



---

# Maatregelen voor het verlagen van de nutriëntenbelasting uit landbouwpercelen

Effecten van landbouwkundige maatregelen op de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in zes polders in het beheergebied van Wetterskip Fryslân

E.M.P.M. van Boekel, P. Groenendijk en L.V. Renaud



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH

---



---

# Maatregelen voor het verlagen van de nutriëntenbelasting uit landbouwpercelen

Effecten van landbouwkundige maatregelen op de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in zes polders in het beheergebied van Wetterskip Fryslân

E.M.P.M. van Boekel, P. Groenendijk en L.V. Renaud

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research (Alterra) in opdracht van en gefinancierd door Provincie Friesland en Wetterskip Fryslân.

Wageningen Environmental Research  
Wageningen, juli 2017

---

Rapport 2824  
ISSN 1566-7197

---

Boekel, E.M.P.M. van, P. Groenendijk en L.V. Renaud, 2017. *Maatregelen voor het verlagen van de nutriëntenbelasting uit landbouwpercelen; Effecten van landbouwkundige maatregelen op de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in zes polders in het beheergebied van Wetterskip Fryslân*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2824. ?? blz.; ? fig.; ? tab.; ?? ref.

Om aan de KRW-doelen voor regionale wateren in het beheergebied van Wetterskip Fryslân te voldoen, wordt een vermindering van de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater noodzakelijk geacht. Uit eerder onderzoek blijkt dat de uit- en afspoeling uit landbouwgronden een substantiële bijdrage levert aan de totale belasting. De vraag ligt voor welke maatregelen in de Friese situatie effectief zijn om de verliezen van nutriënten uit mest naar het oppervlaktewater te verkleinen. Er is een verkenning uitgevoerd naar het effect van maatregelen die beogen de uit- en afspoeling uit landbouwgronden te verminderen. Het effect van de maatregelenpakketten 1) verlagen bodemoverschot door verbetering van benutting, 2) verbeteren bodemkwaliteit en 3) akkerrandenbeheer op de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor is berekend met simulatiemodellen. De effectiviteit van deze maatregelenpakketten is in beeld gebracht voor verschillende bodem-gewascombinaties en voor verschillende hydrologische situaties (nat, matig droog, droog) in zes polders in het beheergebied van Wetterskip Fryslân. Het maatregelenpakket *verlagen bodemoverschot door verbeteren van benutting* resulteert in een afname van de stikstofbelasting van het oppervlaktewater met 2 tot 20% voor de zand- en veengronden. Voor kleigronden is het effect op de uit- en afspoeling van stikstof <2%. Het verbeteren van de *bodemkwaliteit* leidt voor de zand- en kleigronden tot een sterke afname van de stikstofvrucht (ca. 30%). Voor veengronden is de maatregel niet doorgerekend, omdat veengronden minder gevoelig zijn voor bodemverdichting en een aanrijking met organische stof niet zinvol is bij veengronden. Voor het verlagen van de fosforvrucht naar het oppervlaktewater is alleen de maatregel *akkerrandenbeheer* effectief (de maatregelen *verlagen bodemoverschot* en *verbeteren bodemkwaliteit* kunnen in specifieke situaties resulteren in een toename van de uit- en afspoeling van fosfor). Voor akkers met een onbemeste rand ter grootte van 5% van het perceelsoppervlak is een vermindering van de uit- en afspoeling berekend van 0–10%. Bij een akkerrand met een grootte van 15% van het perceelsoppervlak is de vermindering van de fosforbelasting naar het oppervlaktewater 10 tot 20%. Om grotere reducties van de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor te bereiken, zijn andere maatregelen nodig, aanvullend of vervangend aan de in deze studie doorgerekende maatregelen.

Trefwoorden: waterkwaliteit, belasting oppervlaktewater, landbouw, maatregelen, nutriënten

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/419380> of op [www.wur.nl/environmental-research](http://www.wur.nl/environmental-research) (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2017 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, E [info.alterra@wur.nl](mailto:info.alterra@wur.nl), [www.wur.nl/environmental-research](http://www.wur.nl/environmental-research). Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

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

---

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>11</b>
	1.1 Achtergrond	11
	1.2 Leeswijzer	11
<b>2</b>	<b>Opzet van de studie</b>	<b>12</b>
	2.1 Studiegebied	12
	2.2 Referentiesituatie	13
	2.2.1 Huidige nutriëntenbelasting	13
	2.2.2 Effecten mestbeleid op landbouwgronden	16
	2.3 Selectie van maatregelen	17
	2.3.1 Conceptueel model	17
	2.3.2 Workshop	18
	2.4 Beschrijving maatregelen	19
	2.4.1 Verlagen bodemoverschot door verbeteren benutting	19
	2.4.2 Verbeteren bodemkwaliteit	20
	2.4.3 Akkerrandenbeheer	21
	2.5 Selectie representatieve STONE-plots	22
<b>3</b>	<b>Effect van maatregelen op de uit- en afspoeling uit landbouwgronden</b>	<b>23</b>
	3.1 Plotsselectie	23
	3.2 Verlagen bodemoverschot door verbeteren benutting	25
	3.3 Verbeteren bodemkwaliteit	28
	3.4 Akkerrandenbeheer	30
<b>4</b>	<b>Effect van maatregelen op de nutriëntenbelasting op gebiedsniveau</b>	<b>32</b>
	4.1 Toepassingsgebied maatregelenpakketten	32
	4.2 Effect van maatregelen op de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater	36
<b>5</b>	<b>Conclusie en discussie</b>	<b>38</b>
	5.1 Conclusies	38
	5.2 Relatie met andere studies	40
	5.2.1 Herkomst / stuurbaarheid bronnen	40
	5.2.2 Landbouw en KRW-opgave voor nutriënten in regionale wateren	40
	5.3 Discussiepunten	41
	5.3.1 Effecten van maatregelen	41
	<b>Literatuur</b>	<b>43</b>
	<b>Bijlage 1 Bronnen in de Emissieregistratie</b>	<b>45</b>
	<b>Bijlage 2 Bodemfysische eenheden</b>	<b>46</b>
	<b>Bijlage 3 Slootafstanden</b>	<b>47</b>

---

---

# Samenvatting

Uit de ex-ante-evaluatie van de ontwerp 2<sup>de</sup> Stroomgebiedsbeheersplannen van het Planbureau voor de Leefomgeving is geconcludeerd dat de waterkwaliteit in Nederland verbetert, maar dat in 2027 nog veel wateren niet aan de doelen van de Kader Richtlijn Water (KRW) zullen voldoen. Het aandeel regionale wateren dat goed scoort op één van de vier biologische maatlatten in de KRW, zal in 2027 naar verwachting 30-50% bedragen. Daarnaast zal in de helft van de regionale wateren niet aan de nutriëntendoelstelling worden voldaan.

Naar aanleiding van deze publicatie is in 2016 in opdracht van Wetterskip Fryslân een onderzoek uitgevoerd waarin de opbouw (herkomst) van de recente (2011-2013) stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater in beeld is gebracht (project stofstromen). Ook is in de studie uit 2016 de beïnvloedbaarheid van deze bronnen beschreven en is een doorkijk gegeven van de effectiviteit van het mestbeleid (5<sup>e</sup> Actieprogramma) voor het verlagen van de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater. Uit de resultaten van die studie is gebleken dat het effect van het voorgenomen mestbeleid op de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater beperkt is. Voor het realiseren van de KRW-doelen m.b.t. nutriënten zijn aanvullende maatregelen noodzakelijk. Wetterskip Fryslân heeft daarom een aanvullende studie laten uitvoeren, waarvan het resultaat nu voorligt.

Vanuit het subsidieprogramma voor plattelandontwikkeling (POP3) kunnen subsidies worden toegekend aan initiatieven voor het verbeteren van de waterkwaliteit. Voor het toekennen hiervan willen Wetterskip Fryslân en de Provincie Friesland inzicht hebben in het effect van maatregelen op de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater. Hierbij is het wenselijk dat maatregelen geselecteerd worden waar voldoende draagvlak voor is bij diverse stakeholders en dat de geselecteerde maatregelen aansluiten bij initiatieven uit de praktijk.

## **Selectie van maatregelen/maatregelenpakketten**

In dit onderzoek zijn alleen maatregelen bekeken die door de agrariërs uitgevoerd kunnen worden. Maatregelen buiten de invloedssfeer van de agrariër (inlaatbeheer, peilbeheer, verhogen efficiency van waterzuivering, afschieten van watervogels, etc.) zijn hier niet geëvalueerd.

In een workshop met vertegenwoordigers vanuit de landbouw (agrarische ondernemers, beleidsmedewerkers, LTO en agrarische adviseurs), DAW-coördinatoren, medewerkers van Wetterskip Fryslân en onderzoekers van Wageningen Environmental Research (WEnR) is een keuze gemaakt voor maatregelen (ondergebracht in maatregelenpakketten) die in deze studie doorgerekend zouden kunnen worden. Maatregelen die als het kansrijkst werden gezien, zijn o.a.:

- sluiten van kringlopen
- op maat bemesten (dosering, moment en plaats)
- verhogen infiltratiecapaciteit
- verbeteren bodemstructuurzorgen voor goede productieomstandigheden/groeioptimalisatie
- akkerranden, FAB-randen (ook weilanden)

In deze studie zijn de 'kansrijke' maatregelen uit de workshop samengevat in drie maatregelenpakketten:

1. Verlagen bodemoverschot door verbeteren van benutting → sluiten van kringlopen: *precisiebemesting door gebruik van sensortechnieken en rijenbemesting en het bemestings-tijdstip beter af te stemmen op weersomstandigheden en de behoefte van het gewas, telen vanggewas na teelten waar dit nog niet verplicht is;*
2. Verbeteren bodemkwaliteit → verbeteren productieomstandigheden/groeioptimalisatie: *verhogen infiltratiecapaciteit, verbeteren structuur, verhogen organische stofgehalte;*
3. Akkerrandenbeheer: Akkerranden, FAB-randen (Functionele AgroBiodiversiteit), ook weilanden (*routemaatregel*).

---

## Effecten op de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouwgronden

De effecten van de drie maatregelenpakketten op de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater zijn in beeld gebracht met modelberekeningen (SWAP-ANIMO). Afhankelijk van het maatregelenpakket en het type gebied zijn de invoerbestanden van de modellen SWAP-ANIMO aangepast en is het effect op de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouwgronden naar het oppervlaktewater berekend.

### Verlagen bodemoverschot door verbeteren van benutting

Onder het maatregelenpakket *verlagen bodemoverschot door verbeteren benutting* (in het rapport verder afgekort tot *verlagen bodemoverschot*) wordt in deze studie verstaan: het verbeteren van de nutriëntenbenutting (*onderdeel van het sluiten van kringlopen*) door betere plaatsing en timing van bemesting (precisiebemesting) en tevens het gebruik van een vanggewas na teelten waar dit nog niet verplicht is. Door precisiebemesting en rijenbemesting van dierlijke mest bij gewassen die in rijen worden geteeld, worden de plaatsing en de timing van mestgiften beter afgestemd op de behoefte van het gewas. De meststoffen kunnen dan efficiënter worden benut en er treden minder verliezen van nutriënten naar grond- en oppervlaktewater op. Het verminderen van de mestgift is *niet* inbegrepen in het maatregelenpakket *verlagen bodemoverschot*.

#### *Stikstof*

Volgens de modelberekeningen resulteert een efficiëntere nutriëntenbenutting op natte zandgronden in het beheergebied van Wetterskip Fryslân in een afname van de uit- en afspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater met 5 tot 20%. Ook voor de veengronden wordt een licht positief effect op de stikstofbelasting van het oppervlaktewater berekend (2-5%). Voor de kleigronden is het effect op de uit- en afspoeling van stikstof <2%.

#### *Fosfor*

Voor het verlagen van de uit- en afspoeling van fosfor naar het oppervlaktewater is dit maatregelenpakket niet effectief en kan in specifieke situaties (mais op nat zand) tot een toename van de uit- en afspoeling van fosfor resulteren met 5 tot 10%. Deze toename van de fosforvrucht naar het oppervlaktewater kan verklaard worden doordat 1) de maatregel op natte zandgronden niet leidt tot een lager P-overschot op de bodembalans (het effect van een vanggewas op deze gronden is anders dan voor gronden met een lagere grondwaterstand) en 2) de maatregel resulteert in een toename van de voorraad organisch gebonden P dat als 'opgelost organisch P' met het bodemvocht wordt getransporteerd naar het oppervlaktewater (voor natte gronden is dit effect sterker).

### Verbeteren bodemkwaliteit

Maatregelen om structuurbederf te voorkomen en daar waar deze heeft plaatsgevonden op te heffen, staan bij de agrarische sector en bij waterbeheerders sterk in de belangstelling. De maatregelen houden concreet in dat voorkomen wordt dat grondbewerking plaatsvindt in ongunstige perioden (verbeteren structuur/infiltratiecapaciteit), het organische stofgehalte van de bodem wordt verhoogd, en dat gewassen en rassen worden geselecteerd met een dieper wortelstelsel.

Het maatregelenpakket *verbeteren bodemkwaliteit* is niet doorgerekend voor de veengronden, omdat veengronden minder gevoelig zijn voor bodemverdichting en een aanrijking met organische stof niet zinvol is bij veengronden.

Deze maatregel leidt tot een andere verdeling van transportroutes van stikstof en fosfor vanaf het maaiveld door de bodem naar het oppervlaktewater. Door het opheffen van verdichte lagen stroomt meer water door diepere lagen. Het effect op de nutriëntenbelasting naar het oppervlaktewater is hierdoor afhankelijk van het concentratieverloop met de diepte.

#### *Stikstof*

Door bodemverbeterende maatregelen wordt de uit- en afspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater uit zandgronden sterk verlaagd (bijna 30% voor natte zandgronden), voor de kleigronden is een effect berekend van 5-20%. Een uitzondering hierop is een aantal specifieke kleigronden waar een toename van de stikstofbelasting van het oppervlaktewater wordt berekend. Dit zijn kleigronden met een zware tussenlaag/ondergrond en veenbodems met een kleidek.



---

### *Fosfor*

Het verbeteren van de bodemkwaliteit resulteert in de matig droge en droge zandgronden tot een verlaging van de fosforvrucht naar het oppervlaktewater. Hierbij dient echter opgemerkt te worden dat dit type gronden beperkt voorkomt in de zes polders. Voor natte zandgronden en de kleigronden is het effect beperkt of zelfs negatief (toename van de fosforvrucht naar het oppervlaktewater). Dit kan verklaard worden doordat een verschuiving optreedt in de verhouding mineraal gebonden P en organische gebonden P. Door de bodemverbeterende maatregelen stijgt het organische stofgehalte iets ten opzichte van de waarde die berekend wordt voor de situatie zonder maatregel. Een klein deel van de extra gebonden organisch P is mobiel en kan met het bodemvocht worden getransporteerd, wat resulteert in een toename van de totale uit- en afspoeling van fosfor.

### Akkerrandenbeheer

Akkerrandenbeheer dient meerdere doelen, zoals het reduceren van de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater en het stimuleren van de biodiversiteit. In breder perspectief kan een onbemeste strook langs een perceel grasland als een bijzondere vorm van akkerrandenbeheer worden gezien. Voor akkerrandenbeheer wordt een akkerrand van 1 tot 5 m aangehouden. Op basis van de slootafstanden in de zes polders is afgeleid welk percentage van het perceel hiervoor als laag productief kan worden beschouwd. Op basis van de slootafstanden en een breedte van 1 tot 5 m akkerrand is gekozen voor een variant met 5% akkerrand en een variant met 15% akkerrand. Opgemerkt dient te worden dat de variant met 15% akkerrand door de praktijk als niet realistisch wordt beschouwd, maar dat deze optie is doorgerekend voor het bepalen van de maximale effecten van de maatregel. Het effect van deze maatregel is alleen doorgerekend voor fosfor.

### *Fosfor*

Voor de variant met 5% akkerrand is een reductie van de uit- en afspoeling van fosfor berekend van 0-10%, uitgaande van de variant met 15% akkerrand wordt een effect berekend van 10-20%.

### **Toepassingsgebied maatregelen**

Uit de effecten van de maatregelenpakketten blijkt dat het specificeren van een generieke maatregel naar lokale omstandigheden (maatwerk) tot een verdere verlaging van de nutriëntenvrucht kan leiden. Uit de modelberekeningen blijkt ook dat de maatregelen/maatregelenpakketten niet voor alle situaties tot een afname van de stikstof- en fosforbelasting naar het oppervlaktewater leidt en het dus niet verstandig is om de maatregelen op alle typen gronden en voor alle gewassen toe te passen. Het effect van de maatregel is afhankelijk van de grondsoort, het gewas, de grondwaterstand en het management.

### *Verlagen bodemoverschot*

Het maatregelenpakket *verlagen bodemoverschot* kan effectief worden ingezet voor het verlagen van de uit- en afspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater voor zand- en veengronden. Uit de berekeningen blijkt dat de maatregel niet effectief is voor kleigronden. Ook blijkt uit de berekeningen dat de maatregel niet effectief is voor het verlagen van de uit- en afspoeling van fosfor.

### *Verbeteren bodemkwaliteit*

Bodemverbeterende maatregelen zijn zowel voor de zandgronden als voor de kleigronden een effectieve maatregel voor het verlagen van de stikstofvrucht naar het oppervlaktewater. Een uitzondering hierop zijn kleigronden met een zware tussenlaag/ondergrond en kleigronden op veen. Het maatregelenpakket is over het algemeen niet effectief voor het verlagen van de fosforbelasting van het oppervlaktewater. Uitzondering hierop zijn de drogere zandgronden en een aantal specifieke type kleigronden. Opgemerkt moet worden dat het areaal van deze gronden in de zes polders beperkt is.

In de berekeningen is het aspect "oppervlakkige afspoeling" en transport over het maaiveld onderbelicht gebleven. In de modelberekeningen met SWAP/ANIMO is het moeilijk om processen die verantwoordelijk zijn voor oppervlakkige afspoeling correct te berekenen. Ondiepe en oppervlakkige transportprocessen zijn moeilijk te kwantificeren en er zijn weinig meetgegevens over de P-uitspoeling uit veldexperimenten beschikbaar. Ook vindt de oppervlakkige afstroming meestal plaats op een beperkt deel van het perceel en is het moeilijk om dit op te schalen naar een perceel of naar gebieden.

---

Bodemverbeterende maatregelen die leiden tot een gunstiger ligging van het maaiveld kunnen waarschijnlijk een groter effect hebben dan het maatregelenpakket dat is geëvalueerd in deze studie.

#### *Akkerrandenbeheer*

Het aanleggen van een akkerrand (onbemest) is voor alle bodem-gewascombinaties een effectieve maatregel voor het verlagen van de fosforbelasting van het oppervlaktewater. Voor de zand- en kleigronden geldt dit met name voor de variant met 15% akkerrand. Voor de veengronden wordt ook voor de variant met 5% akkerrand een duidelijk positief effect berekend.

#### **Effecten van maatregelen op de totale N- en P-belasting op gebiedsniveau**

Naast het effect op de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouwpercelen, is het effect van de maatregelen op gebiedsniveau berekend. De maatregelen zijn alleen toegepast als ze effectief zijn en er is rekening is gehouden met alle andere bronnen in een gebied. Voor het verlagen van de stikstofvrucht naar het oppervlaktewater zijn de maatregelen *verlagen bodemoverschot* en *verbeteren bodemkwaliteit* meegenomen. Voor het verlagen van de fosforvrucht is alleen *akkerrandenbeheer* meegenomen.

Het toepassen van het maatregelenpakket *verlagen bodemoverschot* resulteert in een afname van de totale stikstofbelasting naar het oppervlaktewater op gebiedsniveau met 0-10%, het grootste effect wordt berekend voor de zandgebieden (polders De Lits en De Linde).

