



ALTEERRA

WAGENINGENUR



Ex-ante evaluatie landbouw en KRW

Bijdrage van het voorgenomen beleid en aanvullende (landbouwkundige) maatregelen op de realisatie van de KRW-nutriëntendoelstelling

Alterra-rapport 2121
ISSN 1566-7197

E.M.P.M. van Boekel, 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



WAGENINGENUR
For quality of life

Ex-ante evaluatie landbouw en KRW

In opdracht van EL&I BO-12-07-005, Monitoring en evaluatie mest en mineralen, thema Onderbouwing Wet- en Regelgeving.

Ex-ante evaluatie landbouw en KRW

Bijdrage van het voorgenomen beleid en aanvullende (landbouwkundige) maatregelen op de realisatie van de KRW-nutriëntendoelstelling

E.M.P.M. van Boekel¹, L.P.A. van Gerven¹, T. van Hattum¹, V.G.M. Linderhof², H.T.L. Massop¹, H.M. Mulder¹, N.B.P. Polman², L.V. Renaud¹ en D.J.J. Walvoort¹

¹ Alterra Wageningen UR

² LEI Wageningen UR

Alterra-rapport 2121

Alterra, onderdeel van Wageningen UR
Wageningen, 2011

Referaat

E.M.P.M. van Boekel, 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. 72 blz.; 29 fig.; 26 tab.; 23 ref.

In dit onderzoek wordt de bijdrage van het mestbeleid en het regionale KRW-maatregelenpakket aan de realisatie van de beoogde nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater in beeld gebracht. Daarnaast wordt de (kosten)effectiviteit van aanvullende landbouwkundige maatregelen verkend. Daarmee wordt een stap gezet in het kwantificeren van nutriëntenstromen om kosten-effectieve maatregelen te identificeren en te selecteren voor stroomgebiedbeheerplannen. In het kader van dit onderzoek is een instrument ontwikkeld dat jaarlijks wordt verbeterd en verfijnd. De betrouwbaarheid van de resultaten wordt getoetst door gebruik te maken van regionale data van de waterbeheerders. In dit tussenrapport worden de aanpassingen in het modelinstrumentarium beschreven. Vervolgens is met het aangepaste instrumentarium een update van de 'Ex-ante evaluatie landbouw en KRW' uitgevoerd.

Trefwoorden: Europese Kaderrichtlijn Water, nutriënten, oppervlaktewaterkwaliteit, landbouw, mestbeleid, maatregelen, indirecte kosten, kosteneffectiviteit.

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van www.alterra.wur.nl (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra Wageningen UR verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.rapportbestellen.nl.

© 2011 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek)
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; info.alterra@wur.nl

- 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 2121

Wageningen, februari 2011

Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	15
1.1 Achtergrond	15
1.2 Vervolgtraject	16
1.3 Leeswijzer	16
2 Methodiek	17
2.1 Inhoudelijke basis	17
2.1.1 Gebiedsindeling	18
2.1.2 Waterkwaliteit- en waterafvoergegevens	18
2.1.3 Inlaat en afwenteling bovenstroomse stroomgebieden	20
2.1.4 Nutriëntenbelasting rwzi's	20
2.1.5 Retentie nutriënten van diffuse bronnen en puntbronnen	20
2.1.6 Nutriëntendoelstelling (GEP-waarden)	22
2.1.7 Kosten aanvullende (landbouwkundige) maatregelen	24
2.2 Onzekerheidsanalyse en gevoeligheidsanalyse	25
3 Plausibiliteitstoets	27
3.1 Waterkwaliteit en waterkwantiteit	27
3.2 Onzekerheid- en gevoeligheidsanalyse	34
4 Effecten en kosten aanvullende (landbouwkundige) maatregelen	39
4.1 Effecten	39
4.1.1 Mestbeleid	39
4.1.2 Regionaal KRW-pakket	41
4.1.3 Bedrijfsmaatregelen	43
4.1.4 Perceelsmaatregelen	44
4.1.5 Slootmaatregelen	46
4.2 Kosten en kosteneffectiviteit	48
4.2.1 Bedrijfsmaatregelen	49
4.2.2 Perceelsmaatregelen	50
4.2.3 Slootmaatregelen	51
4.3 Doelrealisatie nutriëntenconcentraties	52
4.4 Synthese	57
5 Discussie	61
6 Conclusies	67
Literatuur	71

Samenvatting

Achtergrond

De Kaderrichtlijn Water (2000/60/EC; KRW) heeft als belangrijkste doel de kwaliteit van watersystemen te beschermen en waar nodig te verbeteren. Dat gebeurt onder andere door puntlozingen en diffuse belastingen terug te dringen of te beëindigen, het ecologisch functioneren van wateren te verbeteren en door duurzaam watergebruik te bevorderen. Voor de implementatie van de KRW worden stroomgebiedbeheerplannen (SGBP) opgesteld. Hoge nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater, voornamelijk als gevolg van landbouwemissies, vormen een blijvend probleem. De waterbeheerders voorzien dat het voorgenomen beleid niet tot de gewenste nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater zal leiden en daarom zijn extra maatregelen op perceel- en bedrijfsniveau noodzakelijk.

Directie Landbouw van het ministerie van EL&I wil actief bijdragen aan het opstellen en de evaluatie van voorstellen voor de stroomgebiedbeheerplannen en wil bijdragen aan de onderbouwing door zowel kennis te laten ontwikkelen als de beschikbare kennis met de regio te delen.

Directie Landbouw van het ministerie van EL&I heeft Alterra opdracht gegeven om een onderzoek uit te voeren naar de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater. De kennisvragen waarop het ministerie antwoorden wenst te krijgen zijn:

1. Wat is de respectievelijke bijdrage van het generieke mestbeleid, de regionale KRW-maatregelpakketten en het pakket van aanvullende (landbouwkundige) maatregelen aan de realisatie van de KRW- en de Natura 2000-normen voor nutriënten en zware metalen.
2. Wat is de kosteneffectiviteit van potentieel aanvullende (landbouwkundige) maatregelen in het landelijk gebied om de concentraties aan nutriënten en zware metalen in het oppervlaktewater te verlagen.
3. Wat is het resterende gat ten opzichte van de normstelling voor nutriënten en zware metalen en hoe kan deze norm wel behaald worden met diverse maatregelen.

Doelstelling van dit project is om de Rijksoverheid en regionale overheden inzicht te geven in de verwachte realisatie van de KRW-doelen en welke aanvullende maatregelen mogelijk en kosteneffectief zijn.

Voor het beantwoorden van de vragen van het onderzoek is een modelinstrumentarium ontwikkeld. Met dit instrument is het mogelijk om de effecten van maatregelen op de chemische toestand van het oppervlaktewater in beeld te brengen. Het is een methode die op verschillende schaalniveaus kan worden toegepast.

Vervolgtraject

Naar aanleiding van de resultaten uit eerdere fases van het onderzoek is besloten om een vervolgtraject voor de komende jaren uit te zetten dat bestaat uit verschillende onderdelen die parallel aan elkaar worden uitgevoerd:

- Ontwikkeling van een modelinstrumentarium dat jaarlijkse verbeterd en/of verfijnd wordt.
- Ontwikkelen en onderhouden van kennis en gegevens over de (kosten)effectiviteit van aanvullende (landbouwkundige) maatregelen en delen met de Rijksoverheid en regionale overheden.
- Jaarlijkse update van de 'Ex-ante evaluatie landbouw en KRW' waarin de bijdrage van het mestbeleid en aanvullende (landbouwkundige) maatregelen aan de verbeteringen van de waterkwaliteit in beeld worden gebracht.

In 2009/2010 is de prioriteit gelegd bij het verder ontwikkelen en aanpassen van het modelinstrumentarium, het uitbreiden en verbeteren van de kwaliteit van de gebruikte data en het verspreiden van de onderzoekresultaten onder de regionale overheden door middel van (regionale) bijeenkomsten. Er is ook een update van de Ex-ante evaluatie uitgevoerd.

In dit rapport worden de resultaten beschreven van het onderzoek in 2009/2010. Naast de beantwoording van de hoofdvraag, wordt antwoord gegeven op de volgende deelonderzoekvragen:

- Wat is het effect van aanpassingen in het modelinstrumentarium, het uitbreiden en verbeteren van de gebruikte data op de betrouwbaarheid van de resultaten.
- Hoe werkt de onzekerheid van de verschillende balanstermen van de water- en stoffenbalans door op de betrouwbaarheid van de resultaten (onzekerheidsanalyse).
- Welke balanstermen dragen het meeste bij aan de onzekerheid zodat een prioriteitsvolgorde kan worden opgesteld op basis waarvan het modelinstrumentarium gericht kan worden verbeterd (gevoeligheidsanalyse).

Aanpassingen modelinstrumentarium

Met dit instrument is het mogelijk om de Effecten van maatregelen op de Chemische toestand van het Oppervlaktewater in beeld te brengen (ECHO). Het is een methode die op verschillende schaalniveaus kan worden toegepast. Op het nationale schaalniveau, waarop deze studie betrekking heeft, is een globale balansmethode een geschikte methode om inzicht te krijgen hoe de waterkwaliteitsnormstellingen voor nutriënten via stroomgebiedbeheerplannen zijn te realiseren.

De bijdrage van de verschillende bronnen wordt ontleend aan beschikbare databestanden op nationaal/regionaal niveau. De stofstromen, inclusief retentie van nutriënten, worden vereenvoudigd gekwantificeerd voor deelgebieden met daarbinnen een hoofdsysteem (vaak de waterlichamen) en een regionaal watersysteem bestaande uit de kleinere waterlopen/sloten met het bijbehorende vanggebied waaruit het water afkomstig is. De modelresultaten voor de huidige situatie worden vergeleken met waterkwaliteitsmetingen om de bruikbaarheid van de methode te bepalen en de schaal van presenteren van resultaten te onderbouwen. Pas daarna kunnen de effecten op de waterkwaliteit van de (door experts op nationaal niveau ingeschatte gevolgen van) ingrepen op de nutriëntenstromen in 2015 en verder worden bepaald waarbij verschillende varianten worden onderscheiden.

De resultaten uit het eerste onderzoek zijn tijdens individuele bijeenkomsten bij de waterbeheerders besproken. Naar aanleiding van deze bijeenkomsten zijn verbeterpunten benoemd waarvan een aantal onderdelen in 2009/2010 zijn aangepakt. Het gaat hierbij om de volgende onderdelen:

- Gebiedsindeling;
- Uitbreiden van de database met aanvullende kwaliteit- en afvoergegevens;
- Controleren van de nutriëntenbelasting van rwi's;
- Verbeteren van de inschatting van de (regionale) retentie;
- Inlaat en afwenteling bovenstroomse gebieden;
- GEP-waarden waterlichamen;
- Kosten aanvullende (landbouwkundige) maatregelen.

Maatregelpakketten

Om inzicht te krijgen in de kosteneffectiviteit van de potentiële maatregelen zijn voor de Ex-ante evaluatie twee varianten beschouwd. De berekeningen van de verschillende varianten hebben als doel het kwantificeren van effecten van beleid en aanvullende maatregelen voor de realisatie van de KRW-doelstellingen.

Realistische ambities

Met de variant 'Realistische ambities' wordt inzicht verkregen in de effecten van gerealiseerd en voorgenomen beleid op de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater.

Het voorgenomen beleid 'Realistische ambities' bestaat uit:

- Voorgenomen Mestbeleid (EL&I, 2007);
- Regionale Maatregelenpakket.

Plus-pakket

In het 'Pluspakket' zijn potentieel aanvullende (landbouwkundige) maatregelen in het landelijk gebied opgenomen. Dit zijn maatregelen die mogelijk aanvullend op het voorgenomen (generieke) mestbeleid en het regionale KRW-pakket kunnen worden genomen. Naast de effecten zijn ook de kosten en kosteneffectiviteit van de maatregelen verkend. Om te onderzoeken of de maatregelen verschillen in kosteneffectiviteit zijn er in deze variant drie subvarianten onderscheiden voor drie maatregelenpakketten: 'Bedrijf', 'Perceel' en 'Sloot'. De subvarianten zijn onderscheiden op basis van de 'plek' in het landbouwbedrijf waar de maatregelen plaats vinden:

- Bedrijf: brongerichte maatregelen ten aanzien van de bemesting;
- Perceel: bron- en effectgerichte beheer- en inrichtingsmaatregelen op het perceel;
- Sloot: Effectgerichte maatregelen in de sloot i.e. het lokale watersysteem.

