



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

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



ALTERRA
WAGENINGENUR

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

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

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen University and Research (Alterra) in opdracht van en gefinancierd door Wetterskip Fryslân.

Alterra Wageningen UR
Wageningen, juni 2016

Alterra-rapport 2727
ISSN 1566-7197

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, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2727. 52 blz.; 12 fig.; 34 tab.; 24 ref.

Om inzicht te krijgen in de herkomst en beïnvloedbaarheid van stikstof en fosfor in het oppervlaktewater in het beheergebied van Wetterskip Fryslân zijn met de ECHO-methodiek stofbalansen opgesteld voor een zestal polders. De beïnvloedbaarheid van bronnen is afgeleid conform de werkwijze die wordt toegepast door de Nutriëntenwerkgroep Rijn-West. Daarnaast is het effect van het mestbeleid op de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in beeld gebracht op basis van uit het landelijke STONE-model afgeleide resultaten voor de uitspoeling bij gebruiksnormen van het 5^e Nitraat Actieprogramma (5^e NAP). Uit de resultaten blijkt dat het grootste deel (46 – 74%) van de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater afkomstig is van beïnvloedbare bronnen (actuele bemesting en nalevering bodem) met een effect op de korte en lange termijn. Bronnen met een direct effect (voornamelijk inlaatwater) dragen voor 5 – 45% bij aan de totale nutriëntenbelasting. De stikstofbelasting van het oppervlaktewater is voor 7 – 22% afkomstig van niet of moeilijk te beïnvloeden bronnen, voor fosfor ligt dit tussen 1 en 12%. Het doorrekenen van het mestbeleid (5^e NAP) resulteert in een reductie van de uit- en afspoeling tussen 1,9 en 9,1%. Voor de totale nutriëntenbelasting ligt de reductie als gevolg van de maatregelen in het 5^e NAP tussen 1,1 en 7,7%.

Trefwoorden: ECHO, herkomstanalyse, nutriënten, landbouw, beïnvloedbaarheid bronnen, mestbeleid (5^e NAP), oppervlaktewaterkwaliteit

Dit rapport is gratis te downloaden van <http://dx.doi.org/10.18174/384088> of op www.wageningenUR.nl/alterra (ga naar 'Alterra-rapporten' in de grijze balk onderaan). Alterra Wageningen UR verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2016 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, E info.alterra@wur.nl, www.wageningenUR.nl/alterra. Alterra is onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre).

- 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.

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

Alterra-rapport 2727 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: Shutterstock

Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	9
	1.1 Achtergrond	9
	1.2 Projectdoelstelling	9
	1.3 Leeswijzer	9
2	Methodiek	10
	2.1 Stap 1: Dataverzameling en data-analyse	11
	2.2 Stap 2: Afleiden uit- en afspoelingscijfers	13
	2.2.1 Gebiedsanalyse	13
	2.2.2 Afleiden uit- en afspoelingscijfers	15
	2.3 Stap 3: Opstellen stofbalansen	18
	2.4 Stap 4: Herkomstanalyse bronnen	20
	2.5 Stap 5: Plausibiliteit stofbalansen	21
3	Resultaten	22
	3.1 Stap 2: Afleiden uit- en afspoelingscijfers	22
	3.1.1 Gebiedsanalyse	22
	3.1.2 Uit- en afspoelingscijfers	23
	3.2 Stap 3: Opstellen stofbalansen	24
	3.2.1 Stikstofbelasting	24
	3.2.2 Fosforbelasting	25
	3.2.3 Retentie	26
	3.3 Stap 4: Herkomstanalyse bronnen	27
	3.3.1 Herkomstanalyse uit- en afspoeling	27
	3.3.1 Herkomstanalyse alle bronnen	29
4	Beïnvloedbaarheid bronnen	32
	4.1 Beïnvloedbaarheid bronnen	32
	4.2 Effecten mestbeleid (5 ^e NAP)	33
	4.2.1 Uit- en afspoeling	34
	4.2.2 Totale nutriëntenbalans	34
5	Plausibiliteit stofbalansen	35
6	Conclusie en discussie	37
	6.1 Conclusies	37
	6.2 Discussie	38
	Literatuur	40
	Bijlage 1 Bodemfysische eenheden	42
	Bijlage 2 Bronnen in de Emissieregistratie	43
	Bijlage 3 Betrouwbaarheid bronnen in de Emissieregistratie	44
	Bijlage 4 Retentie	45
	Bijlage 5 Bronnen van N- en P-belasting Stofbalansen	48

Samenvatting

Uit de ex ante evaluatie van de ontwerp 2^{de} Stroomgebiedsbeheersplannen is geconcludeerd dat de waterkwaliteit verbetert, maar 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 zal niet aan de nutriëntendoelstelling worden voldaan.

Naar aanleiding van deze publicatie is 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. Vervolgens is de beïnvloedbaarheid van deze bronnen beschreven en wordt een doorkijk gegeven van de effectiviteit van het mestbeleid (5^e Actieprogramma) voor het verlagen van de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater.

Methode voor het analyseren van de nutriëntenbronnen

Voor het analyseren van de nutriëntenbronnen is de methode ECHO toegepast. Deze methode combineert model- en data analyse technieken die zijn ontwikkeld voor de ex ante evaluatie van de KRW, de Evaluatie van de Meststoffenwet en monitoring- en modelstudies op regionaal niveau. ECHO biedt transparant inzicht in de stoffenbalans, de betrouwbaarheid van de berekende uit- en afspoeling en ontrafelt de herkomst en beïnvloedbaarheid van de nutriëntenbronnen. Ook worden de landelijke geschematiseerde rekenplots van STONE verbeterd met regionale informatie. Met deze verbeterde plots is de uit- en afspoeling vanuit landbouw- en natuurgronden berekend en het effect van maatregelen gekwantificeerd.

ECHO levert voor waterlichamen of afvoergebieden een water- en stoffenbalans met inzicht in de:

- in- en uitgaande nutriëntenvrachten op basis van metingen (debieten en concentraties);
- uit- en afspoeling vanuit landbouw- en natuurbodems (regionale optimalisatie STONE-plots);
- bronnen van de uit- en afspoeling (aandeel bemesting, kwel, depositie);
- overige punt- en diffuse bronnen uit de Emissieregistratie, aangescherpt met regionale gegevens;
- retentie van nutriënten in het oppervlaktewater;
- mismatch tussen berekende en uit metingen afgeleide N- en P-vrachten;
- onzekerheden in de uit metingen afgeleide vrachten en in de berekende vrachten.

De ECHO-methodiek is toegepast op zes polders in het beheergebied van Wetterskip Fryslân; het betroffen twee zandpolders, twee kleipolders en twee veenpolders.

Herkomst nutriëntenbelasting

De grootste stikstofbelasting van het oppervlaktewater wordt berekend voor de twee veenpolders en de zandpolder De Lits ($> 25 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$). De gemiddelde stikstofvrucht voor de kleipolders en de zandpolder De Linde ligt tussen de 15 en $20 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$. De gemiddelde fosforvrucht naar het oppervlaktewater is het hoogst voor de kleipolders ($3,0$ en $3,6 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$). De laagste fosforbelasting wordt berekend voor polder De Linde ($1,2 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$). In de polder De Linde wordt, in tegenstelling tot de andere polders, geen water ingelaten.

Uit de herkomstanalyse komt duidelijk naar voren dat diffuse uit- en afspoeling met gemiddeld 69% (51 – 90%) het meeste bijdraagt aan de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater. Daarnaast is de bijdrage van inlaatwater van belang (17 tot 41%). De bijdrage van de andere bronnen is gering.

Een verdere uitsplitsing van de uit- en afspoeling laat zien dat de stikstofbelasting van het oppervlaktewater in de zand- en kleipolders voornamelijk afkomstig is van de actuele bemesting (43 – 56%). Inlaatwater draagt in deze polders voor 19 – 31% bij aan de stikstofbelasting, gevolgd door de nalevering vanuit landbouwbodems (11 – 14%). Voor de veenpolders is inlaatwater de belangrijkste bron/route voor de stikstofbelasting van het oppervlaktewater (37 – 41%), gevolgd door de bijdrage van de actuele bemesting (22 – 25%) en nalevering landbouwbodem (21 – 22%). De andere bronnen dragen voor een beperkt deel bij aan de stikstofbelasting. Een uitzondering hierop is de uit- en afspoeling vanuit natuurgebieden voor polder De Linde (11%).

De fosforbelasting van het oppervlaktewater is bij alle polders voornamelijk afkomstig van de actuele bemesting (39 – 60%). Daarnaast is de bijdrage van inlaatwater (17 – 38%) en nalevering vanuit landbouwgronden (11 – 17%) relevant, bij polder De Linde is ook de uit- en afspoeling vanuit natuurgebieden relatief groot (10%).

Beïnvloedbaarheid nutriëntenbronnen

Het grootste gedeelte van de stikstof- en fosforbelasting van de zes polders blijkt afkomstig te zijn van beïnvloedbare bronnen conform de indeling die wordt toegepast door de Nutriëntenwerkgroep Rijn-West. De beïnvloedbare bronnen zijn hierbij onderverdeeld in bronnen met een direct effect (vooral inlaatwater) en bronnen met een effect op de korte en lange termijn (actuele bemesting en nalevering vanuit landbouwbodems).

Bij de polders met inlaat ligt de bijdrage van inlaatwater aan de nutriëntenbelasting tussen 17 en 38%. Het verkleinen van de hoeveelheid inlaatwater kan dus een relatief groot effect hebben op de totale inkomende vrucht. De vraag is echter in hoeverre het, gezien de huidige functie van het gebied, wenselijk/ mogelijk is om de hoeveelheid inlaatwater te reduceren.

De bijdrage van bronnen met een effect op de korte en lange termijn varieert tussen 46 en 74%. Het grootste gedeelte hiervan is de bron actuele bemesting. Dit impliceert dat zowel op de korte als op de lange termijn het verlagen van de bijdrage van de actuele bemesting tot een significante reductie van de nutriëntenbelasting kan leiden.

De laatste categorie bronnen die onderscheiden kan worden zijn bronnen die moeilijk of niet beïnvloedbaar zijn. Op basis van de herkomstanalyse blijkt dat voor de zes polders tussen de 7 en 22% van de stikstofbelasting moeilijk/niet beïnvloedbaar is, voor fosfor ligt dit tussen de 1 en 12%.

Effectiviteit mestbeleid (5^e NAP)

Het effect van het 5^e Actieprogramma op de stikstof- en fosforvrucht naar het oppervlaktewater is beperkt. Het effect van het voorgenomen mestbeleid op de uit- en afspoeling van stikstof vanuit het landelijk gebied is het kleinst voor de kleipolders (1,9 en 3,8%). Het grootste effect wordt berekend voor de veenpolders (bijna 7%) en polder De Linde (9,1%). Voor fosfor varieert deze van 2,3% (kleipolder Dongeradiel), ca. 6% voor de veenpolders tot 7,5% voor polder De Linde.

De verschillen in effect van het 5^e Actieprogramma op de stikstof- en fosforuitspoeling tussen de zes polders hangen gedeeltelijk samen met het feit dat het mestbeleid voor grasland andere effecten heeft dan voor snijmais. Het areaal mais in de veenpolders en polder De Linde is beduidend groter dan het areaal mais in de kleipolders en polder De Lits.

Het kleine effect van het mestbeleid op de stikstofvracht naar het oppervlaktewater voor de kleipolders kan o.a. verklaard worden door de verruiming van de stikstofnorm voor grasland op zeeleigronde. Het geringe effect van het mestbeleid op de fosfaatvracht naar het oppervlaktewater wordt veroorzaakt door de grote fosfaatvoorraad in de bodem waardoor kleine veranderingen in het fosfaatoverschot nauwelijks effect hebben op de fosfaatverliezen.

Het relatieve effect van het mestbeleid op de totale stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater (inclusief de andere bronnen) voor de kleipolders ligt tussen 1,0 en 2,0%. Het effect voor veenpolders varieert grofweg van 3,0 tot 5,0%. Het grootste effect wordt berekend voor polder De Linde (ca. 6% voor fosfor en bijna 8% voor stikstof). Het grotere effect voor polder De Linde t.o.v. de andere polders kan met name verklaard worden doordat er in deze polder geen water wordt ingelaten. Door het ontbreken van inlaat is de bijdrage van de uit- en afspoeling vanuit het landelijk gebied groter dan voor de andere polders. Een verlaging ervan heeft hierdoor relatief een groter effect.

Plausibiliteit

Stofbalansen totaal

De met ECHO-berekende uitgaande nutriëntenvrachten vanuit de zes polders komen goed overeen met de uitgaande nutriëntenvrachten die Deltares heeft afgeleid op basis van metingen. De verschillen tussen de berekende en uit metingen afgeleide nutriëntenvrachten liggen voor alle polders binnen de bandbreedte van de gehanteerde onzekerheidsmarges. De grootste verschillen worden gevonden voor de veenpolder Echten (onderschatting stikstofvracht) en de kleipolder Schalsum (onderschatting fosforvracht). Een mogelijke verklaring voor de onderschatting van de stikstofvracht voor veenpolder Echten is een onderschatting van de hoeveelheid inlaatwater. De onderschatting van de stikstofvracht kan mogelijk ook verklaard worden doordat het type veen, dat in de STONE-schematisering wordt aangehouden, minder eutroof is dan in werkelijkheid, waardoor de nalevering wordt onderschat. Een mogelijk oorzaak voor de onderschatting van de fosforvracht voor de kleipolder Schalsum is een onderschatting van de P-vracht uit ondiepe sedimentlagen of van fosfaatrijke kwel.

Inlaatwater

De hoeveelheid inlaatwater wordt niet gemeten voor de zes polders en is geschat op basis van expert judgement en vergelijking met andere studies. Door verschillende varianten door te rekenen is inzicht verkregen in de gevoeligheid van het eindresultaat voor de waterinlaat. Uit de resultaten blijkt dat het verschil in bijdrage van inlaatwater aan de nutriëntenbelasting varieert van 5% voor de minimale variant (variant 1) tot 13% voor de maximale variant (variant 3). De hoeveelheid inlaatwater heeft dus een belangrijke invloed op het eindresultaat, en een betere onderbouwing hiervan is dan ook gewenst.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

In mei 2015 is een tussenrapportage verschenen van de ex ante evaluatie van de Nederlandse plannen voor de Kaderrichtlijn Water (Van Gaalen *et al.*, 2015), in januari 2016 is het eindrapport beschikbaar gekomen (Van Gaalen *et al.*, 2016). De conclusie uit het onderzoek is dat de waterkwaliteit verbeterd, 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 maatlaten 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. Daarbij wordt opgemerkt dat er óók situaties zijn waarin aan de normen voor nutriënten is voldaan, maar de ecologie nog niet op orde is.

Naar aanleiding van de publicatie heeft het Wetterskip Fryslân aan Alterra gevraagd naar meer achtergrondinformatie over de studie en dan voornamelijk over de wijze waarop de voorspellingen van nutriëntenconcentraties in 2027 zijn uitgevoerd. Alterra heeft de resultaten van de studie en achterliggende informatie tijdens een bijeenkomst op 29 juni 2015 met medewerkers van de noordelijke waterschappen (Fryslân, Noorderzijlvest en Hunze en Aa's) gepresenteerd. Naar aanleiding van deze bijeenkomst heeft Wetterskip Fryslân een aantal vragen opgesteld en aan Alterra voorgelegd:

1. Wat is de opbouw van de huidige belasting van oppervlaktewater waarbij de bronnen zijn uitgesplitst naar herkomst?
2. Welke bron is beïnvloedbaar?
3. Wat is het effect van mestbeleid of alternatieve maatregelen; uitmijnen, peilgestuurde drainage, equivalente maatregelen, bodembeheer, etc. op de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater.

Het Wetterskip heeft gevraagd om voor zes polders (twee zandpolders, twee kleipolders en twee veenpolders) op basis van de ECHO-methodiek (met o.a. de herschikkingsmethode en herkomstanalyse) stikstof- en fosforbalansen te berekenen en te toetsen aan vrachtbepalingen die Deltares (Rozemeijer, 2015) voor deze zes polders heeft uitgevoerd.

1.2 Projectdoelstelling

Het doel van het project is om voor zes polders de opbouw van de huidige belasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfor te kwantificeren. De nadruk ligt op het vaststellen van de verschillende bronnen die bijdragen aan de totale nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater zodat onderscheid gemaakt kan worden welk deel van de nutriëntenbelasting beïnvloedbaar is. Ook wordt het effect van het voorgenomen mestbeleid (5^e Actieprogramma) op de stikstof- en fosforuitspoeling naar het oppervlaktewater voor de zes polders in beeld gebracht. Het effect van alternatieve maatregelen op de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater is in dit onderzoek niet meegenomen.

1.3 Leeswijzer

De ECHO-methodiek die is toegepast voor het in beeld brengen van de herkomst van nutriënten voor zes polders in het beheergebied van Wetterskip Fryslân wordt in hoofdstuk 2 beschreven. Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de resultaten (stoffenbalans en herkomstanalyse) waarna in hoofdstuk 4 aandacht wordt gegeven aan de beïnvloedbaarheid van de bronnen en de effecten van het 5^e Actieprogramma. De plausibiliteit van de stofbalansen is in hoofdstuk 5 beschreven, hoofdstuk 6 geeft de belangrijkste conclusies en een aantal discussiepunten.

2 Methodiek

Voor het ontrafelen van de herkomst van de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater is gebruik gemaakt van de ECHO-methodiek (zie kader) die bestaat uit verschillende stappen (Tabel 1). In dit hoofdstuk worden de stappen nader toegelicht.

Tabel 1

Overzicht van de stappen bij het ontrafelen van de herkomst van de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater conform de ECHO-methodiek.