De *bodemverbeterende maatregelen* resulteren in een beperkte afname in de veengebieden (<5%) tot een sterke afname van 10-20% voor de zand- en kleigebieden. De lagere effectiviteit in de veengebieden kan verklaard worden doordat de bodemverbeterende maatregelen alleen zijn doorgerekend voor de zand- en kleigronden, het areaal zand en klei in de veengebieden is beperkt (<1% in polder Echten en ca. 10% in polder Fjouwer).

Het *aanleggen van akkerranden* resulteert in een afname van de totale fosforvrucht tussen de 0-5% (variant met 5% akkerrand) en tussen 5-10% (variant met 15% akkerrand).

Op basis van de effecten van de maatregelenpakketten kan per gebied aangegeven worden welke combinatie van maatregelen voor de gebieden effectief zijn voor het verlagen van de stikstof- en fosforvrucht naar het oppervlaktewater.

Voor de zandgebieden (De Lits en De Linde) is het '*verbeteren van de bodemkwaliteit*' een effectieve maatregel voor het verlagen van de N-vracht naar het oppervlaktewater in combinatie met het '*verlagen van het bodemoverschot*'. Dit geldt in feite ook voor de veengebieden (Fjouwer en Echten), het effect van deze maatregelen op de N-belasting naar het oppervlaktewater is echter kleiner dan voor de zandgebieden. Voor de kleigebieden (Schalsum en Dongeradiel) is alleen het *verbeteren van de bodemkwaliteit*' een effectieve maatregel (uitgezonderd voor gronden met BFE 17 of 18). Het aanleggen van een akkerrand is voor alle zes gebieden de effectiefste maatregel.

#### **Discussiepunten en relatie met andere studies**

##### Effectiviteit maatregelen

De effecten van maatregelen op de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater zijn verkend met simulatiemodellen. De wijze waarop de maatregelenpakketten *verlagen bodemoverschot* en *verbeteren bodemkwaliteit* zijn doorgerekend, komen in grote lijnen overeen met de wijze waarop maatregelen zijn doorgerekend in de landelijke studie waarin de bijdrage van de landbouw aan de KRW-opgave in beeld is gebracht (Alterra-rapport 2749). De discussiepunten die genoemd zijn in die rapportage zijn hierdoor ook van toepassing voor deze studie. De belangrijkste discussiepunten zijn:

- Voor de maatregel *verlagen bodemoverschot* is 1) geen rekening gehouden met een (gedeeltelijke) vervanging van rundermest door varkensmest op akkerbouwgronden resulterend in lagere N-verliezen naar het oppervlaktewater, 2) het effect van de werking van vanggewassen is waarschijnlijk optimistisch ingeschat en 3) er is geen rekening gehouden met specifieke weersomstandigheden, waardoor de uitrijdtijdstippen in alle jaren gelijk zijn gehouden. In hoeverre bovenstaande aspecten elkaar opheffen/versterken, is niet verder onderzocht.

- In de praktijk zullen de omstandigheden voor het *verbeteren van de bodemkwaliteit* minder optimaal zijn dan in de berekeningen worden verondersteld, waardoor het effect op de stikstofbelasting naar het oppervlaktewater gezien kan worden als potentieel effect. Het effect op de fosforbelasting van het oppervlaktewater kan mogelijk worden onderschat, omdat verbetering van de maaiveldligging niet is meegenomen.
- De variant met 15% akkerrand resulteert in een sterke afname van de fosforbelasting naar het oppervlaktewater. In de praktijk wordt deze variant echter niet als realistisch beschouwd. Deze optie is dan met name ook doorgerekend om het effect van een "stevige" maatregel neer te zetten en daarmee een indicatie van hetgeen dat potentieel bereikt zou kunnen worden.

#### Project Stofstromen

Uit de resultaten van het project *stofstromen* uit 2016 is afgeleid dat de bemesting en nalevering uit landbouwgronden de belangrijkste bronnen zijn van de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater. Hiermee is de verwachting gewekt dat maatregelen die aangrijpen op deze bronnen in een (zeer) sterke afname van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater kunnen resulteren. Uit de resultaten blijkt echter dat het effect van de maatregelen beduidend lager zijn dan de bijdrage van deze bronnen.

De verschillen kunnen verklaard worden doordat:

- De mestgiften voor de maatregelenpakketten *verbeteren bodemkwaliteit* en *verlagen bodemoverschot* (bijna) niet veranderen. Voor het berekenen van het effect van een verbeterde bodemkwaliteit is gerekend met gelijkblijvende mestgiften (zowel voor N als voor P) en voor het maatregelenpakket *verlagen bodemoverschot* is gerekend met gelijkblijvende dierlijke mestgiften en is alleen een deel van de N-kunstmest achterwege gelaten. De aanvoer van nutriënten blijft hierdoor vrijwel gelijk.
- De maatregelen niet op alle landbouwgronden zijn doorgerekend, omdat in een aantal specifieke gevallen de maatregelen geen of zelfs een negatief effect laten zien. Het effect van de maatregel op de stikstof- en fosforbelasting heeft hierdoor betrekking op een deel van het totale landbouwareaal, terwijl de bijdrage van de bronnen is afgeleid voor het totale landbouwareaal.

#### Project Landbouw en KRW-opgave

Voor het beheergebied van het Wetterskip Fryslân is in de studie van Groenendijk et al. (2016) berekend dat de uit- en afspoeling van stikstof uit landbouwgronden gebiedsgemiddeld met 10-20% zou moeten afnemen om aan KRW-doelen voor regionale waterlichamen te voldoen. De uit- en afspoeling van fosfor zou met 7-15% moeten afnemen. Aan deze cijfers kleven onzekerheden en ze zijn berekend als het gemiddelde voor het gehele gebied. Dat betekent dat plaatselijk hogere en lagere reductiepercentages kunnen gelden.

De doorgerekende maatregelenpakketten leiden tot een reductie van de uit- en afspoeling van stikstof in de orde van grootte van 5-20% en van fosfor in de orde van grootte van 2-10%.

De maatregelen kunnen slechts gedeeltelijk invulling geven aan de opgave om de uit- en afspoeling te verminderen. Om grotere reducties van de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor te bereiken, zijn andere maatregelen nodig, aanvullend of vervangend aan de in deze studie doorgerekende pakketten.



---

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

In januari 2016 is het eindrapport verschenen van de ex-ante-evaluatie van de Nederlandse plannen voor de Kaderrichtlijn Water (Van Gaalen et al. 2016). De conclusie uit het onderzoek is dat de waterkwaliteit verbetert, maar ook dat in 2027 nog veel wateren niet aan de KRW-doelen zullen voldoen. Het aandeel regionale wateren dat goed scoort op één van de vier biologische maatlatten zal in 2027 naar verwachting 30-50% bedragen. In de helft van de regionale wateren wordt dan niet aan de nutriëntendoelstelling voldaan en blijven te hoge nutriëntenconcentraties een beperkende factor voor het realiseren van de KRW-doelen.

Naar aanleiding van de publicatie heeft Wageningen Environmental Research (WEnR) in opdracht van Wetterskip Fryslân het project *Stofstroomanalyse* uitgevoerd (Van Boekel et al. 2016). In dit project is voor zes polders de herkomst van de huidige belasting van het oppervlaktewater met stikstof (N) en fosfor (P) gekwantificeerd. De nadruk lag hierbij op het ontrafelen van de totale nutriëntenbelasting, zodat onderscheid gemaakt kan worden welk deel van de nutriëntenbelasting beïnvloedbaar is. Ook is het effect van het voorgenomen mestbeleid (5<sup>e</sup> NAP) op de N- en P-belasting van het oppervlaktewater in beeld gebracht.

Uit de resultaten blijkt dat, afhankelijk van het gebied (zand, klei of veen), de actuele bemesting, het inlaatwater en de nalevering uit landbouwbodems de belangrijkste bronnen zijn voor de stikstof- en fosforbelasting naar het oppervlaktewater. Op basis van de berekeningen die zijn uitgevoerd in het kader van de ex-ante-evaluatie KRW van het PBL (Groenendijk et al. 2015; Salm et al. 2015) is afgeleid dat het effect van het voorgenomen mestbeleid relatief beperkt is.

Voor het verlagen van de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater zijn dus aanvullende maatregelen noodzakelijk. Vanuit het subsidieprogramma voor plattelandontwikkeling (POP3) kunnen subsidies worden toegekend aan initiatieven voor het verbeteren van de waterkwaliteit. Voor het toekennen hiervan wil Wetterskip Fryslân inzicht hebben in de effectiviteit van diverse maatregelen. Hierbij is het wenselijk dat maatregelen geselecteerd worden waarvoor voldoende draagvlak is bij diverse stakeholders en dat de geselecteerde maatregelen aansluiten bij initiatieven uit de praktijk.

Om dit te bereiken, is in mei 2016 een workshop georganiseerd met medewerkers van Wetterskip Fryslân, DAW-coördinatoren, WEnR en andere belanghebbenden. Doel van de workshop was het opstellen van een lijst met kansrijke maatregelen voor het verlagen van de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater in het beheergebied van Wetterskip Fryslân. Op basis van de resultaten uit project *Stofstroomanalyse* en de resultaten van de workshop (lijst met maatregelen) is voor een aantal maatregelen/maatregelenpakketten het (kwantitatieve) effect op de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater voor de zes polders in beeld gebracht. In onderhavige rapportage worden de resultaten van het onderzoek beschreven.

## 1.2 Leeswijzer

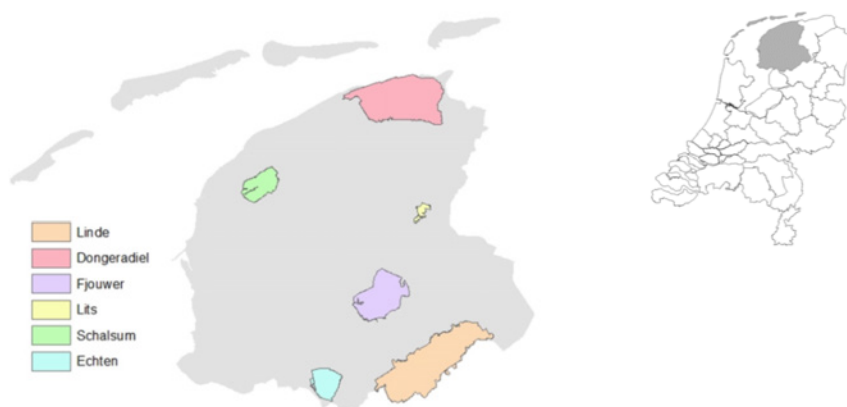
In hoofdstuk 2 wordt de opzet van deze studie beschreven. Naast een beschrijving van het studiegebied wordt de referentiesituatie beschreven t.a.v. de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in de huidige periode en wordt de selectie van de maatregelenpakketten besproken. Het effect van de maatregelen op de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater uit landbouwpercelen komt in hoofdstuk 3 aan de orde, waarna in hoofdstuk 4 het effect op gebiedsniveau wordt gepresenteerd. De discussie en conclusies worden vervolgens beschreven in hoofdstuk 5.

## 2 Opzet van de studie

In dit hoofdstuk wordt de opzet van de studie beschreven. Om inzicht te krijgen in de effecten van maatregelen op de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater, worden de berekende stikstof- en fosforbelasting voor de periode 2011-2013 voor de zes polders uit de studie *Stofstroomanalyse* (Van Boekel et al. 2016) als referentie gebruikt (paragraaf 2.1 en 2.2). De selectie en beschrijving van de maatregelen worden respectievelijk in paragraaf 2.3 en 2.4 beschreven.

### 2.1 Studiegebied

De effecten van maatregelen op de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater is in beeld gebracht voor dezelfde zes polders die zijn meegenomen in het onderzoek van Deltares (Rozemeijer, 2015) en Wageningen Environmental Research (Van Boekel et al. 2016). De ligging van de zes polders is weergegeven in figuur 2.1.



**Figuur 2.1** Beheergebied van Wetterskip Fryslân met de ligging van de zes polders.

Een aantal gebiedskenmerken van deze zes polders is samengevat in tabel 2.1 en is overgenomen uit Alterra-rapport 2727 (Van Boekel et al. 2016).

**Tabel 2.1** Oppervlakte en percentage landbouw, natuur, open water en verhard gebied op basis van LGN6.

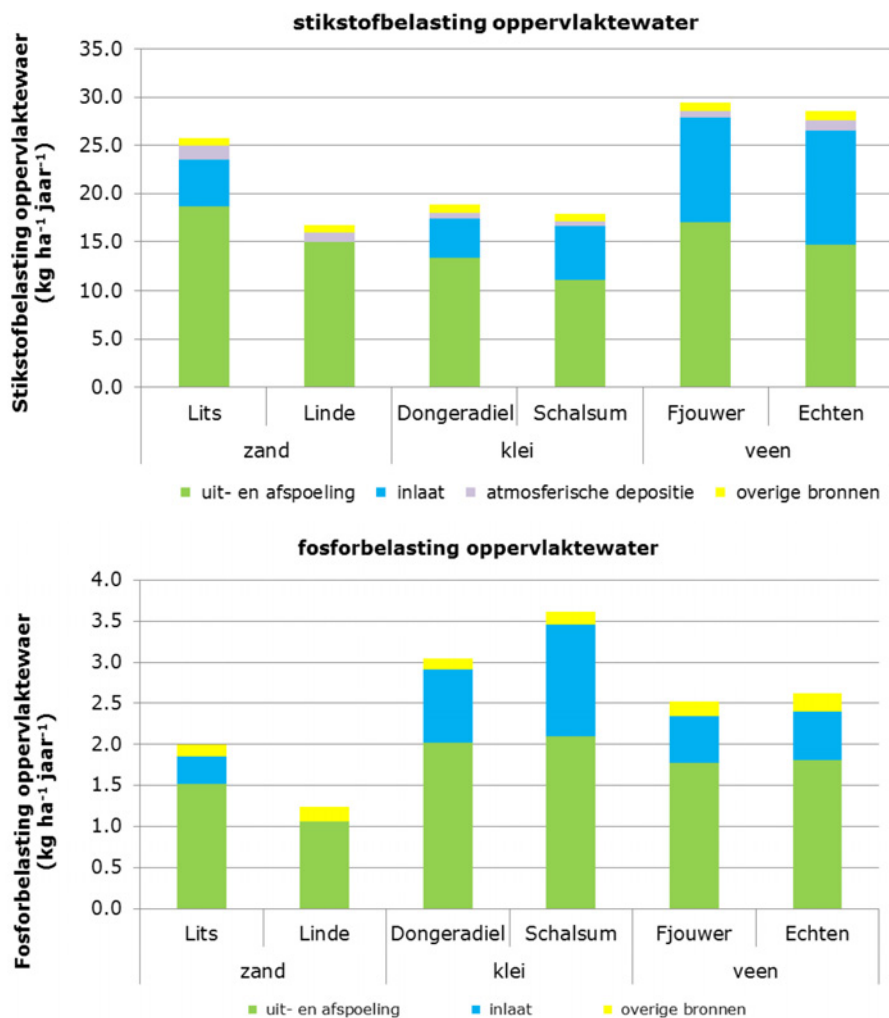
Polder	Grondsoort	Oppervlakte (ha)	% landbouw	% natuur	% open water	% stedelijk gebied
De Lits	Zand	570	92,1	4,3	0,6	3,0
De Linde	Zand	15570	72,9	18,2	1,3	7,7
Dongeradiel	Klei	13539	90,1	2,0	1,0	6,9
Schalsum	Klei	3132	89,8	1,1	0,8	8,3
Fjouwer	Veen	6750	79,6	8,4	2,1	9,9
Echten	Veen	2876	90,1	3,6	1,8	4,5

De omvang van de polders varieert tussen de 570 ha (De Lits) tot 15.570 ha (De Linde) en bestaat voor het grootste gedeelte uit landbouwgronden (73 tot 92%). In polder De Linde is bijna 20% van het areaal natuur. Het areaal stedelijk gebied varieert tussen 3 en 10%.

## 2.2 Referentiesituatie

### 2.2.1 Huidige nutriëntenbelasting

In het project *Stofstroomanalyse* is de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater voor de zes polders voor de periode 2011-2013 berekend (figuur 2.2).



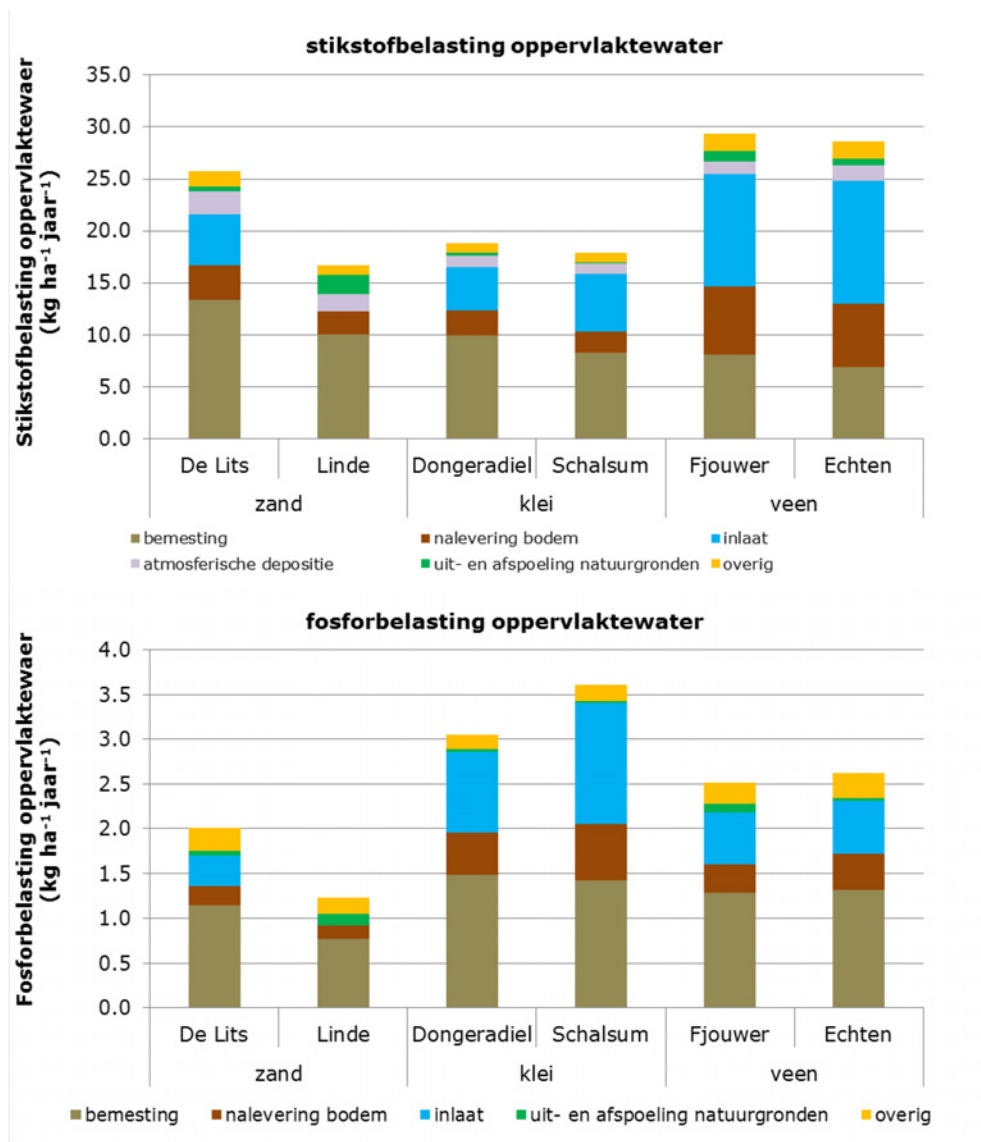
**Figuur 2.2** Gemiddelde stikstofbelasting (boven) en fosforbelasting (onder) in  $\text{kg ha}^{-1} \text{jaar}^{-1}$  van het oppervlaktewater in de periode 2011-2013 voor de zes polders, onderverdeeld naar de bijdrage van uit- en afspoeling, inlaat, atmosferische depositie open water en overige bronnen (overige landbouwemissies, industriële lozingen en overige emissies).