Resultaten en conclusies

Kennisvragen

Voor het beantwoorden van de kennisvragen is een update van de Ex-ante evaluatie doorgerekend met het aangepaste instrumentarium. Zware metalen en de gevolgen voor Natura 2000 zijn in deze rekenronde niet meegenomen. In onderstaande tabel zijn de samenvattende resultaten weergegeven.

Tabel A

Overzicht van de reducties in de nutriëntenstromen, de doelrealisatie en de kosten(effectiviteit) voor de verschillende (deel)varianten.

Deelvariant	Stikstof		Fosfor		Kosten Meuro jr ⁻¹	Kosteneffectiviteit		Doelrealisatie	
	Kton jr ⁻¹	%	Kton jr ⁻¹	%		€ kg ⁻¹ N	€ kg ⁻¹ P	N	P
2000									
Referentie	125,2		5,9		-	-	-	34%	30%
2015									
Mestbeleid	24,4	19,5	0,02	0,3	-	-	-		
Regionaal KRW-pakket	12,5	10	1,22	20,7	-	-	-		
Subtotaal	36,9	29,5	1,24	21,0	-	-	-	55%	47%
Bedrijf	6,0	4,8	0,10	1,7	206	76	6.250		
Perceel	3,2	2,6	0,27	4,6	470	124	2.214		
Sloot	8,9	7,1	1,06	18,0	174	52	496		
Subtotaal	18,1	14,5	1,43	24,3	850	-	-		
Totaal	55	43,9	2,67	45,3				57%	58%

Reductie nutriëntenstromen

Realistische ambities

- Het mestbeleid leidt in 2015 tot een aanzienlijke reductie (19,5%) van de stikstofstromen en resulteert in een 'stand still' voor de fosforstromen.
- De maatregelpakketten van de regio's zijn zowel voor stikstof als fosfor effectief. Deze effecten worden vooral gerealiseerd door verminderde uitstoot van rwzi's.

Pluspakket

- De geselecteerde maatregelen van de variant Bedrijf hebben vooral effect op stikstof- en in mindere mate op fosforbelasting. Dit wordt veroorzaakt door de samenstelling van deze variant, de maatregelen zijn vooral gericht op stikstof.
- De maatregelen in Perceel hebben voor stikstof een kleinere (2,6%) reductie tot gevolg dan 'Bedrijf' en voor fosfor juist een grotere (4,6%).
- Sloot lijkt het meest perspectiefrijk, de emissies van stikstof nemen door de beheerde helofytenfilters met 7,1% af en de emissies van fosfor nemen af met 18,0%.

De aanvullende maatregelen lijken met aanvullende reductie van 14,5% respectievelijk 24,3% voor stikstof en fosfor perspectiefrijk.

Met het voorgenomen beleid en aanvullende maatregelen lijkt op basis van de ingeschatte maximale effectiviteit en bij toepassing op het maximaal daartoe geschikte areaal, ten opzichte van 2000 een reductie van de stikstofstroom in het oppervlaktewater in 2015 van ongeveer 44% haalbaar, voor fosfor is de reductie vergelijkbaar (45%).

Kosten

De kosten voor deelvariant Bedrijf zijn 206 Meuro/jaar. De extra kosten voor de deelvarianten Perceel en Sloot bedragen respectievelijk 470 Meuro/jaar en 174 Meuro/jaar.

Kosteneffectiviteit

De kosteneffectiviteit is alleen bepaald voor de aanvullende (landbouwkundige) maatregelen in het landelijk gebied waarbij de maatregelen zijn samengevoegd in drie deelvarianten, Bedrijf, Perceel en Sloot.

- De kosteneffectiviteit voor stikstof zijn voor alle deelvarianten gunstiger dan voor fosfor.
- Deelvariant Sloot heeft zowel voor stikstof (52 euro/kg) als voor fosfor (496 euro/kg) de meest gunstige kosteneffectiviteit.
- De maatregelen uit de deelvariant Perceel zijn het minst kosteneffectief voor stikstof, voor fosfor zijn de bedrijfsmaatregelen het minst kosteneffectief.

Doelrealisatie

- In het referentiejaar 2000 wordt in 34% van de stroomgebieden het doelbereik voor stikstof gerealiseerd, voor fosfor is dit 30%.
- Met het voorgenomen beleid (mestbeleid en KRW-maatregelenpakket) neemt het aantal gebieden dat in 2015 aan de stikstofnorm voldoet toe tot 55% en voor fosfor 47%.
- Na het doorvoeren van de aanvullende (landbouwkundige) maatregelen neemt het aantal deelstroomgebieden dat aan de norm voldoen verder toe naar ongeveer 57% voor zowel stikstof als fosfor. Voor de overige gebieden (ruim 40%) wordt ook na het nemen van de aanvullende maatregelen de doelstelling in 2015 niet gehaald.

Deelonderzoeksvragen

Wat is het effect van aanpassingen in het modelinstrumentarium, het uitbreiden en verbeteren van de gebruikte data op de kwaliteit van de resultaten?

De aanpassingen van het modelinstrumentarium, maar voornamelijk het verbeteren van de kwaliteit van de gebruikte data, resulteren voor veel deelstroomgebieden in een 'betere' of in een 'minder foute' schatting van de stikstof- en fosforconcentraties in de uitstroompunten vergeleken met de resultaten uit de 1e rekenronde:

- Het aantal deelgebieden met een correctiefactor voor de stikstofconcentratie in het zomerhalfjaar tussen 0,5 en 2,0 is t.o.v. de 1erekenronde toegenomen van een kleine 50% naar ruim 60%.
- Voor fosfor neemt het aantal deelstroomgebieden met een correctiefactor tussen 0,5 en 2,0 voor het zomerhalfjaar toe van 33% voor de 1e rekenronde naar bijna 50% voor de 2e rekenronde.
- De correctiefactoren voor het winterhalfjaar zijn voor bijna alle deelstroomgebieden lager dan in het zomerhalfjaar, het aantal deelstroomgebieden met een correctiefactor tussen 0,5 en 2,0 voor de nutriëntenconcentraties in het zomerhalfjaar is meer dan 65%.
- Het verschil tussen de gemeten en berekende waterafvoer is voor 25% van de deelgebieden kleiner dan een factor 2, voor 25% van de deelstroomgebieden zijn geen afvoergegevens aangeleverd en/of beschikbaar.

Hoe werkt de onzekerheid van de verschillende balanstermen van de water- en stoffenbalans door op de kwaliteit van de data?

De doorwerking van de onzekerheid van de balanstermen op de kwaliteit van de resultaten is alleen voor de vrij afwaterende deelstroomgebieden met behulp van een onzekerheidsanalyse bepaald.

Uit de resultaten van de onzekerheidsanalyse blijkt het volgende:

- De spreiding van zowel de gemeten als berekende nutriëntenconcentraties kan behoorlijk groot zijn.
- Het aantal jaren, waarvoor de berekende nutriëntenconcentraties goed overeenkomen met de gemeten nutriëntenconcentraties, neemt toe indien rekening wordt gehouden met deze spreiding.
- Er zijn nog steeds een aantal deelstroomgebieden waarvan de nutriëntenconcentraties systematisch, of voor bepaalde jaren worden onderschat of overschat. Mogelijke oorzaken zijn:
 - Niet alle relevante stikstof- en/of fosforbronnen zijn meegenomen.
 - De orde van grootte van de nutriëntenbron is niet juist.
 - Aanpassingen die in het watersysteem zijn doorgevoerd kunnen niet worden meegenomen of zijn niet meegenomen.

Welke balanstermen dragen het meeste bij aan de onzekerheid zodat een prioriteitsvolgorde kan worden opgesteld op basis waarvan het modelinstrumentarium gericht kan worden verbeterd?

Met behulp van een gevoeligheidsanalyse is onderzocht welke parameters de grootste bijdrage leveren aan de onzekerheid:

- De retentie van nutriënten in het oppervlaktewater levert voor veel deelgebieden de grootste bijdrage aan de onzekerheid van de modelresultaten.
- De nutriëntenbelasting van de uit- en afspoeling (berekend met het STONE-instrumentarium) en de bijdrage van de rwzi's (EmissieRegistratie) dragen ook voor een belangrijk deel bij aan de onzekerheid.

Discussie

Modelinstrumentarium

De aanpassingen van het modelinstrumentarium, maar voornamelijk het verbeteren van de kwaliteit van de gebruikte data, resulteren voor veel deelstroomgebieden in een 'betere' of in een 'minder foute' schatting van de stikstof- en fosforconcentraties in de uitstroompunten vergeleken met de resultaten uit de eerste rekenronde. Niet voor alle deelstroomgebieden blijkt echter dat het verschil tussen gemeten en berekende nutriëntenconcentraties is afgenomen, ondanks het gebruik van meer en betrouwbaardere data. De oorzaken van de hogere correctiefactoren zal verder onderzocht moeten worden, waarbij de samenwerking met de waterbeheerders noodzakelijk is.

Een aantal mogelijke oorzaken zijn al in het vervolgtraject met de waterbeheerders besproken en aangepakt:

- In samenwerking met Deltares zijn verbeterstrategieën doorgevoerd voor de nutriëntenbelasting vanuit rwzi's.
- De waterschappen hebben aanvullende kwaliteit- en kwantiteitgegevens aangeleverd om o.a. de inlaat van nutriënten beter in beeld te kunnen brengen.
- Aanpassingen met betrekking tot de ingeschatte retentie.

Retentie

In 2009 is een eerste aanzet gegeven om de retentiefactoren naar gebieden te differentiëren op basis van eigenschappen van de gebieden. De retentiefactoren voor diffuse bronnen uit het landelijk gebied (STONE) en voor de vrij afwaterende gebieden zijn op basis van gebiedskenmerken opnieuw berekend. Ook de retentie van nutriënten uit rwzi's, evenals inlaat vanuit bovenstroomse gebieden, is opnieuw bepaald.

De retentie voor de overige bronnen uit de EmissieRegistratie (diffuus en punt), evenals de retentie van de diffuse bronnen uit STONE voor de niet vrij-afwaterende gebieden zijn niet aangepast.

In dit onderzoek wordt (nog) geen onderscheid gemaakt in retentie voor de afzonderlijke nutriënten (N en P). Aan de retentie van stikstof en fosfor liggen echter verschillende processen ten grondslag (denitrificatie voor N, vastlegging van P, etc.).

De retentie van nutriënten moet op nationaal niveau en op alle onderliggende schaalniveaus consistent zijn om, ongeacht het schaalniveau waarop gerekend wordt, dezelfde vrachten en concentraties in de uitstroompunten naar de Noordzee te krijgen. De nu gebruikte retentiemethodiek voldoet hier niet aan, omdat de berekende verblijftijden niet consistent kunnen worden opgeschaald/neergeschaald.

GEP-waarden

Het toekennen van de 'representatieve' GEP-waarde voor de deelgebieden vindt plaats op een globaal schaalniveau (de uitstroompunten van de deelgebieden). Binnen een deelgebied kunnen meerdere waterlichamen voorkomen met bijbehorend watertype en nutriëntendoelstelling. Bij de beoordeling en interpretatie van de resultaten (realisatie van het doelbereik) moet dit dan ook in ogenschouw worden genomen.

Aanbevelingen

Het initiatief voor het organiseren van de individuele bijeenkomsten waarin de resultaten van het onderzoek en eventuele vervolgstappen worden toelicht, wordt door de waterbeheerders als positief ervaren. Door inzicht te geven in de wijze waarop de aangeleverde data verwerkt zijn en het toelichten van de resultaten is het mogelijk om het onderzoek goed aan te laten sluiten bij de wensen van de verschillende waterbeheerders. Deze samenwerking leidt tot een sterk verbeterd modelinstrumentarium. De samenwerking met de waterbeheerders is een positieve stap naar een gezamenlijk vervolgtraject voor een betere onderbouwing van de 2e generatie stroomgebiedbeheerplannen. Het is dan ook van belang dat de komende jaren de waterbeheerders intensief betrokken blijven bij het onderzoek.