Proces	Werkzaamheden
Stap 1: Dataverzameling en analyse	I Verzamelen en analyseren gegevens
Stap 2: Afleiden uit- en afspoelingscijfers	I Analyse studiegebied II Herschikking STONE-plots
Stap 3: Opstellen stofbalansen	I Opstellen nutriëntenbalans, inclusief vaststellen retentie
Stap 4: Herkomstanalyse bronnen	I Ontrafelen bronnen van de uit- en afspoeling
Stap 5: Plausibiliteit stofbalansen	I Vergelijking rekenresultaten met vrachtbepaling Deltares
Stap 6: Beïnvloedbaarheid bronnen + effecten 5 ^e Actieprogramma	I Analyse beïnvloedbaarheid nutriëntenbelasting II Effecten mestbeleid (5 ^e NAP)

ECHO

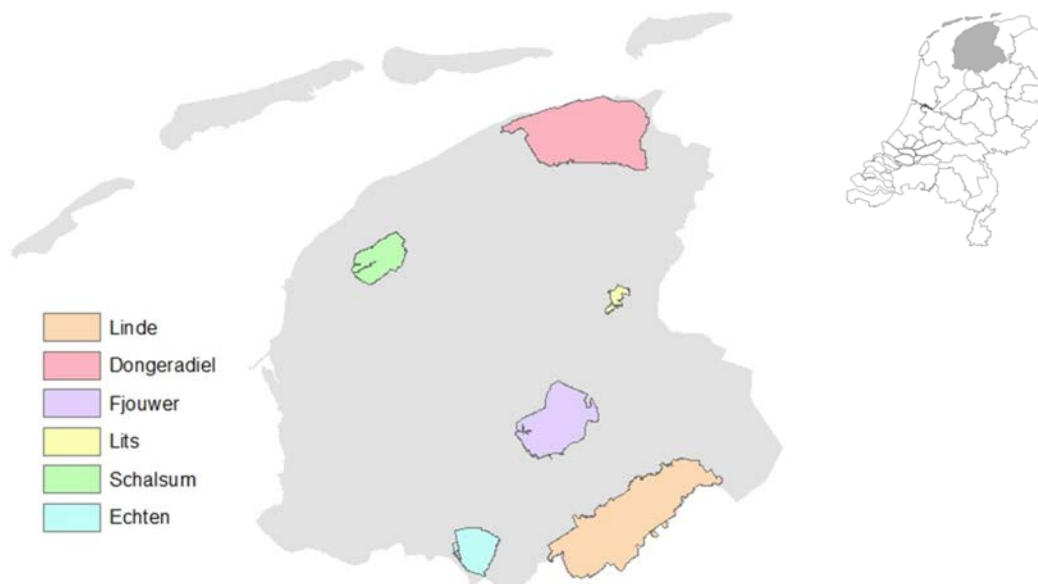
ECHO maakt o.a. resultaten van het landelijke STONE-model toepasbaar voor regio's. De methode combineert model- en data analysetechnieken die zijn ontwikkeld voor de ex ante evaluatie van de KRW, de Evaluatie van de Meststoffenwet en monitoring- en modelstudies op regionaal niveau. ECHO biedt transparant inzicht in de stoffenbalans, de betrouwbaarheid van de berekende uit- en afspoeling, ontrafelt de herkomst en beïnvloedbaarheid van de nutriëntenbronnen, verbetert de landelijke geschematiseerde rekenplots van STONE met regionale informatie en kan ook ingezet worden om effecten van maatregelen te kwantificeren. ECHO levert voor waterlichamen of afvoergebieden een water- en stoffenbalans met inzicht in de:

- in- en uitgaande nutriëntenvrachten op basis van metingen (debieten en concentraties)
- uit- en afspoeling vanuit landbouw- en natuurbodems (regionale optimalisatie STONE-plots)
- bronnen van de uit- en afspoeling (aandeel bemesting, kwel, depositie)
- overige punt- en diffuse bronnen uit de Emissieregistratie, aangevuld met regionale gegevens
- retentie van nutriënten in het oppervlaktewater, inclusief waterbodem
- mismatch tussen berekende en uit metingen afgeleide N- en P-vrachten
- onzekerheden in de uit metingen afgeleide vrachten en in de berekende vrachten

2.1 Stap 1: Dataverzameling en data-analyse

De eerste stap in het onderzoek is het vaststellen van de gebiedsindeling en het verzamelen en analyseren van de benodigde data.

Voor deze studie zijn zes polders geselecteerd in het beheergebied van Wetterskip Fryslân (Figuur 1). Dit zijn dezelfde polders als die zijn meegenomen in het onderzoek van Deltares (Rozemeijer, 2015). Het betreft twee kleipolders (Dongeradiel, Schalsum), twee veenpolders (Fjouwer, Echten) en twee zandpolders (Lits, Linde).



Figuur 1 Beheergebied van Wetterskip Fryslân met de ligging van de zes polders.

Informatie over oppervlakte, percentage landbouw, natuur, open water en verhard gebied op basis van LGN6 is weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2

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

In alle zes polders wordt het grootste areaal gebruikt voor de landbouw. In polder De Linde (72,9%) en Fjouwer (79,6%) is het percentage landbouw kleiner dan in de andere polders (ca. 90%). In polder De Linde is het percentage natuur (18,2%) groter dan in andere polders. In polder Fjouwer is naast het aandeel natuur (8,4%) ook het aandeel stedelijk gebied (9,9%) relatief groot.

Voor het opstellen van stofbalansen en het toetsen van de berekende uitgaande nutriëntenvracht aan de uit metingen afgeleide uitgaande nutriëntenvracht zijn meetlocaties uit het basismeetnet geselecteerd die representatief zijn voor de kwaliteit van het water dat via de gemalen (of onder vrij verval) wordt afgevoerd (benedenstroomse meetpunt) en meetpunten in de boezem die representatief zijn voor de kwaliteit van het inlaatwater. De representatieve meetlocaties zijn door het Wetterskip aangeleverd (Tabel 3).

Tabel 3

Oppervlak van de polders (ha) en de geselecteerde meetlocaties voor het afleiden van de inkomende en uitgaande nutriëntenvracht.

Polder	Type	Bodemtype	Oppervlakte (ha)	Meetlocatie Inlaat	Meetlocatie Uitlaat
De Lits	Polder	Zand	570	0045	1777
De Linde	Vrij afwaterend	Zand	15570	0131 ¹⁾	0465
Dongeradiel	Polder	Klei	13539	0005	0003
Schalsum	Polder	Klei	3132	0026	0720
Fjouwer	Polder	Veen	6750	0215	0079
Echten	Polder	veen	2876	0123	0707

¹⁾ De Linde is een vrij afstromende polder. Gedurende een korte periode in de zomer kan de stromingsrichting omkeren.

2.2 Stap 2: Afleiden uit- en afspoelingscijfers

Voor het afleiden van uit- en afspoelingscijfers voor stikstof en fosfor wordt de herschikkingsprocedure toegepast (van Boekel *et al.*, 2013). Deze bestaat uit verschillende onderdelen:

1. Gebiedsanalyse
 - vervaardigen nieuwe geclassificeerde kaarten
 - overlay van kaarten en afleiden van MLBG¹-combinaties
2. Afleiden N- en P-uitspoelingscijfers
 - selectie van representatieve STONE-plots die passen bij MLBG combinaties
 - aggregeren van N en P-belasting op polderniveau

2.2.1 Gebiedsanalyse

De eerste stap in de herschikkingsprocedure is het genereren van MLBG-kaarten op basis van de gebiedskenmerken (landgebruik, grondsoort, hydrologische toestand en meteodistrict). De mestdruk (bemesting en hoeveelheid) wordt niet meegenomen.

Landgebruik

Voor het huidige landgebruik is gebruik gemaakt van het LGN6-bestand (Hazeu *et al.*, 2010). Het LGN6 bestand onderscheidt 39 landgebruikstypen. Het is een grid-bestand met een ruimtelijke resolutie van 25*25 meter met als referentiejaar 2007/ 2008. In het bestand worden de belangrijkste landbouwgewassen, bos, water, natuur en stedelijke klassen onderscheiden. De landgebruikstypen zijn geclusterd tot zes landgebruiksvormen: grasland, akkerbouw, maïs, natuur, stedelijk gebied en open water.

Bodemtype

Het bodemtype is afgeleid op basis van de 1:50.000 bodemkaart. Een veel gebruikte indeling voor het clusteren van de eenheden van de bodemkaart is de indeling naar bodemopbouw. Deze indeling wordt ook wel de PAWN-indeling genoemd. (Wösten *et al.*, 1988) en onderscheidt naar bodemopbouw 21 verschillende eenheden (Bijlage 1).

Hydrologische toestand

De 1:50.000 bodemkaart wordt ook gebruikt om informatie te krijgen over de diepte en fluctuatie van het grondwater (de Vries *et al.*, 2003). In de bodemkaart worden deze weergegeven met Gt-klassen. De grondwatertrappen zijn, op basis van de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG), geclusterd in drie groepen, gericht op de berekening van de uit- en afspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater:

- nat: Gt-klasse I, II, III, V en V* (GHG < 40 cm-mv)
- matig droog: Gt-klasse IV en VI (40 cm-mv < GHG < 80 cm-mv)
- droog: Gt-klasse VII en VIII (GHG > 80 cm-mv)

Meteodistrict

Naast bovengenoemde kenmerken is ervoor gekozen om ook het meteodistrict als kenmerk mee te nemen. Hierdoor wordt voorkomen dat rekeneenheden (plots) worden geselecteerd die in de oorspronkelijke STONE-schematisering (te) ver van het studiegebied liggen waardoor meteorologische invoergegevens (o.a. neerslag) niet meer representatief zijn voor het gebied. De werkelijke hoeveelheid neerslag in het gebied kan echter nog afwijken van de gebruikte invoergegevens.

¹ MLBG is een afkorting voor **M**eteo **L**andgebruik **B**odemfysische eenheid en **G**rondwatertrap

Mestdruk

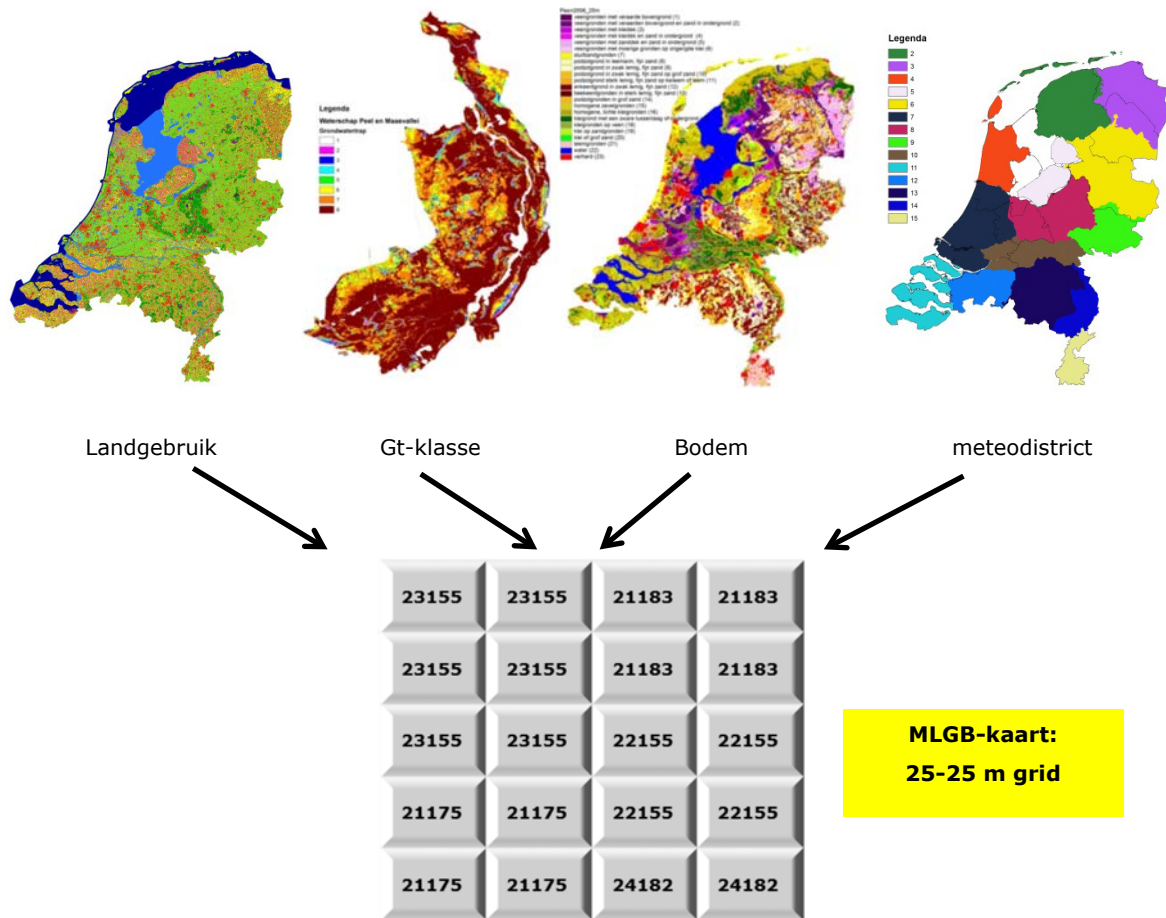
De mestdruk per STONE-plot wordt afgeleid op basis van berekeningen met model MAMBO (zie kader). De mestgiften (in kilogram) worden per gewas-bodemcombinatie per gemeente geconverteerd naar giften in kilogram per hectare voor de STONE-plots. Het schaalniveau in het STONE-model is grover dan het schaalniveau van de polders. Hierdoor is het mogelijk dat de werkelijke mestdruk op lokaal niveau kan afwijken van de mestdruk die in STONE wordt aangehouden. Omdat de hoogte van de mestgift voornamelijk gestuurd wordt door de gebruiksnormen is de verwachting dat het verschil op polderniveau beperkt zal zijn en daardoor een beperkt effect zal hebben op de resultaten.

MAMBO

MAMBO is een modelraamwerk om analyses uit te voeren rondom de productie, aanwending en transport van mest met micro-simulatie en ruimtelijke evenwichtsmodellering. Op basis van verschillende databestanden afkomstig uit o.a. de landbouwtelling (CBS), berekeningen uit het Bedrijven Informatie Netwerk (BIN) en monitoringsgegevens t.b.v. beleid (Dienst Regelingen, Zuivelschap) wordt de mestproducties en aanwending op verschillende schaalniveaus in kaart gebracht. Naast de keuzes op bedrijfsniveau (gedrag van agrariërs m.b.t. de aanwending van geproduceerde mest), wordt in MAMBO ook de mestmarkt en de verdeling van mest tussen overschot- en tekortgebieden gesimuleerd. Een uitgebreide beschrijving van het model is te vinden in Vrolijk *et al.* (2009). Voor een korte beschrijving van het model wordt verwezen naar Luesink *et al.* (2009, Bijlage 5).

Overlay

De LGN6-kaart, 1:50.000 bodemkaart en het meteodistrict zijn gecombineerd waardoor zogenaamde *MLBG- eenheden* ontstaan met een resolutie van 25-25 m (Figuur 2).



Figuur 2 Overzicht van de kaartlagen die gebruikt zijn voor het genereren van een kaart met *MLBG- eenheden*.

Door de overlay van de verschillende kaartlagen ontstaan er MLBG-eenheden met unieke kenmerken. In Tabel 4 zijn een aantal voorbeelden van MLBG-eenheden gegeven.

Tabel 4

Aantal voorbeelden van (willekeurige) MLBG-eenheden

Eenheid	Meteodistrict		Landgebruik		Bodemtype		Bodemtype	
	Code	Omschr.	Code	Omschr.	Code	Omschr.	Code	Omschr.
23155	2	Leeuwarden	3	Akkerbouw	15	Homogene zavelgrond	5	Gt-klasse V
21175	2	Leeuwarden	1	Gras	17	Kleigrond met zware tussenlaag of ondergrond	5	Gt-klasse V
21183	2	Leeuwarden	1	Gras	18	Kleigronden op veen	3	Gt-klasse III
22155	2	Leeuwarden	2	Mais	15	Homogene zavelgrond	5	Gt-klasse V
24182	2	Leeuwarden	4	Natuur	18	Kleigronden op veen	2	Gt-klasse II

2.2.2 Afleiden uit- en afspoelingcijfers

In de eerste stap is een kaart gegenereerd met de MLBG-eenheden voor de zes polders. In de tweede stap zijn voor alle MLBG-eenheden representatieve STONE-plots gezocht. Bij de zoektocht naar representatieve STONE-plots kunnen zich meerdere situaties voordoen:

1. Er worden **meerdere** representatieve STONE-plots per eenheid gevonden;
2. Er wordt **één** representatieve STONE-plot gevonden;
3. Er kunnen **geen** STONE-plots gevonden worden die voldoen aan de opgelegde criteria.

Situatie 1

Wanneer er sprake is van meerdere representatieve STONE-plots wordt een gemiddelde uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater berekend. Er is gekozen voor een gemiddelde uit- en afspoeling van de verschillende STONE-plots zodat, ongeacht wie de procedure uitvoert, dit altijd tot dezelfde resultaten leidt.

Situatie 2

Indien er één STONE-plot gevonden kan worden, wordt de berekende uit- en afspoeling van deze plot toegekend aan een MLBG-eenheid.