De gegevens voor atmosferische depositie op open water en de overige emissies (zie bijlage 1 voor de bronnen uit de EmissieRegistratie) zijn ontleend aan de Emissieregistratie ([www.emissieregistratie.nl](http://www.emissieregistratie.nl)). De waarden voor de uit- en afspoeling zijn ontleend aan berekeningen met SWAP-ANIMO (Kroes et al. 2008, Renaud et al. 2006), onderdeel van het STONE-model (Groenendijk et al. 2013). De inkomende vracht met inlaatwater is afgeleid uit waterbalansen (Rozemeijer et al. 2015) en concentraties in het oppervlaktewater. Bronnen zoals de N- en P-excretie van watervogels ganzen, lokvoer van sportvissers e.d. worden zo klein geacht dat ze niet relevant zijn voor het gemiddelde beeld per polder. Op grond van Hahn et al. (2007, 2008) wordt de P-belasting van de Nederlandse zoetwatersystemen door carnivore en herbivore watervogels lager geschat dan de bron "Overige bronnen" in de EmissieRegistratie. Lokaal kan de belasting van het oppervlaktewater wel relevant zijn, bijv. bij broedkolonies (Rip en Schep, 2010), maar op regionale schaal speelt deze bron nauwelijks een rol.

De stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater is voornamelijk afkomstig van de uit- en afspoeling uit het landelijk gebied; ook de inlaat uit het boezemsysteem is een belangrijke bron van nutriënten. De grootste stikstofbelasting is berekend voor de veenpolders (bijna 30 kg N ha<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup>), voor zandpolder De Linde is de laagste stikstofbelasting berekend (ca. 17 kg N ha<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup>); dit kan voornamelijk verklaard worden doordat er in De Linde geen water wordt ingelaten.

De fosforbelasting van het oppervlaktewater is het grootst voor de kleigebieden (> 3 kg P ha<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup>), de laagste fosforbelasting wordt berekend voor zandpolder De Linde (ca. 1,3 kg P ha<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup>). De hogere fosforbelasting van het oppervlaktewater in de kleigebieden kan verklaard worden door de fosfaatrijke kwel in deze gebieden.

In het project *Stofstroomanalyse* is de uit- en afspoeling vanuit landbouwgronden verder uitgesplitst op basis van een geavanceerde methode die is toegepast in de Evaluatie van de Meststoffenwet 2012 (Groenendijk et al. 2012) en de afgelopen jaren verder is ontwikkeld en verbeterd. Het resultaat is weergegeven in figuur 2.3.



**Figuur 2.3** Gemiddelde stikstofbelasting (boven) en fosforbelasting (onder) in kg ha<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup> van het oppervlaktewater in de periode 2011-2013 voor de zes polders, onderverdeeld naar de bijdrage van de bemesting (actueel en historisch), nalevering landbouwbodems, inlaat, atmosferische depositie op landbouwgrond, uit- en afspoeling uit natuurgronden en overig (kwel, infiltratiewater uit oppervlaktewater, overige landbouwemissies, industriële lozings, industriële emissies), Van Boekel et al. 2016).



---

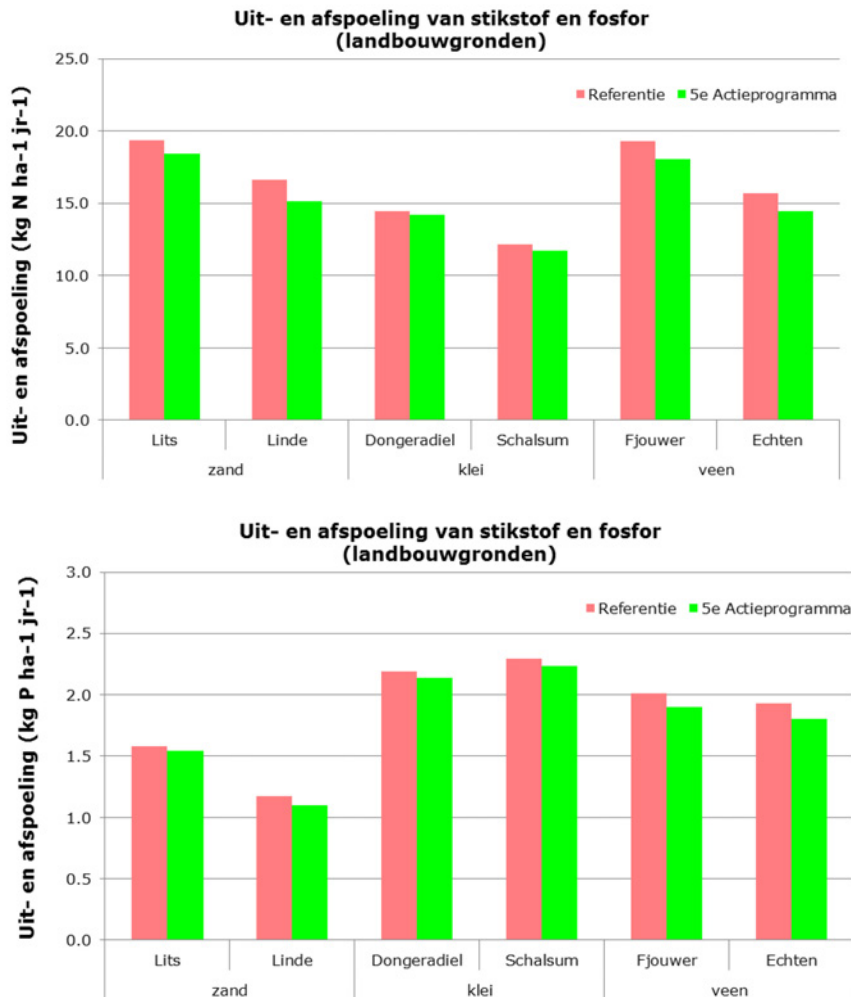
De term "bemesting" is verder te onderscheiden in "historische mestgift" en "actuele mestgift". Met de historische mestgift wordt de bijdrage uit de bodem bedoeld uit de voorraad die in de afgelopen veertig jaar is ontstaan door mestoverschotten. De historische mestgift is medebepalend voor de huidige belasting van het oppervlaktewater, maar is niet meer te sturen met toekomstige mestgiften. Met de term "nalevering landbouwbodems" wordt de nalevering uit de bodemvoorraad bedoeld dat deels veroorzaakt wordt door ophoping in het verleden (m.u.v. historische mestgift) en dat deels te beschouwen is als achtergrondbelasting.

Uit de herkomstanalyse van de uit- en afspoeling uit landbouwgronden blijkt dat de bemesting (actuele en historische mestgiften) en de nalevering uit landbouwbodems de belangrijkste bijdrage leveren aan de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouwgronden. De totale stikstofbelasting van het oppervlaktewater is voor ca. 25 tot 60% afkomstig van de bemesting (actuele en historische mestgift), de nalevering uit landbouwbodems draagt tussen de 10 en 25% bij aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater.

De bijdrage van de bemesting (actuele en historische mestgift) aan de totale fosforbelasting van het oppervlaktewater ligt tussen ca. 40 en 65%, de nalevering uit landbouwbodems draagt tussen 10 en 20% bij aan de totale fosforbelasting van het oppervlaktewater.

## 2.2.2 Effecten mestbeleid op landbouwgronden

Naast het in beeld brengen welke bronnen bijdragen aan de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater, is in de studie *Stofstroomanalyse* ook het effect van het 5<sup>e</sup> Actieprogramma op de uit- en afspoeling uit landbouwgronden berekend (figuur 2.4). De referentiesituatie is de gemiddelde uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater uit landbouwgronden voor de periode 2011-2013, en het scenario 5<sup>e</sup> Actieprogramma is representatief voor de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater in het jaar 2030. In onderstaande figuren is **alleen** de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouwgronden gepresenteerd, andere bronnen (inlaat, industriële lozingen etc.) zijn hierin niet meegenomen.



**Figuur 2.4** Gemiddelde uit- en afspoeling van stikstof (boven) en fosfor (onder) in kg ha<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup> naar het oppervlaktewater in de periode 2011-2013 voor de zes polders in de referentiesituatie (2011-2013) en na het doorvoeren van het 5<sup>e</sup> Actieprogramma (2030).

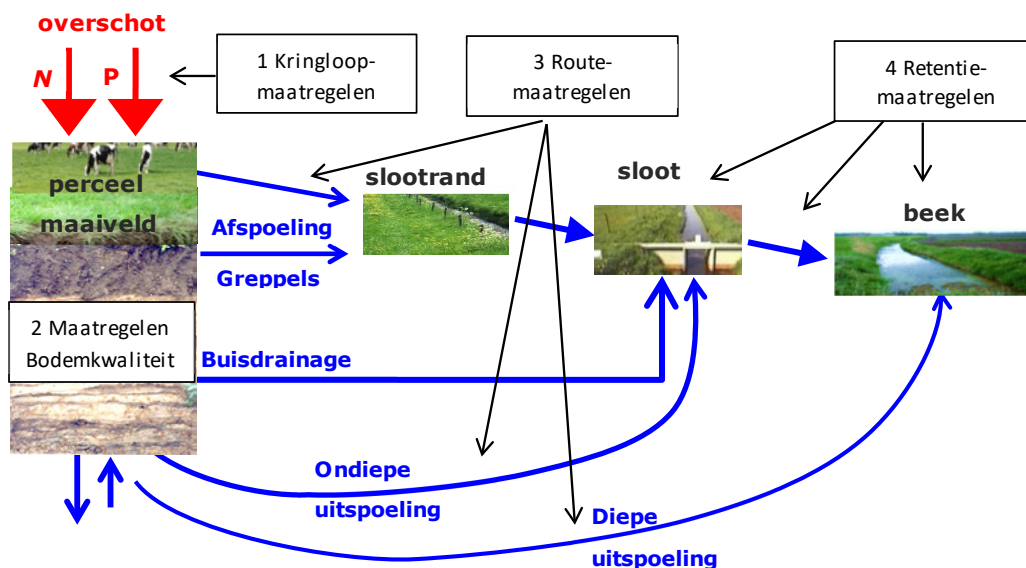
Het voorgenomen mestbeleid (5<sup>e</sup> Actieprogramma) resulteert in een afname van de uit- en afspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater van ca. 2% (Dongeradiel) tot bijna 10% (Linde). De uit- en afspoeling van fosfor naar het oppervlaktewater neemt af met ca. 2% voor Dongeradiel en ca. 7% voor De Linde en Echten.

Het verschil in effectiviteit van het voorgenomen mestbeleid tussen de gebieden kan voornamelijk verklaard worden door verschillen in grondsoort en landgebruik. Het kleine effect van het mestbeleid op de stikstofvrucht naar het oppervlaktewater voor de kleigebieden kan o.a. verklaard worden door de verruiming van de stikstofnorm voor grasland op zeekleigrond. Het geringe effect van het mestbeleid op de fosforvrucht naar het oppervlaktewater wordt veroorzaakt door de grote fosfaatvoorraad in de bodem waardoor kleine veranderingen in het fosfaatoverschot nauwelijks effect hebben op de fosfaatverliezen.

## 2.3 Selectie van maatregelen

### 2.3.1 Conceptueel model

Dit onderzoek richt zich alleen op maatregelen die uitsluitend betrekking hebben op het landbouwkundig handelen, m.a.w. maatregelen die de agrariër kan uitvoeren. Maatregelen die een verlaging van de stikstof- en fosforbelasting van grond- en oppervlaktewater beogen, kunnen gegroepeerd worden naar de positie in het bodem-watersysteem waar deze maatregelen aangrijpen. Het conceptuele model is in figuur 2.5 schematisch weergegeven.



**Figuur 2.5** Conceptueel model van de belasting van het oppervlaktewater uit landbouwgronden (toelichting: zie tekst).

In het conceptuele model worden vier aangrijpingspunten voor maatregelen onderscheiden:

1. **Kringloopmaatregelen** zijn landbouwkundige maatregelen die gericht zijn op het verbeteren van de nutriëntenefficiëntie en het verlagen van het N- en P-overschot. Hiertoe behoren maatregelen als efficiënter bemesten, het verhogen van de gewasopname in combinatie met lagere N- en P-giften. Het effect van deze maatregelen wordt uitgedrukt in verlaging van het overschot op de bodembalans.
2. Maatregelen gericht op het verbeteren van de (fysieke) **bodemkwaliteit**. Denk aan vruchtwisseling met dieper wortelende gewassen, niet-kerende grondbewerking en de aanvoer van extra organische stof. Deze maatregelen zijn gericht op het verbeteren van de infiltratie en de interne drainage, de bodemstructuur, het vochthoudend vermogen etc. De belangrijkste effecten kunnen zijn a) verhoging van de gewasopname en daarmee verlaging van het overschot (zie 1), en b) verminderen van oppervlakkige afstroming en ondiepe af- en uitspoeling (zie 3). Dit mes snijdt dus aan twee kanten.
3. **Route- of hydrologische maatregelen** beïnvloeden de route van het water vanaf het punt van infiltratie naar het punt van uitstroming in het oppervlaktewater. De maatregelen beogen een beïnvloeding van de verdeling van het neerslagoverschot over (van snel naar langzaam) oppervlakkige afstroming, greppels, drains (onderwaterdrains), ondiep grondwater (perceelsloot) en diep grondwater (overige sloten). Ook dit mes snijdt aan twee kanten, omdat (a) de gewasproductie kan toenemen, wat het nutriëntenoverschot vermindert, en (b) onnodige afvoer van water en nutriënten via snelle routes kan worden voorkomen; water kan infiltreren en stroomt via de ondergrond deels naar het diepere grondwater en deels naar de sloot, waarbij een deel van de nutriënten wordt omgezet van nitraat naar stikstofgas (denitrificatie) of vastgelegd (in waterplanten of in de waterbodem).

4. **Retentiemaatregelen** zijn gericht op het omzetten of vastleggen van nutriënten aan de rand van het perceel of in het oppervlaktewatersysteem zelf. Dit kan door de omzetting van nitraat naar stikstofgas (denitrificatie) te bevorderen (bijvoorbeeld in een reactieve barrière met houtsnippers) of door fosfaat vast te leggen (bijvoorbeeld in een reactieve barrière met ijzerzand). Daarnaast vallen hier maatregelen onder die worden getroffen in en nabij perceelstoten, zoals slootbeheer, kwaliteitsbaggeren en aanleg van vloeivelden of retentiesloten.

### 2.3.2 Workshop

Op basis van opgedane kennis uit eerdere projecten, resultaten uit het project *Stofstroomanalyse* en de workshop is een aantal maatregelen geselecteerd. Tabel 2.2 geeft een overzicht van de maatregelen die genoemd zijn in de workshop met bijbehorende 'score'. Hoe hoger de score, hoe meer deelnemers van de workshop de maatregel kansrijk achten om de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater verder te verlagen. De maatregelen uit bovenstaande lijst grijpen aan op verschillende plekken in het bodem-watersysteem.

**Tabel 2.2** Overzicht van de lijst met maatregelen en de 'score' die is opgesteld tijdens de workshop.

Aangrijpingspunt	Maatregel	Score
Verlagen bodemoverschot	Sluiten van kringlopen	6x
	Op maat bemesten (dosering, moment, plaats)	13x
	Op maat beplanten	1x
Bodemkwaliteit	Verhogen infiltratiecapaciteit	4x
	Bodemleven	1x
	Structuur	6x
	Organische stof	1x
	Goede productieomstandigheden/groei-optimalisatie	10x
Route maatregelen	Akkerranden, FAB-randen (ook weilanden)	5x
	Drempels ter voorkoming afspoeling	1x
	Perceelsinrichting	2x
	Buffelgreppels met of zonder compost	1x
Hydrologische maatregelen	Peilgestuurde/regelbare drainage	3x
	Inlaat verminderen	1x
Overige maatregelen	Mestverwaarding	1x

Op basis van de scores van de maatregelen en de mogelijkheid om het effect van maatregelen te 'vertalen' naar de invoer voor SWAP-ANIMO zijn de volgende maatregelenpakketten geselecteerd:

1. Verlagen bodemoverschot door verbeteren van benutting → sluiten van kringlopen: *precisiebemesting door gebruik van sensortechnieken en rijenbemesting en het bemestings-tijdstip beter af te stemmen op weersomstandigheden en de behoefte van het gewas, telen vanggewas na teelten waar dit nog niet verplicht is* → sluiten van kringlopen: *precisiebemesting, telen vanggewas*;
2. Verbeteren bodemkwaliteit → verbeteren productieomstandigheden/groei-optimalisatie: *verhogen infiltratiecapaciteit, verbeteren structuur, verhogen organische stofgehalte*;
3. Akkerrandenbeheer: Akkerranden, FAB-randen (Functionele AgroBiodiversiteit), ook weilanden (*routemaatregel*).

## 2.4 Beschrijving maatregelen

In deze paragraaf worden de maatregelenpakketten nader omschreven. De uitwerking van de maatregelenpakketten *verlagen bodemoverschot* en *verbeteren bodemkwaliteit* komen in grote lijnen overeen met de landelijke studie waarin de bijdrage van de landbouw aan de KRW-opgave in beeld is gebracht en de effecten van een aantal maatregelen op de nutriëntenbelasting naar het oppervlaktewater (Groenendijk et al. 2016).

### 2.4.1 Verlagen bodemoverschot door verbeteren benutting

#### *Achtergrond*

Onder het maatregelenpakket *verlagen bodemoverschot door verbeteren benutting* (in het rapport *verder afgekort tot verlagen bodemoverschot*) wordt in deze studie het verbeteren van de nutriëntenbenutting (*sluiten van kringlopen*) door betere plaatsing en timing van bemesting verstaan in combinatie met het gebruik van een vanggewas na teelten waar dit nog niet verplicht is. Door precisiebemesting en rijenbemesting van dierlijke mest bij gewassen die in rijen worden geteeld, wordt de plaatsing en de timing van mestgiften beter afgestemd op de behoefte van het gewas. De meststoffen kunnen dan efficiënter worden benut en er treden minder verliezen op.

#### *Modelaanpak*

Het effect van het maatregelenpakket *verlagen bodemoverschot* op de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater is berekend met SWAP-ANIMO rekenplots die onderdeel uitmaken van STONE. Om het effect van het maatregelenpakket te kunnen doorrekenen zijn de invoerbestanden van SWAP-ANIMO aangepast rekening houdend met de toedieningstijdstippen, rijenbemesting en vanggewassen (tabel 2.3).

**Tabel 2.3** *Aanpassingen in de modelinvoer voor SWAP-ANIMO voor het doorrekenen van het maatregelenpakket verlagen bodemoverschot.*

Aangrijpingspunt	Modelaanpassing	Effect
Toedieningstijdstippen	<ul style="list-style-type: none"><li>mestgiften worden 4 weken later toegediend</li><li>verlagen N-kunstmestgift</li></ul>	Toename werkzaamheid dierlijke mest <ul style="list-style-type: none"><li>zandgronden: + 5%</li><li>kleigronden: + 2%</li><li>veengronden: geen toename</li></ul>
Rijenbemesting	<ul style="list-style-type: none"><li>hogere werkzame stikstofdosering voor opname gewas</li></ul>	Lager bodemoverschot door hogere gewasopname bij gelijkblijvende mestgift
Vanggewassen	<ul style="list-style-type: none"><li>snijmais op zand: opname: 45 kg N ha<sup>-1</sup> jr<sup>-1</sup></li><li>AT-gewassen<sup>1</sup>: opname 90 kg N ha<sup>-1</sup> jr<sup>-1</sup> (40% van het areaal)</li></ul>	Lager bodemoverschot door extra nutriëntenopname door het hoofdgewas als gevolg van het vanggewas

<sup>1</sup> AT-gewassen = akker- en tuinbouwgewassen.