Gebiedsindeling

In deze fase van het onderzoek is gekozen voor een onderverdeling in 122 waterhuishoudkundige deelstroomgebieden op basis van de hydrologische grenzen. Met behulp van de beschikbare kennis wordt verkend in hoeverre de beschikbare data geschikt is voor de toepassing op dit schaalniveau. Het gewenste schaalniveau van de waterbeheerders is echter gedetailleerder. Het verder verfijnen van de deelstroomgebieden sluit beter aan op het gewenste schaalniveau van de waterbeheerders en geeft meer inzicht in de water- en stoffenbalansen van het stroomgebied en het schaalniveau waarop het modelinstrumentarium geschikt is. De verdere verfijning zal in nauwe samenwerking met de waterbeheerders verder moeten worden gerealiseerd.

Waterkwaliteit- en waterkwantiteitsgegevens

In het kader van het vervoltraject zijn aanvullende kwaliteit- en kwantiteitsgegevens bij de waterschappen opgevraagd. De meeste waterschappen hebben hieraan meegewerkt. Het verzamelen van de gevraagde gegevens is echter een lastige en tijdrovende zaak, waardoor nog altijd kwaliteit- en afvoergegevens ontbreken.

In vooral de lager gelegen stroomgebieden wordt vaak water ingelaten om de hoeveelheid beschikbaar water op peil te houden en om een slechte waterkwaliteit en vervuiling te voorkomen (doorspoelen). Het blijkt dat de hoeveelheid ingelaten water vaak niet goed bekend is. Op basis van de resultaten uit dit onderzoek blijkt dat de beschikbaarheid en kennis met betrekking tot inlaatgegevens vanuit Rijkswateren en bovenstroomse gebieden (inclusief buitenland) een belangrijke rol speelt bij de betrouwbaarheid van de resultaten. Het aanleveren, verwerken en controleren van de kwaliteit- en kwantiteitsgegevens moet in het vervoltraject dan ook de aandacht blijven houden.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

De Kaderrichtlijn Water (2000/60/EC; KRW) heeft als belangrijkste doel de kwaliteit van watersystemen te beschermen en waar nodig te verbeteren. Hoge nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater, voornamelijk als gevolg van landbouwmisstanden, vormen echter een blijvend probleem voor het realiseren van de doelstellingen. De waterbeheerders voorzien dat het voorgenomen beleid niet tot de gewenste nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater zal leiden.

De Directie Landbouw van het ministerie van EL&I wil actief bijdragen aan het opstellen en de evaluatie van voorstellen voor de stroomgebiedbeheerplannen en wil bijdragen aan de onderbouwing door zowel kennis te laten ontwikkelen als de beschikbare kennis met de regio te delen. Zij heeft daarom Alterra opdracht gegeven om een onderzoek uit te voeren naar de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater. Het onderzoek heeft drie doelen:

- Wat is de respectievelijke bijdrage van het generieke mestbeleid, de regionale KRW-maatregelpakketten en het pakket van aanvullende maatregelen aan de realisatie van de KRW- en de Natura 2000-normen voor nutriënten en zware metalen.
- De kosteneffectiviteit van potentieel aanvullende maatregelen in het landelijk gebied om de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater verder te verlagen na uitvoering van het mestbeleid en het regionale KRW-pakket.
- De mogelijk resterende opgave ten opzichte van de normstellingen voor de nutriënten stikstof en fosfor.

De resultaten van eerdere fases van het uitgevoerde onderzoek zijn vastgelegd in het Alterra-rapport 1687, 'Ex-ante evaluatie Landbouw en KRW. Effect van voorgenomen en potentieel aanvullende maatregelen op de oppervlaktewaterkwaliteit voor nutriënten' (Van der Bolt et al., 2008).

Om de bruikbaarheid van de resultaten uit dit onderzoek in het implementatieproces van de KRW te kunnen garanderen is het noodzakelijk aan te sluiten bij de regionale uitvoering, het nationale beleid en het creëren van draagvlak. Bij de start van dit onderzoek is een begeleidingscommissie ingesteld die regelmatig de werkwijze en resultaten aan een kritische toets heeft onderworpen. In deze begeleidingscommissie hebben geparticipeerd:

EL&I-Directie Landbouw	Peter van Boheemen (voorzitter)
EL&I-Directie Kennis	Mark de Bode (secretaris)
EL&I-Directie Landbouw	Maartje Oonk
EL&I-Directie Platteland	Elze Hemke
EL&I-Directie Regionale Zaken	Siep Groen
V&W, DG Water	Douwe Jonkers en Wilbert van Zeventer
VRM, Directie BWL	Renske van Tol
Regio Noord	Thomas Ietswaart
Regio Oost	Teun Spek
Regio West	Wim Twisk
Regio Zuid	Harry van Huet en Adrie Geerts

Na de oplevering van het rapport in het voorjaar van 2008 is de begeleidingscommissie van haar taken ontheven.

1.2 Vervolgtraject

Naar aanleiding van de resultaten uit eerdere fases van het onderzoek is besloten om een vervolgtraject voor de komende jaren uit te zetten dat bestaat uit verschillende onderdelen die parallel aan elkaar worden uitgevoerd:

- Ontwikkeling van een modelinstrumentarium dat jaarlijks wordt verbeterd en/of verfijnd.
- Ontwikkelen en onderhouden van kennis en gegevens over de (kosten)effectiviteit van aanvullende (landbouwkundige) maatregelen en delen met de Rijksoverheid en regionale overheden.
- Jaarlijkse update van de 'Ex-ante evaluatie landbouw en KRW' waarin de bijdrage van het mestbeleid en aanvullende (landbouwkundige) maatregelen aan de verbeteringen van de waterkwaliteit in beeld worden gebracht.

In 2009/2010 is de prioriteit gelegd bij het verder ontwikkelen en aanpassen van het modelinstrumentarium, het uitbreiden en verbeteren van de kwaliteit van de gebruikte data en het verspreiden van de onderzoeksresultaten onder de regionale overheden door middel van (regionale) bijeenkomsten. Eveneens is een update van de Ex-ante evaluatie uitgevoerd.

In dit rapport worden de resultaten beschreven van het onderzoek in 2009/2010. Naast de beantwoording van de hoofdvraag, wordt antwoord gegeven op de volgende deelonderzoeksvragen:

- Wat is het effect van aanpassingen in het modelinstrumentarium, het uitbreiden en verbeteren van de gebruikte data op de betrouwbaarheid van de resultaten?
- Hoe werkt de onzekerheid van de verschillende balanstermen van de water- en stoffenbalans door op de betrouwbaarheid van de resultaten (onzekerheidsanalyse)?

Welke balanstermen dragen het meeste bij aan de onzekerheid zodat een prioriteitsvolgorde kan worden opgesteld op basis waarvan het modelinstrumentarium gericht kan worden verbeterd (gevoeligheidsanalyse)?

1.3 Leeswijzer

- In hoofdstuk 2 worden de aanpassingen en verbeteringen beschreven voor het modelinstrumentarium en de gebruikte data. Daarnaast wordt in dit hoofdstuk de werkwijze beschreven voor de onzekerheid- en gevoeligheidsanalyse.
- In hoofdstuk 3 wordt het effect van de aanpassingen op de betrouwbaarheid van de resultaten beschreven en worden de resultaten van een onzekerheid- en gevoeligheidsanalyse gepresenteerd.
- De effecten en kosten(effectiviteit) van het voorgenomen beleid en aanvullende (mest)maatregelen worden gepresenteerd en geanalyseerd in hoofdstuk 4, waarbij ook een doorkijk wordt gegeven naar de realisatie van het doelstellingen van de KRW (update Ex-ante evaluatie).
- De discussie en conclusies zijn respectievelijk beschreven in hoofdstuk 5 en hoofdstuk 6.
- De samenvatting van deze studie is te vinden vóór deze inleiding.

2 Methodiek

De doelstelling van het onderzoek is het berekenen van de effecten van het voorgenomen beleid op het terugdringen van de emissies van nutriënten en zware metalen om de (regionale) KRW-doelstellingen te realiseren. Ook het verkennen van de mogelijkheden om met aanvullende maatregelen de belasting met nutriënten en zware metalen nog verder te verminderen maakt onderdeel uit van het onderzoek.

Voor het beantwoorden van de doelstellingen van het onderzoek is een modelinstrumentarium ontwikkeld. Met dit instrument is het mogelijk om de effecten van maatregelen op de chemische toestand van het oppervlakte-water in beeld te brengen. Het is een methode die op verschillende schaalniveaus kan worden toegepast.

De bijdrage van de verschillende bronnen wordt ontleend aan beschikbare databestanden op nationaal/regionaal niveau. De stofstromen, inclusief retentie van nutriënten, worden vereenvoudigd gekwantificeerd voor deelgebieden met daarbinnen een hoofdsysteem (vaak de waterlichamen) en een regionaal watersysteem bestaande uit de kleinere waterlopen/sloten met het bijbehorende vanggebied waaruit het water afkomstig is. De modelresultaten voor de huidige situatie worden vergeleken met waterkwaliteitsmetingen om de bruikbaarheid van de methode te bepalen en de schaal van presenteren van resultaten te onderbouwen. Pas daarna kunnen de effecten op de waterkwaliteit van de (door experts op nationaal niveau ingeschatte gevolgen van) ingrepen op de nutriëntenstromen in 2015 en verder worden bepaald waarbij verschillende varianten worden onderscheiden.

In paragraaf 2.1 is een overzicht gegeven van de verbeterlagen die in het vervolgtraject zijn doorgevoerd. De verbeterlagen hebben deels betrekking op het modelinstrumentarium. Daarnaast is aandacht besteed aan het uitbreiden en verbeteren van de kwaliteit van de gebruikte data.

De werkwijze van de onzekerheid- en gevoeligheidsanalyse wordt in paragraaf 2.2 toegelicht.

2.1 Inhoudelijke basis

Uit de eerste rekenronde van de Ex-ante evaluatie landbouw en KRW is gebleken dat nog veel basisgegevens ontbreken of kunnen worden verbeterd c.q. aangevuld. Omdat de kwaliteit van de resultaten en de bruikbaarheid van het beleidsproces valt of staat met het beschikbaar zijn van deze data heeft dit in het vervolgtraject de hoogste prioriteit gekregen. In het voorjaar van 2009 zijn alle waterschappen afzonderlijk bezocht waarin de opties voor het vervolgtraject zijn doorgesproken. Naar aanleiding van deze bijeenkomsten zijn de volgende onderdelen aangepast/verbeterd:

- Gebiedsindeling (2.1.1)
- Waterkwaliteit- en waterkwantiteitsgegevens (2.1.2)
- Inlaat en afwenteling bovenstroomse gebieden (2.1.3)
- Nutriëntenbelasting rwzi's (2.1.4)
- Retentie diffuse bronnen en puntbronnen (2.1.5)
- Nutriëntendoelstelling (GEP-waarden) (2.1.6)
- Kosten aanvullende (landbouwkundige) maatregelen (2.1.7)

2.1.1 Gebiedsindeling

Omdat deze studie een regionale uitwerking is voor geheel Nederland en omdat met de beschikbare kennis en gegevens een uitwerking op een veel gedetailleerdere schaalniveau (aansluitend bij de implementatie van de KRW) momenteel niet mogelijk is, is in 2008, in overleg met de opdrachtgever en de begeleidingscommissie, gekozen voor een onderverdeling in 119 waterhuishoudkundige deelgebieden op basis van hydrologische grenzen. Per deelstroomgebied wordt door het opstellen van globale water- en stoffenbalansen inzicht verkregen hoe de waterkwaliteitsnormen voor nutriënten via stroomgebiedbeheerplannen zijn te realiseren. De gekozen gebiedsindeling is tijdens de individuele bijeenkomsten met de regionale waterbeheerders besproken. Op basis van dit overleg zijn enkele aanpassingen doorgevoerd zodat een uiteindelijke indeling in 122 deelstroomgebieden is vastgesteld (figuur 1).