Situatie 3

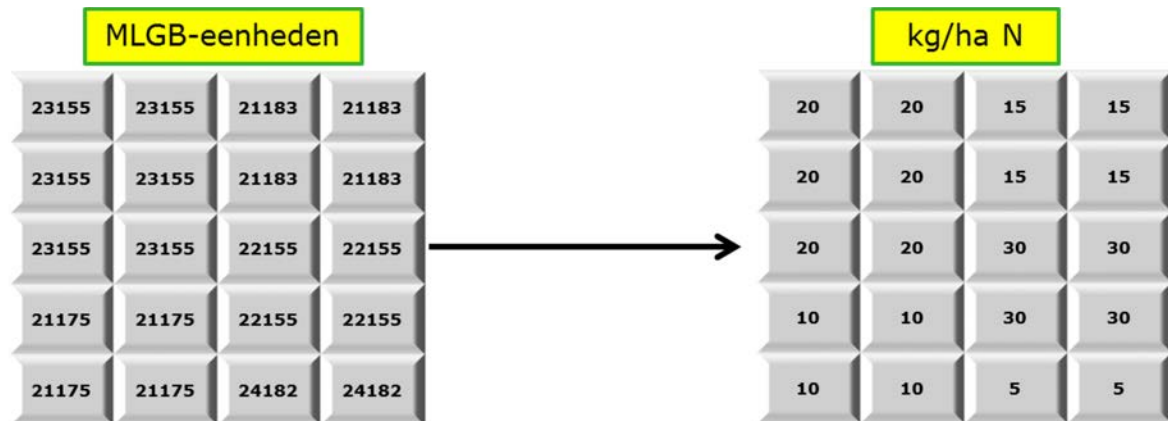
Indien er geen representatieve STONE-plots gevonden worden, omdat de gewenste combinatie landgebruik, bodemfysische eenheid en Gt-klasse binnen een meteodistrict niet voorkomt, is ervoor gekozen om stapsgewijs steeds meer informatie van de MLBG-eenheden los te laten net zolang totdat alle eenheden zijn voorzien van een koppeling aan STONE-plots. In Tabel 5 is het stappenplan weergegeven voor toekenning van STONE-plots aan MLBG-eenheden.

Tabel 5

Overzicht van de stappen die doorlopen worden voor het koppelen van MLBG-eenheden aan STONE-plots.

Stappen	Omschrijving
Stap 0	1:1 match
Stap 1	Trapsgewijze aanpassing van bodemfysische gegevens <u>met</u> restricties
Stap 2	Trapsgewijze aanpassing van Gt-klasse <u>met</u> restricties o.b.v. GHG (focus oppervlaktewater)
Stap 3	Combinatie van 1 + 2
Stap 4	Aanpassen bodemfysische gegevens <u>met beperkte</u> restricties
Stap 5	Combinatie van 2 + 4
Stap 6	<u>Geen</u> restricties t.a.v. de Gt-klasse
Stap 7	Combinatie van 1 + 6
Stap 8	Combinatie van 4 + 6
Stap 9	<u>Geen</u> restricties t.a.v. Gt-klasse en bodemfysische gegevens

Hieronder worden de stappen 1, 2 en 4 nader toegelicht. De overige stappen zijn combinaties van voorgaande stappen (stap 3, 5, 7 en 8) of liggen voor de hand (stap 6 en 9). Nadat alle 9 stappen zijn doorlopen is het mogelijk om aan iedere MLBG-eenheid (rekeneenheid) een stikstof- of fosforbelasting toe te kennen (zie voorbeeld in Figuur 3).



Figuur 3 Voorbeeld van de stikstofbelasting ($kg\ ha^{-1}$) per MLBG-eenheid per rekeneenheid (25-25 m grid).

Stap 1: aanpassing bodemfysische eenheden met restrictie

De eerste stap is een trapsgewijze aanpassing van bodemtypes met restrictie. Er worden in totaal 21 relevante bodemtypen onderscheiden (Bijlage 1). In Tabel 6 is een overzicht gegeven van mogelijke uitwisselingen. Voor een aantal bodemfysische eenheden (6, 11, 20 en 21) is het niet mogelijk om een andere bodemfysische eenheid (BFE) te selecteren, de andere BFE's kunnen met één of meerdere BFE's uitgewisseld worden. Indien er sprake is van meerdere opties is een trapsgewijze aanpassing voorzien (opgelegde volgorde).

Tabel 6

Overzicht van de mogelijke 'uitwisseling' tussen de verschillende bodemfysische eenheden.

Groep	Grondsoort	Bodemfysische eenheden
1	Veen	1, 3
2	Veen	2, 4, 5
3	Veen	6
4	Zand	7, 8, 9, 12, 13
5	Zand	10, 14
6	Zand	11
7	Klei	15, 16, 19
8	Klei	17, 18
9	Klei	20
10	Löss	21

Stap 2: aanpassing Gt-klasse

De tweede stap is een trapsgewijze aanpassing van Gt-klasse met restricties op basis van de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG). Een randvoorwaarde voor het selecteren van STONE-plots met een andere Gt-klasse is dat deze in hetzelfde *cluster* valt.

De grondwatertrappen zijn op basis van de GHG geclusterd in drie groepen:

- nat: Gt-klasse I, II, III en V
- matig droog: Gt-klasse IV en VI
- droog: Gt-klasse VII en VIII

Ook hierbij geldt dat er een voorkeursvolgorde is vastgelegd.

Stap 4: aanpassing bodemfysische eenheden met beperkte restrictie

In de eerste stap is een aanpassing van de bodemfysische eenheden voorzien waarbij 10 groepen onderscheiden worden. In stap 4 worden een aantal groepen geclusterd op basis van grondsoort (Tabel 7).

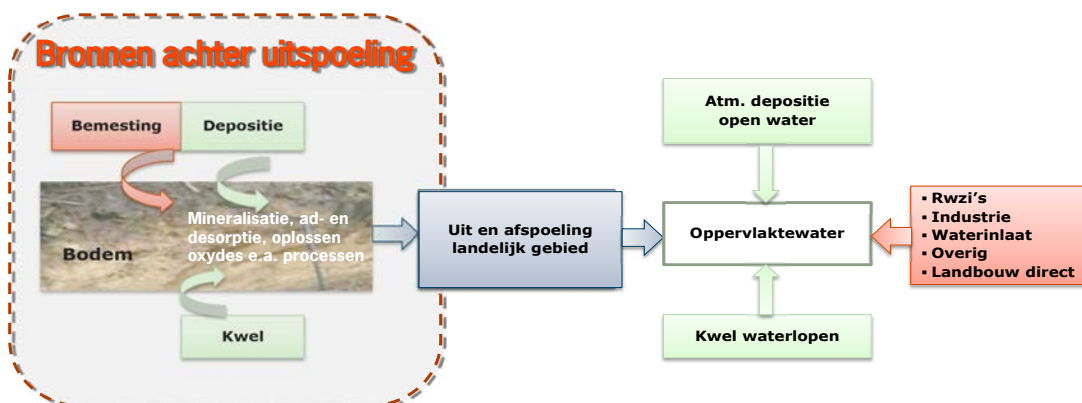
Tabel 7

Overzicht van de mogelijke 'uitwisseling' tussen de verschillende bodemfysische eenheden op basis van de grondsoort.

Groep	Grondsoort	Bodemfysische eenheden
1	Veen	1 t/m 6
2	Zand	7 t/m 14
3	Klei	15 t/m 20
4	Löss	21

2.3 Stap 3: Opstellen stofbalansen

Nadat uit- en afspoelingscijfers zijn afgeleid voor de zes polders, zijn stikstof- en fosforbalansen opgesteld. Hierbij is gebruik gemaakt van de ECHO-methodiek (Kroes *et al.*, 2011). Een overzicht van de belangrijkste bronnen/emissieroutes naar het oppervlaktewater is in Figuur 4 weergegeven.



Figuur 4 Overzicht van de belangrijkste bronnen/emissieroutes naar het oppervlaktewater.

De bronbestanden die gebruikt zijn voor de verschillende balanstermen staan in Tabel 8 en worden in deze paragraaf kort toegelicht.

Tabel 8

Overzicht van de balanstermen en informatiebronnen voor het opstellen van stofbalansen voor het oppervlaktewatersysteem.

Balansterm	Bron/bestand
Inkomende vracht	
Uit- en afspoeling landbouw- en natuurbodems ¹⁾	STONE-berekeningen (na herschikking)
Overige landbouwemissies ²⁾	
Industriële lozingen	
Atmosferische depositie open water	Emissieregistratie (2013)
Rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's)	
Overige emissies ³⁾	
Inkomende vracht via inlaatwater	Nutriëntconcentraties inlaatwater Inlaathoeveelheden op basis van expert judgement
Directe kwel naar waterlopen	Onbekend, wordt niet meegenomen
Retentie	
Retentie	Rekenmethode op basis van areaal open water en bodemsoort (conform werkwijze EMW2012, van Boekel <i>et al.</i> , 2012)
Uitgaande vracht	
Uitgaande vracht via gemalen/stuw ⁴⁾	Nutriëntconcentraties nabij het uitstroompunt Afvoerenmetingen nabij het uitstroompunt

¹⁾ inclusief kwel, bemesting en atmosferische depositie op het land

²⁾ o.a. meemesten sloten, glastuinbouw, erfafspoeling

³⁾ verkeer, vervoer, huishoudelijke lozingen

⁴⁾ gebaseerd op de studie van Deltares (Rozemeijer, 2015)

Emissieregistratie

De EmissieRegistratie is de landelijke database waarin de emissies naar bodem, water en lucht voor veel beleidsrelevante stoffen per emissiebron zijn vastgelegd om (inter)nationale rapportageverplichtingen te kunnen nakomen (www.Emissieregistratie.nl). De EmissieRegistratie omvat gegevens van puntbronnen en diffuse bronnen voor de periode vanaf 1990. Emissiebronnen die bijdragen aan de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater zijn in de Emissieregistratie toegekend aan 34 subdoelgroepen die vervolgens geclusterd zijn tot 13 doelgroepen (Bijlage 2). In Bijlage 3 is een overzicht gegeven van de betrouwbaarheid van de bronnen.

Conform de ECHO-methodiek worden de doelgroepen geclusterd tot 6 groepen:

- LO: overige landbouwemissies (o.a. meemesten sloten, glastuinbouw, erfafspoeling);
- DW: atmosferische depositie open water;
- EF: rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's);
- IND: industriële lozingen;
- OV: overige lozingen (o.a. verkeer, huishoudelijk afval, overige emissies);
- UA: uit- en spoeling vanuit landbouw- en natuurgronden.

Voor het vaststellen van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater vanuit bovenstaande bronnen is gebruik gemaakt van de Emissieregistratie versie 2013. Uitzondering hierop is de uit- en afspoeling vanuit landbouw- en natuurgronden. De nutriëntenbelasting vanuit landbouw- en natuurgronden is via de herschikkingsmethode in stap 2 afgeleid.

Inlaat

De hoeveelheid inlaatwater voor de zes polders wordt niet gemeten en is daardoor onbekend. De verwachting is echter dat de bijdrage van inlaatwater niet verwaarloosbaar is en dus invloed heeft op het eindresultaat. Op basis van de resultaten uit het onderzoek dat is uitgevoerd voor het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (van Boekel *et al.*, 2015) en op basis van expert judgement van medewerkers van Wetterskip Fryslân, zijn schattingen gemaakt van de hoeveelheid inlaatwater. De hoeveelheid inlaatwater wordt uitgedrukt als een percentage van de totale uitgaande debiet uit de studie van Deltares. Hierbij is aangenomen dat inlaat alleen in het zomerhalfjaar plaatsvindt (april-september). In polder De Linde wordt geen water ingelaten.

Om een beeld te krijgen van de gevoeligheid van het eindresultaat voor de geschatte hoeveelheid inlaatwater zijn drie varianten doorgerekend (Tabel 9).

Tabel 9

Overzicht van de drie varianten met verschillende percentages van de hoeveelheid inlaat t.o.v. het totaal uitgeslagen water.

Polder	grondsoort	% inlaat van totaal uitgeslagen water		
		Variant 1: min	Variant 2: gem	Variant 3: max
De Lits	Zand	50	60	70
De Linde	Zand	-	-	-
Dongeradiel	Klei	40	55	70
Schalsum	Klei	40	55	70
Fjouwer	Veen	45	62,5	80
Echten	veen	45	62,5	80

De inkomende vracht is vervolgens bepaald door de hoeveelheid inlaatwater te vermenigvuldigen met de gemeten nutriëntenconcentraties in het inlaatwater. Voor de kwaliteit van het inlaatwater zijn door het Wetterskip meest geschikte meetlocaties gezocht (paragraaf 2.1, Tabel 3). De nutriëntenconcentraties zijn over het algemeen tweewekelijks of maandelijks gemeten en voor de totale balansperiode (2011-2013) beschikbaar. Om de meetwaarden van de nutriëntenconcentraties op te schalen in tijd wordt een lineaire interpolatie gedaan tussen twee meetwaarden om op die wijze een dagelijkse nutriëntenconcentratie te bepalen.

Retentie

Retentie in het oppervlaktewater staat voor het omzetten, verwijderen of vastleggen van nutriënten in de waterlopen. Dit kan door tijdelijke en permanente opslag in onder andere waterplanten en in de waterbodem en/of door gasvormige emissies naar de atmosfeer (denitrificatie).

De retentie is geschat conform de werkwijze die is gehanteerd binnen de Evaluatie Meststoffenwet 2012 (Van Boekel *et al.*, 2012) en in de studie voor HHNK bij het afleiden van theoretische achtergrondconcentraties (van Boekel *et al.*, 2015). In Bijlage 4 is een uitgebreide beschrijving van de methode gegeven. De belangrijkste uitgangspunten zijn:

- Stikstof:
 - Klei- en veenpolders:
De grootte van de retentieprocessen is voor stikstof afgeleid uit metingen (PLONS-project, www.plons.wur.nl). Op basis van de eigenschappen van de polders is de capaciteit van het oppervlaktewatersysteem bepaald om stikstof vast te leggen, uitgedrukt in gram per m² waterbodem. De zo berekende absolute stikstofretentie is van toepassing voor alle nutriëntenbronnen in polders met voornamelijk klei of veen in de ondergrond.
 - Zandige polders:
Voor de stikstofretentie in zandige poldersystemen zijn dezelfde retentiefactoren aangehouden die zijn gehanteerd bij de evaluatie van de Meststoffenwet 2012. Voor de uit- en afspoeling is een vaste retentiefactor gebruikt van 0,5 en voor de andere bronnen is een vaste retentiefactor van 0,2 aangehouden.
- Fosfor:
 - Alle polders:
Voor de fosforretentie in poldersystemen zijn dezelfde retentiefactoren aangehouden die zijn gehanteerd bij de evaluatie van de Meststoffenwet 2012. Voor de uit- en afspoeling is een vaste retentiefactor gebruikt van 0,5 en voor de andere bronnen is een vaste retentiefactor van 0,2 aangehouden.

2.4 Stap 4: Herkomstanalyse bronnen

De uit- en afspoeling van stikstof en fosfor vanuit landbouw- en natuurgronden is de resultante van verschillende bronnen en verschillende fysisch-geochemische processen (zie Figuur 4)

De bronnen van de uit- en afspoeling vanuit het landelijk gebied zijn:

- atmosferische depositie op het land;
- bemestingoverschot (historisch en actueel);
- kwel;
- natuurlijke nalevering bodem (geogeen);
- uit- en afspoeling vanuit natuurgebieden;
- in een vorig zomerseizoen geïnfiltreerd oppervlaktewater. In laag-Nederland kunnen in het winterseizoen nutriënten uitspoelen naar het oppervlaktewater die in het voorgaande zomerseizoen vanuit hetzelfde oppervlaktewater zijn geïnfiltreerd.

Omdat het wenselijk is de invloed van bemesting op de uit- en afspoeling te weten, is het nodig deze bronnen te ontrafelen. In deze studie is gekozen om de herkomst van bronnen te bepalen op basis van methode die is toegepast en nader toegelicht in de achtergrondrapportage *Bronnen van diffuse nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater. Evaluatie Meststoffenwet 2012:* (Groenendijk *et al.*, 2012).

2.5 Stap 5: Plausibiliteit stofbalansen

De stofbalans is als basis gebruikt voor het in beeld brengen van de herkomst en beïnvloedbaarheid van de nutriëntenbronnen. De plausibiliteit van de stofbalansen is in beeld gebracht door de met ECHO berekende uitgaande nutriëntenvracht te vergelijken met de nutriëntenvracht die is afgeleid op basis van de berekende waterafvoer en gemeten nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater voor de zes polders in het beheergebied van Wetterskip Fryslân (Rozemeijer, 2015).

De berekende uitgaande vracht is als volgt berekend (formule 1):

$$L_{\text{uit berekend}} = (1-R_{\text{inlaat}}) * L_{\text{inlaat}} + (1-R_{\text{RWZI}}) * L_{\text{RWZI}} + (1-R_{\text{ER}}) * L_{\text{ER}} + (1-R_{\text{STONE}}) * L_{\text{STONE}} \quad 1)$$

Waarin:

- $L_{\text{uit berekend}}$ gemiddelde (jaarlijkse) berekende uitgaande vracht;
- L_{STONE} de berekende uit- en afspoeling uit het landelijk gebied (STONE 2.4);
- L_{RWZI} belasting van nutriënten uit RWZI's, Emissieregistratie versie 2013;
- L_{ER} belasting van nutriënten uit overige landbouwemissies (LO), industriële bronnen (IND), atmosferische depositie open water (DW), en overige bronnen (OV), Emissieregistratie versie 2013;
- L_{inlaat} inkomende vracht via inlaatwater;
- L_{kwel} belasting van nutriënten via directe kwel naar oppervlaktewater (in deze studie niet meegenomen);
- L_{org} organisch materiaal (bladeren, maaisel) dat rechtstreeks in de waterlopen valt (hoe groot de bijdrage van deze bron is in stroomgebieden met begroeiing van bodem en met struiken langs de waterloop wordt nog verkend (Schoumans *et al.*, 2008)). In deze studie is deze balansterm niet meegenomen;
- R_{STONE} geschatte retentie van nutriënten in het landelijk gebied (sloten en haarvaten);
- R_{inlaat} geschatte retentie van nutriënten dat via inlaatwater wordt aangevoerd;
- R_{RWZI} geschatte retentie van nutriënten vanuit RWZI's;
- R_{ER} geschatte retentie van nutriënten vanuit bronnen uit de Emissieregistratie (versie 2013).