Uit de tabel blijkt dat het maatregelenpakket '*verlagen bodemoverschot door verbeteren benutting*' met name gericht is op het verlagen van het stikstofbodemoverschot. Door de maatregelen wordt ook het fosfaatoverschot op de bodembalans iets kleiner, maar omdat de fosfor uit- en afspoeling sterk bepaald wordt door fosfaatgehalten in de bovengrond, en minder door actuele overschotten, is het effect van het verlagen van bodemoverschotten gering.

---

## 2.4.2 Verbeteren bodemkwaliteit

### *Achtergrond*

Maatregelen om structuurbederf te voorkomen, en daar waar deze heeft plaats gevonden op te heffen, staan bij de agrarische sector en bij waterbeheerders sterk in de belangstelling. De maatregelen houden concreet in dat voorkomen wordt dat grondbewerking plaatsvindt in ongunstige perioden (verbeteren structuur/infiltratiecapaciteit), het organische stofgehalte van de bodem wordt verhoogd, en dat gewassen en rassen worden geselecteerd met een dieper wortelstelsel.

In deze studie zijn een aantal van deze maatregelen die leiden tot een verbetering van de bodemstructuur, samengevat in één pakket: 'verbeteren bodemkwaliteit'. Omdat de kans op bodemverdichting het grootste is op zand- en kleigronden is het maatregelenpakket doorgerekend voor dit type gronden. Omdat veengebieden minder kwetsbaar zijn voor bodemverdichting en een aanrijking met organische stof voor veengronden niet zinvol is, is ervoor gekozen om het maatregelenpakket voor veengronden niet door te rekenen. Opgemerkt dient te worden dat bodemverdichting in de Friese veenweidegebieden wel als een probleem wordt gezien en dan met name voor veenbodems met een kleidek: omdat veenbodems met een kleidek op basis van de systematiek van bodemfysische eenheden (zie bijlage 2) tot kleigronden wordt gerekend, is de maatregel voor dit type bodems wel doorgerekend.

### *Modelaanpak/modelinvoer*

Het effect van het maatregelenpakket 'verbeteren bodemkwaliteit' op de uit- en afspoeling van N en P naar het oppervlaktewater is bepaald met de modellen SWAP-ANIMO. Met deze modellen zijn twee scenario's doorgerekend; een referentiesituatie waarbij er geen sprake is van bodemverdichting en een scenario met bodemverdichting. Het verschil in de uit- en afspoeling van N en P naar het oppervlaktewater tussen beide scenario's wordt beschouwd als het effect van het opheffen van bodemverdichting. Voor het doorrekenen van de scenario's is gebruik gemaakt van ervaringen die zijn opgedaan in eerdere projecten (van der Salm et al., 2015, Schipper et al., 2015 en Groenendijk et al., 2016).

### Referentiesituatie zonder bodemverdichting

Voor het bepalen van de N- en P-belasting van het oppervlaktewater in de referentie wordt gebruik gemaakt van de gangbare berekeningen met SWAP-ANIMO. De hydraulische karakteristieken van de bodemlagen zijn hierin gebaseerd op gegevens uit het Bodemkundig Informatie Systeem; BIS (De Vries et al., 2008). Deze gegevens zijn verzameld in de periode 1960-1990, aangenomen is dat de hydraulische karakteristieken van de bodemlagen een goede situatie representeren.

### Scenario met verdichte bodem

Met SWAP-ANIMO zijn nieuwe berekeningen uitgevoerd met een verdichte bodemlaag. De kenmerken van een verdichte bodemlaag zijn een groter volumieke massa, geringer vochthoudend vermogen, kleinere verzadigde doorlatendheid, betere capillaire nalevering en moeilijker te doorwortelen voor planten.

Voor een gedetailleerdere beschrijving van de wijze waarop het maatregelenpakket is doorgerekend wordt verwezen naar paragraaf 4.4.2 uit het onderzoek van Groenendijk et al., 2016 (Alterra-rapport 2749).

---

### 2.4.3 Akkerrandenbeheer

#### *Achtergrond*

Akkerrandenbeheer dient meerdere doelen, zoals het reduceren van de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor en het stimuleren van de biodiversiteit. In breder perspectief kan een onbemeste strook langs een perceel grasland als een bijzondere vorm van akkerrand beheer worden gezien.

Een dergelijke rand bestaat uit grasland met wat ruigere vegetatie (bijv. met meerjarige polvormende grassen zoals Kroppaar, Rietzwenkgras, Beemdlangbloem of Timoteegras). De beheerpakketten<sup>1</sup> "Bonte weiderand", "Bonte hoorrand" en "Kruidenrijke zoom" sluiten voor grasland aan bij deze vorm van perceelsinrichting. De pakketvoorwaarden uit het Agrarisch natuur en Landschapsbeheer (ANLb) voor een dergelijke beheerseenheid bestaat uit grasland met minstens 20 inheemse plantensoorten in een vlak van 25 m<sup>2</sup>. Bemesting wordt achterwege gelaten en de breedte bedraagt ten minste 1 meter en ten hoogste 5 meter.

In het project 'Effectiviteit van onbemeste perceelsranden' is de effectiviteit van deze maatregel onderzocht (Noij et al, 2008 en 2012). Geconcludeerd werd dat de effectiviteit sterk afhangt van lokale omstandigheden. Omdat op voorhand wordt verwacht dat de maatregel weinig effectief is voor percelen met buisdrainage, wordt de maatregel alleen toegepast voor percelen zonder buisdrainage

#### *Modelaanpak/modelinvoer*

In deze studie wordt met de modellen SWAP-ANIMO verkend wat, voor de specifieke omstandigheden van de polders van het project *Stofstroomanalyse*, de mogelijke effecten zijn van akkerrandenbeheer op de N- en P-uitspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater. Hierbij wordt een procedure toegepast waarin de resultaten worden gecombineerd van een run met normale bemesting en een run met de aanname dat de percelen bedekt zijn met onbemest grasland. Uit de oppervlakteverhoudingen en de verhoudingen van de waterafvoeren uit de lagen op verschillende diepten wordt per tijdstap een mengverhouding berekend tussen van water van het normaal bemeste perceel en het water van de akkerrand (onbemest grasland). Uit de menging van de twee watertypen wordt het resulterende concentratieverloop berekend van het water uit een perceel met een akkerrand. Dit concentratieverloop en het corresponderende verloop van de N en P-vracht wordt vergeleken met de concentratie en de vracht van een normaal bemestperceel. Het verschil is dan een uitdrukking van de effectiviteit van de maatregel.

Voor akkerrandenbeheer wordt een breedte aangehouden van ongeveer 1 tot 5 meter. Op basis van slootafstanden in het gebied kan worden afgeleid welk percentage van het perceel uit productie wordt genomen wanneer de akkerrand aan weerszijden wordt aangelegd (bijlage 3). Voor de nattere gronden (GHG < 40 cm-mv) ligt dit percentage tussen gemiddeld 3% (breedte van 1 meter) en gemiddeld 16% (breedte van 5 meter). Voor de matige droge gronden is dit 1-5% (1 meter) en 2-23% (zie verder bijlage 3). Hierbij dient opgemerkt te worden dat maaiveldgreppels niet zijn meegenomen. Uit pragmatisch oogpunt is ervoor gekozen om twee scenario's door te rekenen met verschillende percentages van het perceel dat wordt ingericht als een akkerrand, namelijk een variant met een akkerrand van 5% en een akkerrand met 15% van het totale areaal.

---

<sup>1</sup> <http://webapplicaties.wur.nl/software/beheerwijzerfe/>

---

## 2.5 Selectie representatieve STONE-plots

In het project *Stofstroomanalyse* (Van Boekel et al. 2016) is voor het afleiden van de uit- en afspoeling met stikstof en fosfor gebruik gemaakt van een eenvoudige herschikkingsprocedure (Van Boekel et al. 2013). Op basis van de gebiedskenmerken (**M**eteo, **L**andgebruik, **B**odem en **G**t-klasse) is een zogenaamde MLBG-kaart gemaakt. Deze kaart bestaat uit MLBG-eenheden met unieke kenmerken t.a.v. landgebruik, grondsoort, Gt-klasse en meteorologische gegevens. Uit de gebiedsanalyse van de zes polders blijkt dat er, afhankelijk van het gekozen deelgebied, tussen de 30 en 225 unieke MLBG-eenheden zijn. Voor elke MLBG-eenheid zijn één of meerdere representatieve STONE-plots beschikbaar.

Uit pragmatisch oogpunt, maar vooral ook uit oogpunt van de plausibiliteit van rekenresultaten, zijn de maatregelen niet doorgerekend voor alle MLBG-eenheden (in feite representatieve STONE-plots) binnen een polder, maar zijn STONE-plots met schematiseringsartefacten uitgesloten. In het landelijke STONE-model is het oppervlak met dergelijke plots klein en spelen ze geen rol bij het berekenen van gemiddelde resultaten per regio, maar bij toedeling naar specifieke gebieden bestaat het risico dat ze de resultaten gaan beïnvloeden. De volgende plots zijn uitgesloten van de berekeningen:

- Akkerbouw- en maisplots op natte gronden met een grondwatertrap I, II, II\* en III;
- plots met buisdrainage en een gemiddelde hoogste grondwatertrap (GHG) < 40 cm-mv of een gemiddeld laagste grondwatertrap (GLG) > 200 cm-mv;
- landbouwplots met buisdrainage waar het verschil tussen de GHG en GLG > 120 cm;
- landbouwplots met een kwelflux > 1 mm dag<sup>-1</sup>;
- landbouwplots met een stikstof- en/of fosforvrucht naar het oppervlaktewater in de referentiesituatie die buiten het 5-95 percentiel vallen van alle (landelijke) landbouwplots;
- landbouwplots op natte gronden met een grondwatertrap I, II, II\*, III en III\* met berekening.

Op basis van bovenstaande criteria worden in totaal 38 plots uitgesloten, de helft hiervan zijn veenplots met grasland en mais (zie verder paragraaf 3.1).



# 3 Effect van maatregelen op de uit- en afspoeling uit landbouwgronden

Het effect van de maatregelenpakketten op de uit- en afspoeling van N en P naar het oppervlaktewater is bepaald door de uit- en afspoeling van N en P in 2030, na het doorvoeren van het maatregelenpakket, te vergelijken met de uit- en afspoeling van N en P in 2030 na uitvoering van het 5<sup>e</sup> Nitraat Actieprogramma (5<sup>e</sup> NAP). Het effect is dus niet ten opzichte van de huidige uit- en afspoeling van N en P naar het oppervlaktewater (2010-2013). Hierdoor krijgt men een indruk van het effect van de maatregelen, aanvullend op de trendeffecten die het gevolg zijn van het 5<sup>e</sup> NAP en van na-ijling van eerder genomen mestmaatregelen.

Paragraaf 3.1 geeft een overzicht van het percentage STONE-plots met schematiseringsartefacten op basis van de criteria uit paragraaf 2.5. In paragraaf 3.2 t/m 3.4 zijn de effecten van de maatregelenpakketten op de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater beschreven voor de belangrijkste combinaties 'landgebruik -bodemtype-Gt-klasse' (verder aangeduid als LGB-combinatie) in de verschillende polders.

## 3.1 Plotselectie

Op basis van de criteria uit paragraaf 2.5 zijn in totaal 38 plots uitgesloten, de helft hiervan zijn veenplots met grasland of mais. In tabel 3.1 is een overzicht gegeven van het percentage landbouwareaal dat wordt uitgesloten op basis van de verschillende criteria.

**Tabel 3.1** Percentage landbouwareaal dat wordt uitgesloten voor de berekeningen van de maatregelen voor de verschillende criteria.

Deelgebieden	Zandgebieden		Kleigebieden		Veengebieden	
	De Lits	De Linde	Dongeradiel	Schalsum	Fjouwer	Echten
Areaal landelijk gebied (ha)	548	14.065	12.464	2.891	6.058	2.677
Landbouwareaal	524	11.259	12.187	2.863	5.486	2.574
criterium	Percentage van het landbouwareaal dat wordt uitgesloten voor de verschillende criteria (t.o.v. het landbouwareaal)					
1 Akkerbouw + mais met Gt-klasse I, II, II* en III	2,5%	7,1%	-	-	15%	16%
2 Buisdrainage met GHG < 40 cm-mv en GLG < 200 cm-mv	9,9%	4,2%	5,3%	4,8%	7,0%	3,2%
3 Buisdrainage met GLG - GHG > 120 cm	-	-	1,6%	< 1,0%	-	-
4 Kwelflux > 1 mm dag <sup>-1</sup>	10%	1,0%	< 1,0%	-	12%	4,8%
5 N- en P-belasting < 5-percentiel of > 95 percentiel	-	< 1,0%	-	-	1,1%	< 1,0%
6 Berekening met Gt-klasse I, II, II*, III, III*	-	-	-	-	-	-
<b>Totaal areaal uitgesloten landbouwgrond</b>	<b>12%</b>	<b>9,0%</b>	<b>5,3%</b>	<b>4,8%</b>	<b>26%</b>	<b>22%</b>

Het percentage landbouwgrond waarvoor geen berekeningen zijn ingezet voor het afleiden van de effectiviteit van de maatregelen ligt, ten opzicht van het totale areaal landbouwgrond, tussen de 4,8% (Schalsum) en 26% (Fjouwer). Voor deelgebied De Lits is criterium 2 en criterium 4 doorslaggevend, voor de kleigebieden is dit ook criterium 2, terwijl voor de veengebieden criterium 1 van belang is. Het areaal dat wordt uitgesloten telt niet mee bij het bepalen van de gemiddelde nutriëntenbelasting per ha landbouwgrond, zodat het uitsluiten van deze plots geen invloed heeft op de berekende effectiviteit van de maatregelenpakketten.

In paragraaf 3.2 t/m paragraaf 3.4 worden achtereenvolgens de effecten van de maatregelenpakketten *verlagen bodemoverschot*, *verbeteren bodemkwaliteit* en *akkerrandenbeheer* op de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater beschreven.

Om het overzichtelijk te houden worden alleen de effecten weergegeven van de belangrijkste combinaties bodem, gewas en Gt-klasse die in een polder voorkomen. In tabel 3.2 zijn voor de zes polders de belangrijkste combinaties weergegeven op basis van LGN6 en de 1:50.000 bodemkaart.

**Tabel 3.2** Overzicht van de belangrijkste combinaties landgebruik, bodem en Gt-klasse voor de landbouwgronden in de zes polders.

Combinatie	Zandgebieden		Kleigebieden		Veengebieden	
	De Lits	De Linde	Dongeradiel	Schalsum	Fjouwer	Echten
Grasland op veengronden	28%	26%			73%	80%
Grasland op natte zandgronden	64%	36%				
Grasland op natte kleigronden			49%	52%		
Akkerbouw op natte kleigronden			15%	35%		
Akkerbouw op matig droge gronden			23%			
Mais op veengronden					13%	16%
Mais op natte zandgronden	< 5%	10%				

Voor de zandgebieden De Lits en De Linde worden de resultaten gepresenteerd voor grasland op veen, grasland op natte zandgronden en voor mais op natte zandgronden. Voor deelgebied De Lits is dit ruim 90% van het totale landbouwareaal, voor deelgebied De Linde is dit iets meer dan 70%. Grasland en akkerbouw op natte kleigronden en akkerbouw op matige droge gronden zijn de belangrijkste combinaties voor de kleigebieden Dongeradiel en Schalsum en zijn representatief voor bijna 90% van het areaal.

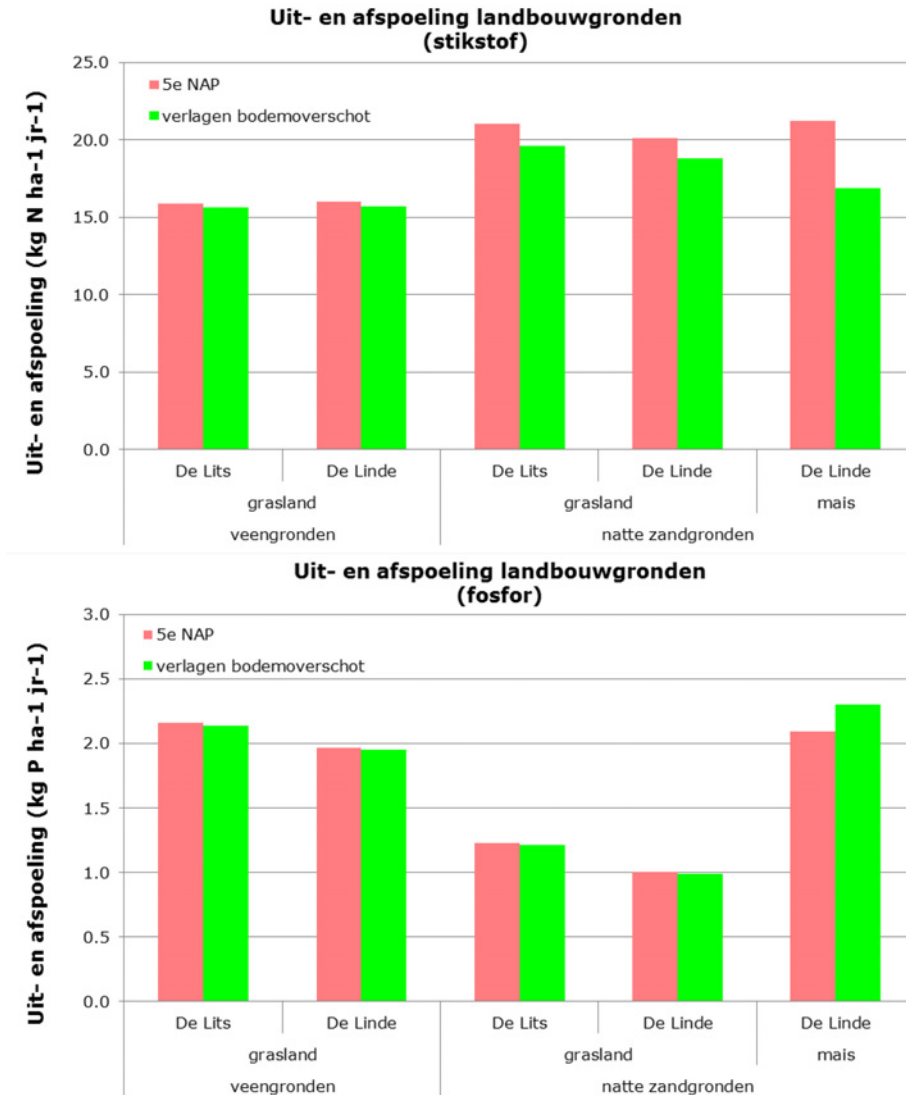
De veengronden bestaan voor het grootste gedeelte uit grasland en mais op veengronden (86% van het areaal voor deelgebied Fjouwer en 96% voor deelgebied Echten).

## 3.2 Verlagen bodemoverschot door verbeteren benutting

Het maatregelenpakket *verlagen bodemoverschot* is toegepast op alle landbouwgronden met de grondsoorten zand, klei en veen en de gewassen akkerbouw, mais en grasland.

### Zandgebieden

Het verlagen van het bodemoverschot heeft een positief effect op de uit- en afspoeling van graslandpercelen op natte zand- en veengronden (figuur 3.1). Voor grasland op natte zandgronden wordt een reductie berekend van de stikstofuitspoeling met 5 tot 10%. Het effect van het maatregelenpakket op de stikstofbelasting van maispercelen op natte zandgronden is sterk positief (ca. 20%).



**Figuur 3.1** Effect van de maatregel *verlagen bodemoverschot* voor de dominante LBG-eenheden voor de zandpolders De Lits en de Linde.

