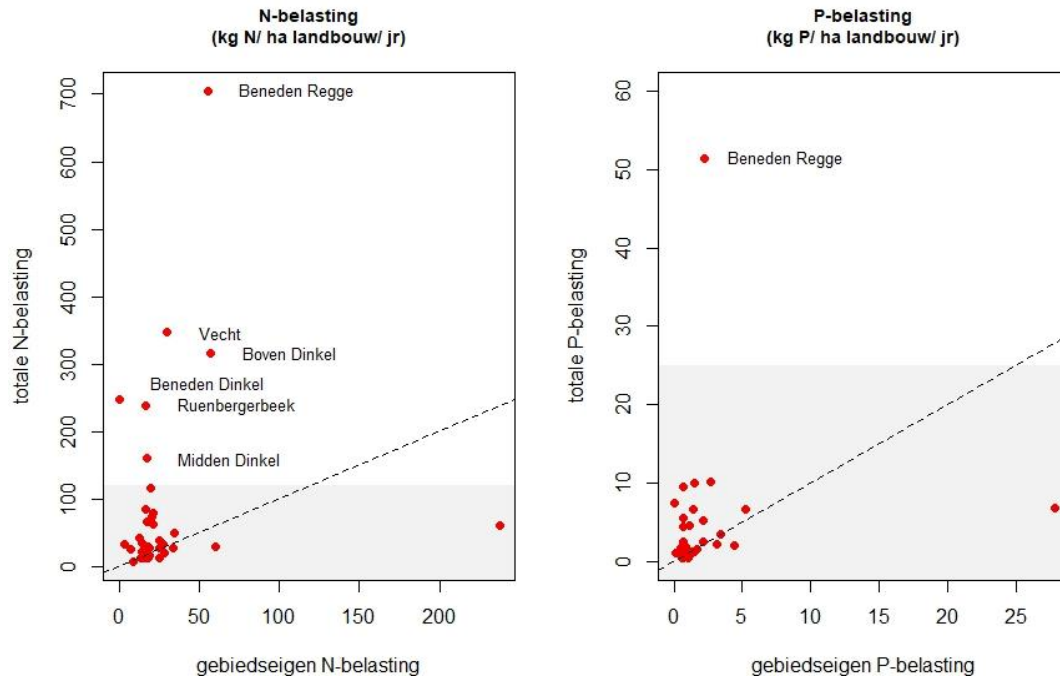


Figuur 3.2. Relatieve bijdrage van bemesting, bodem, overige en niet-agrarische bronnen aan de P-belasting per stroomgebied.

Omdat deze QuickScan focust op de gebieden die beïnvloed worden door agrarisch landgebruik, zijn een aantal stroomgebieden uit de set verwijderd omdat de verliezen onrealistisch hoog zijn en daarmee de analyse vertroebelen (zie figuur 3.3). Dit zijn achtereenvolgens 'Beneden Regge', 'Vecht', 'Beneden Dinkel', 'Ruenbergerbeek' en 'Midden Dinkel'.

Hierbij zijn de volgende aannames gedaan:

- ✓ Gebiedseigen wateraanvoer is alle aanvoer minus bovenstroomse en grensoverschrijdende aanvoer en inlaat suppletie. Deze belasting is uitgedrukt per hectare agrarisch landgebruik, als *worst case scenario* waarbij alle aanvoerposten toegekend worden aan het landbouwareaal.
- ✓ De maximale N- en P-verliezen die kunnen optreden zijn op basis van expert-judgement geschat op $120 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (een aanvoer van 300 kg werkzame N bij een gangbare benutting van 40%) en $25 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$.