3 Resultaten

3.1 Stap 2: Afleiden uit- en afspoelingcijfers

3.1.1 Gebiedsanalyse

Het eerste onderdeel in de herschikkingsprocedure is het genereren van een MLBG-kaart met een grids van 25-25m. Op basis van deze kaart zijn een aantal gebiedskenmerken van de zes polders afgeleid (Tabel 10).

Tabel 10

Procentuele verdeling van de verschillende typen landgebruik, bodemfysische eenheid (BFE) en Gt-klasse in het landelijk gebied (dus exclusief stedelijk gebied en open water).

Einheid	De Lits	De Linde	Dongeradiel	Schalsum	Fjouwer	Echten
<i>Landgebruik</i>	%	%	%	%	%	%
akkerbouw	2,2	5,8	38,4	37,7	2,5	1,0
gras	89,5	58,7	54,9	53,5	73,5	78,9
mais	3,8	15,6	4,5	7,8	14,5	16,2
natuur	4,5	19,9	2,2	1,0	9,5	3,9
<i>BFE</i>	%	%	%	%	%	%
1	-	9,7	0,3	0,2	1,6	25,6
2	31,3	13,4	0,2	0,4	83,6	48,8
3	-	1,7	0,2	0,3	0,2	21,3
9	12,5	25,0	0,3	0,4	11,3	0,6
11	55,5	34,7	0,3	0,4	1,2	0,0
15	-	0,3	67,8	89,1	0,0	0,3
16	-	0,0	10,5	1,0	0,0	0,0
17	-	0,2	10,3	0,8	0,0	0,0
18	-	0,0	9,7	6,7	0,0	2,1
<i>Gt-klasse</i>	%	%	%	%	%	%
Droog	0,7	9,2	8,3	2,1	1,6	1,1
Matig droog	2,8	14,5	26,7	7,0	1,7	0,5
Nat	96,5	76,4	64,9	90,9	96,7	98,4

- 1: Veengronden met veraarde bovengrond
- 2: Veengronden met veraarde bovengrond en zand in de ondergrond
- 3: Veengronden met kleidek
- 9: Podzolgrond in zwak lemig, fijn zand
- 11: Podzolgrond in sterk lemig, fijn zand op keileem of leem
- 15: Homogene zavelgronden
- 16: Homogene, lichte kleigronden
- 17: Kleigrond met zware tussenlaag of ondergrond
- 18: Kleigronden op veen

Het landgebruik in het landelijk gebied in de zes polders is overwegend grasland, variërend van iets meer dan 50% voor de kleipolders (Dongeradiel en Schalsum) tot ca. 90% voor de zandpolder De Lits. In de kleipolder is bijna 40% van het landelijk gebied in gebruik als akkerbouw. In de veenpolders en de zandpolder De Linde is het areaal mais groter dan voor de andere polders. In de zandpolder De Linde is ook een significant deel natuur (20%).

De polders De Lits en De Linde hebben overwegend een podzolgrond in sterk lemig, fijn zand op keileem of leem. In polder De Lits bestaat ook ruim 30% uit veengrond met veraarde bovengrond en zand in de ondergrond.

De veenpolders Fjouwer (84%) en Echten (49%) bestaan overwegend uit veengrond met veraarde bovengrond en zand in de ondergrond. De kleipolders Schalsum en Dongeradiel bestaan vooral uit homogene zavelgronden.

Vier van de zes polders zijn overwegend nat (> 90%). In de polders De Linde (14,5%) en Dongeradiel (26,7%) komen ook matig droge gronden voor.

3.1.2 Uit- en afspoelingcijfers

Nadat MLBG-eenheden zijn bepaald, zijn representatieve STONE-plots gezocht voor het berekenen van de uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater. Op basis van de koppeling van MLGB-eenheden aan STONE-plots worden voor de zes polders de uit- en afspoelingcijfers berekend (Tabel 11).

Tabel 11

Gemiddelde stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater (kg N en P ha⁻¹ jaar⁻¹) in de periode 2011-2013 voor de zes polders, uitgesplitst in zomer- en winterhalfjaar.

	De Lits	De Linde	Dongeradiel	Schalsum	Fjouwer	Echten
	Zand	Zand	Klei	Klei	Veen	Veen
Uit- en afspoeling stikstof ¹⁾	18,7	15,0	13,3	11,1	17,0	14,7
Winterwaarde ²⁾	18,3	15,2	12,5	10,8	12,9	10,7
Zomerwaarde ³⁾	2,7	2,0	1,9	1,3	4,8	4,4
Uit- en afspoeling fosfor ¹⁾	1,5	1,1	2,0	2,1	1,8	1,8
Winterwaarde ²⁾	1,4	1,1	1,9	2,0	1,4	1,4
Zomerwaarde ³⁾	0,25	0,17	0,30	0,29	0,45	0,48

¹⁾ jaar: 2011, 2012, 2013

²⁾ winterperiode: 2011/2012 en 2012/2013

³⁾ zomerperiode: zomer 2011, zomer 2012, zomer 2013

De hoogste waarden voor stikstofbelasting worden berekend voor de zand- en veenpolders en de laagste waarden voor de kleipolders. Voor fosforbelasting is het beeld omgekeerd. De hoogste waarden worden berekend voor kleipolders en de laagste waarden voor zandpolders.

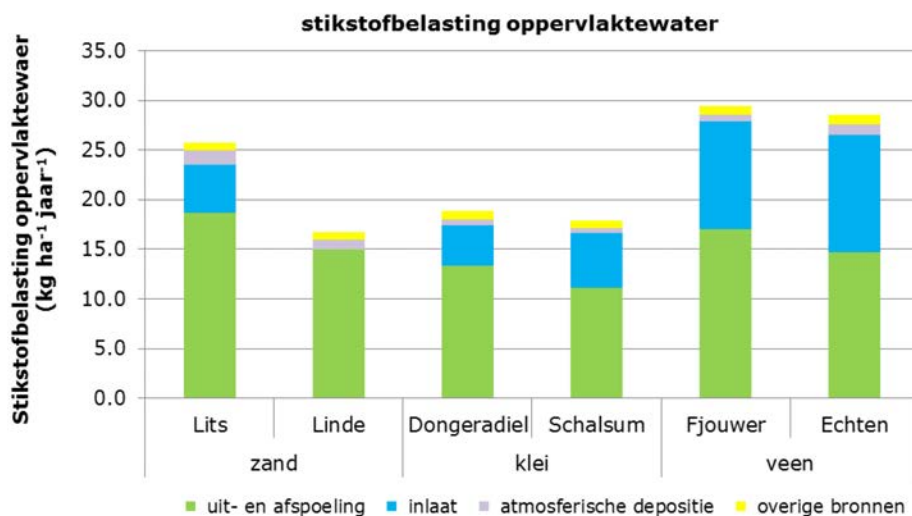
Wanneer wordt gekeken naar de winter- en zomerwaarde blijkt dat het grootste gedeelte van de uit- en afspoeling in de winterperiode plaatsvindt. In vergelijking met de zand- en kleipolders is de uit- en afspoeling in de veenpolders in de zomerperiode relatief hoog. De grote verschillen tussen de uit- en afspoeling in de zomer- en winterperiode geven aanleiding om niet alleen in het zomerhalfjaar te meten, maar ook in het winterhalfjaar.

3.2 Stap 3: Opstellen stofbalansen

De stofbalansen zijn opgesteld voor drie varianten met verschillende inlaathoeveelheden voor de periode 2011-2013. In deze paragraaf is de stikstofbelasting weergegeven voor variant 2 (gemiddelde hoeveelheid inlaatwater).

3.2.1 Stikstofbelasting

De grootste stikstofbelasting van het oppervlaktewater wordt berekend voor de veenpolders (bijna $30 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N jaar}^{-1}$), gevolgd door de zandpolder De Lits (ca. $25 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$, Figuur 5). De stikstofbelasting voor polder De Linde (ca $16 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$) is het kleinst en kan met name verklaard worden doordat er aangenomen is dat er geen water wordt ingelaten.



Figuur 5 Gemiddelde stikstofbelasting ($\text{kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$) van het oppervlaktewater in de periode 2011-2013 voor de zes polders, onderverdeeld naar de bijdrage van uit- en afspoeling, inlaat, directe atmosferische depositie op het oppervlaktewater en overige bronnen (overige landbouwemissies, industriële lozingen en overige emissies).

De uit- en afspoeling vanuit landbouw- en natuurgronden draagt het meeste bij aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater. De grootste bijdrage wordt berekend voor polder De Linde (ca. 90%), waarvoor werd aangenomen dat er geen water wordt ingelaten. De bijdrage van de uit- en afspoeling aan de totale inkomende stikstofvracht voor de polders met inlaat ligt tussen de 50 en 73%.

De bijdrage van inlaatwater aan de totale inkomende stikstofvracht is het grootst voor veenpolder Echten (41%) gevolgd door veenpolder Fjouwer (37%) en kleipolder Schalsum (31%). Voor kleipolder Dongeradiel en zandpolder De Lits is de bijdrage van inlaatwater aan de inkomende stikstofvracht ca. 20%.

De stikstofbelasting van het oppervlaktewater via inlaatwater in Figuur 5 is gebaseerd op variant 2 waarin gerekend is met de gemiddelde hoeveelheid inlaatwater. Om een beeld te krijgen van gevoeligheid van de gekozen inlaathoeveelheden is de absolute en relatieve bijdrage van inlaatwater aan de totale stikstofbalans voor de drie varianten naast elkaar gezet (Tabel 12). In Bijlage 5 is een totaaloverzicht gegeven van de relatieve bijdrage van de bronnen aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater voor de drie varianten.

Tabel 12

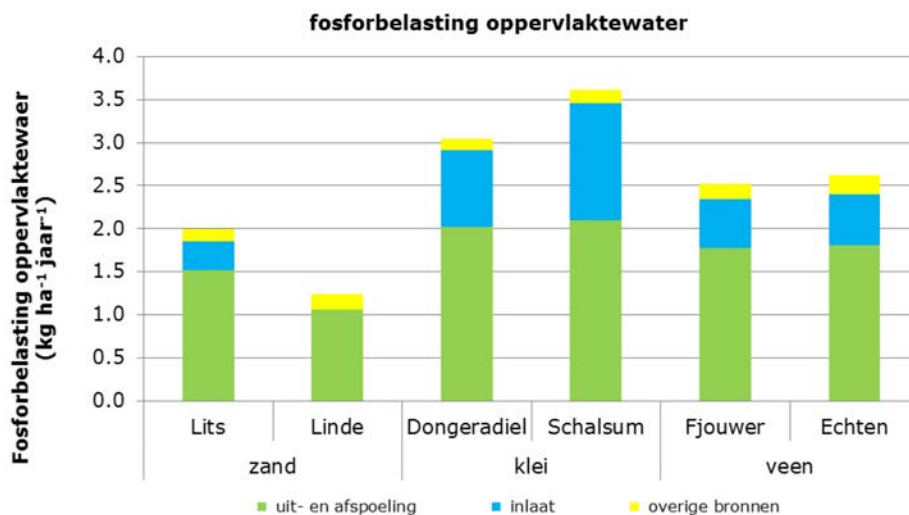
Overzicht van de totale stikstofbelasting van het oppervlaktewater voor de periode 2011-2013 en de bijdrage van inlaatwater voor de minimale, gemiddelde en maximale variant.

Bron	Totaal IN kg ha jaar ⁻¹			Inlaat kg ha jaar ⁻¹			Relatieve bijdrage inlaatwater (%)		
	min	gem	max	min	gem	max	min	gem	max
De Lits	24,9	25,7	26,5	4,1	4,9	5,7	16	19	22
De Linde	16,7	16,7	16,7	-	-	-	-	-	-
Dongeradiel	17,7	19,8	20,0	3,0	4,1	5,3	17	22	26
Schalsum	16,4	17,9	19,4	4,0	5,5	7,0	25	31	36
Fjouwer	26,3	29,4	32,4	7,8	10,9	13,9	30	37	43
Echten	25,3	28,6	31,9	8,5	11,8	15,1	34	41	47

De verschillen in relatieve bijdrage van inlaatwater aan de totale inkomende vracht tussen de verschillende varianten zijn het grootste voor de veenpolders Fjouwer en Echten (verschil van 13%). Voor de kleipolders (Dongeradiel en Schalsum) is het verschil ca. 10% en voor polder De Lits 6%.

3.2.2 Fosforbelasting

De gemiddelde fosforvracht naar het oppervlaktewater is het hoogst voor de kleipolders (3,0 en 3,6 kg P ha⁻¹ jaar⁻¹). De laagste fosforbelasting wordt berekend voor polder De Linde (1,2 kg P ha⁻¹ jaar⁻¹, Figuur 6).



Figuur 6 Gemiddelde fosforbelasting (kg ha⁻¹ jaar⁻¹) van het oppervlaktewater in de periode 2011-2013 voor de zes polders, onderverdeeld naar de bijdrage van uit- en afspoeling, inlaat overige bronnen (overige landbouwemissies, industriële lozingen en overige emissies).

Evenals voor stikstof levert de uit- en afspoeling van fosfor de grootste bijdrage aan de belasting van het oppervlaktewater. De bijdrage varieert ongeveer van 60% (kleipolder Schalsum) tot bijna 90% (zandpolder De Linde). De gemiddelde bijdrage van inlaatwater aan de totale fosforbalans is het grootst voor de kleipolders (29% voor Dongeradiel en 38% voor Schalsum). Voor de polder De Lits is de gemiddelde bijdrage minder dan 20%.

Het verschil in de bijdrage van inlaatwater aan de fosforbelasting van het oppervlaktewater voor de verschillende varianten is het grootst voor de kleipolders (12-13%, Tabel 13). Voor de veenpolders is het verschil tussen de minimale en maximale variant 10% en voor polder De Lits is dit 5%. In Bijlage 5 is een totaal overzicht gegeven van de relatieve bijdrage van de bronnen aan de fosforbelasting van het oppervlaktewater voor de drie varianten.

Tabel 13

Overzicht van de totale fosforbelasting van het oppervlaktewater voor de periode 2011-2013 en de bijdrage van inlaatwater voor de minimale, gemiddelde en maximale variant.

Bron	Totaal IN kg ha jaar ⁻¹			Inlaat kg ha jaar ⁻¹			Relatieve bijdrage inlaatwater %		
	<i>min</i>	<i>gem</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>gem</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>gem</i>	<i>max</i>
De Lits	1,95	2,00	2,06	0,28	0,34	0,39	14	17	19
De Linde	1,24	1,24	1,24	-	-	-	-	-	-
Dongeradiel	2,80	3,05	3,29	0,65	0,89	1,14	23	29	35
Schalsum	3,24	3,61	3,98	0,99	1,36	1,73	31	38	44
Fjouwer	2,36	2,52	2,68	0,41	0,57	0,73	17	23	27
Echten	2,46	2,62	2,79	0,43	0,59	0,76	17	23	27

3.2.3 Retentie

De methode die is toegepast voor het afleiden van de retentie van stikstof en fosfor in het oppervlaktewater is afhankelijk van de grondsoort (zie paragraaf 2.3). Voor zandige polders zijn zowel voor stikstof als voor fosfor vaste retentiefactoren aangehouden per bron. Dit geldt eveneens voor de fosforretentie in klei- en veenpolders. Voor klei- en veenpolders zijn de retentieprocessen afgeleid op basis van metingen en is de stikstofretentie afhankelijk gesteld van het percentage open water. De variatie in stikstofretentie tussen de zand-, klei- en veenpolders is groot (Tabel 14).

Tabel 14

Totale inkomende en uitgaande stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater en de gemiddelde retentie voor de periode 2011-2013.

Bron	Stikstof			Fosfor				
	Totaal IN kg ha jr ⁻¹	Retentie kg ha jr ⁻¹ %		Totaal UIT kg ha jr ⁻¹	Totaal IN kg ha jr ⁻¹	Retentie kg ha jr ⁻¹ %		Totaal UIT kg ha jr ⁻¹
De Lits	25,7	10,7	42	15,0	2,00	0,86	43	1,14
De Linde	16,7	7,9	47	8,9	1,24	0,57	46	0,67
Dongeradiel	18,9	5,3	28	13,6	3,05	1,21	40	1,83
Schalsum	17,9	5,6	31	12,3	3,61	1,35	37	2,26
Fjouwer	29,4	2,8	9	26,6	2,52	1,04	41	1,48
Echten	28,6	2,7	10	25,8	2,62	1,07	41	1,55

De gemiddelde stikstofretentie voor de zandpolders (42 en 47%) is beduidend groter dan de retentie voor de kleipolders (ca. 30%) en de veenpolders (ca. 10%). Het verschil tussen de zandpolders enerzijds en de klei- en veenpolders anderzijds kan voornamelijk verklaard worden door de methodiek voor het afleiden van de retentie die voor zandige polders afwijkt van de retentieschattingen voor veen- en kleipolders. De lage stikstofretentie voor veenpolders t.o.v. de kleipolder heeft te maken met de retentiecapaciteit per m² waterbodembodem (Tabel 15). In paragraaf 6.2 (discussie) zal hier kort verder op ingegaan worden.