Het effect van het verlagen van het bodemoverschot door betere nutriëntenbenutting heeft een beperkt effect op de fosforbelasting van het oppervlaktewater. Dit komt overeen met de resultaten uit de studie van Groenendijk et al (2016). Uit die berekeningen blijkt dat door de maatregel de minerale fosfaatvoorraad afneemt t.o.v. de referentiesituatie, maar dat de effecten van de maatregel op de uit- en afspoeling van fosfor binnen een termijn van 30 jaar beperkt zijn. Uit de berekeningen blijkt ook dat de fosforbelasting voor maispercelen op natte zandgronden kan toenemen met 5 tot 10%.

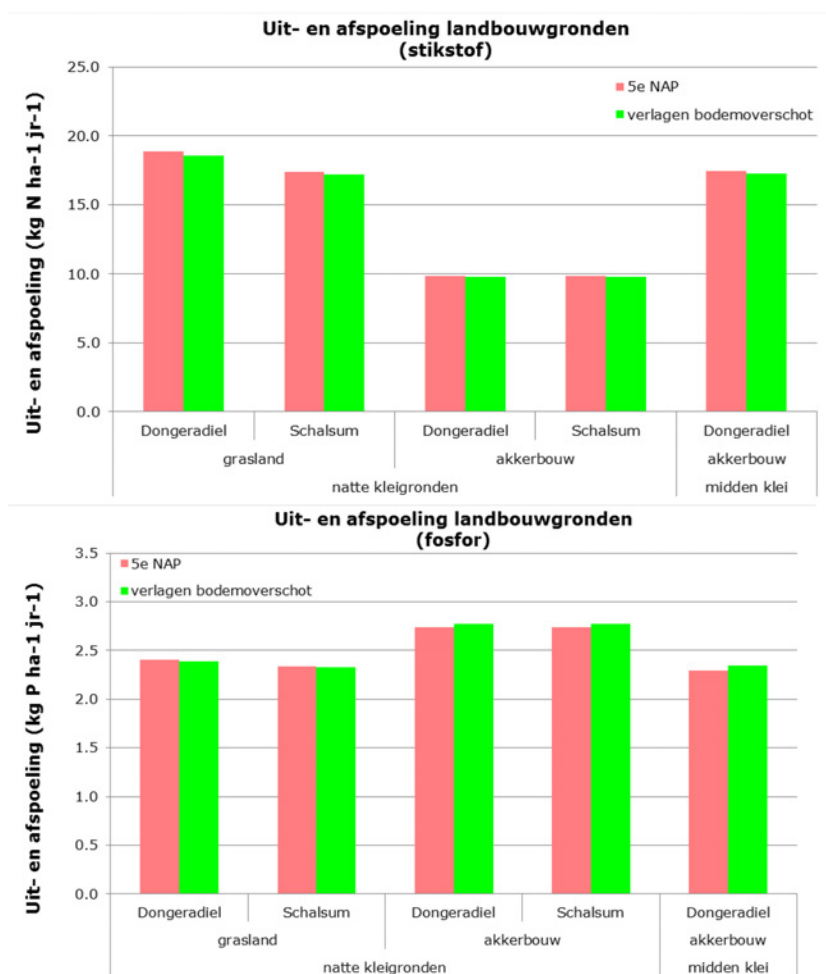
De toename van de fosforbelasting van het oppervlaktewater voor maispercelen kan verklaard worden door 2 factoren:

- op de natte zandgronden leidt de maatregel niet tot een lager P-overschot op de bodembalans. Het effect van het vanggewas is voor deze gronden anders dan voor de gronden met Gt IV en hoger.
- door de maatregel treedt een verschuiving in de verhouding tussen mineraal gebonden P en organische gebonden P. Door de maatregel wordt meer mineraal P aan de bodem onttrokken door het gewas, maar door de verhoging van de gewasproductie blijven ook meer gewasresten in de bodem achter. Deze gewasresten bevatten organisch gebonden fosfor. Door de maatregel neemt de voorraad organisch gebonden P op de natte gronden sterker toe dan matig droge en droge gronden. Een deel van deze extra organisch gebonden P wordt als "opgelost organisch P" met het bodemvocht getransporteerd.

### Kleigebieden

Voor de natte en matig droge kleigronden in de deelgebieden Dongeradiel en Schalsum wordt een lichte afname van de stikstofbelasting naar het oppervlaktewater berekend (figuur 3.2). In de berekeningen heeft de nawerking van het vanggewas een deel van de stikstofleverantie die plaatsvindt vanuit de bodem, vervangen. De stikstofleverantie van kleigronden is veel groter dan van zandgronden. Effecten van een vanggewas op de stikstofleverantie en daarmee op gewasopname en bodemoverschotten zijn voor kleigronden kleiner dan voor zandgronden

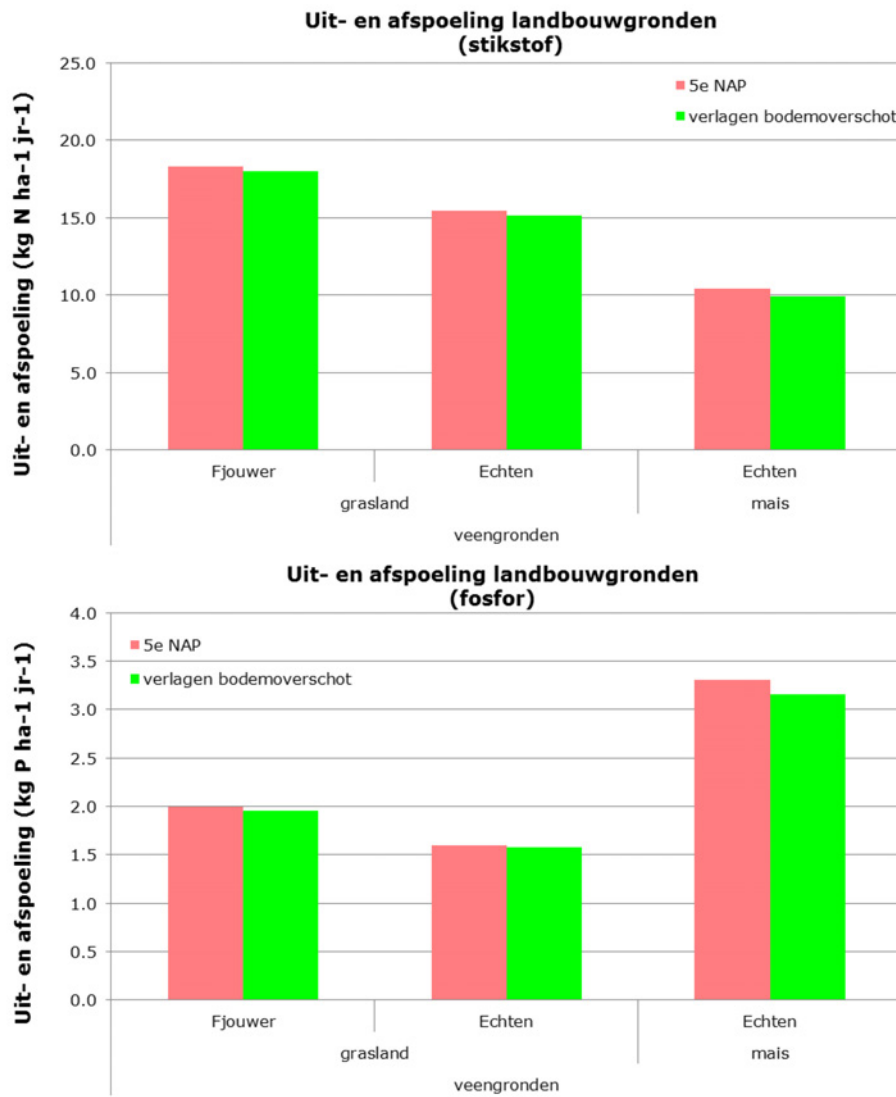
Het effect op kleigronden is beperkter dan voor zandgronden omdat verondersteld is dat de toename van het werkzame deel van dierlijke mest voor zandgronden (5%) groter is dan voor kleigronden (2%, zie tabel 2.3). Voor de fosforbelasting wordt zowel een kleine toename als een kleine afname berekend.



**Figuur 3.2** Effect van de maatregel verlagen bodemoverschot voor de dominante LBG-eenheden voor de kleipolders Dongeradiel en Schalsum.

## Veengebieden

De stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater van graspercelen op veen neemt af met ongeveer 2% doordat de mest wordt toegepast in een periode waarin er minder risico op uit- en afspoeling is en resulteert in een betere benutting van de beschikbare nutriënten. Voor maispercelen (alleen in deelgebied Echten) wordt een afname van ca. 5% berekend (figuur 3.3).



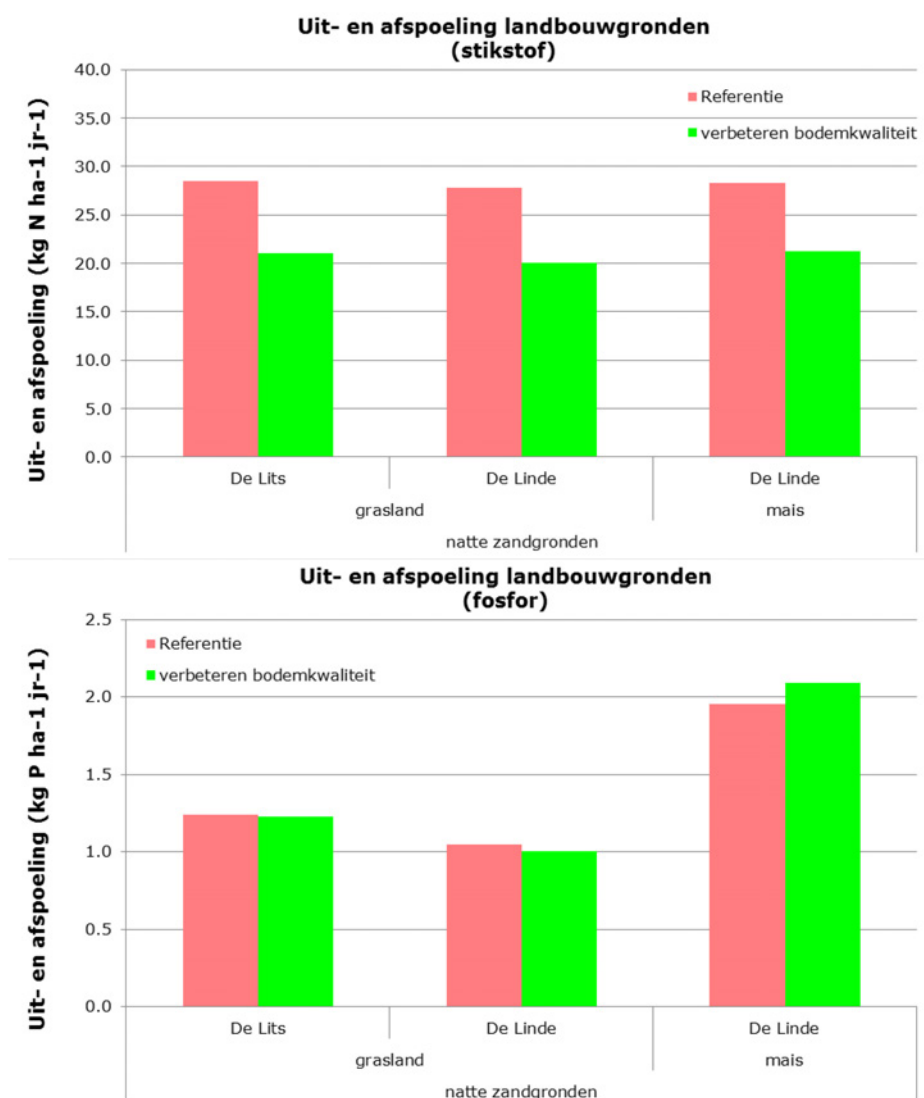
**Figuur 3.3** Effect van de maatregel verlagen bodemoverschot voor de dominante LBG-eenheden voor de veenpolders Fjouwer en Echten.

### 3.3 Verbeteren bodemkwaliteit

Het maatregelenpakket *verbeteren bodemkwaliteit* is toegepast op landbouwgronden met zand en klei voor alle gewassen (akkerbouw, mais en grasland). De maatregel is niet toegepast voor veengronden, omdat deze minder kwetsbaar zijn voor bodemverdichting en de methodiek voor het berekenen van de effecten niet geschikt is voor veengronden.

#### Zandgebieden

Het verbeteren van de bodemkwaliteit heeft een sterk positief effect op de uit- en afspoeling van stikstof uit grasland- en maispercelen op natte zandgronden (afname van ca. 30%, figuur 3.4). Ook de fosforbelasting uit graslandpercelen neemt af, hoewel het effect beperkt is (afname <5%). Voor maispercelen wordt een toename van de fosforbelasting berekend (ca. 7%); dat kan verklaard worden doordat er een verschuiving optreedt in de verhouding mineraal gebonden P en organisch gebonden P. Door de bodemverbeterende maatregelen stijgt het organische stofgehalte iets ten opzichte van de waarde die berekend wordt voor de situatie zonder maatregel. Een klein deel van de extra gebonden organisch P is mobiel en kan met het bodemvocht worden getransporteerd, wat resulteert in een toename van de totale uit- en afspoeling van fosfor.

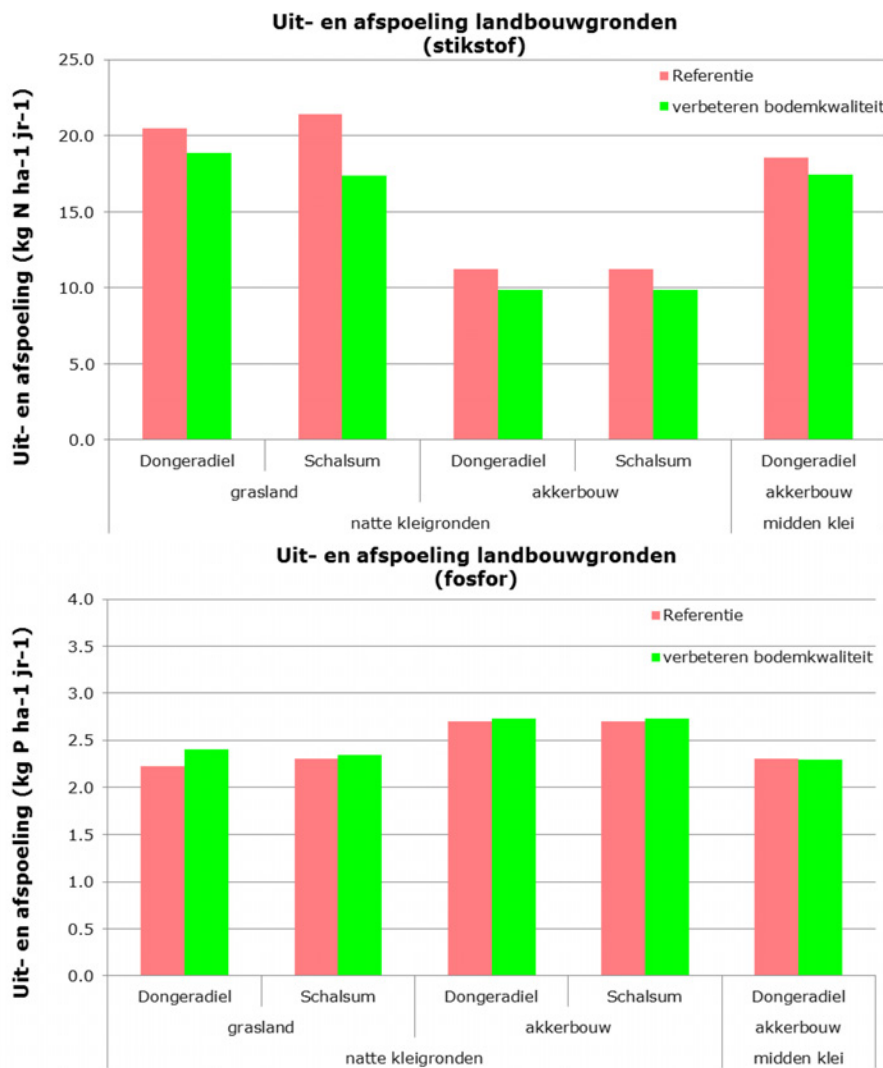


**Figuur 3.4** Effect van de maatregel verbeteren bodemkwaliteit voor de dominante LBG-eenheden voor de zandpolders De Lits en De Linde.

### Kleigebieden

Het verbeteren van de bodemkwaliteit heeft een sterk positief effect op de uit- en afspoeling van stikstof uit grasland- en akkerbouwpercelen voor natte en matige droge kleigronden (figuur 3.5). De afname van de stikstofbelasting ligt tussen de 5 en 20% voor de belangrijkste bodem-gewas-combinaties op de kleigronden. Het maatregelenpakket resulteert echter niet in een afname van de fosforvrucht naar het oppervlaktewater; voor deelgebied Dongeradiel wordt een toename van de fosforvrucht berekend (5 à 10% toename). Het beperkte en/of negatieve effect op de fosforbelasting kan verklaard worden door:

1. In kleigronden is in het algemeen de achtergrondbelasting en ook de totale belasting van P groter dan in zandgronden. Een effect van bijv.  $0.1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$  heeft in zandgronden dan een groter procentueel effect dan in kleigronden.
2. Doordat de natuurlijke bodemvruchtbaarheid van kleigronden groter is dan van zandgronden, hebben bodemverbeterende maatregelen voor kleigronden een kleiner effect op bodemoverschotten dan voor zandgronden.
3. Bodemverbeterende maatregelen resulteren in een verschuiving van de verschillende transportroutes naar het oppervlaktewater. Door een toename van de infiltratiecapaciteit neemt het aandeel van de diepere transportroutes toe. Door de oplading van de ondergrond met fosfaatrijke kwel, kunnen de P-concentraties in de ondergrond hoger zijn dan in de ondiepe ondergrond en resulteert in een toename van de P-belasting naar het oppervlaktewater.



**Figuur 3.5** Effect van de maatregel verlagen bodemoverschot voor de dominante LBG-eenheden voor de kleipolders Dongeradiel en Schalsum.

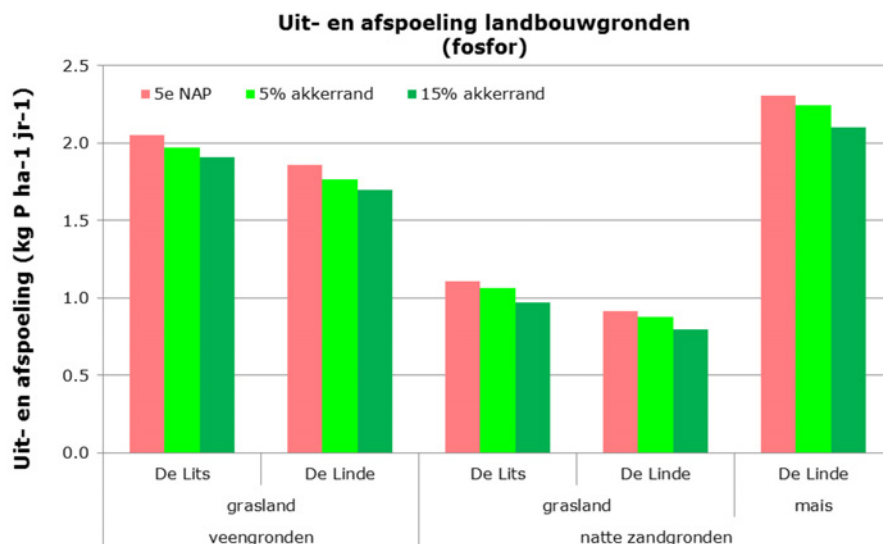
### 3.4 Akkerrandenbeheer

Het maatregelenpakket *verlagen bodemoverschot* is toegepast op de landbouwgronden voor alle grondsoorten (zand, klei, veen) en alle gewassen (akkerbouw, mais en grasland). De maatregel is niet doorgerekend voor percelen met buisdrainage, omdat verwacht wordt dat de maatregel voor percelen met buisdrainage weinig effectief is voor het verlagen van de nutriëntenvracht naar het oppervlaktewater.