Figuur 1

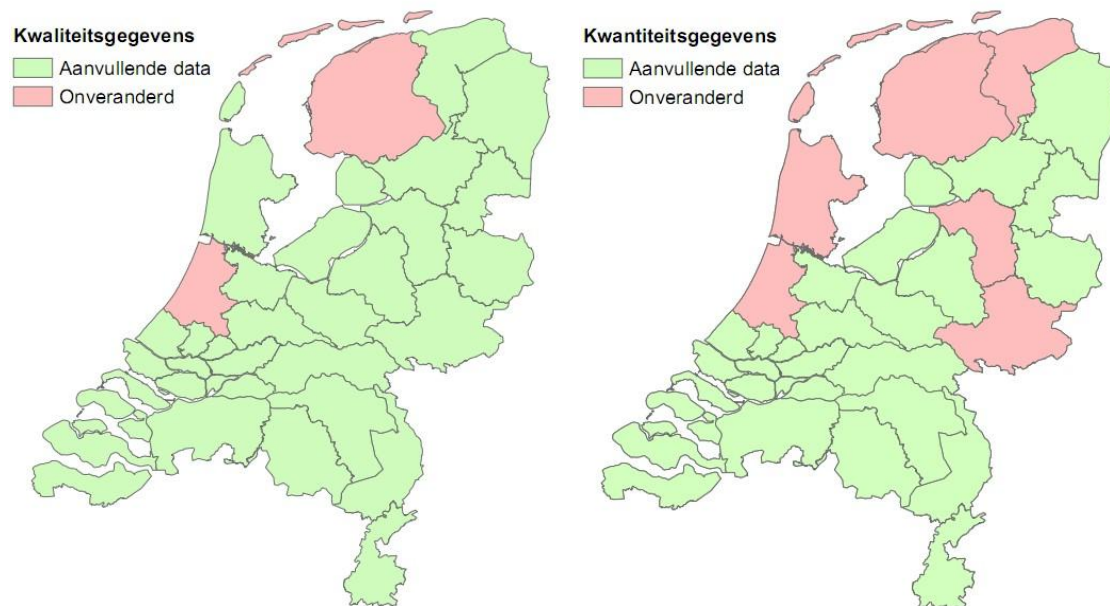
Indeling van de deelstroomgebieden in het kader van de Ex-ante evaluatie landbouw en KRW.

2.1.2 Waterkwaliteit- en waterafvoergegevens

De bruikbaarheid van de studie voor het beleidsproces is mede afhankelijk van de plausibiliteit van de methode en de rekenresultaten. Om na te gaan of de rekenresultaten plausibel zijn, worden berekende nutriëntenconcentraties in de uitstroompunten van de deelgebieden vergeleken met de (beschikbare) gemeten nutriëntenconcentraties. De Limno-gegevensbestanden (CIW-LIMNO data; Bakker, 2007) zijn niet gebruikt omdat de meetfrequentie tussen de meetpunten nogal kan verschillen en omdat de kwaliteit van de data niet eenduidig is. Ook is het geen landsdekkend databestand.

Voor de eerste rekenronde zijn door de waterbeheerders waterkwaliteitsmetingen van de in- en uitstroompunten van de deelgebieden beschikbaar gesteld. Voor deelgebieden waarvan geen waterkwaliteitsmetingen beschikbaar zijn gesteld is, voor zover aanwezig, gebruik gemaakt van gegevens uit de CIW-database.

In het vervolgtraject zijn aanvullende waterkwaliteitgegevens en aanvullende afvoergegevens bij de waterbeheerders opgevraagd. In figuur 2 is een overzicht gegeven van de aanvullende data-aanlevering door de waterschappen. Rood wil dus niet zeggen dat er geen gegevens beschikbaar zijn, maar dat de database met waterkwaliteit- en waterkwantiteitsgegevens voor het betreffende waterschap niet is uitgebreid.



Figuur 2

Overzicht van door de waterschappen aanvullend aangeleverde waterkwaliteit- en waterkwantiteitsgegevens.

Bijna alle waterschappen hebben aanvullende kwaliteit- en/of afvoergegevens aangeleverd. De aangeleverde meetgegevens zijn gestructureerd opgeslagen in een database. Bij het opslaan in de database wordt aangesloten bij de werkwijze die binnen het project Monitoring Stroomgebieden wordt gehanteerd (Walvoort et al., 2009). De database is voorzien van een filter waarmee zo veel mogelijk wordt voorkomen dat foutieve gegevens in de database terecht komen. Voordat de data in de database worden opgeslagen wordt een lijst met kwaliteitscontroles afgewerkt. Voorbeelden hierbij zijn de controle op interne inconsistentie van de gegevens (totaal stikstofgehalte moet groter of gelijk zijn aan het nitraatgehalte) en de controle op het bereik van systeemeigenschappen (concentraties mogen niet negatief zijn). Naast de bovengenoemde kwaliteitscontrole beschikt de database over een functionaliteit waarmee op basis van beschikbare informatie nieuwe informatie kan worden afgeleid. De gecontroleerde gegevens zijn in een 'nieuwe' database opgeslagen. Voor de tweede rekenronde is geen gebruik meer gemaakt van de CIW-database.

Een deel van de meetpunten ligt niet op de randen van de deelstroomgebieden maar ligt in het gebied (interne meetpunten). Deze interne meetpunten worden voor het bepalen van de betrouwbaarheid van de modelresultaten (nog) niet gebruikt. Alleen meetpunten die aan de randen van de deelstroomgebieden liggen worden voor de toetsing gebruikt, de zogenoemde in- en uitstroompunten.

2.1.3 Inlaat en afwenteling bovenstroomse stroomgebieden

Met het modelinstrumentarium is het mogelijk om de nutriëntenconcentraties (totaal stikstof en fosfor) in de uitstroompunten van de deelstroomgebieden te voorspellen. Hiervoor worden balansen van de stikstof- en fosforstromen, inclusief retentie opgesteld. Voor het opstellen van de balansen is het van belang dat niet alleen de bronnen binnen het deelstroomgebied bekend zijn, maar ook de aanvoer van bovenstrooms gelegen deelstroomgebieden (inclusief buitenland) en inlaat vanuit kanalen, (grote) rivieren etc. Kennis van de interactie tussen de deelstroomgebieden en de beschikbaarheid van gegevens is hierbij noodzakelijk.

De instroom vanuit het buitenland wordt geschat op basis van gemeten waterafvoer en nutriëntenconcentraties aan de randen van de deelstroomgebieden die aan het buitenland grenzen. Indien geen metingen beschikbaar zijn is het op dit moment (nog) niet mogelijk om de inkomende belasting vanuit het buitenland mee te nemen. Hetzelfde geldt voor de inlaat vanuit kanalen en de (grote) rivieren.

De instroom van nutriënten vanuit bovenstroomse deelstroomgebieden wordt geschat op basis van beschikbare metingen (afvoer en kwaliteit). Indien geen gegevens beschikbaar zijn, is voor het schatten van de instroom gebruik gemaakt van modelresultaten.

2.1.4 Nutriëntenbelasting rwzi's

De nutriëntenbelasting van de effluënten (restlozingen) van rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) kunnen een belangrijk aandeel hebben in de totale nutriëntenbelasting naar het oppervlaktewater. Uit de individuele bijeenkomsten bij de waterbeheerders is gebleken dat er twijfels zijn bij de geschatte nutriëntenbelasting vanuit de rwzi's. Omdat de lozingen vanuit rwzi's in de EmissieRegistratie zijn opgeslagen is de samenwerking met de Waterdienst en Deltares gezocht. De Waterdienst en Deltares hebben de waterbeheerders informatie verstrekt over de xy-coördinaten van de lozingspunten. De waterbeheerders hebben de lozingspunten gecontroleerd en waar nodig aangepast. Vervolgens is de informatie in de EmissieRegistratie verwerkt.

2.1.5 Retentie nutriënten van diffuse bronnen en puntbronnen

De schattingen van de retentie in het oppervlaktewater hebben een groot effect op de berekende nutriëntenvrachten en concentraties in het oppervlaktewater. Retentie staat voor het vastleggen van nutriënten in de waterlopen. Dit kan door tijdelijke en permanente opslag in o.a. waterplanten en in de waterbodem of door gasvormige ontsnapping naar de atmosfeer (denitrificatie).

Bij de eerste rekenronde in 2008 zijn 'vaste' retentiefractionen gebruikt: 0,5 voor nutriëntenbronnen uit het landelijk gebied (diffuse bronnen uit STONE (Wolf et al.,2003)) en 0,2 voor nutriëntenbronnen (diffuus en puntbronnen) uit de EmissieRegistratie. Een retentiefraction van 0,2 betekent dat 20% van de nutriëntenbelasting wordt vastgelegd en dat 80% van de nutriënten het uitstroompunt bereikt.

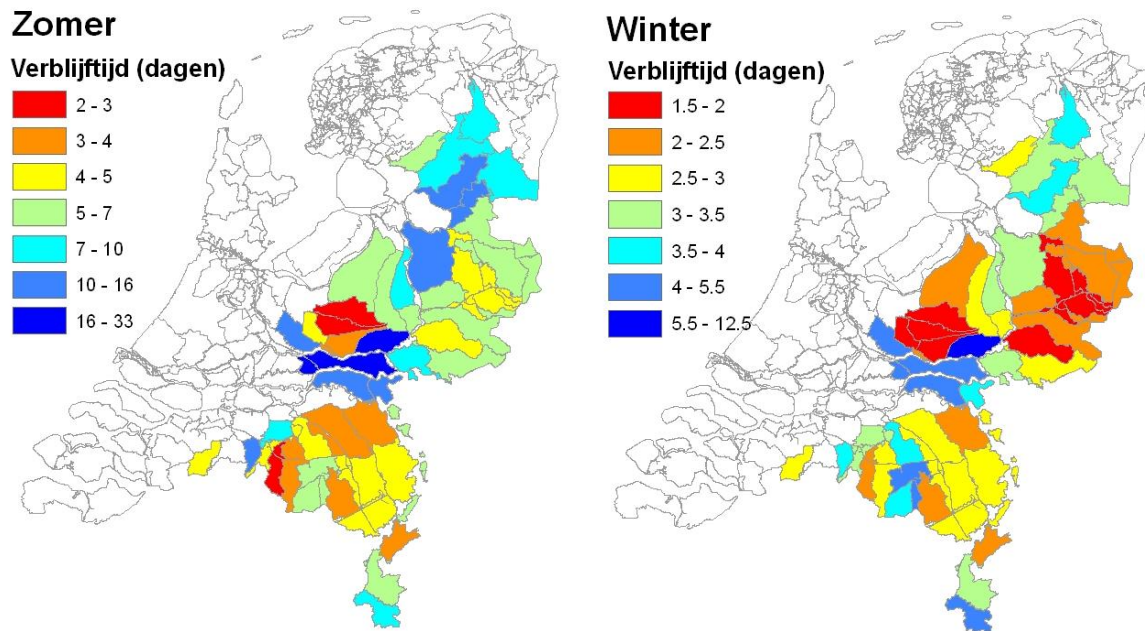
In het vervolgonderzoek is getracht om de retentie per deelstroomgebied te differentiëren op basis van eigenschappen van de stroomgebieden. Ook is onderscheid gemaakt in retentie tussen de verschillende nutriëntenbronnen. In deze paragraaf wordt de retentie van de nutriëntenbronnen kort beschreven.

Diffuse bronnen uit het landelijk gebied (STONE)

De retentie op diffuse bronnen uit het landelijk gebied is voor de vrij afwaterende deelstroomgebieden afhankelijk gemaakt van de verblijftijd van het oppervlaktewater. Dit is gedaan omdat de verblijftijd van grote invloed is op de retentie. Een grotere verblijftijd leidt vaak tot een grotere retentie. Er is onderscheid gemaakt

tussen retenties in het zomerhalfjaar en het winterhalfjaar omdat de verblijftijden sterk verschillen tussen zomer en winter.

De verblijftijd is berekend door het totale watervolume te delen door de totale waterafvoer in het deelstroomgebied. Het totale watervolume is gebaseerd op de waterlopen van de Top10-vektorkaart. De geometrie en waterstand van de Top10-waterlopen is afgeleid van het hydrotype waarin de waterlopen liggen (Massop et al., 2007). De totale waterafvoeren volgen uit de STONE-afvoeren van het jaar 2000, een representatief geacht hydrologisch jaar. De berekende verblijftijden van de vrij afwaterende gebieden zijn weergegeven in figuur 3.



Figuur 3
Gemiddelde verblijftijd van het oppervlaktewater per deelstroomgebied in het zomerhalfjaar (links) en het winterhalfjaar (rechts).