Tabel 15

Geschatte hoeveelheid stikstofretentie per m² waterbodembodem in klei- en veenpolders.

bodemtype	zomerhalfjaar (g N m ⁻²)	winterhalfjaar (g N m ⁻²)
klei	11,8	5,0
veen	4,4	1,0

3.3 Stap 4: Herkomstanalyse bronnen

1.1.1 Herkomstanalyse uit- en afspoeling

Voor het ontrafelen van de bronnen van de uit- en afspoeling is de methode gebruikt die is toegepast in de Evaluatie van de Meststoffenwet 2012 (Groenendijk *et al.*, 2012). De resultaten zijn in Tabel 16 (stikstof) en Tabel 17 (fosfor) weergegeven.

Tabel 16

Gemiddelde **uit- en afspoeling** van stikstof naar het oppervlaktewater ($\text{kg N ha}^{-1} \text{jaar}^{-1}$) over de periode 2011-2013 voor de zes polders, uitgesplitst naar de bron.

Bron	De Lits	De Linde	Dongeradiel	Schalsum	Fjouwer	Echten
Uit- en afspoeling	Zand	Zand	Klei	Klei	Veen	Veen
Actuele bemesting	12,7	9,3	9,2	7,7	7,4	6,2
Historische bemesting	0,65	0,68	0,67	0,58	0,67	0,69
Nalevering landbouwbodem	3,3	2,3	2,4	2,0	6,5	6,1
Atmosferische depositie	0,85	0,72	0,66	0,52	0,48	0,33
Kwel	0,58	0,10	0,07	0,09	0,61	0,31
Infiltratiewater	0,12	0,08	0,04	0,04	0,31	0,31
Uit- en afspoeling natuur	0,46	1,8	0,22	0,10	0,97	0,70
Uit- en afspoeling (totaal)	18,7	15,0	13,3	11,1	17,0	14,7

In alle polders draagt de actuele bemesting het meeste bij aan de uit- en afspoeling van stikstof vanuit het landelijk gebied, gevolgd door de nalevering vanuit de landbouwbodem. Voor veenpolders is het verschil in bijdrage tussen de nalevering vanuit de landbouwbodems en de actuele bemesting klein.

Tabel 17

Gemiddelde **uit- en afspoeling** van fosfor naar het oppervlaktewater ($\text{kg P ha}^{-1} \text{jaar}^{-1}$) over de periode 2011-2013 voor de zes polders.

Bron	De Lits	De Linde	Dongeradiel	Schalsum	Fjouwer	Echten
Uit- en afspoeling (totaal)	Zand	Zand	Klei	Klei	Veen	Veen
Actuele bemesting	1,12	0,74	1,46	1,40	1,25	1,29
Historische bemesting	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
Nalevering landbouwbodem	0,21	0,15	0,48	0,62	0,32	0,39
Kwel	0,10	0,01	0,02	0,02	0,04	0,03
Infiltratiewater	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03
Uit- en afspoeling natuur	0,05	0,13	0,03	0,02	0,11	0,04
Uit- en afspoeling (totaal)	1,52	1,06	2,02	2,10	1,77	1,81

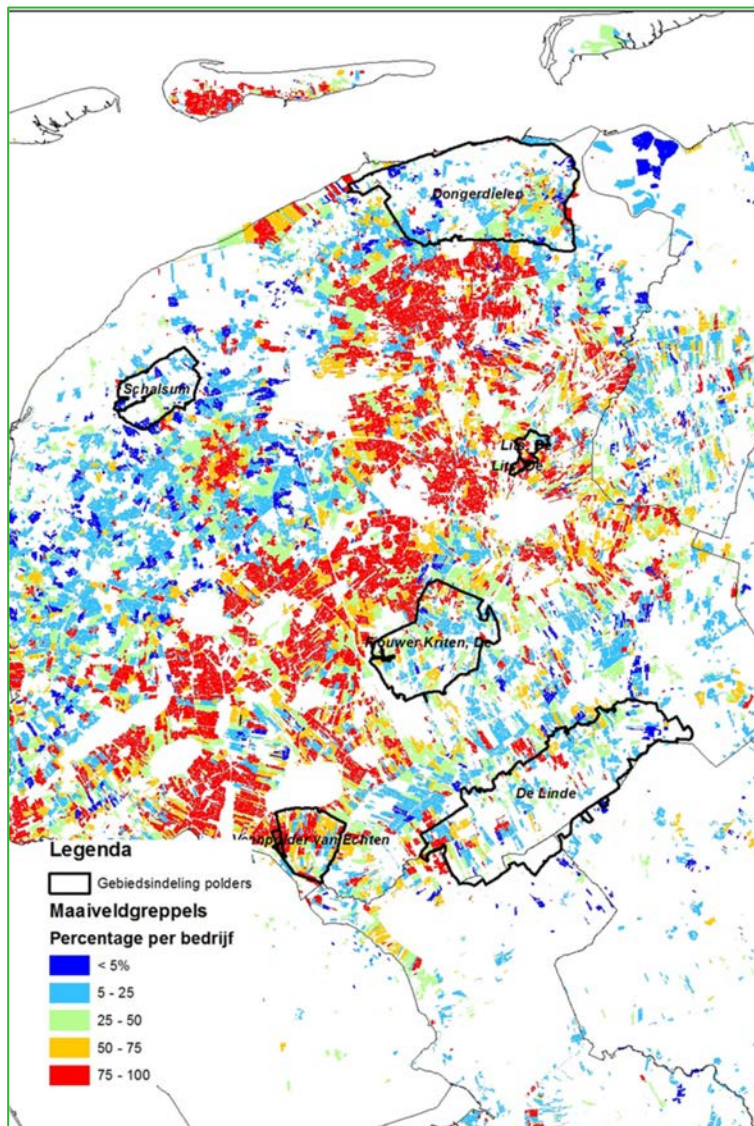
De actuele bemesting is voor alle zes polders de belangrijkste bron van de uit- en afspoeling van fosfor naar het oppervlaktewater (67 tot 74%), gevolgd door de nalevering van de bodem (14-30%). Dit beeld is afwijkend van het gemiddelde beeld van de bijdrage van de actuele bemesting aan de P-belasting van het oppervlaktewater in zand-, klei- en veenpolders in andere delen van Nederland. Mogelijke oorzaken zijn onderzocht aan de hand van gedetailleerde water- en stofbalansen van de rekenplots met het grootste oppervlak in de polders.

Het voorkomen van maaiveldgreppels heeft een grote invloed op de transportroutes van stoffen naar het oppervlaktewater. Op grond van de informatie uit de Landbouwtelling van 2012 geven Massop en Schuiling (2016) aan dat:

- Maaiveldgreppels overwegend voorkomen in Friesland, de kommen in het Rivierengebied, de veengebieden in Utrecht, Noord- en Zuid-Holland en in de kop van Overijssel.
- Als een perceel is voorzien van buisdrainage, dan ligt het niet voor de hand dat ook maaiveldgreppels aanwezig zijn. Toch komt dit in de praktijk voor. Van de 18290 ha waar dit het geval is, ligt het grootste deel in Friesland. Dit geeft aan dat de drainagecapaciteit van de drainbuizen waarschijnlijk onvoldoende is en daarom aanvullend greppeldrainage wordt toegepast.

Fosfaatophoping vindt plaats in de bovenste paar decimeter van het bodemprofiel, terwijl stikstof uit bemesting door transport meer uniform over het bodemprofiel is verdeeld. De maaiveld drainage die volgens de meest representatieve plots aanwezig is, leidt tot snelle transportroutes van excreta of recent toegediende dierlijke mest naar het oppervlaktewater. Ook in Van der Salm *et al.* (2015) wordt gewezen op de mogelijkheid van een grote bijdrage van oppervlakkige afspoeling en maaiveld drainage aan de P-belasting van het oppervlaktewater in de provincie Friesland.

Op basis van gegevens uit de studie van Massop en Schuiling (2016) is een snelle analyse uitgevoerd of maaiveldgreppels in de zes polders voorkomen (Figuur 7).



Figuur 7 Percentage maaiveldgreppels per bedrijf volgens de landbouwtelling van 2012 in de provincie Fryslân.

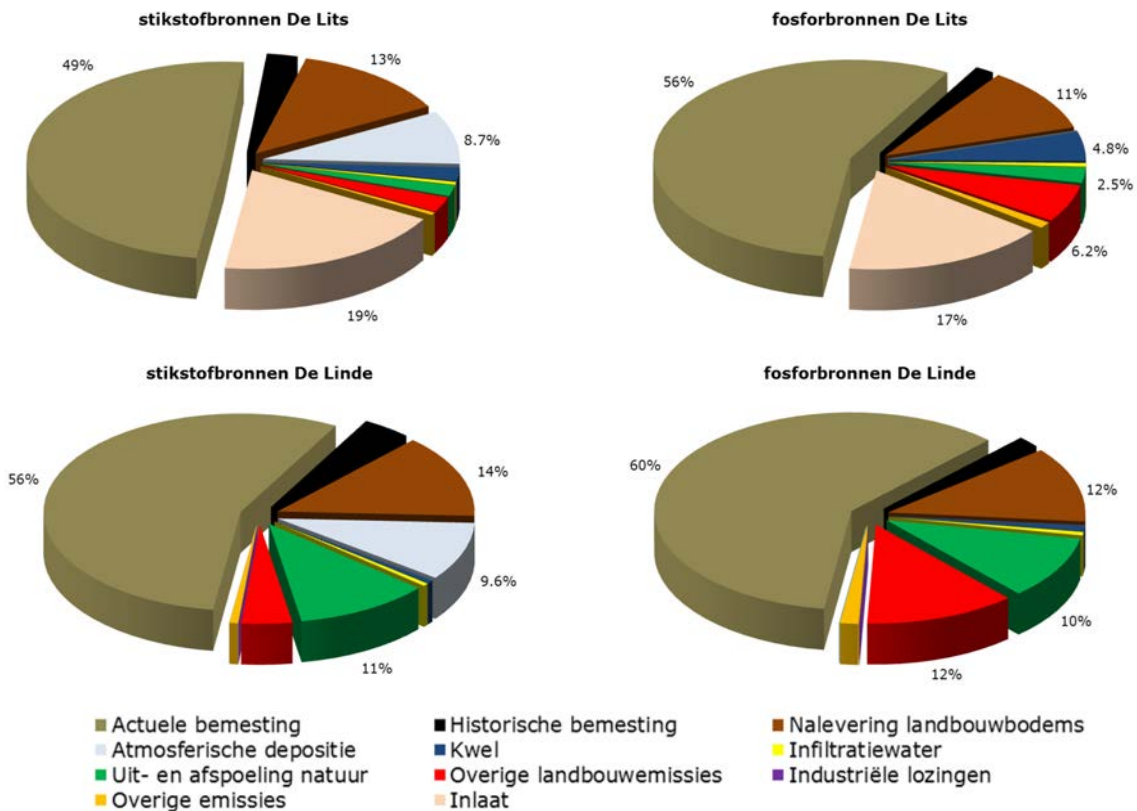
Uit de figuur blijkt dat in alle zes polders maaiveldgreppels voorkomen en dat er met name in de veenpolders Echten en Fjouwer en zandpolder De Lits bedrijven voorkomen met > 75% maaiveldgreppels per bedrijf. Het verdient aanbeveling om via verder onderzoek, bijv. met gedetailleerde hoogtekaarten, verder te onderzoeken en te controleren of deze verklaring voor de hoge bijdrage van de actuele bemesting aan de fosforbelasting van het oppervlaktewater van toepassing is voor de betreffende polders.

3.3.1 Herkomstanalyse alle bronnen

Op basis van de herkomstanalyse van de uit- en afspoeling (zie vorige paragraaf) en de totale stoffenbalans (paragraaf 3.2) is de relatieve bijdrage afgeleid van de verschillende bronnen aan de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater voor de verschillende polders. Voor de bijdrage van inlaatwater is in onderstaande figuren gebruik gemaakt van variant 2 (gemiddelde hoeveelheid inlaatwater). De resultaten voor de minimale en maximale variant staan in Bijlage 5.

Zandpolders

De relatieve bijdrage van de bronnen aan de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater voor de twee zandpolders zijn weergegeven in Figuur 8.

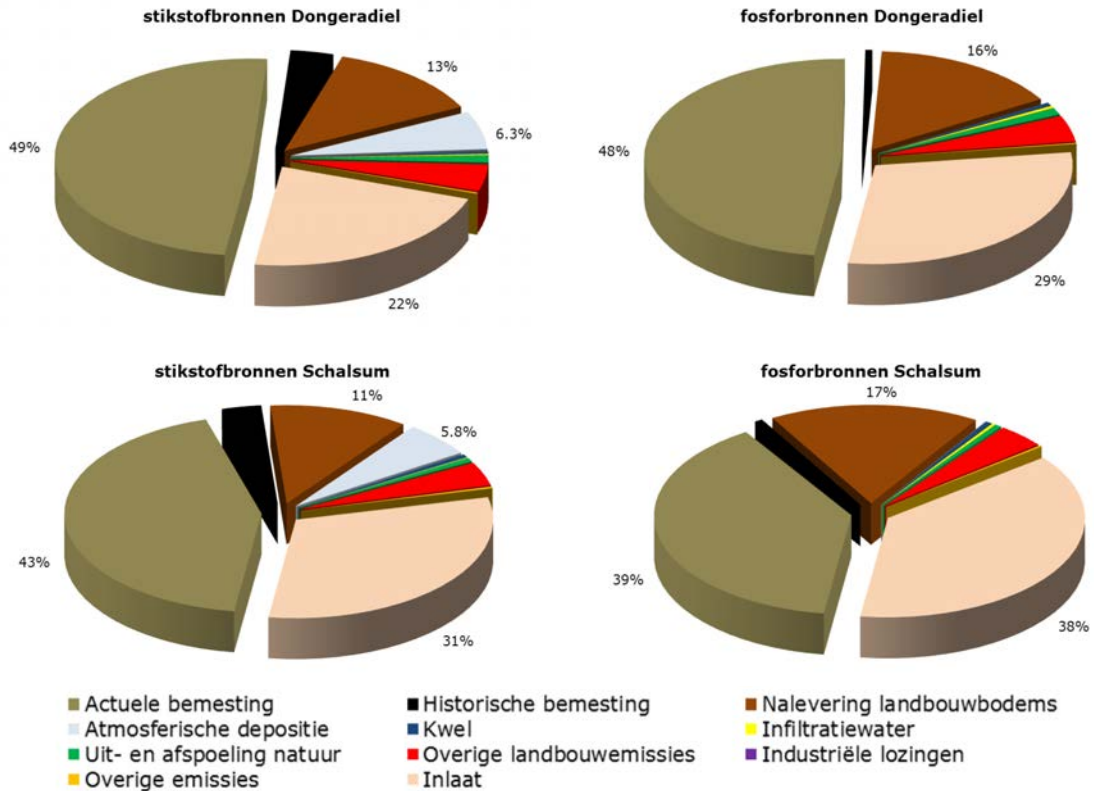


Figuur 8 Relatieve bijdrage van de verschillende bronnen aan de totale stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater van twee zandpolders (De Lits, boven en De Linde, onder).

De actuele bemesting draagt het meeste bij aan de totale stikstofvracht naar het oppervlaktewater in zandpolders (49 en 56%). Voor polder De Linde (zonder inlaat) is daarnaast de bijdrage van de bodem (14%), atmosferische depositie (9,6%) en de uit- en afspoeling vanuit natuurgebieden (11%) van belang. Voor polder De Lits is 19% van de stikstofbelasting afkomstig van inlaatwater, gevolgd door de bijdrage van de bodem (13%) en atmosferische depositie (8,7%).

Ook voor fosfor is de bijdrage van de actuele bemesting groot (56 en 60%). Voor polder De Linde is ca. 17% afkomstig van inlaatwater. De andere bronnen die bijdragen aan de fosforbelasting is de emissie vanuit overige landbouwbronnen (6 en 12%), uit- en afspoeling vanuit natuurgebieden (10%, alleen voor De Linde) en nalevering van de bodem (11 en 12%).

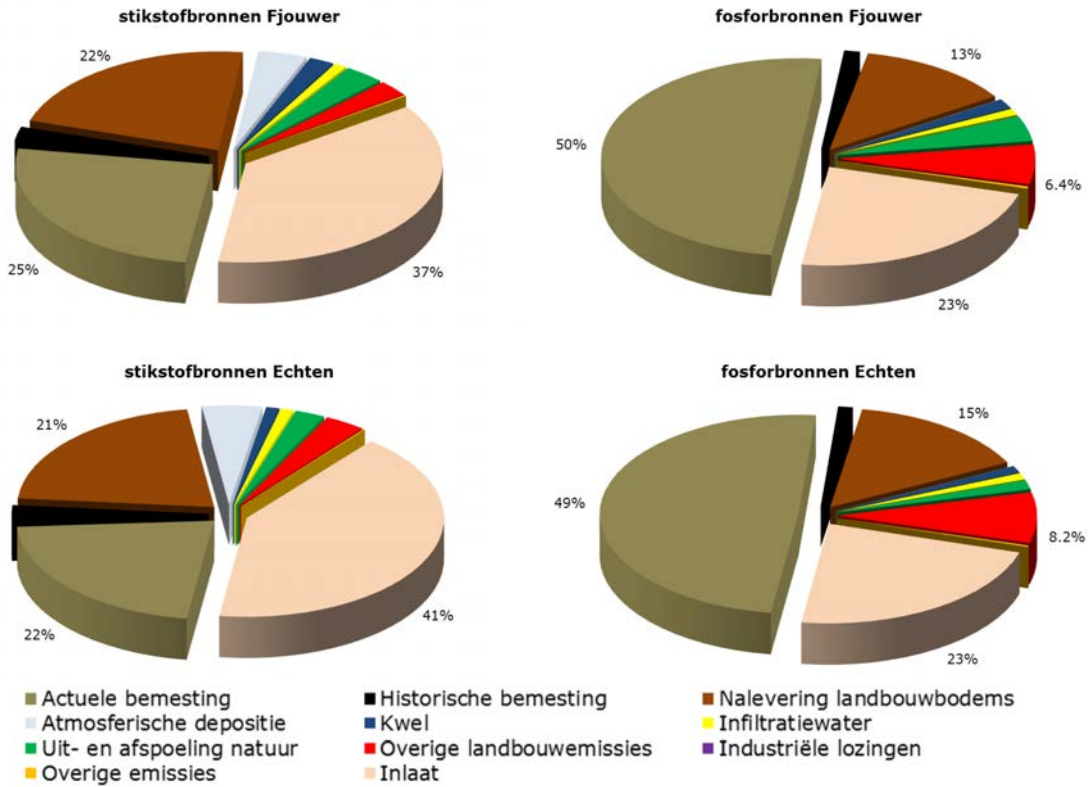
Kleipolders



Figuur 9 Relatieve bijdrage van de verschillende bronnen aan de belasting van het oppervlaktewater van twee kleipolders (Dongeradiel, boven en Schalsum, onder).