Het effect van de maatregel wordt voor een belangrijk deel bepaald door de breedte van de akkerrand. In deze studie is gerekend voor landbouwpercelen met 5% akkerrand en 15% akkerrand. In deze paragraaf worden alleen de resultaten gepresenteerd voor fosfor, het effect op de stikstofbelasting wordt niet weergegeven. In hoofdstuk 5 (discussie) zal hier verder op ingegaan worden.

#### Zandgronden

Het aanleggen van een onbemeste akkerrand resulteert voor de zandgebieden in een afname van de fosforvrucht naar het oppervlaktewater (figuur 3.6). Voor de rekenvariant met 5% akkerrand wordt een afname van de fosforbelasting van bijna 5% berekend, voor een 15% akkerrand varieert het effect tussen 10-15%. Het grootste (relatieve) effect wordt berekend voor grasland op natte zandgronden.



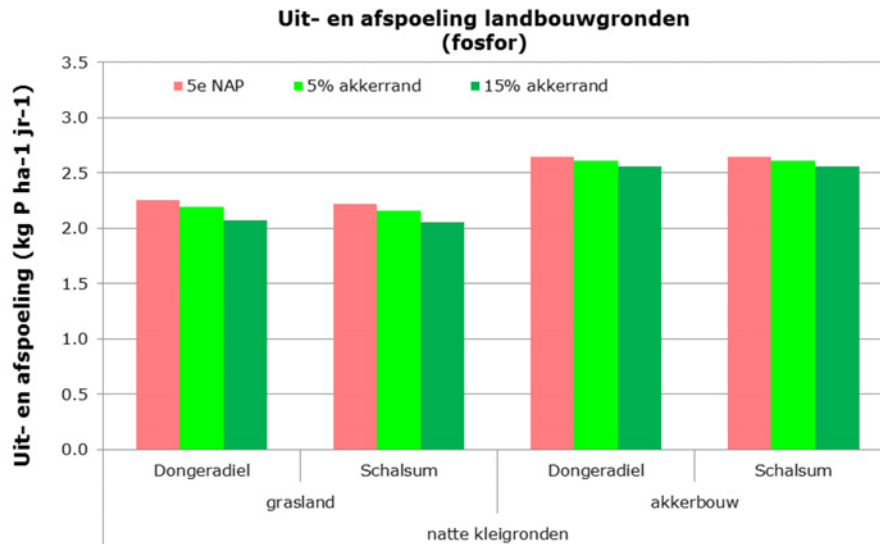
**Figuur 3.6** Effect van de maatregel akkerrandenbeheer voor de dominante MLBG-eenheden voor de zandpolders De Lits en De Linde.

#### Kleigronden

De afname van de fosforbelasting naar het oppervlaktewater voor de kleigebieden is beperkt (afname <5%, figuur 3.7). Alleen voor de variant met 15% akkerrand op grasland wordt een sterkere afname berekend (bijna 10%). De geringe afname van de fosforvrucht kan verklaard worden doordat:

1. Het uitmijnen van opgehoopt fosfaat in de bouwvoor/wortelzone een langdurig proces is. Na 30 jaar uitmijnen is slechts een deel van de aanwezige voorraad door gewassen opgenomen.
2. De achtergrondbelasting door kwel en door nalevering uit diepere bodemlagen in zeekleigronden een relatief grote bijdrage levert aan de belasting van het oppervlaktewater (figuur 2.3).

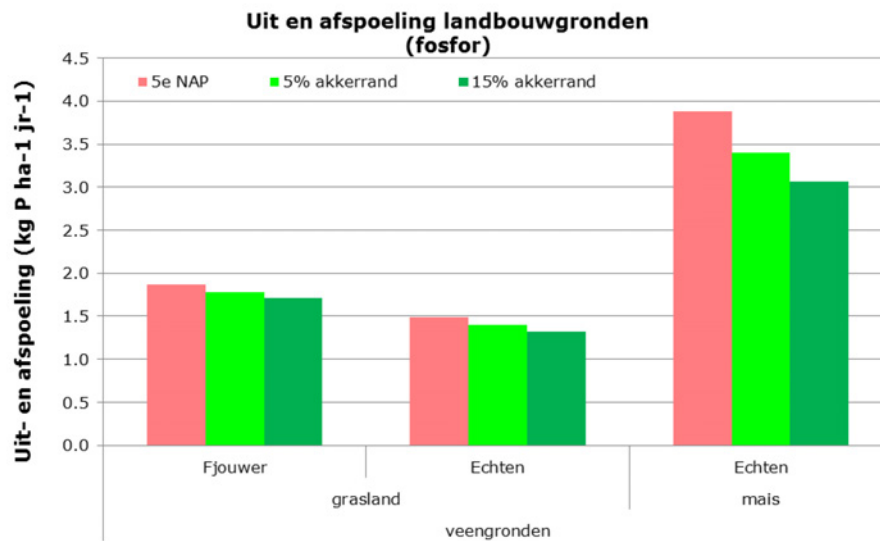




**Figuur 3.7** Effect van de maatregel akkerrandenbeheer voor de dominante MLBG-eenheden voor de kleipolders Dongeradiel en Schalsum.

#### Veengronden

Het toepassen van akkerrandenbeheer op veengronden heeft een sterk positief effect op de fosforbelasting van het oppervlaktewater (figuur 3.8). Voor grasland wordt een afname van 5 tot 10% berekend, afhankelijk van de breedte van de akkerrand. Voor maispercelen wordt een reductie van ca. 10% (variant met 5% akkerrand) tot ruim 20% (variant 15% akkerrand) berekend.



**Figuur 3.8** Effect van de maatregel akkerrandenbeheer voor de dominante MLBG-eenheden voor de veenpolders Fjouwer en mais.

# 4 Effect van maatregelen op de nutriëntenbelasting op gebiedsniveau

In hoofdstuk 3 zijn de effecten van maatregelen beschreven voor de drie maatregelenpakketten op de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouwgronden voor de meest voorkomende situaties (bodem, landgebruik en Gt-klasse) in de zes deelgebieden. Het totale effect van de maatregelenpakketten op de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater, rekening houdend met andere nutriëntenbronnen in het gebied, zijn in hoofdstuk 3 buiten beschouwing gelaten. In dit hoofdstuk worden de effecten van de maatregelenpakketten op de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater op gebiedsniveau weergegeven, rekening houdend met andere bronnen in het gebied.

## 4.1 Toepassingsgebied maatregelenpakketten

In paragraaf 3.2 t/m 3.4 zijn de effecten beschreven voor drie maatregelenpakketten op de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouwgronden voor de meest voorkomende situaties (bodem, landgebruik en Gt-klasse) in de deelgebieden. Uit de resultaten blijkt dat de maatregelenpakketten voor bepaalde combinaties landgebruik, grondsoort en bodemtype tot zowel een afname als een toename van de nutriëntenbelasting kan leiden. Omdat het uiteraard wenselijk is om de maatregelen alleen toe te passen daar waar de maatregelen tot een positief effect kunnen leiden, is maatwerk noodzakelijk.

In deze paragraaf wordt op basis van de modelberekeningen aangegeven in welke situaties (combinaties landgebruik, grondsoort en Gt-klasse) de maatregelenpakketten toegepast kunnen worden.

Hierbij wordt gebruik makend van de volgende klassenindeling:

sterk negatief effect: --  
 negatief effect: -  
 geen/beperkt effect: 0  
 positief effect: +  
 sterk positief effect: ++

### *Verlagen bodemoverschot*

Het verlagen van het bodemoverschot heeft met name een positief tot sterk positief effect op de stikstofbelasting van het oppervlaktewater voor de zand- en veengronden (tabel 4.1). Voor de kleigronden wordt alleen een positief effect berekend voor akkerbouwplots op de droge kleigronden. Het effect van het maatregelenpakket op de fosforbelasting van het oppervlaktewater voor de zandgebieden is negatief tot sterk negatief. Voor de klei- en veengebieden is er geen/beperkt effect.

**Tabel 4.1** Reductie van de stikstofbelasting van het oppervlaktewater voor verschillende combinaties grondsoort en landgebruik voor het verlagen van het bodemoverschot.

Grondsoort	Landgebruik	Nat		Matig droog		Droog	
		N	P	N	P	N	P
Zand	Akkerbouw	+	-	+	-	+	-
	Grasland	+	0	+	0	+	0
	Mais	++	--	++	--	++	--
Klei	Akkerbouw	0	0	0	0	+	0
	Grasland	0	0	0	0	n.v.t.	n.v.t.
	Mais	-	0	-	0	n.v.t.	n.v.t.
Veen	Akkerbouw	+	0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Grasland	0	0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Mais	+	0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Voor het bepalen van de effectiviteit van het maatregelenpakket op de stikstofbelasting van het oppervlaktewater op gebiedsniveau worden de maatregelen alleen toegepast voor de zand- en veengronden, de maatregel wordt niet toegepast op kleigronden. Het maatregelenpakket resulteert voor akkerbouw op droge kleigronden weliswaar tot een afname van de stikstofvracht, maar deze combinatie komt alleen voor in deelgebied Dongeradiel en beslaat slechts 1% van het landbouwareaal.

Het effect van het maatregelenpakket op de fosforbelasting van het oppervlaktewater op gebiedsniveau wordt verder niet gepresenteerd, omdat het maatregelenpakket weinig tot geen effect heeft en voor de zandgronden zelfs tot een toename van de fosforbelasting kan leiden. Voor het verlagen van de P-vracht naar het oppervlaktewater zullen andere type maatregelen moeten worden toegepast.

#### *Verbeteren bodemkwaliteit*

Tabel 4.2 geeft een overzicht van de effectiviteit van het maatregelenpakket *verbeteren bodemkwaliteit* voor het verlagen van de stikstof- en fosforvracht naar het oppervlaktewater voor verschillende combinaties grondsoort, landgebruik en hydrologie. Voor grasland op zand- en kleigronden en voor mais op kleigronden is, naar aanleiding van de rekenresultaten, verder onderscheid gemaakt in bodemfysische eenheid (BFE). Uit de resultaten blijkt namelijk dat het maatregelenpakket voor de verschillende BFE's anders uitpakt. In tabel 4.2 is een overzicht gegeven van de BFE's met bijbehorende omschrijving die in de deelgebieden voorkomen.

**Tabel 4.2** Omschrijving van een aantal bodemfysische eenheden die in het studiegebied voorkomen.

Eenheid	Omschrijving
9	Podzolgrond in zwak lemig, fijn zand
11	Podzolgrond in sterk lemig, fijn zand op keileem of leem
12	Enkeerdgrond in zwak lemig, fijn zand
13	Beekeerdgrond in sterk lemig, fijn zand
15	Homogene zavelgronden
16	Homogene, lichte kleigronden
17	Kleigrond met zware tussenlaag of ondergrond
18	Kleigronden op veen
19	Klei op zandgronden

Het verbeteren van de bodemkwaliteit resulteert voor de meeste bodem-gewascombinaties in een afname van de stikstofvracht naar het oppervlaktewater (tabel 4.3). Alleen voor grasland op bodemfysische eenheid 17 (kleigrond met een zware tussenlaag/ondergrond) en 18 (kleigronden op veen) wordt een sterk negatief effect berekend.

Het verbeteren van de bodemkwaliteit resulteert voor de meeste zandgronden in een afname van de fosforbelasting naar het oppervlaktewater. Alleen voor mais op zandpercelen met BFE 9, 12 en 13 resulteert het maatregelenpakket in een toename van de fosforbelasting.

Voor de kleigronden wordt overwegend een negatief effect berekend, met uitzondering van maispercelen op matig droge kleigronden (BFE 15 en BFE 16).

**Tabel 4.3** Reductie van de stikstofbelasting van het oppervlaktewater voor verschillende combinaties grondsoort en landgebruik voor het maatregelenpakket verbeteren bodemkwaliteit.

Grondsoort	BFE <sup>1)</sup>	Landgebruik	Nat		Matig droog		Droog	
			N	P	N	P	N	P
Zand	9 + 13	Akkerbouw	+	0	+	0	+	+
	9 + 13	Grasland	++	+	++	++	++	++
	11	Grasland	++	0	++	+	++	+
	9 + 12 + 13	Mais	+	-	+	+	++	+
Klei	15 + 16	Akkerbouw	+	0	+	0	+	0
	15 + 16	Grasland	++	0	++	0	n.v.t.	n.v.t.
	17 + 18	Grasland	--	--	-	--	n.v.t.	n.v.t.
	19	Grasland	+	--	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	15 + 16	Mais	++	-	++	+	n.v.t.	n.v.t.
	17	Mais	n.v.t.	n.v.t.	++	-	n.v.t.	n.v.t.

<sup>1)</sup> BFE = bodemfysische eenheid

Voor het bepalen van de effectiviteit van het maatregelenpakket op de stikstofbelasting van het oppervlaktewater op gebiedsniveau worden de maatregelen toegepast voor alle zand- en kleigronden, met uitzondering van de bodemfysische eenheden 17 + 18 voor grasland.

Het effect van het maatregelenpakket op de fosforbelasting van het oppervlaktewater op gebiedsniveau wordt toegepast op alle zandgronden, m.u.v. mais op natte zandgronden. De maatregel wordt niet toegepast voor de kleigronden. Voor de combinatie mais op matig droge kleigrond (BFE15 en 16) wordt weliswaar een positief effect berekend, maar deze combinatie komt alleen voor in de deelgebieden Schalsum en Dongeradiel met een landbouwareaal van respectievelijk 0,3 en 1,6%.

#### Akkerrandenbeheer

Het effect van akkerrandenbeheer op de nutriëntenbelasting is in beeld gebracht voor twee varianten (5% en 15% akkerrand), tabel 4.4 geeft het kwalitatieve effect op de fosforbelasting weer. De variant met 5% akkerrand resulteert met name voor de veengronden en voor grasland op zandgronden tot een afname van de fosforvrucht naar het oppervlaktewater. Wanneer de akkerrand wordt verbreed tot 15% van het perceel wordt voor bijna alle combinaties landgebruik, grondsoort en hydrologie een positief tot sterk positief effect berekend. Voor geen van de combinaties wordt een negatief effect berekend.

**Tabel 4.4** Reductie van de stikstofbelasting van het oppervlaktewater voor verschillende combinaties grondsoort en landgebruik voor de maatregel akkerrandenbeheer met een akkerrandbreedte van 5% en 15%.

Grondsoort	Landgebruik	Nat		Matig droog		Droog	
		5%	15%	5%	15%	5%	15%
Zand	Akkerbouw	0	+	0	+	0	+
	Grasland	+	+	0	+	+	+
	Mais	0	+	0	+	0	+
Klei	Akkerbouw	0	0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Grasland	0	+	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Mais	0	+	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Veen	Akkerbouw	+	++	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Grasland	+	+	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Mais	+	++	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

### Areaal toepassingsgebied

Tabel 4.5 geeft een overzicht van het areaal waar de maatregelen worden toegepast. Het areaal is uitgedrukt t.o.v. het totale landbouwareaal en t.o.v. het totale areaal van het deelgebied (tussen haakjes).

**Tabel 4.5** Percentage van het landbouwareaal waar maatregelen worden toegepast t.o.v. het totale landbouwareaal en het totale oppervlak (tussen haakjes) van de deelgebieden.

Maatregel	Zandgebieden		Kleigebieden		Veengebieden	
	De Lits	De Linde	Dongeradiel	Schalsum	Fjouwer	Echten
Verlagen bodemoverschot (N)	100% (96%)	98% (78%)	<1% (<1%)	-	100% (90%)	90% (87%)
Verbeteren bodemkwaliteit (N)	70% (67%)	69% (55%)	81% (79%)	100% (99%)	13% (11%)	1,8% (1,8%)
Verbeteren bodemkwaliteit (P)	67% (64%)	57% (46%)	-	-	10% (9%)	<1% (<1%)
Akkerrandenbeheer (P)	100% (96%)	100% (80%)	100% (98%)	100% (99%)	100% (90%)	100% (96%)

Het verlagen van het bodemoverschot voor het verlagen van de stikstofvracht naar het oppervlaktewater wordt in de zand- en veengebieden op 90 tot 100% van het totale landbouwareaal toegepast, in de kleigebieden wordt de maatregel niet of zeer beperkt (<1%) toegepast.

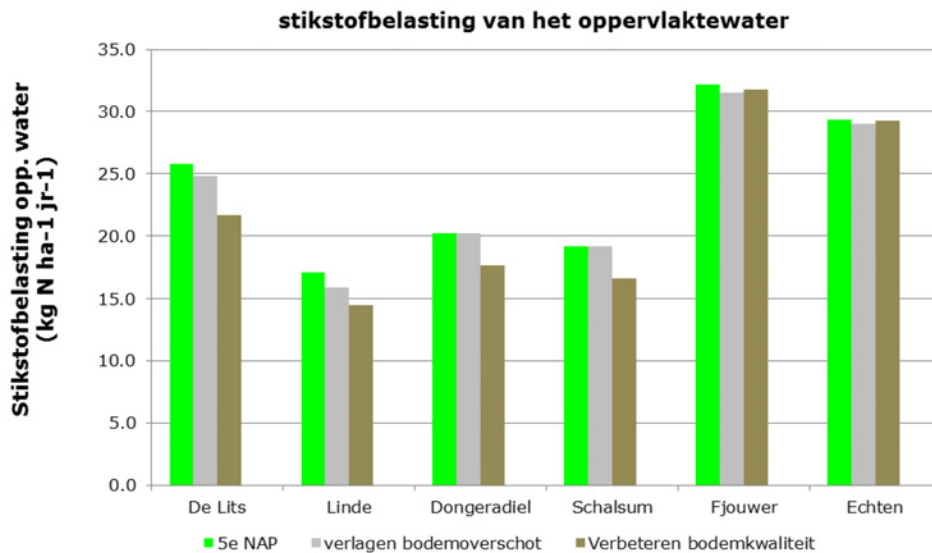
Voor het maatregelenpakket *verbeteren bodemkwaliteit* is er een duidelijk verschil tussen stikstof en fosfor. Voor het verlagen van de stikstofvracht naar het oppervlaktewater wordt het maatregelenpakket met name toegepast in de kleigebieden (>80%) en zandgebieden (ca. 70%). Het verbeteren van de bodemkwaliteit in kleigronden is niet effectief voor het verlagen van de fosforvracht naar het oppervlaktewater en wordt in de kleigronden niet toegepast, in de zandgebieden ligt het percentage tussen 55 en 70%. Het lage percentage voor de veengebieden (max. 13%) kan verklaard worden doordat op voorhand is aangegeven dat de maatregel niet is doorgerekend voor veengronden.

Akkerrandenbeheer wordt toegepast op alle landbouwgronden.

## 4.2 Effect van maatregelen op de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater

### Stikstof

Voor het verlagen van de stikstofvracht naar het oppervlaktewater is het maatregelenpakket *verlagen bodemoverschot* en *verbeteren bodemkwaliteit* relevant (figuur 4.1). De verschillen in effectiviteit kunnen voor een belangrijk deel verklaard worden door het toepassingsgebied (zie tabel 4.5), waardoor de effecten van maatregelen op de stikstofbelasting van het oppervlaktewater niet zonder meer met elkaar vergeleken kunnen worden.