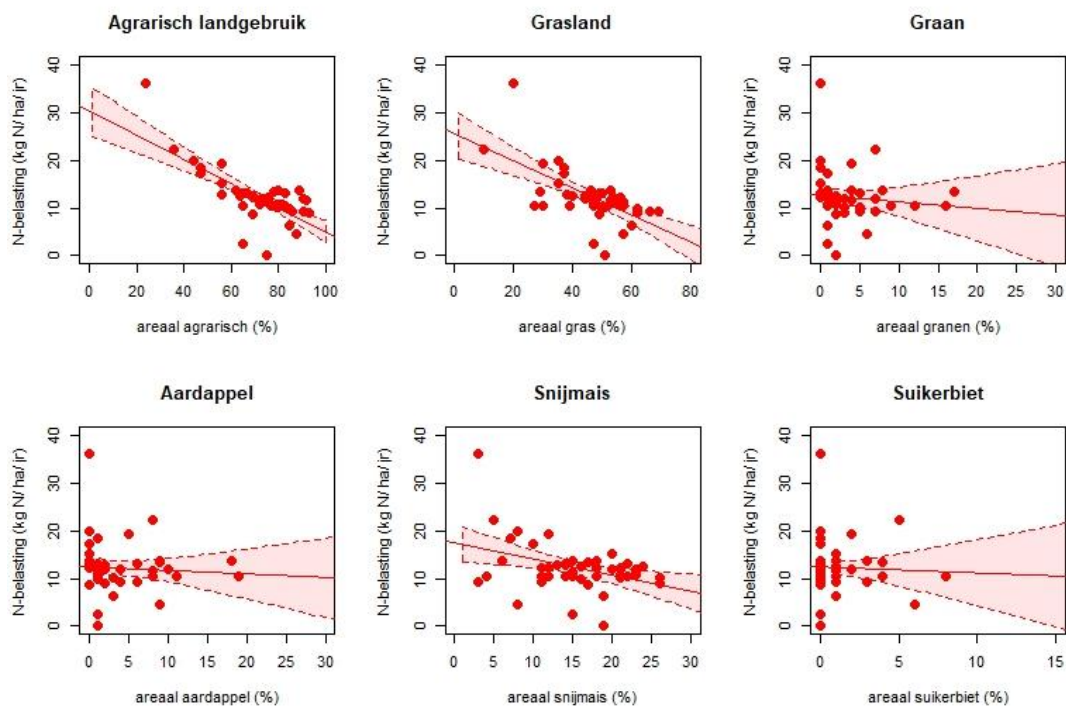
Figuur 3.3. Vergelijking van gebiedseigen versus totale N- en P-belasting voor alle 49 stroomgebieden.

Vervolgens is onderzocht in welke mate de agrarische belasting van het oppervlaktewater samenhangt met het landgebruik in de stroomgebieden. Dit is nodig omdat de inzetbaarheid en effectiviteit van agrarische maatregelen vaak bodem- en teeltafhankelijk zijn. De resultaten hiervan worden weergegeven in figuren 3.4 en 3.5.

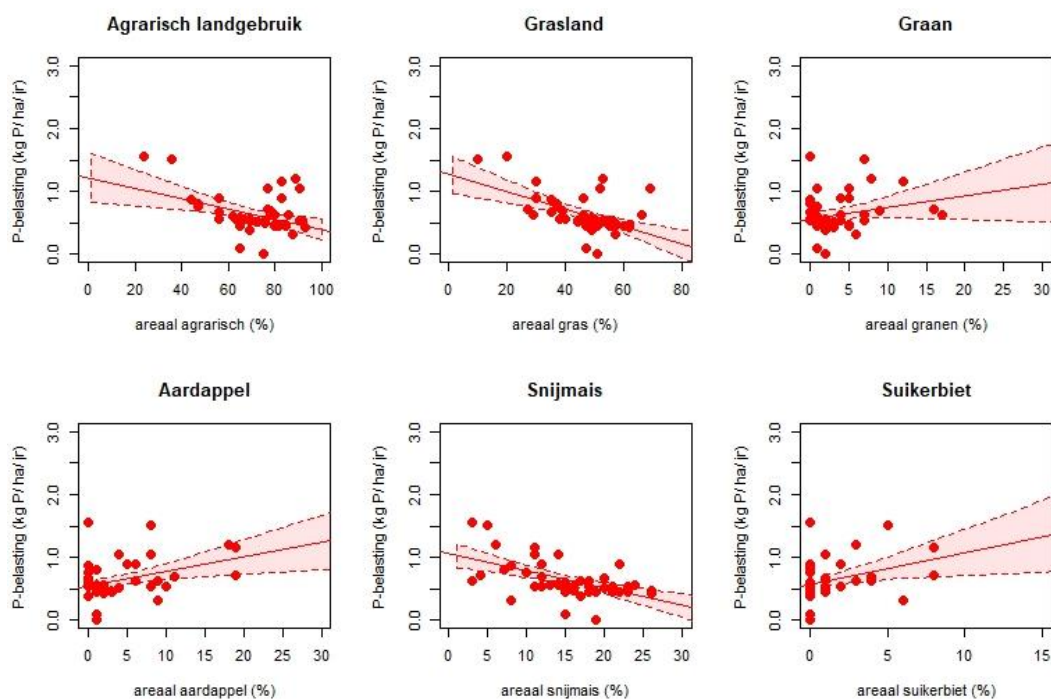
Uit deze analyse komen de volgende opvallende resultaten:

- ✓ De geschatte N- en P-belasting ligt in dezelfde orde van grootte als de berekende verliezen naar grond- en oppervlaktewater in de regionale bronnenanalyse van Groenendijk et al. (2016). Voor stikstof varieerde deze namelijk tussen 12 en $28 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ en voor fosfaat varieerde deze tussen $0,4$ en $1,7 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$. De verliezen zijn daarbij het hoogst op natte gronden. Op klei- en veengrond ligt de uit- en afspoeling gemiddeld op 20 - 25 kg N en $2,2$ en $3,4 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$.
- ✓ De daling in belasting met areaal agrarisch landgebruik wordt vooral bepaald door het areaal grasland binnen een stroomgebied. Dit klopt met de praktijk dat aanwezige verliezen naar het watersysteem veel kleiner zijn onder grasland dan onder akkerbouw. Dit komt door het feit dat gras een heel efficiënt gewas is (50-60% van de gegeven stikstof wordt ook daadwerkelijk opgenomen), en dat de fosfaatgift wettelijk genormeerd is op de gewasonttrekking. Door de grote invloed van gras als dominante landgebruiksvorm is de negatieve invloed van uitspoelingsgevoelige gewassen zoals mais en aardappels vrijwel niet zichtbaar. Gras, granen en suikerbieten (en in het bijzonder gras en granen) worden gekenmerkt door lage nitraatverliezen. Juist in deze

twee laatstgenoemde teelten zijn veel maatregelen inzetbaar om uit- en afspoeling te beperken. Op stroomgebiedsniveau wordt dit effect uitgemiddeld/ onzichtbaar.

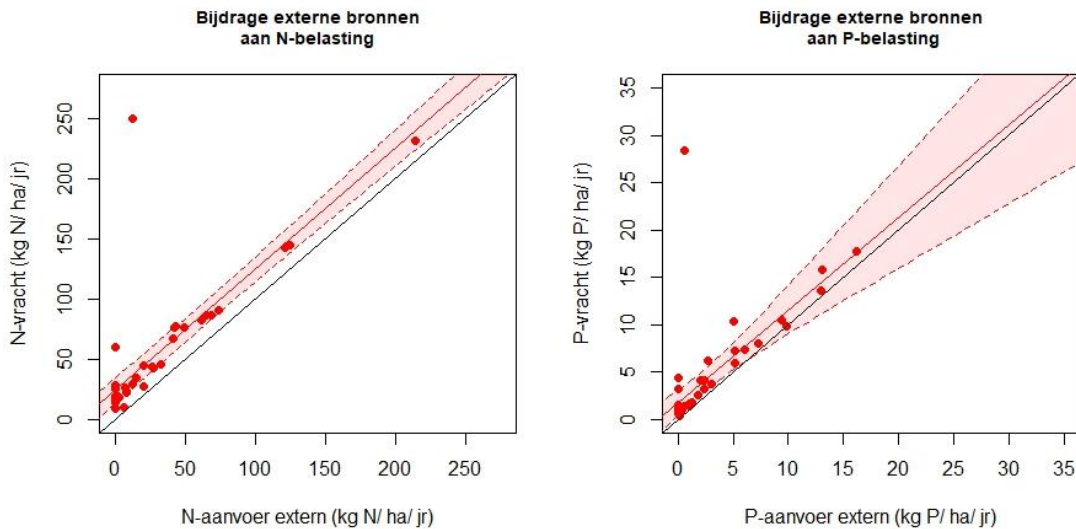


Figuur 3.4. Relatie tussen agrarisch landgebruik en agrarische beïnvloede N-belasting.