In kleipolders draagt de actuele bemesting tussen de 40 en 50% bij aan de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater (Figuur 9). De bijdrage van inlaatwater ligt tussen de 22 en 38%, gevolgd door de nalevering van de bodem (11 - 17%). De bijdrage van de andere bronnen aan de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater is relatief klein (ca. 6% voor atmosferische depositie en ongeveer 4% voor de overige agrarische bronnen (o.a. erfafspoeling)).

Veenpolders



Figuur 10 Relatieve bijdrage van de verschillende bronnen aan de belasting van het oppervlaktewater van twee veenpolders (Fjouwer, boven en Echten, onder).

In veenpolders levert inlaatwater de grootste bijdrage aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater (37 - 41%), gevolgd door de bijdrage van de actuele bemesting (22 - 25%) en nalevering landbouwbodem bemesting (21 - 22%).

De fosforbelasting is voor de helft afkomstig van de actuele bemesting. Inlaatwater (23%), nalevering vanuit de landbouwbodem (13 - 15%) en overige agrarische emissies (6-8%) zijn de andere bronnen die bijdrage aan de fosforbelasting van het oppervlaktewater.

4 Beïnvloedbaarheid bronnen

4.1 Beïnvloedbaarheid bronnen

In dit onderzoek is de recente belasting (2011-2013) van het oppervlaktewater met stikstof en fosfor in beeld gebracht en de herkomst hiervan afgeleid. Voor waterbeheerders is het vervolgens interessant om te weten welke bronnen en emissieroutes door de waterbeheerders te sturen zijn. In een notitie die is opgesteld voor de Nutriëntenwerkgroep Rijn-West (Schipper *et al.*, 2012) zijn de nutriëntenbronnen ingedeeld naar beïnvloedbaarheid (direct of op korte/lange termijn) en niet beïnvloedbaar (Tabel 18).

Tabel 18

Indeling nutriëntenbronnen naar beïnvloedbaarheid (direct of op korte/lange termijn) en niet beïnvloedbaar.

Categorie	Bronnen / emissieroutes	Effect bronreductie	Type emissie	Bronnen
Beïnvloedbaar direct effect	Rwzi's	Direct effect	Effluentlozing	Huishoudelijk afvalwater, lozingen op riool
	Industriële lozingen	Direct effect	Effluentlozing	Industrie
	Overige agrarische emissies	Direct effect	Diffuse lozingen	Meemesten sloten, erfafspoeling, glastuinbouw
	Waterinlaat	Direct effect	Waterinlaat vanuit boezem, Rijkswateren e.a.	Bronnen buiten het gebied
	Overige bronnen	Direct effect	Punt en diffuus	Ongerioleerde lozingen, overstorten
Beïnvloedbaar korte en lange termijn	Actuele bemesting	Korte en lange termijn ¹⁾	Afspoeling en uitspoeling (sloten, greppels, buisdrainage)	Huidige grondgebonden landbouw
	Nalevering bodemcomplex landbouwbodems ²⁾	Lange termijn	Uitspoeling (sloten, greppels, buisdrainage)	Geogeen, historische bemesting, kwel en depositie
Bronreductie niet / moeilijk beïnvloedbaar	Atmosferische depositie open water en bodem	Niet haalbaar	Depositie open water en natuur/landbouw bodems ³⁾	Luchtemissies landbouw, verkeer, industrie, energie, buitenland
	Kwel waterlopen	Niet haalbaar ⁴⁾	Kwel direct naar waterlopen en naar bodem	Geogeen, mogelijk verhoogd door antropogene invloed
	Infiltratie oppervlaktewater	Niet haalbaar	Diffuse infiltratie lokaal oppervlaktewater	Lokale en bovenstroomse bronnen
	Natuurgronden		Diffuse uit- en afspoeling	Geogeen, door antropogene invloed verhoogde depositie

¹⁾ Korte termijneffect voornamelijk de reductie van de route afspoeling, hotspots, korte stromingspatronen. Zowel voor stikstof als voor fosfor zal bronreductie voor een deel snel effect hebben. Voor fosfor kan het uiteindelijke effect decennia duren, voor stikstof is deze termijn i.h.a. korter

²⁾ Nalevering door verwerking, oplossen metaal(hydr)oxides, oxidatie, historische bemesting, historische kwel en historische depositie

³⁾ Bronreductie niet haalbaar, maar atmosferische depositie op landbouwbodems zou meegerekend kunnen worden in het bepalen van de mestgiften. In voorgenomen landelijk mestbeleid wordt atmosferische depositie niet meegenomen

⁴⁾ Significante bronreductie niet haalbaar, omdat de bron gerelateerd is aan functie van het gebied c.q. de drooglegging en daardoor op te vatten als onomkeerbare hydromorfologische ingreep.

Beïnvloedbaar, direct effect

Van beïnvloeding van een aantal bronnen kan een direct effect op de stikstof- en fosforbelasting worden verwacht. Dit zijn met name waterinlaat, puntlozingen (rwzi's, industriële lozingen) en overige agrarische emissies.

Omdat inlaat een significant aandeel heeft in de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in de polders (17 - 41%) heeft het verlagen van de hoeveelheid inlaatwater een relatief groot effect op de totale inkomende nutriëntenvrucht. De vraag is echter in hoeverre het, gezien de huidige functie van het gebied, wenselijk/mogelijk is om de hoeveelheid inlaatwater te reduceren. Omdat industriële lozingen in dit gebied een verwaarloosbare bijdrage leveren aan de nutriëntenvruchten hebben maatregelen, gericht op het verlagen van deze bron een beperkt effect.

Beïnvloedbaar, korte en lange termijn

Het grootste gedeelte van de stikstof- en fosforbelasting in de zes polders is afkomstig van de actuele bemesting en de nalevering van de landbouwbodems (43 - 72%). Het verlagen van de actuele bemesting (o.a. via het mestbeleid) levert op zowel korte als de lange termijn een reductie op van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater. Effecten van alternatieve maatregelen die aangrijpen op de nalevering vanuit de bodem (bijvoorbeeld uitmijnen) zijn over het algemeen pas op langere termijn zichtbaar. Voor het verlagen van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater vanuit deze bronnen is samenwerking/afstemming tussen de waterbeheerders en de agrarische sector nodig.

Bron niet/moeilijk beïnvloedbaar

De laatste categorie die onderscheiden kan worden zijn bronnen die moeilijk of niet beïnvloedbaar zijn. Op basis van de herkomstanalyse blijkt dat voor de zes polders tussen de 7 en 22% van de stikstofbelasting moeilijk/niet beïnvloedbaar is, voor fosfor ligt dit tussen de 1 en 12%.

4.2 Effecten mestbeleid (5^e NAP)

De effecten van het mestbeleid op de uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater zijn afgeleid op basis van bestaande berekeningen met STONE (Groenendijk *et al.*, 2015) die zijn uitgevoerd in het kader van de ex ante evaluatie KRW (Van Gaalen *et al.*, 2016). Dit betreft modelberekeningen waarin alleen de veranderingen in gebruiksnormen en werkingscoëfficiënten zijn meegenomen. Andere ontwikkelingen (o.a. groei melkveestapel) en/of beleid (o.a. Wet verantwoorde Groei Melkveehouderij) zijn hierin niet meegenomen.

De reden hiervoor is dat voor de inschatting van de effecten van het 5^e Actieprogramma is uitgegaan van mestberekeningen met MAMBO die eind 2014 zijn uitgevoerd, waarbij gebruik gemaakt is van cijfers uit 2013. Op dat moment waren nog geen cijfers bekend over de groei van de melkveehouderij. Met het beschikbaar komen van de Evaluatie Meststoffenwet 2016 in 2017 zullen voor het eerst cijfers beschikbaar komen waarin de groei van de veestapel is doorgerekend naar de mestintensiteiten en toepassing van mesttypen.

Omdat in Friesland relatief veel melkveebedrijven voorkomen, zijn deze veranderingen relevant en verdient het ook aanbeveling om nieuwe berekeningen in te zetten, waarbij bovenstaande ontwikkelingen wel zijn meegenomen.

Het voorgenomen mestbeleid grijpt voornamelijk aan op de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater via uit- en afspoeling vanuit landbouwgronden. De belasting vanuit andere bronnen verandert niet, hoewel verwacht kan worden dat het voorgenomen mestbeleid ook invloed heeft op de emissies vanuit overige agrarische bronnen (meemesten sloten, erfafspoeling, glastuinbouw). Het effect van het voorgenomen mestbeleid op de bijdrage van deze bronnen is niet bekend en derhalve niet meegenomen.

4.2.1 Uit- en afspoeling

De effectiviteit van het mestbeleid voor het verminderen van uit- en afspoeling van stikstof varieert tussen 1,9% voor de kleipolder Dongeradiel en 9,1% voor zandpolder De Linde (Tabel 19).

Tabel 19

Effect van het voorgenomen mestbeleid (5^e Actieprogramma) op de **uit- en afspoeling** van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater (min = reductie).

Polder	grondsoort	Stikstof	Fosfor
De Lits	zand	-4,9%	-2,4%
De Linde	zand	-9,1%	-7,5%
Dongeradiel	klei	-1,9%	-2,3%
Schalsum	klei	-3,8%	-2,7%
Fjouwer	veen	-6,7%	-5,4%
Echten	veen	-6,6%	-6,4%

Het relatief grote effect voor zandpolder De Linde en de veenpolders hangt gedeeltelijk samen met het feit dat het mestbeleid bij grasland andere effecten heeft dan bij snijmais. Het areaal mais in de veenpolders en polder De Linde is beduidend groter dan in de kleipolders en zandpolder De Lits.

Ook voor fosfor wordt het grootste effect van het voorgenomen beleid berekend voor polder De Linde en de veenpolders. Het effect ligt tussen de 2,3% (Dongeradiel) en 7,5% (De Linde).

4.2.2 Totale nutriëntenbalans

Het uiteindelijke effect van het voorgenomen mestbeleid op de totale stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater wordt mede bepaald door de bijdrage van de andere bronnen in het gebied. Hoe groter de bijdrage van andere bronnen, hoe kleiner het relatieve effect op de vermindering van de totale nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater.

In Tabel 20 is het effect weergegeven van het voorgenomen mestbeleid op de totale nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater. Omdat het totale effect mede afhankelijk is van de geschatte hoeveelheid inlaatwater, zijn alle drie de varianten weergegeven.

Tabel 20

Effect (% reductie) van het voorgenomen mestbeleid op de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater en het effect op de totale stikstof- en fosforbalans (= inclusief alle bronnen) van drie varianten met verschillende inlaathoeveelheden.

Polder	Grondsoort	Stikstof				Fosfor			
		uit- en afspoeling	totale nutriëntenbelasting			uit- en afspoeling	totale nutriëntenbelasting		
			variant 1	variant 2	variant 3		variant 1	variant 2	variant 3
De Lits	zand	4,9	3,2	3,0	2,9	2,4	1,7	1,6	1,5
De Linde	zand	9,1	7,7	7,7	7,7	7,5	5,9	5,9	5,9
Dongeradiel	klei	1,9	1,3	1,1	1,1	2,3	1,4	1,3	1,2
Schalsum	klei	3,8	2,0	1,7	1,5	2,7	1,4	1,2	1,1
Fjouwer	veen	6,7	4,8	4,3	3,8	5,4	3,5	3,2	3,0
Echten	veen	6,6	4,3	3,7	3,3	6,4	4,1	3,7	3,4

De totale stikstofbelasting van het oppervlaktewater neemt af tussen de 1,1% (Dongeradiel) en 7,7% (De Linde). De totale fosforbelasting neemt af tussen 1,1 en 5,9%.

5 Plausibiliteit stofbalansen

De met ECHO berekende netto uitgaande vracht (inkomende vracht minus retentie) is vergeleken met de vrachtbepalingen die Deltares heeft uitgevoerd. Hierdoor wordt een beeld verkregen van de plausibiliteit van de rekenresultaten.

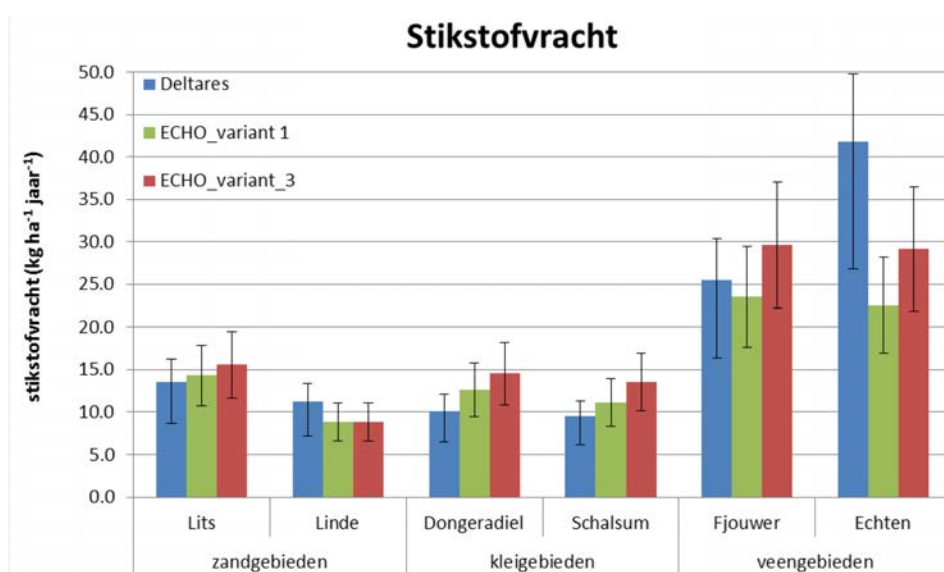
Voor het juist interpreteren van de resultaten is het noodzakelijk om rekening te houden met onzekerheden in de debiet- en concentratiemetingen in het oppervlaktewater (en de door Deltares afgeleide vrachtbepalingen) en de modelberekeningen met ECHO. Omdat er in dit onderzoek niet voor gekozen is om een onzekerheids- en gevoeligheidsanalyse uit te voeren, is gebruik gemaakt van resultaten uit eerdere onderzoeken.

Voor het schatten van de onzekerheidsmarge van de uit metingen afgeleide uitgaande nutriëntenvracht is gebruik gemaakt van het onderzoek dat door Deltares is uitgevoerd (Rozemeijer, 2015). Hierin is nagegaan wat het effect is van de meetfrequentie (verschil tussen tweewekelijkse metingen en maandmetingen) op de afgeleide jaarvrachten voor stikstof en fosfor. Uit de resultaten blijkt dat op basis van de maandelijkse metingen ten opzichte van de tweewekelijkse metingen de jaarvrachten voor N-totaal een afwijking hebben van -35,8 tot +19,2%, de jaarvrachten voor P hebben een afwijking van -24 tot +11,9%.

Voor het afleiden van de onzekerheidsmarges van de met ECHO berekende uitgaande vracht zijn de onzekerheidsmarges gebruikt die in het onderzoek van Alterra (van Boekel *et al.*, 2011) zijn afgeleid. Voor de berekende netto uitgaande nutriëntenbelasting (totale emissie naar water minus de retentie) is een onzekerheidsmarge van 25% voor zowel stikstof als voor fosfor aangehouden en is een resultante van alle bronnen met ieder een eigen onzekerheidsmarge.

Het gebied waarvoor deze onzekerheidsanalyse is uitgevoerd bestond voor een belangrijk deel uit vrij afwaterende gebieden. Daarom kunnen de resultaten ervan alleen een globale indicatie geven van de onzekerheidsmarge van de met ECHO voor de zes polders berekende uitgaande nutriëntenvrachten.

De door Deltares uit metingen afgeleide stikstofvracht voor de periode 2011-2013 ($\text{kg N ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$) is vergeleken met de berekende stikstofvracht voor de varianten met de minimale hoeveelheid inlaatwater (variant 1) en de maximale hoeveelheid inlaatwater (variant 3). De resultaten voor variant 2 liggen tussen variant 1 en variant 3 (Figuur 11).