De retentiefraction is vervolgens berekend door aan te nemen dat de retentie een eerste orde proces is in de tijd:

$$C(t) = C_0 e^{-kt}$$

waarin:

Term	Omschrijving	Dimensie
C(t)	Nutriëntenconcentratie in de tijd	massa/volume
C ₀	Nutriëntenconcentratie op t = 0 (op moment van lozing)	massa/volume
k	Eerste orde retentie coëfficiënt	1/tijd
t	Tijd	tijd

De retentiefraction (R) voor de diffuse nutriëntenbronnen in het deelstroomgebied is dan:

$$R = (1 - e^{-k \cdot HRT})$$

waarin:

Term	Omschrijving	Dimensie
HRT	Hydraulische verblijftijd van het deelstroomgebied	tijd

De waarde voor k is gekalibreerd aan de hand van gevonden retenties in dertien vrij afwaterende laagland stroomgebieden in Europa (De Klein, 2008). Dit resulteert in een k-waarde van 0.15 per dag. Deze k-waarde is niet toepasbaar op poldergebieden omdat de retentie in poldergebieden zich anders gedraagt dan in vrij afwaterende gebieden. Er is te weinig data over retenties in poldergebieden om een goede k-waarde te bepalen. Daarom is voor de polder- en overgangsgebieden de eerder gebruikte retentiefraction van 0.5 gehandhaafd.

Lozingen rwzi's

Bij de eerste rekenronde is een retentiefraction van 0.2 aangehouden voor de nutriënten vanuit de rwzi's. In het vervolgonderzoek is de retentiefraction afhankelijk van de tijd die de lozing nodig heeft om het deelstroomgebied te verlaten. Deze 'reistijd' volgt uit de lengte van het af te leggen stroompad van het lozingspunt naar het uitstroompunt en de stroomsnelheid. De stroomsnelheid is overgenomen uit het Handboek Natuurdoeltypen (Bal et al., 2001) waarin voor elk type natuurlijke waterloop bijbehorende stroomsnelheden zijn gedefinieerd. De stroomsnelheden van de kanalen ontbreken. Hiervoor is een stroomsnelheid van 30 cm/s aangenomen.

De vertaling van de 'reistijd' naar de retentiefraction gebeurt op dezelfde manier als voor de diffuse bronnen. Er is alleen een andere k-waarde gebruikt omdat de retentie in de hoofdwaterlopen (waarop de rwzi's lozen) zich anders gedraagt dan in de kleinere waterlopen waarop de diffuse belasting vanuit het landelijk gebied aangrijpt. Voor de grote rivieren vindt De Klein (2008) k-waarden variërend van 0.01 tot 0.04 per dag. Voor de hoofdwaterlopen is een k-waarde van 0.1 gekozen, die het midden houdt tussen de k-waarde van de grote rivieren en de k-waarde van de kleine waterlopen.

Wanneer het af te leggen stroompad naar het uitstroompunt niet eenduidig is zoals kan voorkomen in poldergebieden, is de eerder gebruikte retentiefraction van 0.2 gehanteerd.

Inlaat

Ook op de inkomende nutriëntenvrachten van bovenstrooms gelegen deelstroomgebieden vindt retentie plaats. Voor het bepalen van de retentie zijn dezelfde kenmerken als voor de rwzi's meegenomen; stroomsnelheid en de lengte van het af te leggen stroompad naar het uitstroompunt. Net zoals bij de rwzi's is er gewerkt met een k-waarde van 0.10 per dag.

2.1.6 Nutriëntendoelstelling (GEP-waarden)

De KaderRichtlijn Water is een Europese richtlijn voor de verbetering van de waterkwaliteit en waterkwantiteit. Een belangrijk verbeterpunt voor de waterkwaliteit zijn de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater. De waterbeheerders wijzen hiervoor waterlichamen aan, kennen watertypen toe aan deze waterlichamen en

kennen nutriëtnormen toe. Voor een goede ecologische toestand is het van belang dat de nutriëntconcentraties aan de gestelde doelstellingen voldoen, het zogenoemde Goede Ecologisch Potentieel (GEP).

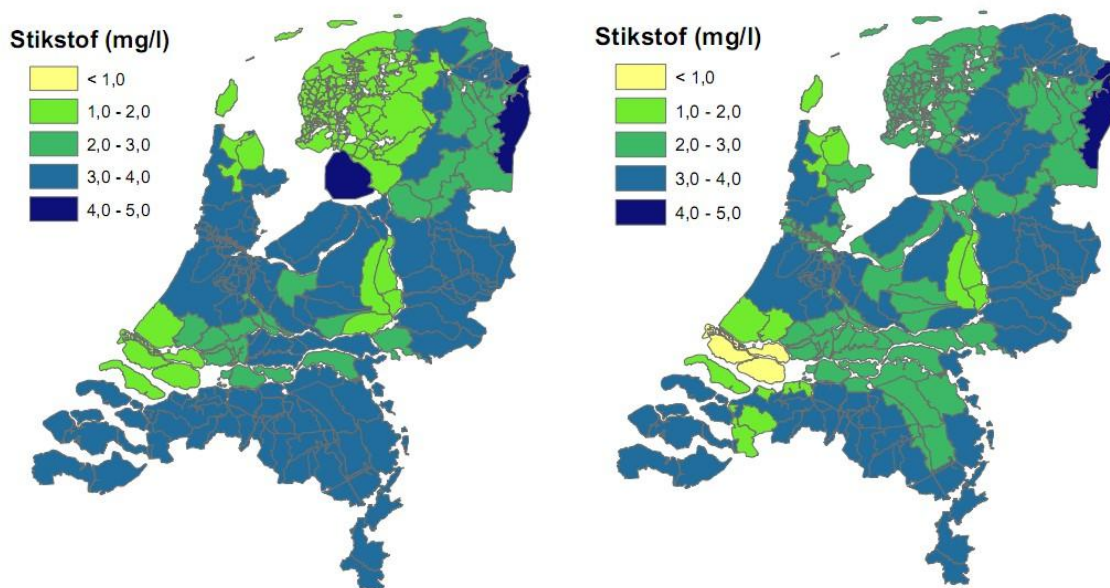
De ecologische doelstellingen per waterlichaam worden door de waterbeheerders zelf vastgelegd. De gehanteerde gebiedsindeling (paragraaf 2.1.1) is grover dan de indeling in waterlichamen. Omdat aan elk waterlichaam een specifieke GEP-waarde is toegekend, ontstaat binnen een deelstroomgebied een bandbreedte aan GEP-waarden. Voor het bepalen van het doelbereik is een 'representatieve' GEP-waarde per deelstroomgebied bepaald.

In overleg met de begeleidingscommissie is besloten dat de 'representatieve' GEP-waarde bepaald wordt door de meest benedenstrooms gelegen waterlicha(a)m(en).

Een aantal waterbeheerders hebben aangegeven dat ze een voorkeur hebben om andere criteria te gebruiken voor het bepalen van een 'representatieve' GEP-waarde, bijvoorbeeld de meest strenge norm in het deelstroomgebied. Deze zijn in overleg met de waterbeheerders toegepast.

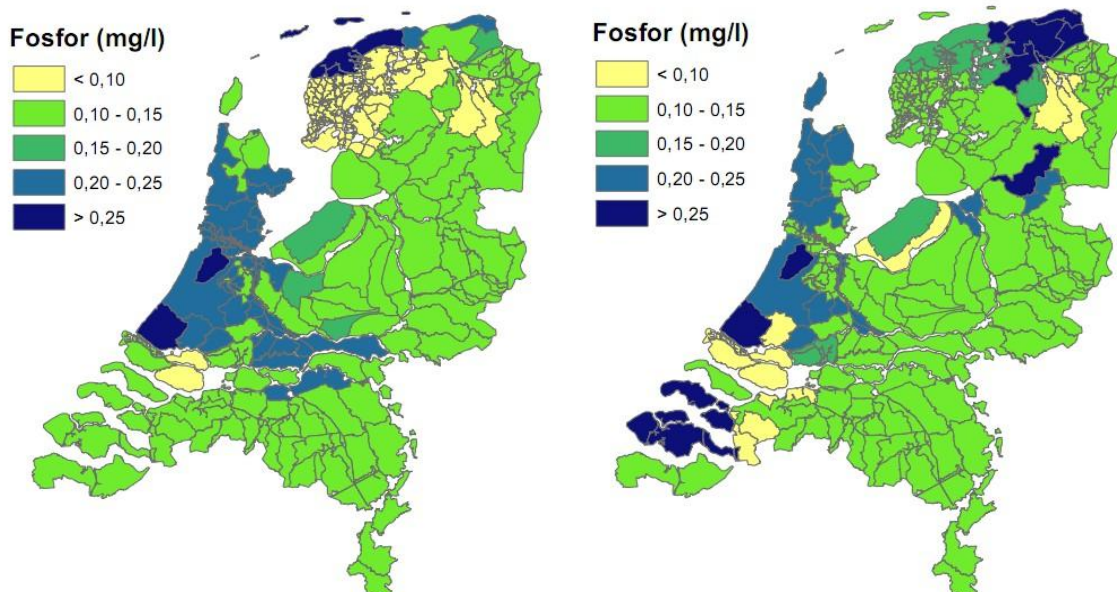
Doordat verschillende methoden voor het afleiden van een 'representatieve' GEP-waarde zijn gehanteerd, is het lastig om de resultaten tussen de gebieden op landelijke schaal met elkaar te vergelijken.

Tijdens de bijeenkomsten bij de waterbeheerders is gebleken dat de gehanteerde GEP-waarden, die gebruikt zijn voor de 1e rekenronde, in de tussenliggende periode zijn aangepast. In figuur 4 en figuur 5 zijn de 'representatieve' GEP-waarden voor de eerste en tweede rekenronde weergegeven.



Figuur 4

'Representatieve' GEP-waarden voor de stikstofconcentratie voor de eerste rekenronde (voorjaar 2008, links) en voor de tweede rekenronde (voorjaar 2010, rechts).



Figuur 5

'Representatieve' GEP-waarden voor de fosforconcentratie voor de eerste rekenronde (voorjaar 2008, links) en voor de tweede rekenronde (voorjaar 2010, rechts).

De verschillen in 'representatieve' GEP-waarden voor de stikstof- en fosforconcentraties zijn beperkt. De grootste veranderingen zijn zichtbaar voor Friesland, Zeeland, Zuid-Holland en Noordoost-Brabant.

2.1.7 Kosten aanvullende (landbouwkundige) maatregelen

Naast de effecten van de aanvullende (landbouwkundige) maatregelen zijn in de Ex-ante evaluatie landbouw en KRW ook de kosten van de verschillende maatregelen voor de landbouw berekend. Het betreft de directe en indirecte kosten (onder andere als gevolg van veranderingen op de mestmarkt) voor landbouwbedrijven. Gevolgen voor andere schakels in de agro-industriële keten zijn niet meegenomen. Ook de directe baten van ingrepen voor bijvoorbeeld landschap en natuur zijn niet bepaald, evenmin als de kosten en baten van de doelen van de KRW (bijvoorbeeld baten van ecologische kwaliteit en een mogelijke prijsstijging van aan water gelegen huizen). Zie Reinhard et al. (2007) voor de in de MKBA voor de KRW onderscheiden categorieën kosten en baten. De hier ontwikkelde methoden voor het bepalen van de landbouwkundige kosten en baten zijn gebruikt voor de ex ante evaluatie van de KRW (MNP, 2008).

Bij het onderzoek in 2008 is uitgegaan van de volgende kosten (zie uitgebreide beschrijving Alterra-rapport 1687):

- Investeringskosten;
- Jaarlijkse kosten: onderhoud en beheer;
- Grondverwerving;
- Inkomensveranderingen in de landbouw.

De kosten van de onderscheiden ingrepen voor de landbouw zijn voor de tweede rekenronde opnieuw berekend. De berekeningen zijn uitgevoerd met een nieuwere versie van het Dutch Regionalised Agricultural Model (DRAM, Helming 2005), waarin recente landbouwgegevens uit de landbouwstellingen zijn verwerkt.

Tevens is de projectie van de landbouw voor het jaar 2015 gebaseerd op een recente studie Perspectievennota van Silvis et al. (2009). De veronderstellingen voor de projectie wijken af van de aannames uit het onderzoek van Van der Bolt et al. (2008). Door een nieuwe inventarisatie van landbouwgronden en watersystemen bij de waterschappen wijken de totale landbouwgronden en de gronden die worden ingezet voor KRW maatregelen zoals bufferzones, mestvrije zones en helofytenfilters ook af van die in Van der Bolt et al. (2008).