Figuur 3.5. Relatie tussen agrarisch landgebruik en agrarische beïnvloede P-belasting.

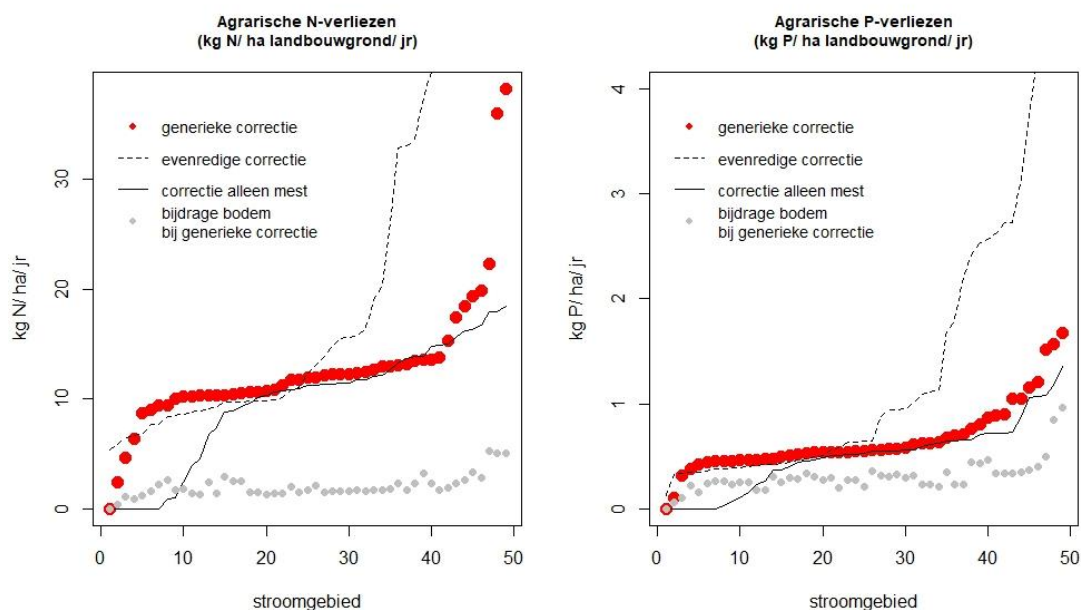
Opvallend is het feit dat de agrarische belasting daalt met het areaal agrarisch landgebruik. Dit is een interessante observatie, omdat het indirect iets zegt over de bijdrage van andere bronnen die op stroomgebiedsniveau geschat zijn. Het percentage agrarisch landgebruik blijft namelijk constant over de hele reeks stroomgebieden (niet weergegeven). De relatieve bijdrage vanuit uit- en afspoeling in de waterbalansen van de 48 stroomgebieden lijkt ook relatief constant te zijn: de berekende N-vracht ligt voor 90% van de stroomgebieden tussen 10 en 15 kg N per hectare stroomgebied. De aanvoer vanuit externe bronnen (grensoverschrijdend, bovenstrooms, inlaat suppletie) is daarbij sterk gecorreleerd aan de totale flux, voor zowel stikstof als fosfaat (zie figuur 3.6.). Licht hier mogelijk een bias in de gekozen systematiek omdat de geschatte N- en P-vracht per stroomgebied al de resultante is van de geschatte waterfluxen? De rechtstreekse koppeling van waterfluxen aan nutriëntfluxen doet mogelijk geen recht aan de ruimtelijke variatie in N-productie en optredende processen die gasvormige verliezen of vastlegging van N en P veroorzaken.



Figuur 3.6. Relatie tussen externe aanvoer van N en P en de totale geschatte N- en P-belasting voor de 49 stroomgebieden.