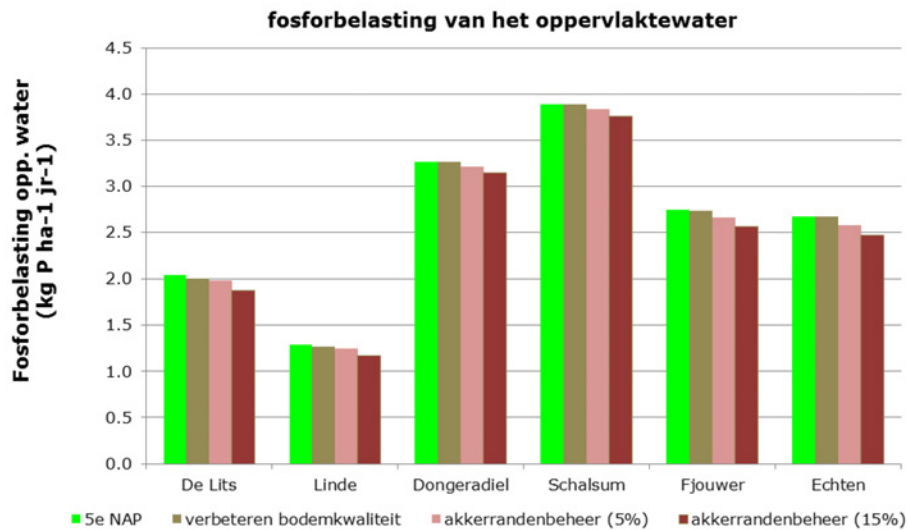


**Figuur 4.1** Effecten van de maatregelenpakketten op de stikstofbelasting (kg N ha<sup>-1</sup>) van het oppervlaktewater voor de zes polders in het beheergebied van Wetterskip Fryslân.

Het toepassen van het maatregelenpakket *verbeteren bodemkwaliteit* resulteert in de zand- en kleigebieden, rekening houdend met alle bronnen in het gebied, in een afname van de stikstofvracht naar het oppervlaktewater van 10-20%, voor de veengebieden is het effect kleiner (<5%) en dat kan verklaard worden door het beperkte areaal waarop de maatregel wordt toegepast. Het maatregelenpakket *verlagen bodemoverschot* resulteert in een afname van de stikstofbelasting van het oppervlaktewater van 0-10%.

### Fosfor

Het effect van het verbeteren van de bodemkwaliteit en het aanleggen van akkerranden op de fosforbelasting van het oppervlaktewater op gebiedsniveau is weergegeven in figuur 4.2. De verschillen in effectiviteit kunnen voor een belangrijk deel verklaard worden door het toepassingsgebied (zie tabel 4.4), waardoor de maatregelen niet zonder meer met elkaar vergeleken kunnen worden.



**Figuur 4.2** Effecten van de maatregelenpakketten op de fosforbelasting ( $\text{kg P ha}^{-1}$ ) van het oppervlaktewater voor de zes polders in het beheergebied van Wetterskip Fryslân.

Het effect van het verbeteren van de bodemkwaliteit op de fosforbelasting van het oppervlaktewater is beperkt (<5%). Dit heeft voor een belangrijk deel te maken met het beperkte areaal waar de maatregel een positief effect beoogt.

Het aanleggen van een akkerrand resulteert in een afname van de fosforvrucht naar het oppervlaktewater tussen 0 en 10%, afhankelijk van de breedte van de akkerrand.

---

# 5 Conclusie en discussie

## 5.1 Conclusies

Doel van het onderzoek was het kwantificeren van het effect van een aantal maatregelen/ maatregelenpakketten op de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater voor zes polders in het beheergebied van Wetterskip Fryslân. Onderstaande conclusies zijn geformuleerd aan de hand van bevindingen uit de workshop en de resultaten uit de modelberekeningen in dit onderzoek.

1. *Welke maatregelen worden volgens de deelnemers van de workshop kansrijk geacht voor het verlagen van de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater?*

Voor het verlagen van de nutriëntenbelasting naar het oppervlaktewater zijn verschillende maatregelen mogelijk die aangrijpen op verschillende plekken in het bodem-watersysteem. In een workshop met medewerkers van Wetterskip Fryslân, DAW-coördinatoren, Wageningen Environmental Research (WEnR) en andere belanghebbenden is een keuze gemaakt voor maatregelen/maatregelenpakketten die in deze studie doorgerekend zouden kunnen worden.

Maatregelen die als het kansrijkst werden gezien, zijn o.a.:

- sluiten van kringlopen
- op maat bemesten (dosering, moment en plaats)
- verhogen infiltratiecapaciteit
- verbeteren bodemstructuur
- zorgen voor goede productieomstandigheden/groeioptimalisatie
- akkerranden, FAB-randen (ook weilanden)

2. *Wat zijn de effecten van de maatregelenpakketten op de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater uit landbouwpercelen?*

De 'kansrijke' maatregelen uit de workshop zijn voor dit onderzoek samengevat in drie maatregelenpakketten: 1) verlagen van het bodemoverschot door het sluiten van kringlopen: bemestingen op maat en telen van een vanggewas; 2) verbeteren bodemkwaliteit voor betere productieomstandigheden door het verhogen infiltratiecapaciteit, verbeteren bodemstructuur en verhogen organische stofgehalten; 3) het aanleg van akkerranden, FAB-randen (Functionele AgroBiodiversiteit).

Het maatregelenpakket verlagen bodemoverschot is doorgerekend voor alle grondsoorten (zand, klei en veen) en resulteert voor de meeste landbouwgronden in een afname van de stikstofvracht naar het oppervlaktewater. Dit geldt met name voor de zandgronden (5-20%) en in mindere mate voor veengronden (0-5%). Voor de kleigronden is het effect op de stikstofbelasting beperkt en kan in een aantal gevallen tot een toename van de stikstofvracht leiden. Voor het verlagen van de fosforvracht naar het oppervlaktewater is het maatregelenpakket niet effectief en kan in een aantal specifieke situaties (mais op nat zand) tot een toename van de fosforvracht leiden.

Het maatregelenpakket verbeteren bodemkwaliteit is niet doorgerekend voor de veengronden, omdat 1) de wijze waarop het maatregelenpakket wordt berekend niet geschikt is voor veengronden en 2) het aangenomen is dat veengronden niet/minder gevoelig zijn voor bodemverdichting. Berekend is dat maatregelen voor het verbeteren van de bodemkwaliteit tot een (sterke) afname van de stikstofvracht naar het oppervlaktewater leidt voor landbouwpercelen (ca. 30% voor zandgronden en 5-20% voor kleigronden). Uitzondering is een aantal specifieke kleigronden waar een toename van de stikstofbelasting van het oppervlaktewater wordt berekend. Het verbeteren van de bodemkwaliteit resulteert op de matig droge en droge zandgronden in een verlaging van de fosforvracht naar het oppervlaktewater. Hierbij dient echter opgemerkt te worden dat dit type gronden beperkt voorkomt in de zes polders.

Voor natte zandgronden en de kleigronden is het effect beperkt of zelfs negatief (toename van de fosforvracht naar het oppervlaktewater).



---

Het effect van het akkerrandenbeheer is voor een belangrijk deel afhankelijk van de breedte van de akkerrand. In deze studie zijn twee varianten doorgerekend: 5% akkerrand en 15% akkerrand. Uit de berekening blijkt dat de variant met 5% akkerrand tot een afname van de fosforvracht leidt met 0-10%. Wanneer uitgegaan wordt van de variant met 15% akkerrand wordt voor bijna alle combinaties grondsoort-landgebruik-hydrologie een positief tot sterk positief effect berekend (10-20%).

3. *In welke situaties (bodemtypen, landgebruik, hydrologie) kunnen de maatregelenpakketten ingezet worden om de stikstof- en fosforbelasting naar het oppervlaktewater te verlagen?*

Het effect van de maatregelenpakketten verlagen bodemoverschot en verbeteren bodemkwaliteit is zowel voor de stikstofbelasting als voor de fosforbelasting van het oppervlaktewater in beeld gebracht. Voor akkerranden is alleen het effect op de fosforbelasting van het oppervlaktewater bepaald.

#### Stikstof

De maatregelenpakketten verlagen bodemoverschot en verbeteren bodemkwaliteit kunnen effectief ingezet worden voor het verlagen van de stikstofvracht naar het oppervlaktewater uit landbouwpercelen op de (natte) zandgronden.

Voor veengronden resulteert het toepassen van het maatregelenpakket verlagen bodemoverschot ook tot een verlaging van de stikstofvracht, voor kleigronden levert de maatregel verlagen bodemoverschot weinig tot niets op (voor mais op klei wordt zelfs een toename berekend).

In tegenstelling tot het verlagen van het bodemoverschot kunnen bodemverbeterende maatregelen op kleigronden wel resulteren in een afname van de stikstofvracht. Een uitzondering hierop zijn kleigronden met een zware tussenlaag/ondergrond (bodemfysische eenheid (BFE 17) en kleigronden op veen (BFE 18)).

#### Fosfor

Voor het verlagen van de fosforvracht naar het oppervlaktewater is in feite alleen het aanleggen van akkerranden effectief. De maatregelenpakketten verlagen bodemoverschot en verbeteren bodemkwaliteit resulteren over het algemeen in een toename van de fosforvracht. Uitzondering hierop zijn de drogere zandgronden, in het beheergebied van Wetterskip Fryslân is het areaal met drogere gronden echter beperkt.

4. *Wat is het effect van de maatregelenpakketten/maatregelen op de totale stikstof- en fosforbelasting naar het oppervlaktewater voor de zes polders wanneer de maatregelen alleen daar worden toegepast waar ze effectief zijn en/of alle bronnen in ogenschouw worden genomen?*

#### Stikstof

Het toepassen van het maatregelenpakket verlagen bodemoverschot resulteert in een afname van de stikstofbelasting naar het oppervlaktewater met 0-10%, het grootste effect wordt berekend voor de zandgebieden (polders De Lits en De Linde). De bodemverbeterende maatregelen resulteren in een beperkte afname in de veengebieden (<5%) tot een sterke afname van 10-20% voor de zand- en kleigebieden. De lagere effectiviteit in de veengebieden kan verklaard worden doordat de bodemverbeterende maatregelen alleen zijn doorgerekend voor de zand- en kleigronden, het areaal zand en klei in de veengebieden is echter beperkt (< 1% in polder Echten en ca. 10% in polder Fjouwer).

#### Fosfor

Het effect van bodemverbeterende maatregelen op de totale fosforbelasting van het oppervlaktewater is beperkt (< 2%). Het aanleggen van akkerranden resulteert in een afname van de fosforvracht tussen de 0-5% (variant met 5% akkerrand) en tussen 5-10% (variant met 15% akkerrand).

---

## 5.2 Relatie met andere studies

### 5.2.1 Herkomst / stuurbaarheid bronnen

Voorafgaande aan het onderzoek dat is beschreven in deze rapportage is de herkomst (bronnen) van de nutriënten voor de zes polders in beeld gebracht (Van Boekel et al. 2016). Uit de herkomstanalyse blijkt dat bemesting (actueel en historisch), inlaatwater en nalevering uit landbouwgronden de belangrijkste bronnen zijn. Deze bronnen zijn vervolgens ingedeeld naar beïnvloedbaarheid (direct effect of op korte/ lange termijn effect) en niet beïnvloedbaar (Schipper et al. 2012).

De bronnen actuele bemesting en nalevering landbouwbodems zijn toebedeeld aan de categorie 'beïnvloedbaar, korte en lange termijn' en dragen, afhankelijk van het type gebied, voor 40% tot 70% bij aan de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater. Hiermee wordt de verwachting gewekt dat maatregelen die aangrijpen op deze bronnen tot een (zeer) sterke afname van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater kunnen resulteren. Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt echter dat het effect van de maatregelenpakketten op de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater beduidend lager zijn (0-20% voor stikstof en 0-10% voor fosfor) dan de bijdrage van bovengenoemde bronnen.

Een belangrijke verklaring voor dit verschil is dat de mestgiften voor de maatregelenpakketten *verbeteren bodemkwaliteit* en *verlagen bodemoverschot* (bijna) niet veranderen. Voor het berekenen van het effect van een verbeterde bodemkwaliteit is gerekend met gelijkblijvende mestgiften (zowel voor N als voor P) en voor het maatregelenpakket *verlagen bodemoverschot door verhogen benutting* is gerekend met gelijkblijvende dierlijke mestgiften en is alleen een deel van de N-kunstmest achterwege gelaten. De aanvoer van nutriënten blijft hierdoor vrijwel gelijk. Voor de maatregel *akkerlandenbeheer* wordt de mestgift wel verlaagd (hoeveelheid is afhankelijk van de breedte). Uit de resultaten voor fosfor blijkt dat de maatregel resulteert in een afname van 0-10%.

Een andere verklaring voor het verschil tussen de bijdrage van deze bronnen en het effect op de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater heeft te maken met het toepassingsgebied waarop de maatregelen worden toegepast. Niet alle maatregelen worden op alle landbouwgronden toegepast (zie tabel 4.5). Het effect van de maatregel op de stikstof- en fosforbelasting heeft betrekking op een deel van het totale landbouwareaal, terwijl de bijdrage van de bronnen is afgeleid voor het totale landbouwareaal.

### 5.2.2 Landbouw en KRW-opgave voor nutriënten in regionale wateren

In de studie van Groenendijk et al., 2016 is op het niveau van waterschappen een landbouwopgave vastgesteld voor het realiseren van de gewenste stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater van de Kaderrichtlijn Water. Het beheergebied van Wetterskip Fryslân is hierin ingedeeld in 10 deelgebieden (inclusief de vier Waddeneilanden en het boezemsysteem) op basis van de dominante grondsoort. De landbouwopgave is per deelgebied vastgesteld op basis de procentuele normoverschrijding van de N- en P-concentraties in het regionale oppervlaktewater, gecombineerd met de verdeling van bronnen van stikstof en fosfor in het oppervlaktewater.

Uit dat onderzoek blijkt dat voor het realiseren van gewenste N- en P-concentraties een reductie van de uit- en afspoeling van stikstof nodig is van 1,5–2,4 kg ha<sup>-1</sup> jr<sup>-1</sup> en voor fosfor van 0,11–0,21 kg ha<sup>-1</sup> jr<sup>-1</sup>. Dit komt overeen met een procentuele reductie van de uit- en afspoeling van 8–14% voor stikstof en van 6–13% voor fosfor. Wanneer deze percentages vergeleken worden met de effecten van maatregelen op de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor (hoofdstuk 3) valt op deze min of meer dezelfde orde van grootte hebben. Of het doelbereik met het nemen van bovenstaande maatregelen gerealiseerd kan worden is niet verder uitgezocht en kan op basis van deze studie niet zondermeer vastgesteld worden. Dit heeft voor een deel te maken met de verschillen tussen het schaalniveau waarop de effecten van maatregelen in deze studie zijn vastgesteld (6 polders) en het schaalniveau waarop de landbouwopgave (10 deelgebieden) in de studie van Groenendijk et al., 2016 zijn vastgesteld.

---

## 5.3 Discussiepunten

### 5.3.1 Effecten van maatregelen

De effecten van maatregelen op de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater zijn berekend met SWAP-ANIMO. De wijze waarop de maatregelenpakketten *verlagen bodemoverschot* en *verbeteren bodemkwaliteit* zijn doorgerekend, komen in grote lijnen overeen met de wijze waarop maatregelen zijn doorgerekend in de landelijke studie waarin de bijdrage van de landbouw aan de KRW-opgave in beeld is gebracht (Groenendijk et al. 2016). De discussiepunten die genoemd zijn in die rapportage zijn hierdoor ook van toepassing voor deze studie. In deze paragraaf worden de belangrijkste discussiepunten benoemd; voor een uitgebreide beschrijving van de discussiepunten met betrekking tot deze maatregelen wordt verwezen naar Alterra-rapport 2749.

#### **Verlagen bodemoverschot**

Het maatregelenpakket *verlagen bodemoverschot* is met name gericht op het verlagen van de stikstofvracht naar het oppervlaktewater als gevolg van een verbeterde plaatsing en timing van bemesting en is toegepast zowel voor de akkerbouw als voor de melkveehouderij.

Het verlagen van de stikstofvracht naar het oppervlaktewater voor de akkerbouw wordt gerealiseerd door scherp te sturen op de kwaliteit en de hoeveelheid dierlijke mest, het tijdstip van bemesting en de optimale inzet vanggewassen waar geen of minder N-kunstmest kan worden toegekend.

Belangrijke aandachtspunten zijn:

- er is geen rekening gehouden met een (gedeeltelijke) vervanging van rundermest door varkensmest op akkerbouwgronden;
- het effect van de werking van vanggewassen is optimistisch geschat. In de praktijk hangt het van lokale omstandigheden af of vanggewassen erin slagen een substantieel deel van de N-rest na het groeiseizoen vast te houden.

Wanneer bovenstaande aspecten zouden zijn meegenomen in de berekeningen is de verwachting dat het eerste aspect (vervanging rundermest door varkensmest) zal resulteren in lagere verliezen van stikstof na het groeiseizoen doordat varkensmest beter te sturen is dan rundermest door de hogere kortetermijnwerking. Het meenemen van het tweede aspect (effect vanggewassen) zal mogelijk in hogere verliezen resulteren. In hoeverre beide aspecten elkaar opheffen, is niet verder onderzocht.

Het effect van de maatregel voor het verlagen van stikstofbelasting voor de melkveehouderij is geïmplementeerd door het vergroten van de mestopslagcapaciteit waardoor geen mest in het vroege voorjaar en meer mest vlak voor het groeiseizoen kan worden uitgereden. Door een betere benutting van de dierlijke mest kan gekort worden op de N-kunstmestgift. Hierbij is echter geen rekening gehouden met de specifieke weersomstandigheden in een bepaald jaar, waardoor de uitrijdtijdstippen in alle jaren gelijk is gehouden. Wanneer rekening kan worden gehouden met de specifieke weersomstandigheden (meteo-specifieke bemesting) wordt een groter effect verwacht dan in deze studie (en de landelijke studie van Groenendijk et al. 2016) is berekend.

In de studie van Groenendijk et al. is verder aangegeven dat:

- het uiteindelijke effect een resultante is van verschillende processen en afhankelijk van subtiële verschuivingen in processnelheden;
- het effect in de praktijk berust op maatwerk;
- de specifieke veldomstandigheden die de succes- en faalfactoren bepalen, zijn moeilijk in rekenmodellen op te nemen.

---

## Verbeteren bodemkwaliteit

### Stikstof

De effecten van het maatregelenpakket *verbeteren bodemkwaliteit* op de stikstofbelasting van het oppervlaktewater, zoals berekend in deze studie, kunnen worden beschouwd als wat potentieel haalbaar zou kunnen zijn. In de praktijk zullen de omstandigheden namelijk minder optimaal zijn dan in de berekeningen is verondersteld en zal het effect kleiner zijn.

### Fosfor

Bodemverbeterende maatregelen kunnen zowel een positief als negatief effect hebben op de fosforbelasting van het oppervlaktewater. Voor de nattere gronden is het effect beperkt en kan zelfs resulteren in een toename van de fosforbelasting van het oppervlaktewater. Voor de drogere (zand)gronden wordt een positief effect berekend.

Voor het berekenen van het effect van bodemverbetering op de P-uitspoeling is in deze studie de verbetering van de maaiveldligging niet meegenomen. In de modelberekeningen met SWAP/ANIMO is het moeilijk om processen die verantwoordelijk zijn voor oppervlakkige afspoeling correct te berekenen. Ondiepe en oppervlakkige transportprocessen zijn moeilijk te kwantificeren en er zijn weinig meetgegevens over de P-uitspoeling uit veldexperimenten beschikbaar. Ook vindt de oppervlakkige afstroming meestal plaats op een beperkt deel van het perceel en is het moeilijk om dit op te schalen naar een perceel of naar gebieden. In het rapport van Groenendijk et al. 2016 is aangegeven wat hiervoor nodig is:

- een kleinere rekentijdstep in het hydrologisch model, zodat het effect van hevige regenbuien in de zomer goed wordt berekend;
- een beschrijving van het maaiveld waarin recht wordt gedaan aan de helling en ruwheid.

In het model wordt ervan uitgegaan dat het maaiveld al 'ideaal' is, de effecten van maaiveldmaatregelen op de nutriëntenbelasting naar het oppervlaktewater worden onderschat. Op basis hiervan is de verwachting dat het effect van een verbeterende bodemkwaliteit waarbij de conditie van het maaiveld wordt verbeterd, tot grotere positieve effecten zullen leiden dan de modeluitkomsten in deze studie.