2.2 Onzekerheidsanalyse en gevoeligheidsanalyse

Voor het beantwoorden van de kennisvragen is een eenvoudig modelinstrumentarium ontwikkeld om de nutriëntenconcentraties (totaal fosfor en totaal stikstof) in het oppervlaktewatersysteem op de uitstroompunten van (deel)stroomgebieden te voorspellen. Dit instrumentarium is gebaseerd op een eenvoudige nutriëntenbalans waarbij de hoeveelheid stof die het stroomgebied op het uitstroompunt verlaat gelijk is gesteld aan de hoeveelheid stof die het oppervlaktewater via verschillende bronnen binnenkomt minus de hoeveelheid stof die uit het oppervlaktewater wordt vastgelegd door retentie (zie paragraaf 2.1).

Het is niet mogelijk om al deze balanstermen exact te kwantificeren. Daarom is aan de nutriëntenbalans een term toegevoegd die de onzekerheid van alle bronnen representeert ('correctiefactor'). Hoewel deze term de mate van onzekerheid aangeeft, geeft hij niet aan welke balanstermen het sterkst aan die onzekerheid bijdragen. Kennis hierover is van belang om het modelinstrumentarium gericht te kunnen verbeteren. De onzekerheid over de verschillende balanstermen, en hoe die zich voortplant naar het eindresultaat kan worden verkregen op basis van een onzekerheidsanalyse.

Een gevoeligheidsanalyse kan worden gebruikt om een prioriteitsvolgorde vast te stellen op basis waarvan het modelinstrumentarium gericht kan worden verbeterd. De volgende stappen zijn doorlopen:

- Kwantificering onzekerheid input;
- Kwantificering van het effect van de input-onzekerheid op het eindresultaat via Monte Carlo Simulatie (MCS);
- Kwantificering bijdrage afzonderlijke bronnen aan de onzekerheid.

Kwantificering onzekerheidsinput

Als eerste stap in de onzekerheidsanalyse wordt de onzekerheid over de inputs gekwantificeerd voor de waterafvoer (Q), totaal stikstof (N) en totaal fosfor (P). Het gaat hierbij om de volgende parameters:

- Waterafvoer bodemsysteem (zomer + winter);
- Gemeten N- en P-concentratie oppervlaktewater;
- N- en P-belasting landelijke gebied (STONE);
- N- en P-belasting rwzi's, industrie en overige bronnen (EmissieRegistratie);
- Retentie nutriënten diffuse bronnen en puntbronnen (zomer + winter).

De parameters die de onzekerheid beschrijven (variantie, variatiecoëfficiënt etc.) zijn verkregen op basis van literatuuronderzoek en/of expertkennis. Inputs kunnen gecorreleerd zijn. Bij de onzekerheidsanalyse dient die correlatie te worden meegenomen. De retentie is bijvoorbeeld afhankelijk van de waterafvoer. Hoe groter de waterafvoer, hoe kleiner de retentie. In het modelinstrumentarium is deze afhankelijkheid echter sterk gereduceerd door de retentie te relateren aan de waterafvoer in een representatief zomer- en winterhalfjaar (zomer en winter van 2000). De retentie wordt daardoor onafhankelijk van de dynamiek in de waterafvoer. Dit vereenvoudigt de onzekerheidsanalyse.

Monte Carlo Simulatie

Bij eenvoudige modellen kan een onzekerheidsanalyse langs analytische weg worden uitgevoerd. Bij dit modelinstrumentarium is dat lastig (zo niet onmogelijk) omdat de deelstroomgebieden van elkaar afhankelijk kunnen zijn. Een relatief eenvoudig maar rekenintensief alternatief is Monte Carlo Simulatie. Hierbij wordt het model n keer doorgerekend op basis van n trekkingen uit de multivariate kansverdeling van de inputs. Als mag worden aangenomen dat de inputs min of meer onafhankelijk van elkaar zijn kan worden volstaan met het trekken uit de marginale kansverdelingen.

Kwantificering bijdrage afzonderlijke bronnen (gevoeligheidsanalyse)

De bijdrage van een input aan de totale onzekerheid in de output kan worden bepaald door de reductie in onzekerheid te berekenen als de betreffende input op zijn nominale waarde wordt vastgezet. Met andere woorden: er zal worden getrokken uit de verdelingen van alle overige inputs gegeven de gefixeerde waarde van de betreffende input. Inputs die een grote reductie bewerkstelligen hebben veel impact op het eindresultaat. De resultaten van deze gevoeligheidsanalyse kunnen worden gebruikt om vervolgonderzoek te prioriteren. Immers, inputs die de grootste reductie in onzekerheid bewerkstelligen dienen bij voorkeur te worden verbeterd.

3 Plausibiliteitstoets

Voordat de effecten van maatregelen juist gekwantificeerd kunnen worden is het van belang om inzicht te krijgen in de (ruimtelijke verdeling van de) kwaliteit van de rekenresultaten, waarbij onderscheid gemaakt kan worden tussen waterkwaliteit en waterkwantiteit. In hoofdstuk 2 zijn de aanpassingen en verbeteringen met betrekking tot het modelinstrumentarium beschreven. De resultaten van de aanpassingen op de plausibiliteit van de rekenresultaten worden in paragraaf 3.1 (waterkwaliteit en waterkwantiteit) beschreven.

3.1 Waterkwaliteit en waterkwantiteit

Waterkwaliteit

De betrouwbaarheid (plausibiliteit) van de rekenresultaten kan worden bepaald door de berekende nutriëntenconcentraties te vergelijken met de beschikbare gemeten nutriëntenconcentraties in de uitstroompunten van de deelstroomgebieden. De berekende waterkwaliteit is de resultante van de verschillende bronnen van de nutriëntenstromen in het oppervlaktewater. De nutriëntenbalans ziet er als volgt uit:

- L_{STONE} De berekende uitspoeling uit het landelijk gebied, inclusief atmosferische depositie op het land, uit de Evaluatie Mestwetgeving 2007
- L_{rwzi} Belasting van nutriënten door rwzi's (EmissieRegistratie)
- L_{ER} Belasting van nutriënten door industrie, stedelijk gebied, atmosferische depositie open water, scheepvaart en overige bronnen (EmissieRegistratie)
- L_{inlaat} De door de waterschappen aangeleverde data over inlaat waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen inlaat vanuit het buitenland, bovenstroomse gebieden en rivieren/kanalen
- 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 struiken langs de waterloop wordt verkend (Schoumans et al., 2008). In deze studie is deze balansterm nog niet meegenomen
- R_{STONE} Retentie van nutriënten landelijk gebied (sloten en haarvaten)
- R_{inlaat} Retentie van nutriënten dat via inlaatwater wordt aangevoerd
- R_{rwzi} Retentie van nutriënten vanuit rwzi's
- R_{ER} Retentie van nutriënten vanuit overige bronnen (EmissieRegistratie)

De nutriëntenconcentraties (C_{uit}) en bijbehorende nutriëntenvrachten (L_{uit}) in het oppervlaktewater in de uitstroompunten van de deelgebieden wordt als volgt bepaald:

$$C_{uit} = ((1-R_{inlaat}) * L_{inlaat} + (1-R_{rwzi}) * L_{rwzi} + (1-R_{ER}) * L_{ER} + (1-R_{STONE}) * L_{STONE}) / Q_{water}$$

De berekende waterkwaliteit op een bepaald moment (decadewaarde) wordt vergeleken met de gemeten waterkwaliteit die op hetzelfde moment is gemeten (dagwaarde):

$$F = C_{uit\ berekend} / C_{uit\ gemeten} \text{ of } F_R = (C_{uit\ berekend} - C_{uit\ gemeten}) / C_{uit\ gemeten}$$

Wanneer bij de vergelijking van gemeten met berekend de verhouding 1 bedraagt en het relatieve residu 0 is, zijn de berekende concentraties exact gelijk aan de gemeten concentraties. Dat betekent echter niet zondermeer dat de berekeningen de werkelijkheid exact beschrijven, omdat de onzekerheden in de uitkomst blijven

bestaan en mogelijke foutieve schattingen (EmissieRegistratie, aanvoer bovenstrooms, emissies uit het landelijk gebied, retenties, waterafvoer) elkaar kunnen compenseren.

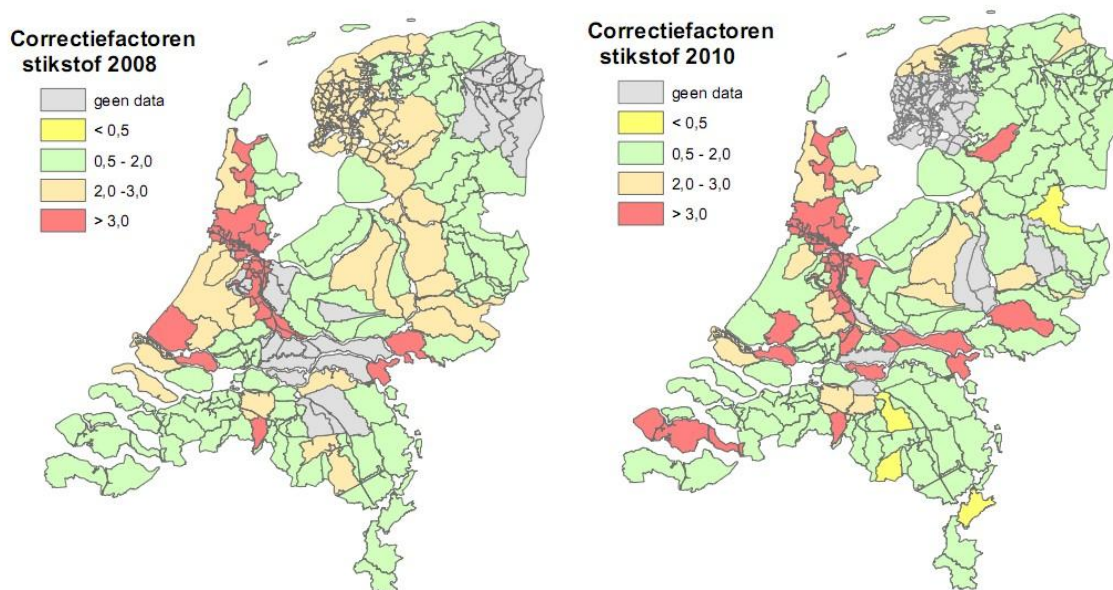
Voor deze studie is de correctiefactor per deelgebied berekend als:

$$F = C_{\text{uit berekend}} / C_{\text{uit gemeten}}$$

Voor de tijdstippen waarop kwaliteitsmetingen beschikbaar zijn, wordt de som van de berekende vracht gedeeld door de som van de berekende flux (zomer- of winterhalfjaar). Vervolgens wordt dit gedeeld door de som van de gemeten vracht gedeeld door de som van de berekende waterflux (zomer- of winterhalfjaar). Vervolgens is een fluxgewogen correctiefactor bepaald. Het aantal correctiefactoren per uitstroompunt is dus afhankelijk van het aantal metingen. Op basis van de bandbreedte aan correctiefactoren wordt een gemiddelde, areaal fluxgewogen, correctiefactor bepaald, waarmee de rekenresultaten gecorrigeerd worden.