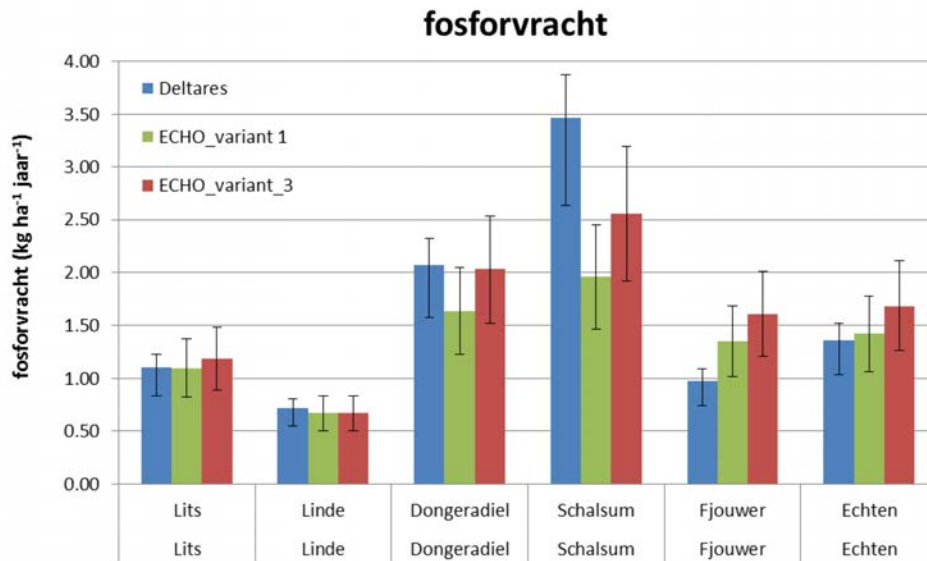


Figuur 11 Uit metingen afgeleide (Deltares) en berekende (ECHO) stikstofvracht ($\text{kg N ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$) naar het oppervlaktewater nabij het uitstroompunt van de polders.

De voor de zes polders berekende stikstofvracht komt goed overeen met de uit metingen afgeleide stikstofvracht. De verschillen liggen voor alle zes polders binnen de aangehouden bandbreedte van onzekerheid.

Het grootste verschil wordt gevonden voor veenpolder Echten. De berekende stikstofvracht is lager dan de uit metingen afgeleide vracht. Mogelijke verklaringen voor de onderschatting van de stikstofvracht zijn:

- De hoeveelheid inlaatwater voor deze polder wordt onderschat. Deze post is niet direct uit metingen afgeleid omdat er geen informatie over beschikbaar is.
- Het type veen in de polders is mogelijk voedselrijker dan in deze analyse is verondersteld, waardoor de mineralisatie van N wordt onderschat. Dit betekent niet dat de mineralisatie van fosfor daardoor ook wordt onderschat, omdat dit o.a. afhankelijk is van de N/P-verhouding van het veen.



Figuur 12 Uit metingen afgeleide (Deltares) en berekende (ECHO) fosforvracht ($\text{kg P ha}^{-1} \text{jaar}^{-1}$) naar het oppervlaktewater nabij het uitstroompunt van de polders.

Evenals voor stikstof blijkt dat wanneer rekening wordt gehouden met de onzekerheidsmarges het verschil in de uit metingen afgeleide fosforvracht (Deltares) en berekende fosforvracht (ECHO) voor alle polders binnen de bandbreedte van onzekerheid liggen (Figuur 12).

Het grootste verschil wordt gevonden voor polder Schalsum (onderschatting van de P-vracht). Een oorzaak van de lagere berekende fosforvracht is een mogelijke onderschatting van de oplading van de bodem door fosfaatrijke kwel in de ondergrond en daardoor een onderschatting van de nalevering vanuit de bodem.

6 Conclusie en discussie

In deze studie is antwoord gegeven op een aantal kennisvragen van Wetterskip Fryslân die aan Alterra zijn gesteld naar aanleiding van de ex ante evaluatie van de Nederlandse plannen voor de Kaderrichtlijn. Voor het beantwoorden van deze kennisvragen zijn conform de ECHO-methodiek stofbalansen opgesteld voor twee zandpolders, twee kleipolders en twee veenpolders. In dit hoofdstuk wordt aan de hand van de kennisvragen een overzicht gegeven van de belangrijkste conclusies en worden een aantal discussiepunten benoemd.

6.1 Conclusies

De belangrijkste conclusies van dit onderzoek volgen uit het beantwoorden van de kennisvragen.

1) *Wat is de opbouw van de huidige belasting van het oppervlaktewater, waarbij de bronnen zijn uitgesplitst naar herkomst?*

De nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in de zes polders in de periode 2011-2013 is met name afkomstig van de actuele bemesting, inlaatwater en de (na)levering vanuit de landbouwbodems. Het totale aandeel van deze drie bronnen in de totale nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater ligt tussen de 69 en 94%. De actuele bemesting levert voor alle zes polders de grootste bijdrage aan de fosforvrucht naar het oppervlaktewater (39 - 60%). Ook de stikstofbelasting van het oppervlaktewater in de zand- en kleipolders is voornamelijk afkomstig van de actuele bemesting (43 - 56%). Voor de veenpolders is de bijdrage van inlaatwater de grootste bron/route (37 - 41%).

2) *Welke bronnen van nutriënten zijn beïnvloedbaar?*

Om een beeld te schetsen van de beïnvloedbaarheid van de bronnen van nutriënten is gebruik gemaakt van de indeling die wordt gehanteerd in de Nutriëntenwerkgroep Rijn-West (Schipper *et al.*, 2012). De nutriëntenbronnen zijn ingedeeld in 3 categorieën: 1) beïnvloedbaar met een direct effect, 2) beïnvloedbaar met een effect op de lange/korte termijn en 3) bronreductie niet/moeilijk beïnvloedbaar.

Het aandeel van de bronnen uit categorie 1 (direct effect) ligt voor stikstof tussen de 5 en 45% en voor fosfor tussen de 14 en 42% en dit betreft voornamelijk inlaatwater. In hoeverre het, gezien de huidige functie van het gebied, wenselijk/mogelijk is om de hoeveelheid inlaatwater te reduceren en daarmee de aanvoer van nutriënten naar de zes polders, valt nog te bezien.

Het grootste gedeelte van de nutriëntenbelasting is afkomstig van bronnen uit categorie 2 (actuele bemesting en bijdrage bodem, 46 - 74%). De bijdrage van de actuele bemesting kan worden verlaagd door het stikstof- en fosforoverschot te reduceren en levert zowel op de korte als op de lange termijn een reductie op van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater. Voor het verlagen van de (na)levering vanuit de bodem zullen alternatieve maatregelen moeten worden ingezet (bijvoorbeeld P-uitmijnen), de effecten hiervan zullen pas op de langere termijn zichtbaar zijn.

3) *Wat is het effect van het mestbeleid (5^e Actieprogramma) op de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater?*

Het effect van het 5^e Actieprogramma op de uit- en afspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater is beperkt. Op basis van de modelberekeningen blijkt dat de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater in 2027 t.o.v. de huidige situatie afneemt tussen de 1,9 en 9,1%. De verschillen tussen de zes polders in effect van het 5^e Actieprogramma op de stikstof- en fosforuitspoeling hangen gedeeltelijk samen met het feit dat het mestbeleid voor grasland andere effecten heeft dan voor snijmais.

Daarnaast kunnen de verschillen verklaard worden door de verruiming van de stikstofnorm voor grasland op zeelei. Geringe effecten van het mestbeleid op de fosfaatvracht naar het oppervlaktewater worden veroorzaakt door de grote fosfaatvoorraad in de bodem, waardoor kleine veranderingen in het fosfaatoverschot nauwelijks effect hebben op de fosfaatverliezen.

Het onderzoek geeft aanwijzingen voor de invloed van snelle transportroutes via maaiveldgreppels. Aanbevolen wordt om te controleren in welke mate maaiveldgreppels voorkomen in de polders. Indien dit het geval is, vergroot het de beïnvloedbaarheid door de vermindering van de afspoeling. Met een intensieve buisdrainage en een aangepaste perceelsligging kan mogelijk een deel van de afspoeling/maaivelddrainage worden verminderd.

6.2 Discussie

Onzekerheidsmarges

Voor het afleiden van de onzekerheidsmarges is gebruik gemaakt van twee verschillende bronnen. De onzekerheidsmarges van de uit metingen afgeleide nutriëntenvracht is afkomstig van onderzoek van Deltares (Rozemeijer, 2015), voor de onzekerheidsmarges van de berekende nutriëntenvracht is gebruik gemaakt van resultaten uit onderzoek van Alterra (van Boekel *et al.*, 2011).

In het onderzoek van Alterra zijn ook onzekerheidsmarges afgeleid voor de uit metingen afgeleide nutriëntenvracht (11% voor stikstof en 14% voor fosfor), en deze wijken af van de onzekerheidsmarges uit de studie van Deltares (-36 tot +19% voor N en -24% tot +12% voor P). Omdat de onzekerheidsmarges betrekking hebben op verschillende bronnen van onzekerheid kunnen de getallen niet zonder meer vergeleken worden. De onzekerheidsmarges uit het onderzoek van Alterra zijn o.a. gebaseerd op onzekerheden t.a.v. de meetapparatuur, meetlocatie, meetmethode, en laboratoriumanalyse. In de onzekerheidsmarges die zijn afgeleid uit de studie van Deltares is alleen het effect van de meetfrequentie meegenomen. In feite zouden beide vormen van onzekerheid gecombineerd moeten worden, wat resulteert in grotere onzekerheidsmarges. Daarnaast is in beide studies geen rekening gehouden met de onzekerheid van debietmetingen. Deze is naar verwachting minstens net zo groot, of zelfs groter dan van concentratiemetingen (Mulder *et al.*, 2012), waardoor de onzekerheden van de uit metingen afgeleide vracht verder zal toenemen.

Retentie

Voor het vaststellen van de retentie van stikstof en fosfor zijn verschillende methoden gebruikt. De stikstofretentie in de klei- en veenpolders varieert per polder en is afhankelijk gesteld van de onderliggende retentieprocessen. Deze retentieprocessen zijn afgeleid uit metingen (zie ook Bijlage 4). Voor de stikstofretentie in zandpolders en de fosforretentie zijn vaste retentiewaarden gebruikt. Uit de resultaten blijkt dat de stikstofretentie in klei- en veenpolders duidelijk lager is dan in zandpolders en dan de fosforretentie. In dit onderzoek is niet onderzocht in hoeverre de verschillen verklaard kunnen worden door de gebruikte methode of dat hier andere factoren aan ten grondslag liggen. Voor het beantwoorden van deze vraag is aanvullend onderzoek nodig.

Wanneer gebruik wordt gemaakt van andere retentiefactoren, heeft dit geen effect op de relatieve bijdrage van bronnen aan de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater zoals deze in paragraaf 3.3 zijn gepresenteerd. Aanpassen van de retentie heeft wel effect op de berekende uitgaande nutriëntenvracht die gebruikt wordt bij de toetsing aan de vrachtbepaling van Deltares (hoofdstuk 5). Opgemerkt dient te worden dat de onzekerheden van de retentieschattingen zijn meegenomen bij het afleiden van de onzekerheidsmarges van de berekende nutriëntenvracht.

Inlaatwater

De hoeveelheid inlaatwater voor de zes polders wordt niet bemeten en is daardoor niet bekend. Op basis van expert judgement en relevante studies is een schatting gemaakt van de hoeveelheid inlaatwater. Door verschillende varianten door te rekenen is inzicht verkregen in de gevoeligheid van het eindresultaat voor de hoeveelheid inlaatwater.

Uit de resultaten van de studie blijkt dat het verschil in de bijdrage van inlaatwater aan de nutriëntenbelasting tussen de minimale variant (variant 1) en maximale variant (variant 3) varieert tussen 5 en 13% en dat inlaatwater dus voor een belangrijk deel het eindresultaat beïnvloedt. Een betere onderbouwing van de inlaathoeveelheden is dan ook gewenst.

Onderscheid in bronnen (herkomst)

Het kwantificeren van de bijdrage van de verschillende bronnen en de herkomst van de diffuse belasting van het oppervlaktewater is lastig, omdat deze niet rechtstreeks is te meten en alleen via modelberekeningen kan worden gekwantificeerd (van der Bolt en Schoumans, 2012). Bij het uitsplitsen van de bronnen van de uit- en afspoeling zijn dezelfde definities gehanteerd als in de Evaluatie Meststoffenwet 2012 (Groenendijk *et al.*, 2012). Voor de ex post Evaluatie is de verdeling van bronnen in het recente verleden in beeld gebracht. In de berekeningen is dit in beeld gebracht door de verdeling tussen depositie, bemesting, bodem, kwel en inlaat te baseren op de periode 2000-2010. Deze verdeling wordt beïnvloed door de meteo in deze periode en de afnemende mestgiften in deze periode. Dit betekent ook dat de bemesting, die in deze periode is gegeven, wordt toegerekend aan de bron 'actuele bemesting', waardoor de bijdrage daarvan groter wordt.

Literatuur

- Boekel, E.M.P.M. van, J. Roelsma, H.T.L. Massop, H.M. Mulder, P.C. Jansen, L.V. Renaud, R.F.A. Hendriks en P.N.M. Schipper, 2015. *Achtergrondconcentraties in het oppervlaktewater van HHNK: Hoofdrapport; Analyse achtergrondconcentraties voor stikstof en fosfor op basis van water- en nutriëntenbalansen voor het beheergebied van HHNK*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2475.
- Boekel, E.M.P.M., Smit, A.A.M.F.R., Mulder, H.M., Groenendijk P., 2013. *Procedure afleiden regionale uit- en afspoelingscijfers voor stikstof en fosfor (herschikkingsprocedure)*. Wageningen, Alterra.
- Boekel, E.M.P.M. van, P. Bogaart, L.P.A. van Gerven, T. van Hattum, R.A.L. Kselik, H.T.L. Massop, H.M. Mulder, P.E.V. van Walsum en F.J.E. van der Bolt, 2012. *Evaluatie Landbouw en KRW. Evaluatie meststoffenwet 2012: deelrapport ex post*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2326.
- Boekel, E.M.P.M. van, L.P.A. van Gerven, T. van Hattum, V.G.M. Linderhof, H.T.L. Massop, H.M. Mulder, N.B.P. Polman, L.V. Renaud, en D.J.J. Walvoort, 2011. *Ex-ante evaluatie Landbouw en KRW, Bijdrage van het voorgenomen beleid en aanvullende (landbouwkundige) maatregelen op de realisatie van de KRW-nutriëntendoelstelling*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2121.
- Bolt, F.J.E. van der; Schoumans, O.F.; Boekel, E.M.P.M. van; Bogaart, P.W.; Broers, H.P.; Grift, B.; Daatselaar, C.H.G.; Dijk, W. van; Groenendijk, P.; Ham, A. van den; Hooijboer, A.E.J.; Klijne, A. de; Schils, R.L.M.; Tol-Leenders, T.P. van, 2012. *Ontwikkeling van de bodem- en waterkwaliteit: Evaluatie Meststoffenwet 2012: eindrapport ex post*. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport 2318.
- Hazeu, G.W., C. Schuiling, G.J. Dorland, J. Oldengarm en H.A. Gijsbertse, 2010. *Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland versie 6 (LGN6); Vervaardiging, nauwkeurigheid en gebruik*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2012.
- 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.
- Gaalen. F. van et al. (2015). *Waterkwaliteit nu en in de toekomst. Tussenrapportage ex ante evaluatie van de Nederlandse plannen voor de Kaderrichtlijn Water*. Den Haag: PBL.
- Groenendijk, P., L. Renaud, H. Luesink, P.W. Blokland & T. de Koeijer (2015), *Gevolgen van mestnormen volgens het 5^e Actieprogramma voor nitraat en N- en P-belasting van het oppervlaktewater*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2647.
- 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.
- Kroes, J.G., E.M.P.M. van Boekel, F.J.E. van der Bolt, L.V. Renaud en J. Roelsma, 2011. *ECHO, een methodiek ter ondersteuning van waterbeleid; methodiekb beschrijving en toepassing Drentse Aa*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1913.
- Luesink, H.H., P.W. Blokland, M.W. Hoogeveen en J.H. Wisman, 2009. *Ammoniakemissie uit de landbouw in 2006 en 2007*. Wageningen, WOT Natuur & Milieu, werkdocument 144.
- Massop H.T.L., C. Schuiling, 2016. *Buisdrainagekaart 2015: Update landelijke buisdrainagekaart op basis van landbouwmetelling van 2012*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2700.
- Muhammetoglu, A. and S. Soyupak, 2000. A three-dimensional water quality-macrophyte interaction model for shallow lakes. *Ecological Modelling* 133, 161-180.
- Mulder, M., P. Schipper, E. Jongman en J. Heijkers, 2012. Onzekere debietschattingen. *Stromingen*, 16, (3), 33 - 43.
- Roijackers, R., S. Szabó en M. Scheffer, M., 2004. Experimental analysis of the competition between algae and duckweed. *Hydrobiologie* 160, 401-412.
- Rozemeijer, J.C., 2015. Nutriëntenvrachten vanuit zes stroomgebieden in Wetterskip Fryslân voor 2011 t/m 2013. Deltares rapport 1209597-000-BGS-0003.
- 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.

-
- 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.
- Siderius, C., P. Groenendijk, L.P.A. van Gerven, M.H.J.L. Jeuken en A.A.M.F.R Smit, 2008. *Process description of NuswaLite; a simplified model for the fate of nutrients in surface waters*. Alterra Wageningen, Alterra, Alterra Report 1226.2,
- Veraart, A.J., J.J.M. de Klein en M. Scheffer, 2011b. Warming Can Boost Denitrification Disproportionately Due to Altered Oxygen Dynamics. PLoS ONE 6(3): e18508.
- Vries, F. de, W.J.M. de Groot, T. Hoogland, J. Denneboom, 2003. *De bodemkaart van Nederland digitaal; Toelichting bij inhoud, actualiteit en methodiek en korte beschrijving van additionele informatie*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 811.
- Vrolijk, H., P.W. Blokland, F. Bouma, W. Dol, G. Kruseman, H.H. Luesink en L.M. Mokveld, 2009. *MAMBO, design principles, model structure and data use*. Concept-rapport 2009. LEI Wageningen UR, Den Haag, 2009.
- Wösten, J.H.M., F. de Vries, J. Denneboom en A.F. van Holst, 1988. *Generalisatie en bodemfysische vertaling van de Bodemkaart van Nederland, 1: 250 000, ten behoeve van de Pawnstudie*. Stiboka, Wageningen. Rapport 2055.