### Akkerrandenbeheer

Voor akkerrandenbeheer zijn in deze studie twee varianten doorgerekend (5% akkerrand en 15% akkerrand). Bij deze maatregel kunnen de volgende opmerkingen/vragen worden geplaatst:

- 15% perceeloppervlak wordt in de praktijk als niet realistisch beschouwd. Deze optie is dan met name ook doorgerekend om het effect van een "stevige" maatregel neer te zetten en daarmee een indicatie van hetgeen in een uiterste situatie bereikt zou kunnen worden.
- Invulling in de praktijk: wordt in het geval van grasland alleen gemaaid of vindt er ook beweiding plaats? Indien er sprake is van beweiding, moet voor de 'onbemeste' strook ook de aanvoer van weidemest worden ingerekend. In deze studie is hiermee geen rekening gehouden.
- Kan de agrariër de onbenutte plaatsingsruimte elders gebruiken (centrale deel van perceel)?
- In deze studie is met een 'best case'-situatie gerekend. Dit houdt in dat aangenomen wordt dat de plaatsingsruimte niet benut wordt en in feite het maximale effect van de maatregel is berekend. Als de 5% of 15% stalmest op het centrale deel van het perceel wordt aangewend, zal dit leiden tot een kleiner effect.

---

# Literatuur

- Boekel, E.M.P.M., P. Groenendijk en L.V. Renaud, 2016. *Bronnen van nutriënten in het oppervlaktewater in het beheergebied van Wetterskip Fryslân; Studie naar de herkomst en beïnvloedbaarheid van stikstof en fosfor in het oppervlaktewater voor zes polders in het beheergebied van Wetterskip Fryslân*. Wageningen Environmental Research, Wageningen. Wageningen Environmental Research rapport 2727.
- Boekel, E.M.P.M., Smit, A.A.M.F.R., Mulder, H.M., Groenendijk P., 2013. *afleiden regionale uit- en afspoelingscijfers voor stikstof en fosfor (herschikkingsprocedure)*. Wageningen, Alterra.
- Gaalen, F. van et al., 2016. *Waterkwaliteit nu en in de toekomst: Eindrapportage ex ante evaluatie van de Nederlandse plannen voor de Kaderrichtlijn Water*. Den Haag: PBL.
- Gaast, J.W.J. van der, H.T.L. Massop, H.R.J. Vroon en I.G. Staritsky, 2006. *Hydrologie op basis van karteerbare kenmerken*. Wageningen, Alterra-rapport 1339.
- Groenendijk, P., E. van Boekel, L. Renaud, A. Greijdanus, R. Michels en T. de Koeijer, 2016. *Het aandeel van landbouw in de KRW-opgave voor nutriënten in regionale wateren en effecten van maatregelen. Vermindering van de uit- en afspoeling en kosten van maatregelen*. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research Centre), Alterra-rapport 2749.
- Groenendijk, P., L. Renaud, H. Luesink, P.W. Blokland & T. de Koeijer, 2015. *Gevolgen van mestnormen volgens het 5<sup>e</sup> Actieprogramma voor nitraat en N- en P-belasting van het oppervlaktewater*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2647.
- Groenendijk, P., L.V. Renaud., E.M.P.M. van Boekel, C. van der Salm en O.F. Schoumans, 2013. *Vorbereiding STONE 2.4 op berekeningen voor de Evaluatie Meststoffenwet 2012*. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport 2462.
- Groenendijk, P., R.F.A. Hendriks, F.J.E. van der Bolt, H.M. Mulder, 2012. *Bronnen van diffuse nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater. Evaluatie Meststoffenwet 2012: deelrapport ex post*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2328.
- Hahn, S., S. Bauer en M. Klaassen, 2007. Quantification of allochthonous nutrient input into freshwater bodies by herbivorous waterbirds. *Freshwater Biology* 53, 181 – 193.
- Hahn, S., S. Bauer en M. Klaassen, 2008. Estimating the contribution of carnivorous waterbirds to nutrient loading in freshwater habitats. *Freshwater Biology* 52, 2421 – 2433.
- Kroes, J.G.; Dam, J.C. van; Groenendijk, P.; Hendriks, R.F.A.; Jacobs, C.M.J. - \ 2008. *SWAP-version 3.2. Theory description and user manual*. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport 1649.
- Noij, G.J., Corré W, van Boekel E, Oosterom H, van Middelkoop J, van Dijk W, Clevering O, Renaud L & van Bakel J., 2008a. Kosteneffectiviteit van alternatieve matregelen voor bufferstroken in Nederland. Effectiveness of buffer strips publication series 6. Alterra-rapport 1618.
- Noij, I.G.A.M., M. Heinen and P. Groenendijk, 2012. Effectiveness of non-fertilized buffer strips in the Netherlands. Final report of a combined field, model and cost-effectiveness study. Wageningen, Alterra Wageningen UR. Alterra report 2290.
- Renaud, L.V., Roelsma, J. and Groenendijk P., 2006. *User's guide of the ANIMO 4.0 nutrient leaching model*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 224.
- Rip, W. en S. Schep, 2010. Spelen watervogels een rol in de fosfaatbelasting van meren?. Lezing door Winnie Rip en Sebastiaan Schep. Helpdesk Water. <https://www.helpdeskwater.nl/publish/pages/24812/winnie-rip-ea-spelen-watervogels-een-rol-inde-fosfaat-belasting.pdf>
- Rozemeijer, J.C., 2015. Nutriëntenvrachten vanuit zes stroomgebieden in Wetterskip Fryslân voor 2011 t/m 2013. Deltares-rapport 1209597-000-BGS-0003.
- Salm, C. van der, P. Groenendijk, R. Hendriks, L. Renaud & H. Massop, 2015. *Opties voor benutten van de bodem voor schoon oppervlaktewater*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2588.
- Schipper, P., P. Groenendijk, N. van Eekeren, M. van Zanen, J. Rozemeijer, G. Jansen en B. Swart, 2015. *Goede grond voor een duurzaam watersysteem. Verdere verkenningen in de relatie tussen agrarisch bodembeheer, bodemkwaliteit en waterhuishouding*. STOWA rapport 2015-19, Amersfoort.

- 
- Schipper, P.N.M., O.F. Schoumans, P. Groenendijk, E.M.P.M. van Boekel, 2012. *Nutriëntenbelasting oppervlaktewater; Herkomst en bijdrage landelijk gebied; Notitie ter ondersteuning KRW-Rijn West aanpak Nutriënten*. Wageningen. Alterra.
- Vries, F. de; Mol, G. ; Hack-ten Broeke, M.J.D.; Heuvelink, G.B.M.; Brouwer, F., 2008. *Het Bodemkundig Informatie Systeem van Alterra: overzicht van het gebruik en wensen voor verbetering van de informatie*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1709.

# Bijlage 1 Bronnen in de Emissieregistratie

**Tabel B1.1** Indeling van bronnen in de Emissieregistratie aan de doelgroep, subdoelgroep en de indeling die in de ECHO-methodiek wordt toegepast.

Doelgroep	Subdoelgroep	ECHO-indeling	
1 Landbouw	Glastuinbouw afvalwater	LO	
	Landbouwbedrijven (o.a. erfafspoeling)		
	Meemesten sloten		
	Productgebruik landbouw (NMI3-emissies vanuit kassen)		
	Uit- en afspoeling landelijk gebied (landbouw + natuur)	UA	
2 Overige industrie	Basismetaal	IND	
	Bouwmaterialen industrie		
	Grafische industrie		
	Industrie overig		
	Metaalelektro		
	Papier(waren)		
	Rubber- en kunststofverwerkende industrie		
	Textiel- en tapijtindustrie		
	Voedings- en genotmiddelenindustrie		
3 Chemische industrie	Chemische industrie basisproducten		
	Chemische industrie bestrijdingsmiddelen		
	Chemische industrie kunstmeststoffen		
	Chemische industrie overig		
4 Raffinaderijen	Raffinage en verwerking		
5 Energiesector	Olie- gaswinning land		
	Opwekking elektriciteit		
	Transport en distributie olie en gas		
6 Verkeer en Vervoer	Binnenscheepvaart	OV	
7 Consumenten	Huishoudelijk afvalwater		
8 Bouw	Overige bouw		
9 Afvalverwijdering	AVI's		
	Overige afvalbedrijven		
	Storten		
10 Drinkwatervoorziening	Overig drinkwater		
11 Riolering en waterzuiveringsinstallaties	Energiegebruik en processen		
	Ongezuiverd rioolwater (regenwaterriolen + overstorten)		
	Effluenten lozingen		
12 Handel, Diensten en Overheid	Energiegebruik en processen handel	OV	
14 Overig	Atmosferische depositie (open water)	DW	

## Bijlage 2 Bodemfysische eenheden

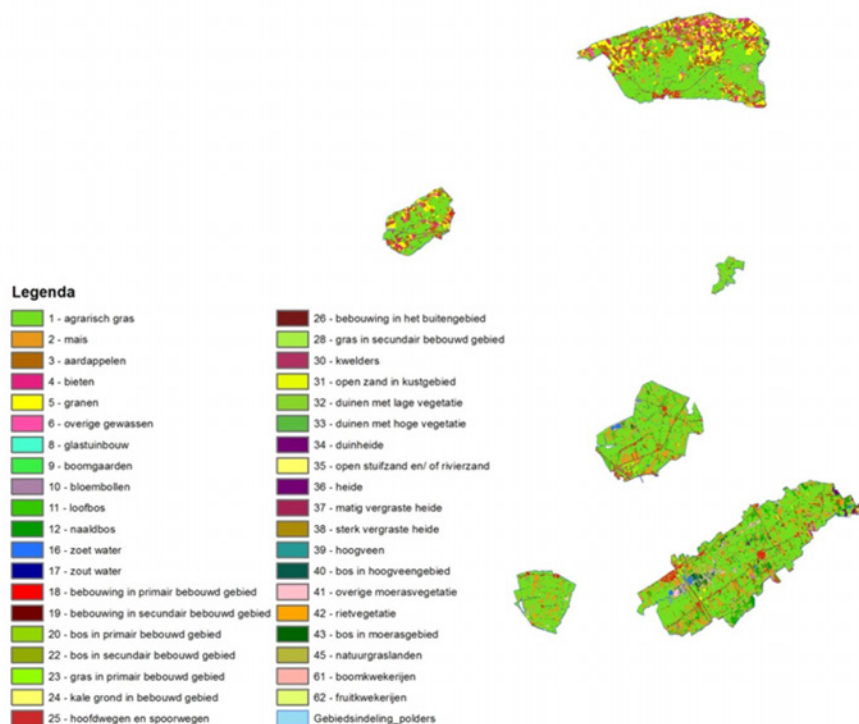
**Tabel B2.1** Omschrijving van de bodemfysische eenheden.

Eenheid	Omschrijving
1	Veengronden met veraarde bovengrond
2	Veengronden met veraarde bovengrond en zand in de ondergrond
3	Veengronden met kleidek
4	Veengronden met kleidek en zand in de ondergrond
5	Veengronden met zanddek en zand in de ondergrond
6	Veengronden met moerige gronden op ongerijpte klei
7	Stuifzandgronden
8	Podzolgrond in leemarm, fijn zand
9	Podzolgrond in zwak lemig, fijn zand
10	Podzolgrond in zwak lemig, fijn zand op grof zand
11	Podzolgrond in sterk lemig, fijn zand op keileem of leem
12	Enkeerdgrond in zwak lemig, fijn zand
13	Beekeerdgrond in sterk lemig, fijn zand
14	Podzolgrond in grof zand
15	Homogene zavelgronden
16	Homogene, lichte kleigronden
17	Kleigrond met zware tussenlaag of ondergrond
18	Kleigronden op veen
19	Klei op zandgronden
20	Klei op grof zand
21	Leemgronden
22	Water
23	Verhard



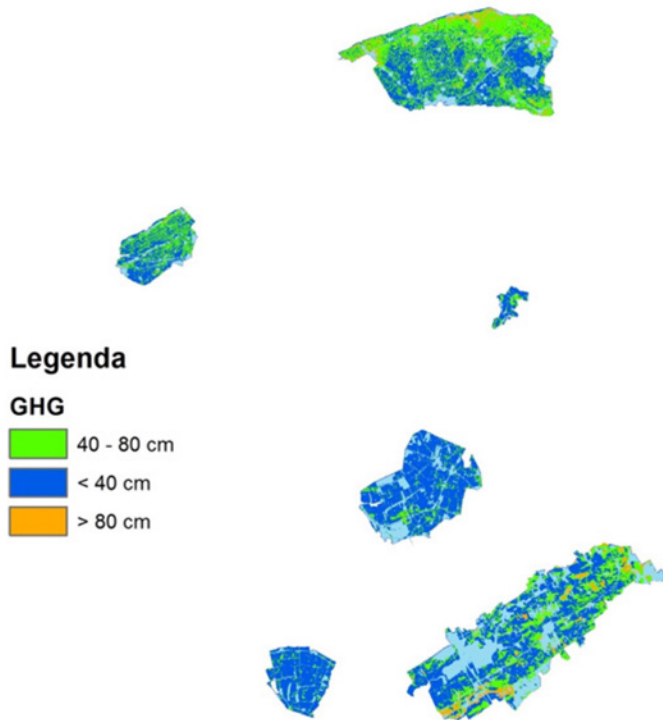
## Bijlage 3 Slootafstanden

Voor de zes polders in het beheergebied van Friesland is de slootafstand bepaald voor de agrarische gebieden waar binnen een polder onderscheid gemaakt wordt op basis van de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG). De agrarische gebieden zijn vastgesteld door gebruik te maken van het landgebruik in de zes polders op basis van LGN7. De landgebruiksvormen 1 t/m 10 en 61 en 62 zijn als landbouw geclassificeerd (figuur B.3).



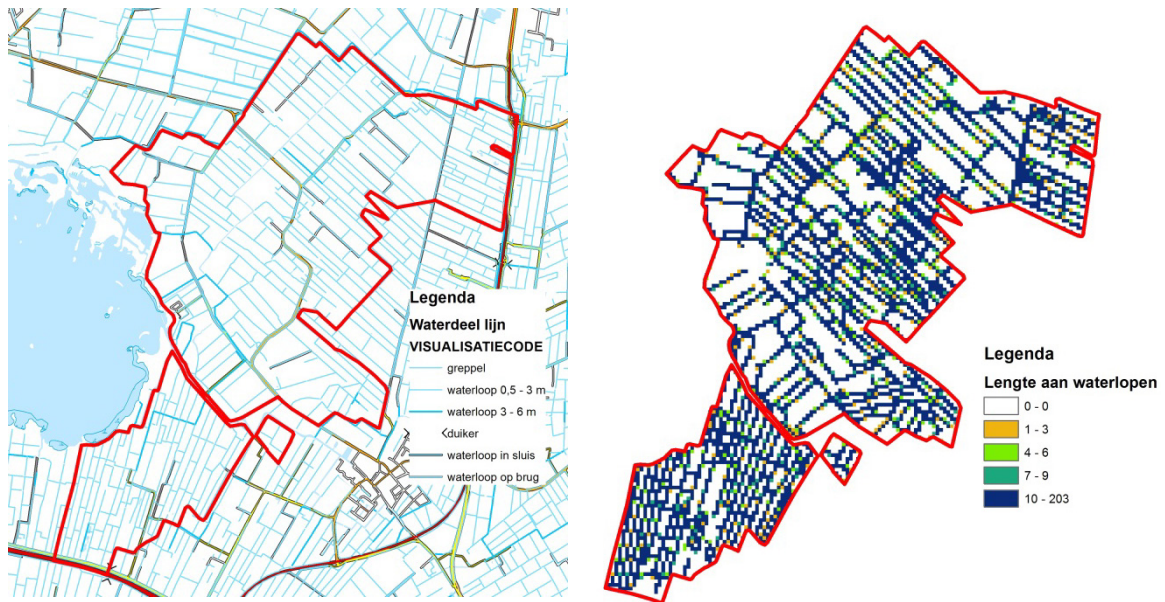
**Figuur B3.1** Landgebruik volgens LGN7 in de zes polders.

De GHG van de zes polders is geclassificeerd in nat (GHG < 40 cm-mv), matig nat (GHG = 40-80 cm-mv) en droog (GHG > 80 cm-mv) op basis van Van der Gaast et al. (2010). Het resultaat is weergegeven in figuur B.3.2.



**Figuur B3.2** Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) in de zes polders.

Om de dichtheid aan waterlopen te bepalen, is gebruikgemaakt van de waterlopen uit de TOP10-vector. In figuur 4 links staan de waterlopen weergegeven. Deze waterlopen zijn omgezet naar een gridbestand van 25 m, figuur B3.3 rechts (Van der Gaast et al. 2006).



**Figuur B3.3** Sloten in TOP10NL (links) en omgezet naar m per gridcel van 25\*25 m.

De kaart voor de zes polders is omgezet naar een gridbestand, dit bestand is vervolgens gecombineerd met gridbestanden met resp. landbouw en GHG-classes. Op basis van dit gecombineerde bestand is voor de zes polders per GHG-klasse de oppervlakte bepaald (tabel B3.1) en de bijbehorende slootafstand (tabel B3.2).

**Tabel B3.1** Oppervlak per GHG-klasse voor 6 polders in Friesland.

Polder	Grondsoort	GHG	GHG	GHG	Totaal
		< 40 cm-mv	40-80 cm-mv	> 80 cm-mv	
De Lits	Zand	379	125	3	507
De Linde	Zand	6.358	3.676	743	10.777
Dongeradiel	Klei	5.116	5.871	579	11.566
Schalsum	Klei	1.535	1.111	22	2.668
Fjouwer	Veen	4.601	570	7	5.178
Echten	Veen	2.234	228	-	2.462
<b>Totaal</b>		<b>20.222</b>	<b>11.582</b>	<b>1.353</b>	<b>33.157</b>

**Tabel B3.2** Slootafstand per GHG-klasse voor 6 polders in Friesland.

Polder	Grondsoort	GHG	GHG	GHG	Totaal
		< 40 cm-mv	40-80 cm-mv	> 80 cm-mv	
De Lits	Zand	61	75	95	77
De Linde	Zand	79	120	174	125
Dongeradiel	Klei	60	225	504	263
Schalsum	Klei	61	418	725	401
Fjouwer	Veen	65	133	279	159
Echten	Veen	59	43	-	51
<b>Totaal</b>		<b>64</b>	<b>169</b>	<b>356</b>	<b>187</b>

De slootafstand bij GHG <40 cm varieert weinig tussen de verschillende polders, met uitzondering van het gebied De Linde. Voor de klasse GHG 40-80 cm is de variatie groter. De slootafstand is in alle gevallen, met uitzondering van de veenpolder van Echten, groter dan bij de natte GHG-klasse, dit mag ook worden verwacht. Dat de klasse GHG 40-80 cm-mv een geringere slootafstand heeft, wordt mogelijk verklaard doordat de klasse uit smalle stroken bestaat, veelal langs waterlopen gesitueerd. De GHG-klasse >80 cm heeft de grootste slootafstand. In de meeste polders is het areaal met een GHG-klasse >80 cm gering.

Uitgaande van een breedte van 1 m aan weerszijden van het perceel, is het percentage landbouwareaal dat uit productie wordt genomen voor de natte gronden ongeveer 3%, uitgaande van een breedte van 5 m is dit gemiddelde 16%. Voor de matig natte gronden is dit 1-5% bij een breedte van 1 m en 2-23% voor een breedte van 5 m.

---

Wageningen Environmental Research  
Postbus 47  
6700 AA Wageningen  
T 0317 48 07 00  
[www.wur.nl/environmental-research](http://www.wur.nl/environmental-research)

Wageningen Environmental Research  
Rapport 2824  
ISSN 1566-7197

---

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.





To explore  
the potential  
of nature to  
improve the  
quality of life



---

Wageningen Environmental Research  
Postbus 47  
6700 AB Wageningen  
T 317 48 07 00  
[www.wur.nl/environmental-research](http://www.wur.nl/environmental-research)

Rapport 2824  
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