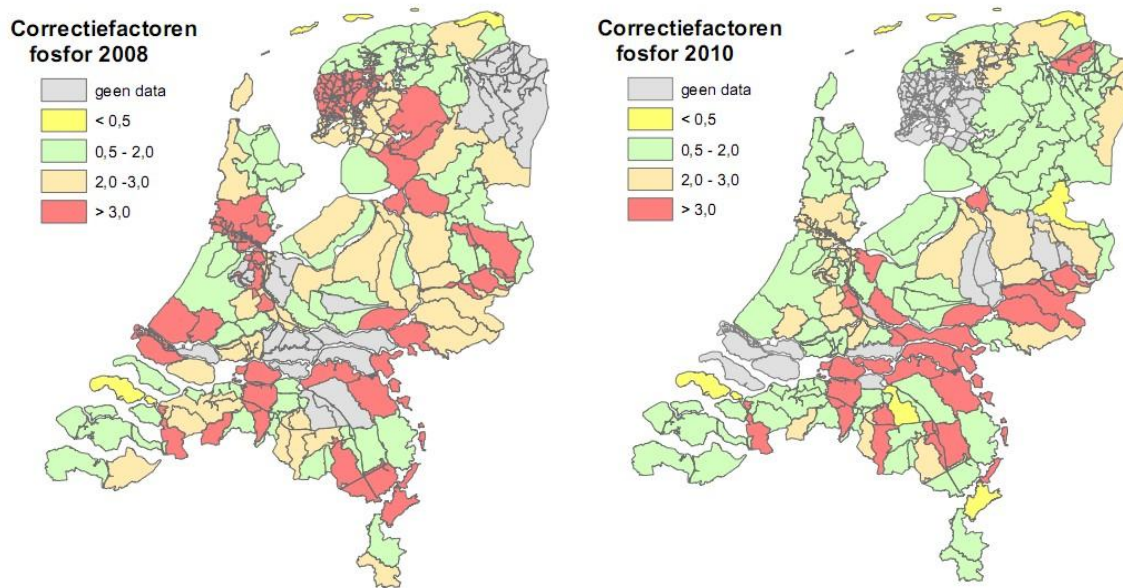
Uit de 1e rekenronde is gebleken dat voor een aantal deelstroomgebieden het verschil tussen de gemeten en berekende nutriëntenconcentraties vrij groot kan zijn. Dit kan erop wijzen dat de gebruikte data niet compleet is, dat er data en kennis ontbreekt voor het opstellen van een juiste stoffenbalans etc. Om de oorzaken van de verschillen te achterhalen en de data en kennis te verzamelen om de correctiefactoren te minimaliseren zijn samen met de waterbeheerders aanpassingen en verbeteringen met betrekking tot het modelinstrumentarium en de dataset doorgevoerd. De aanpassingen en verbeteringen zijn in hoofdstuk 2 beschreven.

De aanpassingen hebben over het algemeen een positief effect op de correctiefactoren voor de deelstroomgebieden (figuur 6 en 7).



Figuur 6

Fluxgewogen correctiefactoren voor de stikstofvrachten in de deelstroomgebieden voor de 1e rekenronde (links) en de 2e rekenronde (rechts).

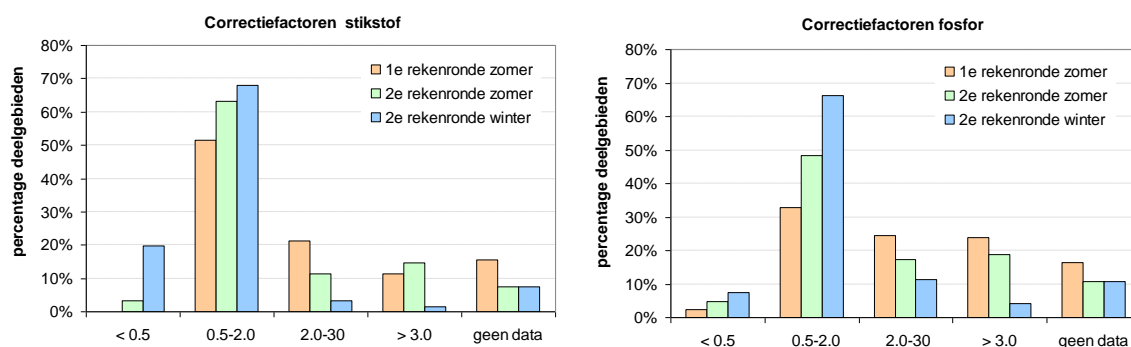


Figuur 7

Fluxgewogen correctiefactoren voor de fosforvrachten in de deelstroomgebieden op basis van 'oude' gegevens (links) en 'nieuwe' gegevens (rechts).

Bovenstaande correctiefactoren hebben betrekking op de gemeten en berekende vrachten voor het zomerhalfjaar (april t/m september).

Naast de verschillen in correctiefactoren voor de 1e en 2e rekenronde is er ook een duidelijk verschil zichtbaar indien gekeken wordt naar de correctiefactoren voor het zomerhalfjaar en winterhalfjaar (figuur 8).



Figuur 8

Correctiefactoren voor de 1e (alleen zomerhalfjaar) en 2e rekenronde voor zowel het winter- en zomerhalfjaar.

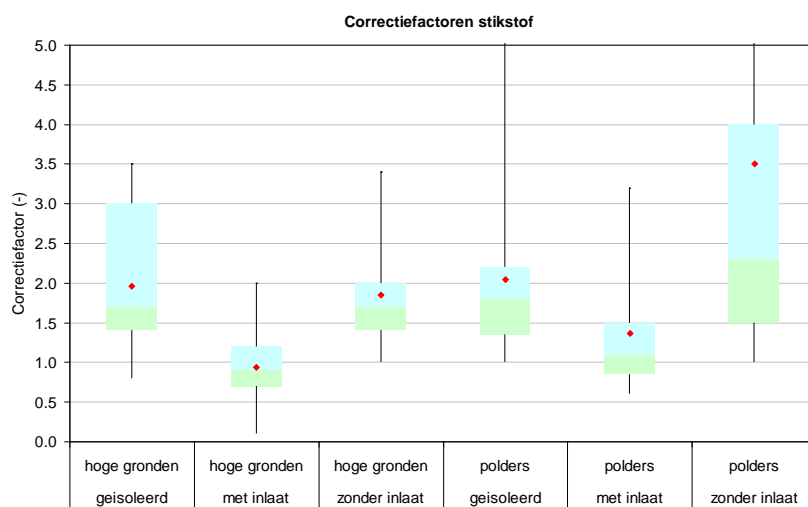
De correctiefactoren voor stikstof en fosfor liggen voor de meeste gebieden tussen de 0,5 en 2,0; de metingen en berekeningen voor de gebieden liggen dus maximaal een factor twee uit elkaar. Voor de 1e rekenronde had iets meer dan 50% van de subgebieden een correctiefactor voor de stikstofvracht tussen de 0,5 en 2,0. Voor de 2e rekenronde is het aantal toegenomen tot ruim 60% voor het zomerhalfjaar tot bijna

70% wanneer alleen naar het winterhalfjaar gekeken wordt. Voor 15% van de gebieden waren geen gegevens beschikbaar voor het bepalen van een correctiefactor.

In figuur 9 zijn bandbreedte van de afzonderlijke correctiefactoren voor de stikstofvrachten in het zomerhalfjaar weergegeven waarbij de deelstroomgebieden onderverdeeld zijn op basis van de hydrologische kenmerken (vrij afwaterende gebieden en polders). Daarnaast is onderscheid gemaakt tussen:

- de geïsoleerde stroomgebieden, m.a.w. geen interactie met andere stroomgebieden (**geïsoleerd**)
- gebieden waarvan inlaatgegevens beschikbaar en meegenomen zijn (**met inlaat**)
- stroomgebieden waarvoor de inlaatgegevens ontbreken (**zonder inlaat**)

Bij het interpreteren van onderstaande figuur moet echter in ogenschouw genomen worden dat de indeling van de gebieden naar hydrologische situatie en de gegevens met betrekking tot inlaat gebaseerd is op de huidige kennis van het deelstroomgebied, waardoor het bijvoorbeeld mogelijk is dat een stroomgebied ten onrechte als een geïsoleerd gebied is geclassificeerd.



Figuur 9

Bandbreedte van de correctiefactoren voor de stikstofvracht in het zomerhalfjaar voor de deelstroomgebieden.

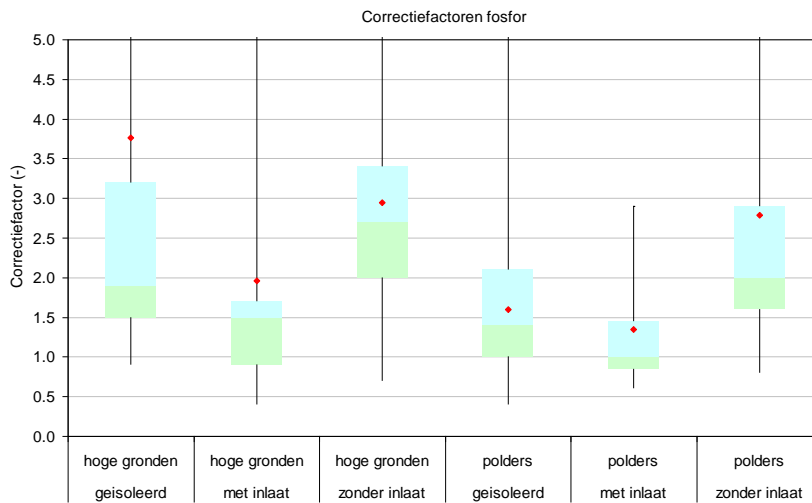
De rode stip geeft de gemiddelde correctiefactor weer van de deelstroomgebieden. De bovenkant van de blauwe rechthoek geeft het 75 percentiel waarden weer, de onderkant van de groene rechthoek het 25 percentiel. De mediane waarde ligt op het grensvlak van het blauwe en groene vlak. De verticale lijnen geven de extremen weer, waarbij, voor de leesbaarheid, de y-as is afgekapt op 5,0.

Uit de figuur blijkt dat de correctiefactoren voor de gebieden waarvan inlaatgegevens bekend zijn, dicht bij de waarde 1 liggen dan de deelgebieden waarvoor geen inlaatgegevens bekend zijn. Dit geldt voor zowel de hoge gronden (vrij afwaterend) als voor de polders. Opvallend zijn de hoge correctiefactoren voor de geïsoleerde hoge gronden.

Voor de polders is er daarnaast een duidelijk verschil zichtbaar tussen de geïsoleerde polders en polders waarvoor de inlaatgegevens ontbreken.

In figuur 10 zijn de correctiefactoren voor de fosforvracht in het zomerhalfjaar weergegeven.

Ook voor de fosforvrucht is er een duidelijk verschil in correctiefactoren tussen de deelstroomgebieden waarvoor gegevens over de inlaat bekend zijn. De correctiefactoren, evenals de bandbreedte aan correctiefactoren voor fosfor is groter dan voor stikstof.



Figuur 10

Bandbreedte van de correctiefactoren voor de fosforvrucht in het zomerhalfjaar voor de deelstroomgebieden.

Waterkwantiteit

De berekende waterafvoer Q_{uitlaat} is de resultante van de verschillende aan- en afvoerroutes van de waterstromen bij het uitstroompunt.

De waterbalans ziet er dan als volgt uit:

$$Q_{\text{uitlaat}} = Q_{\text{neerslag}} + Q_{\text{inlaat}} + Q_{\text{kwel}} + Q_{\text{ER}} - Q_{\text{verdamping}} - Q_{\text{wegzijing}}$$

Waarin:

- Q_{neerslag} De hoeveelheid neerslag in het stroomgebied
- Q_{inlaat} De hoeveelheid inlaatwater waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen de deelgebieden met inlaat vanuit het buitenland, Rijkswateren, boezem of kanalen, en deelgebieden met inlaat vanuit bovenstrooms gelegen stroomgebieden in Nederland. Inlaat vanuit het buitenland, Rijkswateren etc. kan niet met het huidige model berekend worden, maar worden bepaald op basis van metingen. Inlaat vanuit bovenstroomse delen in Nederland kan zowel op basis van metingen als op basis van berekeningen geschat worden.
- $Q_{\text{verdamping}}$ Verdamping in het stroomgebied
- $Q_{\text{kwel/wegzijing}}$ De netto kwel of wegzijing in het stroomgebied
- Q_{ER} De waterafvoer van rwzi's.