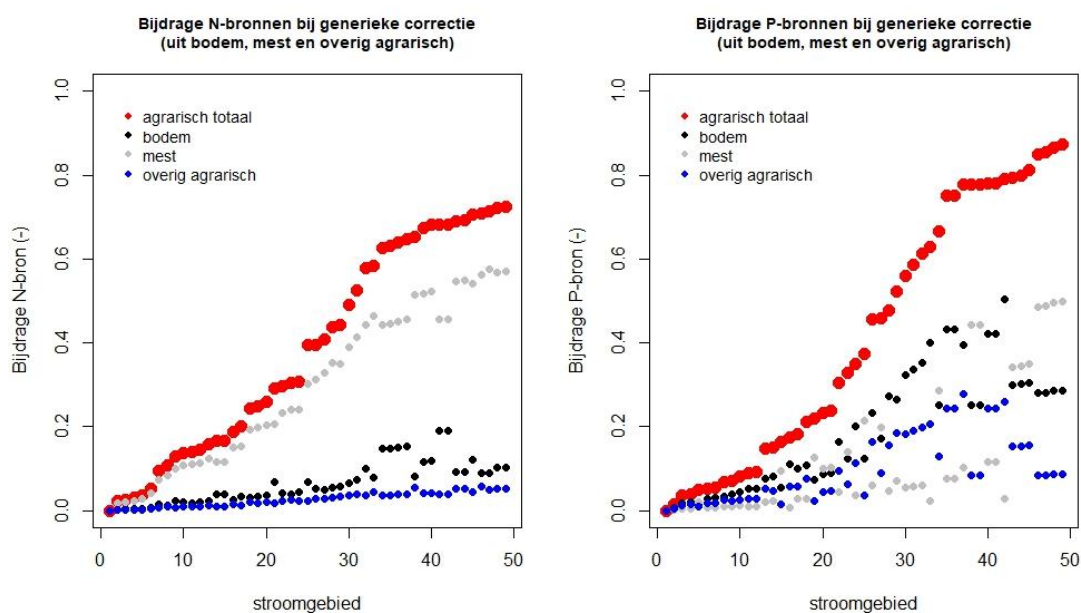
Kijkend naar de geschatte N-verliezen naar grond en oppervlaktewater zijn deze laag (Figuur 3.7). Uitgaande van een neerslagoverschot van 300 mm jr^{-1} en een kritische concentratie van $50 \text{ mg NO}_3 \text{ l}^{-1}$ ligt de kritische N-uit- en afspoeling op circa $34 \text{ kg N per hectare per jaar}$. Het merendeel van de 49 stroomgebieden heeft een agrarische belasting kleiner dan $15 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$, wat ter indicatie overeenkomt met een concentratie van $22 \text{ mg NO}_3 \text{ l}^{-1}$. Let wel, dit is een platgeslagen gemiddelde van alle variatie die tussen percelen kan optreden.

Opnieuw valt op dat de verschillen tussen de stroomgebieden relatief beperkt zijn. Circa 90% van de onderzochte stroomgebieden wordt gekenmerkt door een N-belasting tussen de 9 en $19 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ en een P-belasting tussen de $0,44$ en $1,07 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$. Dit suggereert opnieuw dat de gebruikte top-downbenadering de daadwerkelijke variatie in N- en P-belasting afvlakt. In overeenstemming met de processen in de bodem wordt de agrarische belasting met stikstof voor het grootste deel bepaald door bemesting, terwijl de agrarische belasting gedomineerd wordt door de bijdrage van de bodem. Anno 2017 is dit zeker het geval, omdat de huidige bemesting overeenkomt met de gewasonttrekking en er daardoor netto geen fosfaat uit bemesting kan uitspoelen.



Figuur 3.7. Geschatte N en P-verliezen per stroomgebied, gesorteerd op de som van de geschatte N- en P-verliezen uit bodem, bemesting en overige agrarische bronnen.

Als extra informatie wordt in figuur 3.8 de variatie weergegeven in de bijdrage van verschillende agrarische bronnen voor zowel stikstof als fosfaat. De bijdrage vanuit agrarische bronnen aan de totale belasting varieert tussen 0 en 80% voor stikstof en kan oplopen tot 90% voor fosfaat. Voor stikstof is bemesting de belangrijkste bron van N-verliezen naar het watersysteem. In gebieden met veen of veel organische stof kan de bijdrage van de bodem oplopen tot 20%. Voor fosfaat ligt de belangrijkste bron in de bodem. De bijdrage van bemesting is in al deze situaties ook de resultante van historische bemesting. Opvallend is wel dat de bijdrage van overig agrarische bronnen ook kan oplopen tot 30%.