Bijlage 1 Bodemfysische eenheden

Tabel B1.1

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 2 Bronnen in de Emissieregistratie

Tabel B2.1

Indeling van de bronnen in de Emissieregistratie aan de doelgroep, subdoelgroep en de indeling die in de ECHO-methodiek wordt gehanteerd.

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	IND
	Chemische industrie bestrijdingsmiddelen	
	Chemische industrie kunstmeststoffen	
	Chemische industrie overig	
4 Raffinaderijen	Raffinage en verwerking	IND
5 Energiesector	Olie- gaswinning land	
	Opwekking elektriciteit	
	Transport en distributie olie en gas	
6 Verkeer en Vervoer	Binnenscheepvaart	IND
7 Consumenten	Huishoudelijk afvalwater	
8 Bouw	Overige bouw	
9 Afvalverwijdering	AVI's	
	Overige afvalbedrijven	
	Storten	
10 Drinkwatervoorziening	Overig drinkwater	IND
11 Riolering en waterzuiveringsinstallaties	Energiegebruik en processen	
	Ongezuiverd rioolwater (regenwaterriolen + overstorten)	
	Effluenten lozingen	EF
12 Handel, Diensten en Overheid	Energiegebruik en processen handel	OV
14 Overig	Atmosferische depositie (open water)	DW

Bijlage 3 Betrouwbaarheid bronnen in de Emissieregistratie

In onderstaande tabel zijn voor een aantal bronnen uit de Emissieregistratie een betrouwbaarheidspercentage (%) weergegeven (bron: www.emissieregistratie.nl). De volgende betrouwbaarheidspercentages worden gehanteerd: 1%, 5%, 10%, 25%, 50%, 100%, 200% en 400%. Een betrouwbaarheid van 1% wil zeggen dat het desbetreffende onderdeel zeer betrouwbaar is; een betrouwbaarheid van 400% betekent een grote onzekerheid in het desbetreffende onderdeel (voor verder toelichting zie www.emissieregistratie.nl.)

Tabel B3.1

Betrouwbaarheid van een aantal bronnen uit de Emissieregistratie voor verschillende doelgroepen/subdoelgroepen.

Bron	Betrouwbaarheid					
	Vracht ¹⁾	EVV ¹⁾	EF ²⁾	VC ³⁾	Riool ⁴⁾	Reg ⁵⁾
Glastuinbouw afvalwater	-	5	25-50	25	10	100
Erfafspoeling	-	50	50	25	-	25
Landbouwbedrijven	50-200	-	-	1	10	1-5
Meemesten sloten	-	10	100	1	-	100
Overige industrie ⁷⁾	50-200	5	25	1	10	1-10
Chemische industrie ⁷⁾	50-200	5	25	1	10	1-10
Raffinaderijen	50-200	-	-	1	10	1-5
Energiesector	50-200	-	-	1	10	1-5
Binnenscheepvaart	-	10	25	50	-	50
Huishoudelijk afvalwater	-	1	25	-	10-100	10
Bouw	50-200	-	-	1	10	1-5
Afvalverwijdering ⁷⁾	50-200	5	25	1	10	1-10
Drinkwatervoorziening	50-200	-	-	1	10	1-5
Energiegebruik en processen riolering en rwzi's	50-200	-	-	1	10	1-5
Regenwaterriolen	10	-	-	-	25	200
Overstorten	10	-	-	-	50	200
IBA en niet aangesloten huishoudens	10	-	-	-	100	200
Effluënten lozingen	5	n.v.t.	n.v.t.	1	1	1
Handel, Diensten en Overheid	50-200	-	-	1	10	1-5
Atmosferische depositie	25	-	-	5-200	10	50

¹⁾ Vracht: Berekening jaarvrachten

²⁾ EVV: Emissieverklarende variabelen

³⁾ EF: Emissiefactor

⁴⁾ VC: Verdeling compartimenten

⁵⁾ Riool: Emissieroutes via riool naar water

⁶⁾ Reg: Regionalisatie

⁷⁾ betrouwbaarheid afgeleid uit meerdere factsheets

Bijlage 4 Retentie

Poldersystemen

De retentie van stikstof en fosfor in het oppervlaktewater varieert per polder en is afhankelijk van de onderliggende retentieprocessen. De grootte van deze retentieprocessen is afgeleid uit metingen in het oppervlaktewater (PLONS). Op deze manier is de capaciteit van het oppervlaktewatersysteem bepaald om stikstof vast te leggen of te verwijderen, uitgedrukt in gram per m² waterbodemp. De zo berekende absolute N retentie heeft betrekking op alle nutriëntenbronnen in de polder. De volgende retentieprocessen zijn gekwantificeerd:

- Denitrificatie,
- Netto opname (zomerhalfjaar) en afgifte (winterhalfjaar) van nutriënten door waterplanten.

Dit is gedaan voor het zomer- en winterhalfjaar voor polders die vooral uit veen of klei bestaan. Voor de zandpolders (Noord-Nederland) waren onvoldoende metingen beschikbaar om de retentieprocessen te kwantificeren. Het retentieproces sedimentatie is niet expliciet meegenomen, al zit dit proces deels verwerkt in de waterplantensterfte die een groot aandeel heeft in de totale sedimentatie.

Denitrificatie

Voor het PLONS project (www.plons.wur.nl) is in een aantal sloten verspreid over Nederland de denitrificatie gemeten. De gemeten denitrificatiesnelheden in poldersloten en de watertemperatuur tijdens het meten, ingedeeld naar het bodemtype klei of veen, zijn weergegeven in Tabel B4.1 (Veraart *et al.*, in voorbereiding). Deze denitrificatiesnelheden zijn omgezet naar een gemiddelde denitrificatiesnelheid in het zomer- en het winterhalfjaar door aan te nemen dat de denitrificatiesnelheid (D) afhangt van de watertemperatuur (T) volgens een aangepaste Arrhenius vergelijking:

$$D_T = D_{20} \cdot \theta_s^{(T-20)} \quad 2)$$

Waarin D_{20} de denitrificatiesnelheid is bij 20 °C en θ_s de temperatuurcoëfficiënt die de waarde 1,07 is toegekend; een waarde die kenmerkend is voor veel biochemische reacties. Echter zijn voor de denitrificatie ook hogere waarden voor de temperatuurcoëfficiënt gevonden van 1,24 en 1,28 (Veraart *et al.*, 2011b).

Met formule 2 zijn maandgemiddelde denitrificatiesnelheden berekend voor de klei- en veenpolders, uitgaande van maandgemiddelde luchttemperaturen gemeten in de Bilt in de jaren 1990 - 2009 (data KNMI, Tabel B4.1). De maandgemiddelde denitrificatiesnelheden zijn opgeschaald naar zomer- en winterhalfjaargemiddelden (Tabel B4.2).

Tabel B4.1

Gemeten denitrificatiesnelheden in veen- en kleigebieden en de watertemperatuur op het moment van meten (Veraart *et al.* in voorbereiding). n=aantal waarnemingen, std=standaarddeviatie.

bodemtype	n	Denitrificatie	Denitrificatie	Denitrificatie	Temperatuur	
		($\mu\text{mol N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) gemiddeld	($\mu\text{mol N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) minimum	($\mu\text{mol N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) maximum	(°C) gemiddeld	std
klei	4	180,2	31,0	496,8	16,8	0,9
veen	7	62,9	5,9	166,6	21,3	0,8

Tabel B4.2

Afgeleide denitrificatiesnelheden voor klei- en veenpolders, voor het winter- en zomerhalfjaar.

Bodemtype	Denitrificatie (g N m ⁻²)	
	zomerhalfjaar	winterhalfjaar
klei	9,9	5,3
veen	2,5	1,4

Waterplanten en stikstof

Uit verschillende databronnen is een inschatting gemaakt van de hoeveelheid waterplanten aan het einde van het groeiseizoen, gemiddeld over de klei- en veenpolders (Tabel B4.3). Om een inschatting te kunnen maken van de stikstof die gemoeid is met de groei en sterfte van waterplanten is geschat welk deel van de biomassa 'overwintert'. Modelresultaten van het oppervlaktewaterkwaliteitsmodel NuswaLite (Siderius *et al.*, 2008) geven aan dat ongeveer 20% van de kroosbiomassa overwintert en ongeveer 25% van de waterpest en ondergedoken waterplanten overwintert.

Tabel B4.3

Gemiddelde hoeveelheid waterplanten aan het einde van het groeiseizoen, volgend uit verschillende databronnen.

bodemtype	Waterplanten (g droge stof m ⁻²)		
	waterpest	kroos	ondergedoken
klei	8	43	12
veen	29	14	25

Tabel B4.4 geeft een overzicht van de geschatte hoeveelheid stikstof die gemoeid is met de groei en sterfte van waterplanten, aangenomen dat:

- kroosbiomassa voor 4% uit N bestaat (Roijackers *et al.*, 2004),
- ondergedoken waterplanten en waterpest voor 3,5% uit N bestaan (Muhammetoglu *et al.*, 2000),
- de waterlopen aan het einde van de zomer worden gemaaid waardoor 80% van de waterplanten wordt verwijderd. De overgebleven 20% draagt bij aan de nalevering van N naar de waterkolom door sterfte.

Tabel B4.4

Hoeveelheid N die naar schatting is gemoeid met de netto groei (zomerhalfjaar) en netto sterfte (winterhalfjaar) van waterplanten in klei- en veenpolders. N.B. Er is aangenomen dat 80% van de waterplanten in de waterlopen aan het einde van de zomer wordt gemaaid; deze planten sterven niet meer af in de waterlopen waardoor alleen de resterende 20% van de waterplanten bijdraagt aan de nalevering van N door sterfte.

bodemtype	groei (g N m ⁻²)	sterfte (g N m ⁻²)
klei	1,92	0,38
veen	1,85	0,37

Totale stikstofretentie

Tabel B4.5 geeft de geschatte hoeveelheid stikstofretentie in de klei- en veenpolders; het opgetelde effect van denitrificatie en waterplanten. Deze hoeveelheden, in gram per m² waterbodem, zijn vertaald naar hoeveelheden per polder door vermenigvuldiging met het areaal aan open water volgens het NHI (www.nhi.nu). Het is de vraag of het openwateroppervlak een goede benadering geeft van het oppervlak waarover stikstofretentie plaatsvindt.

De gehele natte omtrek - waterbodem en talud - draagt waarschijnlijk bij aan de stikstofretentie, al zal het talud per strekkende meter waarschijnlijk in mindere mate bijdragen. Daarom is het openwateroppervlak bij benadering een goede maat voor het effectieve retentieoppervlak.

Tabel B4.5

Geschatte hoeveelheid stikstofretentie in klei- en veenpolders.

bodemtype	zomerhalfjaar (g N m ⁻²)	winterhalfjaar (g N m ⁻²)
klei	11,8	5,0
veen	4,4	1,0

Bijlage 5 Bronnen van N- en P-belasting Stofbalansen

Zandpolders

Tabel B5.1

Relatieve bijdrage (%) van de verschillende bronnen aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater van de zandpolders De Lits en De Linde.

Bron	De Lits			De Linde		
	variant 1	variant 2	variant 3	variant 1	variant 2	variant 3
Actuele bemesting	51	49	48	56	56	56
Historische bemesting	2,6	2,5	2,4	4,0	4,0	4,0
Nalevering landbouwbodem	13	13	13	14	14	14
Atmosferische depositie	5,6	5,4	5,2	5,3	5,3	5,3
Kwel	2,3	2,3	2,2	0,58	0,57	0,57
Infiltratiewater	0,48	0,47	0,45	0,47	0,47	0,47
Uit- en afspoeling natuur	1,8	1,8	1,7	11	11	11
Overige landbouwemissies	2,6	2,5	2,4	4,2	4,2	4,2
Rwzi's	-	-	-	-	-	-
Industriële lozingen	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02
Overige emissies	0,48	0,46	0,45	0,68	0,68	0,68
Inlaat	16	19	21	-	-	-

Tabel B5.2

Relatieve bijdrage (%) van de verschillende bronnen aan de fosforbelasting van het oppervlaktewater van de zandpolders De Lits en De Linde.

Bron	De Lits			De Linde		
	variant 1	variant 2	variant 3	variant 1	variant 2	variant 3
Actuele bemesting	58	56	54	60	60	60
Historische bemesting	1,6	1,5	1,5	1,9	1,9	1,9
Nalevering landbouwbodem	11	11	10	12	12	12
Atmosferische depositie	-	-	-	-	-	-
Kwel	5,0	4,8	4,7	1,0	1,0	1,0
Infiltratiewater	0,63	0,61	0,60	0,58	0,58	0,58
Uit- en afspoeling natuur	2,6	2,5	2,4	10	10	10
Overige landbouwemissies	6,4	6,2	6,0	12	12	12
Rwzi's	-	-	-	-	-	-
Industriële lozingen	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,03
Overige emissies	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5
Inlaat	14	17	19	0	0	0

Kleipolders

Tabel B5.3

Relatieve bijdrage (%) van de verschillende bronnen aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater van de kleipolders Dongeradiel en Schalsum.

Bron	Dongeradiel			Schalsum		
	variant 1	variant 2	variant 3	variant 1	variant 2	variant 3
Actuele bemesting	52	49	46	47	43	40
Historische bemesting	3,8	3,5	3,3	3,5	3,2	3,0
Nalevering landbouwbodem	14	13	12	12	11	11
Atmosferische depositie	3,0	2,8	2,6	3,1	2,9	2,6
Kwel	0,42	0,40	0,37	0,55	0,50	0,46
Infiltratiewater	0,22	0,21	0,20	0,23	0,21	0,20
Uit- en afspoeling natuur	1,2	1,1	1,1	0,60	0,55	0,51
Overige landbouwemissies	4,7	4,4	4,2	4,3	3,9	3,6
Rwzi's	-	-	-	-	-	-
Industriële lozingen	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
Overige emissies	0,22	0,21	0,20	0,32	0,29	0,27
Inlaat	17	22	26	25	31	36

Tabel B5.4

Relatieve bijdrage (%) van de verschillende bronnen aan de fosforbelasting van het oppervlaktewater van de kleipolders Dongeradiel en Schalsum.

Bron	Dongeradiel			Schalsum		
	variant 1	variant 2	variant 3	variant 1	variant 2	variant 3
Actuele bemesting	52	48	44	43	39	35
Historische bemesting	0,61	0,56	0,52	0,71	0,64	0,58
Nalevering landbouwbodem	17	16	14	19	17	16
Atmosferische depositie	-	-	-	-	-	-
Kwel	0,58	0,54	0,50	0,62	0,56	0,51
Infiltratiewater	0,40	0,37	0,34	0,33	0,30	0,27
Uit- en afspoeling natuur	1,2	1,1	1,0	0,61	0,54	0,49
Overige landbouwemissies	4,7	4,3	4,0	4,4	3,9	3,6
Rwzi's	-	-	-	-	-	-
Industriële lozingen	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01
Overige emissies	0,19	0,17	0,16	0,25	0,22	0,20
Inlaat	23	29	35	31	38	44

Veenpolders

Tabel B5.5

Relatieve bijdrage (%) van de verschillende bronnen aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater van de veenpolders Fjouwer en Echten.

Bron	Fjouwer			Echten		
	variant 1	variant 2	variant 3	variant 1	variant 2	variant 3
Actuele bemesting	28	25	23	25	22	20
Historische bemesting	2,5	2,3	2,1	2,7	2,4	2,1
Nalevering landbouwbodem	25	22	20	24	21	19
Atmosferische depositie	2,7	2,4	2,2	4,3	3,8	3,4
Kwel	2,3	2,1	1,9	1,2	1,1	0,98
Infiltratiewater	1,2	1,1	0,95	1,2	1,1	0,98
Uit- en afspoeling natuur	3,7	3,3	3,0	2,8	2,5	2,2
Overige landbouwemissies	2,9	2,6	2,3	3,8	3,3	3,0
Rwzi's	-	-	-	-	-	-
Industriële lozingen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Overige emissies	0,21	0,18	0,17	0,14	0,12	0,11
Inlaat	30	37	43	34	41	47

Tabel B5.6

Relatieve bijdrage (%) van de verschillende bronnen aan de fosforbelasting van het oppervlaktewater van de veenpolders Fjouwer en Echten.

Bron	Fjouwer			Echten		
	variant 1	variant 2	variant 3	variant 1	variant 2	variant 3
Actuele bemesting	53	50	47	52	49	46
Historische bemesting	1.4	1.3	1.2	1.3	1.2	1.1
Nalevering landbouwbodem	14	13	12	16	15	14
Atmosferische depositie	-	-	-	-	-	-
Kwel	1.7	1.6	1,5	1,2	1,1	1,0
Infiltratiewater	1.1	1.1	0,99	1,1	1,1	1,0
Uit- en afspoeling natuur	4.5	4.2	3.9	1.6	1.5	1.4
Overige landbouwemissies	6.9	6.4	6.1	8.8	8.2	7.7
Rwzi's	-	-	-	-	-	-
Industriële lozingen	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Overige emissies	0.37	0.35	0.33	0.25	0.23	0.22
Inlaat	17	23	27	17	23	27



Alterra Wageningen UR
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wageningenUR.nl/alterra

Alterra-rapport 2727
ISSN 1566-7197



Alterra Wageningen UR is hét kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR 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



Alterra Wageningen UR
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 317 48 07 00
www.wageningenUR.nl/alterra

Alterra-rapport 2727
ISSN 1566-7197

Alterra Wageningen UR is hét kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR 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.