Figuur 3.8. Geschatte N en P-bronfracties (welk deel van de gemeten vracht is afkomstig van welke bron) per stroomgebied, gesorteerd op de som van de geschatte totale N- en P-verliezen uit bodem, bemesting en overige agrarische bronnen. Links voor stikstof en rechts voor fosfaat.

4 Resultaten clustering stroomgebieden

4.1 Hiërarchische clustering

Als de kenmerken van de 49 stroomgebieden geclusterd worden via hiërarchische clustering (gebaseerd op *Euclidian distance matrix*), dan kunnen 5 groepen worden onderscheiden die variëren in N en P-belasting. Voor deze clustering is gebruik gemaakt van de geschatte totale N- en P-belasting per stroomgebied en de bijdrage van de bodem, bemesting, overige agrarische bronnen, RWZI's en grensoverschrijdende aanvoer enerzijds en het landareaal per landgebruikstype (9 typen) en het totale oppervlak anderzijds. De gemiddelde kenmerken van deze 5 groepen worden samengevat in tabel 4.1. Ook zijn de meest geschikte maatregelpakketten (zoals beschreven in hoofdstuk 3) per cluster toegevoegd. Omdat een duidelijke relatie met bodem, bouwplan en bemestingsstrategie in deze clusteranalyse ontbreekt, zijn de gekoppelde maatregelpakketten heel indicatief.

Tabel 4.1. Mediane eigenschappen van de 5 geclusterde stroomgebieden.

Eigenschap	Stroomgebied cluster				
	1	2	3	4	5
Oppervlak (ha)	2604	5486	9650	1464	12992
Aantal stroomgebieden	22	8	2	15	2
N-vracht (kg d ⁻¹)	133	308	666	105	6595
P-vracht (kg d ⁻¹)	8	12	53	4	290
N-bodem (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)	1,7	1,5	1,6	2,0	2,5
P-bodem (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3
N-mest (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)	9,1	9,1	9,2	9,2	12,3
P-mest (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
P-grens (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)	0	0	0	0,1	5,4
P-rwzi (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)	0	0	1,4	0	2,5
P-boven (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)	0	0,1	1,4	0	5,3
Grasland (%)	50	47	47	48	37
Graan (%)	1,5	1,5	1	3	3
Niet-agrarisch (%)	24	29	31	22	40
Aardappel en suikerbiet (%)	1	1	1,5	3	5
Snijmais (%)	15	15	18	18	14
Best passende maatregelen	1	2	3	4	5
Maatregelpakket	M3-M5	M2 - M5	M4+M5	M4+M5	M4+M5

De verdeling van de stroomgebieden over de 5 clusters is als volgt:

1. Cluster 1. Poelsbeek, Bolscherbeek, Elsenerbeek, Entergraven, Hooge Laarsleiding, Hammerwetering, Exosche Aa_Doorbraak, Gammelkerbeek, Oude bornsche beek, Drienerbeek_koppelleiding, Markgraven, Geesterse Molen, Westerbouwlandleiding, Glanerbeek, Boven Dinkel, Beneden Dinkel, Molengoot, Schoonebeekerdiep, Nieuwe Drostendiep, Sleenerstroom, Braambergersloot en Dommerswijk.
2. Cluster 2. Boven Regge, Linderbeek, Hagmolenbeek, Azelerbeek-ZUID, Bornsebeek, Midden Dinkel, Tilligterbeek en Loodiep.
3. Cluster 3. Midden Regge en Lolee.

4. Cluster 4. Beneden Regge, Azelerbeek-Noord, Broekbeek, Itterbeek, Elsbeek, Ruenbergerbeek, Puntbeek, Geelebeek, Dooze, Randwaterleiding, Bruchterbeek, Radewijkerbeek, Holslootdiep, Bumawijk/ Machinewijk, en Oude Drostendiep.
5. Cluster 5. Veeneleiding en Vecht.

De gebruikte clusteringsmethode legt geen duidelijke link met het landgebruik én de verschillen in de N- en P-belasting tussen de groepen stroomgebieden zijn erg beperkt (zie Tabel 4.1.). Wel is duidelijk dat de inzet van agrarisch waterbeheer voor verbetering van de waterkwaliteit voor de clusters 3 en 5 niet zinvol is. Dit omdat de bijdrage van externe bronnen dermate hoog is dat het resultaat van agrarisch management onzichtbaar wordt. Het landgebruik in de overige drie clusters is vergelijkbaar, evenals de bijdrage van bodem en bemesting. De stroomgebieden in cluster 4 worden gekenmerkt door een relatief hoge bijdrage van de bodem, wat mogelijk samenhangt met de aanwezige bodemtype, de hoeveelheid organische stof in de bodem (als bron van nutriënten) en de P-verzadigingsgraad van de percelen.

De huidige analyse is een top-down analyse die start met eigenschappen van het hele stroomgebied. Voor een goede interpretatie en koppeling van gegevens aan effectieve maatregelen is het zinvol om in de watersysteemanalyse rekening te houden met de ruimtelijke variatie in bemesting en de nutriëntenlevering vanuit de bodem.

4.2 Expertclustering

De stroomgebieden kunnen ook geclusterd worden op basis van de berekende vrachten en de bijdrage van de verschillende agrarische en niet-agrarische bronnen conform de expert-judgement gebaseerde rekenregels zoals die eerder zijn beschreven (hoofdstuk 2). Via deze clustering worden 6 groepen gedefinieerd die verschillen in N- en P-belasting. Dit zijn achtereenvolgens stroomgebieden:

1. met een onrealistisch hoge NP-belasting dan wel minimale bijdrage vanuit agrarische bronnen. In deze stroomgebieden is het stimuleren en uitvoeren van een goede landbouwpraktijk qua bodembeheer en bemesting voldoende (pakketten M4 en M5). Extra maatregelen kunnen zinvol zijn om de verliezen naar het watersysteem te beperken, maar de effectiviteit ervan is moeilijk aan te tonen en valt in het niet bij de input van niet-agrarische bronnen.
2. met voornamelijk niet-uitspoelingsgevoelige gewassen en lage N- en P-verliezen naar het watersysteem. In deze stroomgebieden wordt het landgebruik gedomineerd door grasland en granen. De N-verliezen onder deze gewassen zijn minimaal, en als er al verbetering gewenst is, is dat vooral rond het toedienings-tijdstip van dierlijke mest in het voorjaar én de kunstmestgift op gras in het najaar. Het aandeel mais- en aardappelpercelen vlak langs waterlopen is waarschijnlijk beperkt. In deze stroomgebieden is het belangrijk om de toestand te behouden, en sterke focus op goed bodembeheer en bemesting is dan gewenst (pakketten M4 en M5). Via de inzet van groenblauwe diensten uit het ANLB (pakket M3) en verduurzaming van erfverharding (pakket M6) kan afspoeling van N en P verder worden verminderd. Inzet van precisiebemesting is minder relevant in deze stroomgebieden.
3. die gedomineerd worden door uitspoelingsgevoelige gewassen en hoge N- en P-verliezen uit bemesting. In deze stroomgebieden is samenwerking tussen agrarische sectoren belangrijk om zo de bodemkwaliteit op orde te houden en te voorkomen dat uitspoelingsgevoelige gewassen dicht bij afwaterende watergangen worden geteeld (pakket M1). Inzet van nieuwe technieken om plaatsspecifiek en in afhankelijkheid van de gewasbehoefte te bemesten (pakket M2) zijn zinvol omdat het de benutting van N en P verhoogt en daarmee verliezen beperkt. Slootkantenbeheer

langs afwaterende watergangen is cruciaal (pakket M3) omdat het de oppervlakkige afspoeling van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen verminderd. Uiteraard is ook hier vakmanschap en een goede landbouwpraktijk sturend (pakketten M4 en M5).

4. die gedomineerd worden door grasland en hoge P-verliezen uit agrarische bronnen. In deze stroomgebieden is er vooral sprake van een hoge bodemvruchtbaarheid (P-verzadiging) waardoor er zelfs bij hoog productieve gewassen sprake is van netto P-verliezen naar het watersysteem. Uitmijnen van de bodem (minder P aanvoeren dan gewas opneemt) is de beste strategie, en het beperken van oppervlakkige afstroming door mestvrije zones en vermijden van greppelafvoer. Dit pleit voor maatregelen rond goed bodembeheer (M5), op de bodem afgestemde bemesting (M4) en duurzaam slootkantbeheer (M3). Puntlozingen vanuit erven kan worden vermindert door maatregelen uit pakket M6.
5. met voornamelijk akkerbouwgewassen en hoge N-verliezen uit bemesting. In deze stroomgebieden is de grootste winst te behalen via efficiënte inzet van N-meststoffen (pakket M4) en een goed bodembeheer (pakket M5) om de natuurlijke bodemvruchtbaarheid en het bufferend vermogen van de bodem te vergroten. Door samenwerking met veehouders (pakket M1) en inzet van precisielandbouw (pakket M2) kan de bemesting zo worden verfijnd dat de best passende meststof (bewerkt of onbewerkt) ingezet kan worden voor een goede gewasgroei.
6. overige stroomgebieden die niet voldoen aan de criteria van voorgaande 5 stroomgebieden. De verliezen naar het watersysteem zijn hier relatief laag, waardoor het voldoende is om de goede landbouwpraktijk breed uit te rollen (pakketten M4 en M5). Aanvullende maatregelen zijn niet per definitie nodig.

De gemiddelde eigenschappen van de 6 groepen stroomgebieden wordt weergegeven in tabel 4.2.

Tabel 4.2. Gemiddelde eigenschappen van de 6 geclusterde groepen stroomgebieden.

Eigenschap	Stroomgebied cluster					
	1	2	3	4	5	6
Oppervlak (ha)	4014	1754	2624	1571	3243	4360
Aantal stroomgebieden	21	6	7	2	4	9
N-vracht (kg d ⁻¹)	1360	81	107	55	161	184
P-vracht (kg d ⁻¹)	71	3	6	5	6	8
N-bodem (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)	2,1	1,4	2,4	2,4	2,7	1,3
P-bodem (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)	0,4	0,2	0,3	0,3	0,4	0,2
N-mest (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)	12	7	8	6	12	8
P-mest (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)	0,15	0,13	0,42	0,48	0,25	0,05
P-grens (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)	2,1	0,3	0,08	0	0	0,02
P-rwzi (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)	2,1	0	0	0	0	0,02
P-boven (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)	8,6	0	0	0	0,63	0,03
Grasland (%)	43	57	39	68	35	52
Graan (%)	2	3	10	6	2,5	1,3
Niet-agrarisch (%)	35	15	19	12	45	27
Aardappel en suikerbiet (%)	4	2	16	7	4	1
Snijmais (%)	14	21	14	7	13	18
Best passende maatregelen	1	2	3	4	5	6
Maatregelpakket	M4+M5	M3-M5	M1-M5	M3-M6	M1+M2+M4+M5	M4+M5

De verdeling van de stroomgebieden over de 5 groepen is als volgt:

- ✓ Cluster 1. Beneden Dinkel, Beneden Regge, Bolscherbeek, Bornsebeek, Boven Dinkel, Drienerbeek_Koppelleiding, Exosche Aa_Doorbraak, Gammelkerbeek, Glanerbeek, Linderbeek, Midden Dinkel, Midden Regge, Nieuwe Drostendiep, Oude Bornsche beek, Puntbeek, Raderwijkerbeek, Randwaterleiding, Ruenbergerbeek, Schoonebeekerdiep, Vecht, en Veeneleiding.
- ✓ Cluster 2. Broekbeek, Geelebeek, Geestersche Molen, Hooge Laarsleiding, Itterbeek, Westerbouwlandleiding.
- ✓ Cluster 3. Bruchterbeek, Dommerswijk, Dooze, Loodiep, Molengoot, Oude Drostendiep en Sleenstroom.
- ✓ Cluster 4. Braambergersloot en Holslootdiep.
- ✓ Cluster 5. Bumawijk/ Marchienewijk, Elsenerbeek, Hagmolenbeek, en Hammerwetering.
- ✓ Cluster 6. Azelerbeek-Noord, Azelerbeek-Zuid, Boven Regge, Elsbeek, Entergraven, Lolee, Markgraven, Poelsbeek, Tilligerbeek.



www.nmi-agro.nl

nutriënten management
instituut nmi bv
nieuwe kanaal 7c
6709 pa wageningen
nmi@nmi-agro.nl