Voor het berekenen van de totale waterafvoer per stroomgebied wordt in het instrumentarium alleen gebruik gemaakt van de waterafvoer uit het landelijk gebied (STONE) en de rwzi's (EmissieRegistratie). Overstorten en industriële lozingen dragen ook bij aan de totale waterafvoer, maar in de EmissieRegistratie zijn hierover geen

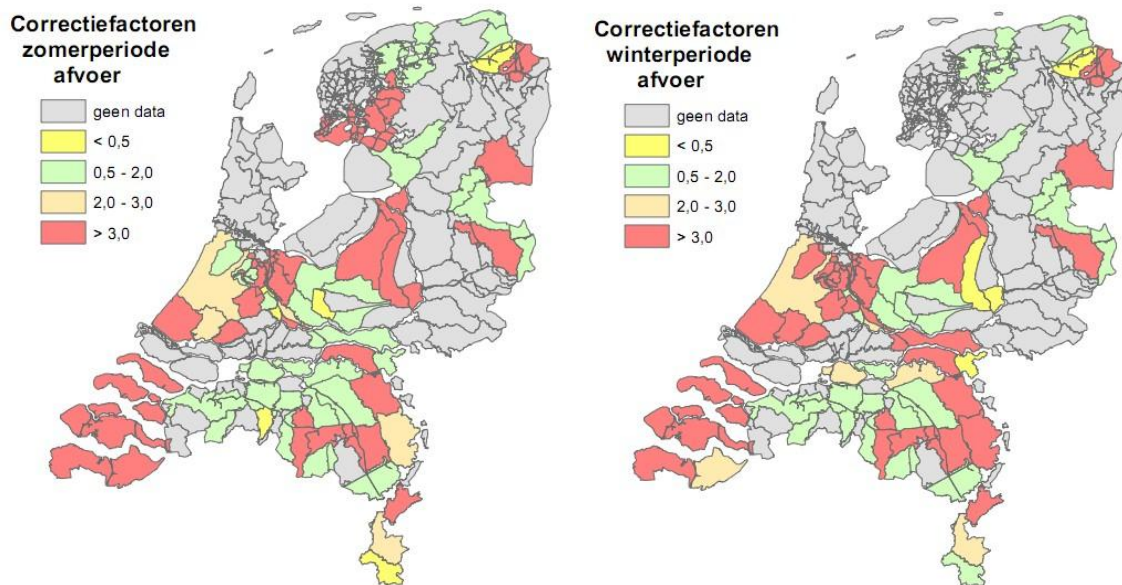
gegevens beschikbaar. De bijdrage van deze bronnen is over het algemeen beperkt, maar bij stroomgebieden met veel stedelijk gebied is het mogelijk dat deze een significante bijdrage leveren aan de totale waterafvoer.

De berekende waterafvoer per deelstroomgebied is vergeleken met de gemeten waterafvoer van het deelstroomgebied. Het gaat hierbij om de individuele metingen over de periode waarvoor gegevens zijn aangeleverd.

$$F = Q_{\text{uit berekend}} / Q_{\text{uit gemeten}} \text{ of } F_R = (Q_{\text{uit berekend}} - Q_{\text{uit gemeten}}) / Q_{\text{uit gemeten}}$$

De individuele afvoermetingen en modelresultaten vertonen vaak grote verschillen.

In het modelinstrumentarium wordt bijvoorbeeld geen rekening gehouden met het gebiedsgrootte-effect en berging in het oppervlaktewatersysteem. Het model houdt wel rekeningen met de berging in de bodem. Na een forse regenbui wordt modelmatig relatief snel een piekafvoer berekend, terwijl in de praktijk de piekafvoer zich langzamer voortplant en wordt gedempt, afhankelijk van de bergingscapaciteit en grootte van het stroomgebied. In figuur 11 zijn de resultaten weergegeven voor de vergelijking tussen de gemeten en berekende waterafvoer, waarbij onderscheid gemaakt is tussen het zomerhalfjaar (links) en winterhalfjaar (rechts).

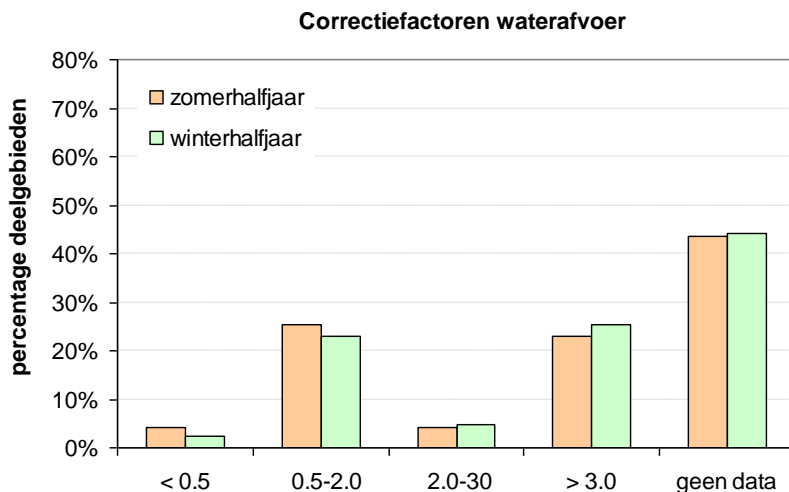


Figuur 11

Relatief verschil in gemeten en berekende waterafvoer voor het zomerhalfjaar (links) en het winterhalfjaar (rechts).

Uit de figuur blijkt dat voor veel deelstroomgebieden het niet mogelijk is om de berekende afvoeren te vergelijken met gemeten afvoeren. Dit wordt enerzijds veroorzaakt doordat er geen afvoergegevens door waterschappen zijn aangeleverd, anderzijds doordat er voor een aantal deelstroomgebieden geen geschikte meetpunten zijn om een waterbalans op te kunnen stellen.

In figuur 12 is de verdeling weergegeven van het aantal deelstroomgebieden over de verschillende klassen.

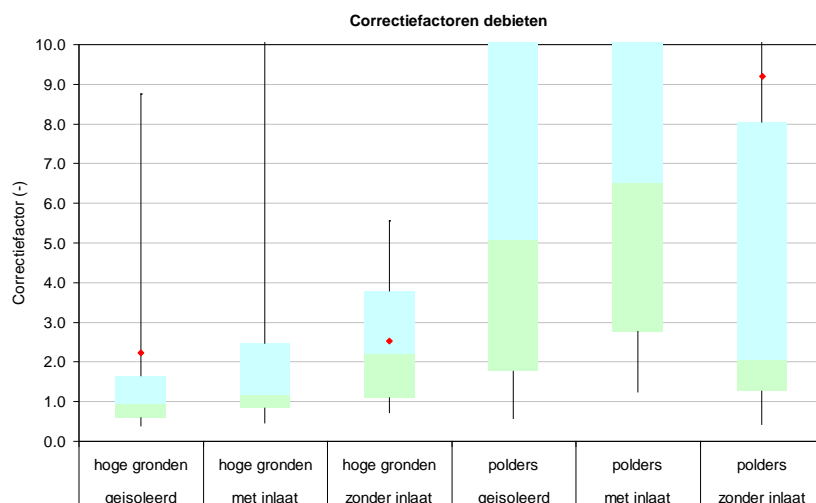


Figuur 12

Correctiefactoren voor het zomer- en winterhalfjaar voor de deelgebieden binnen de Ex-ante evaluatie.

Ongeveer 25% van de deelstroomgebieden heeft een correctiefactor tussen de 0,5 en 2,0. De berekende waterafvoer in deze klasse is maximaal 2x hoger of lager dan de gemeten afvoer. Het percentage deelstroomgebieden dat een hoge correctiefactor heeft (> 3,0) is ook behoorlijk hoog (\pm 25%). In samenwerking met de waterbeheerders zal de komende jaren het aantal deelstroomgebieden waarvoor afvoergegevens beschikbaar zijn, moeten worden uitgebreid. Ook zal in overleg met de waterbeheerders de oorzaken van de hoge correctiefactoren onderzocht moeten worden.

In figuur 13 zijn de bandbreedte van de correctiefactoren weergegeven waarbij de deelstroomgebieden zijn ingedeeld op basis van de hydrologische situatie en de beschikbaarheid en kennis met betrekking tot de inlaatgegevens.



Figuur 13

Bandbreedte van de correctiefactoren voor de fosforvrucht in het zomerhalfjaar voor de deelstroomgebieden.

De mediane waarden van de correctiefactoren voor de vrij afwaterende gebieden liggen rond de 1,0 m.u.v. de stroomgebieden waarvoor inlaatgegevens ontbreken (2,0). Voor de polders is echter een zeer grote bandbreedte aan correctiefactoren zichtbaar. De mediane correctiefactoren liggen ruim boven de 2,0.

De correctiefactoren voor de waterkwantiteit worden op dit moment niet gebruikt om de berekende afvoergegevens te corrigeren. Deels omdat voor veel deelstroomgebieden nog geen afvoergegevens beschikbaar zijn en deels omdat eerst samen met de waterbeheerders goed gekeken moet worden naar de resultaten.

3.2 Onzekerheid- en gevoeligheidsanalyse

De onzekerheid- en gevoeligheidsanalyse zijn uitgevoerd voor de vrij afwaterende gebieden in Nederland. In deze paragraaf worden de resultaten gepresenteerd waarbij een aantal deelstroomgebieden als voorbeeld dienen. Bij het interpreteren van de gegevens (o.a. correctiefactoren) moet in ogenschouw genomen worden dat hierbij gebruik is gemaakt van de resultaten van een tussenversie, waardoor de resultaten van de correctiefactoren niet met de resultaten uit paragraaf 3.1 kunnen worden vergeleken.

Onzekerheidsanalyse

In de eerste stap voor de verschillende inputs van de water- en nutriëntenbalans de onzekerheden gekwantificeerd. In tabel 1 zijn deze weergegeven.

Tabel 1

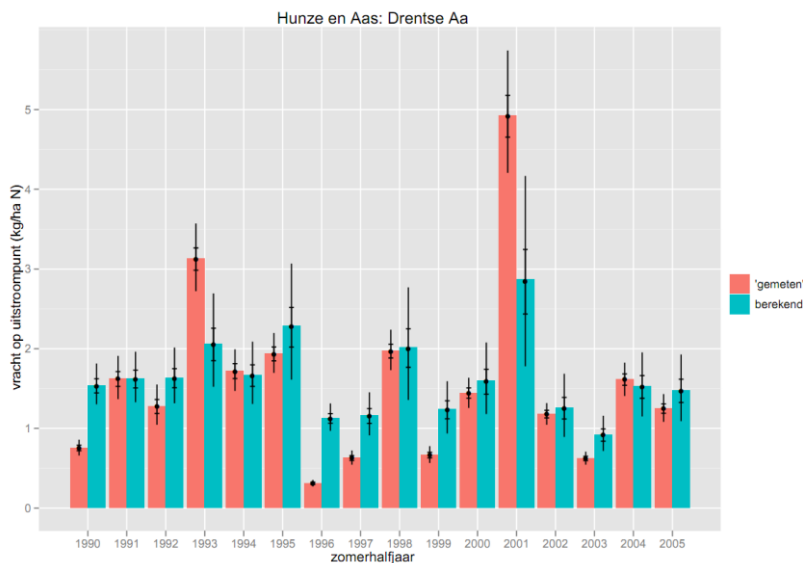
Onzekerheidskenmerken voor de verschillende balanstermen, waarin sigma de standaarddeviatie is en cv de variatiecoëfficiënt.

Term	Verdeling van de fout	σ	cv (%)	Referentie
Retentie diffuse bronnen (zomer)	Beta	0.09		Analytisch (Taylorbenadering)
Retentie diffuse bronnen (winter)	Beta	0.06		
Retentie puntbronnen	Beta	0.018		
Waterafvoer bodemsysteem (zomer)	Gaussisch		70	Op basis van metingen/berekeningen (EMW 2007) voor twee vrij afwaterende systemen (Drentse Aa en Schuitenbeek)
Waterafvoer bodemsysteem (winter)	Gaussisch		50	
Emissie N bodemsysteem	Gaussisch		100	STONE expert
Emissie P bodemsysteem	Gaussisch		150	
Concentratie N oppervlaktewater	Gaussisch		$4 \times 2 = 8$	Twee maal de analytische fout zoals gerapporteerd door Rode en Suhr 2007
Concentratie P oppervlaktewater	Gaussisch		$6 \times 2 = 12$	
Puntbronnen AZI N	Gaussisch		20	EmissieRegistratie/ expertkennis
Puntbronnen AZI P	Gaussisch		20	
Puntbronnen industrie N	Gaussisch		50	
Puntbronnen industrie P	Gaussisch		50	

De parameters van de verdelingen zijn verkregen op basis van literatuurstudie en, indien noodzakelijk, aangevuld met analytische berekeningen.

Vervolgens is via een Monte Carlo Simulatie de doorwerking van deze onzekerheden op de berekende nutriëntenbelasting bepaald. In figuur 14 zijn de resultaten voor de Drentse Aa weergegeven voor de totale berekende en gemeten stikstofvracht in het uitstroompunt in het zomerhalfjaar. De 'gemeten' stikstofvracht is

bepaald op basis van gemeten stikstofconcentraties en berekende debieten en zijn daardoor niet exact bekend. De 'metingen' representeren daarom meet- en modelfouten.



Figuur 14

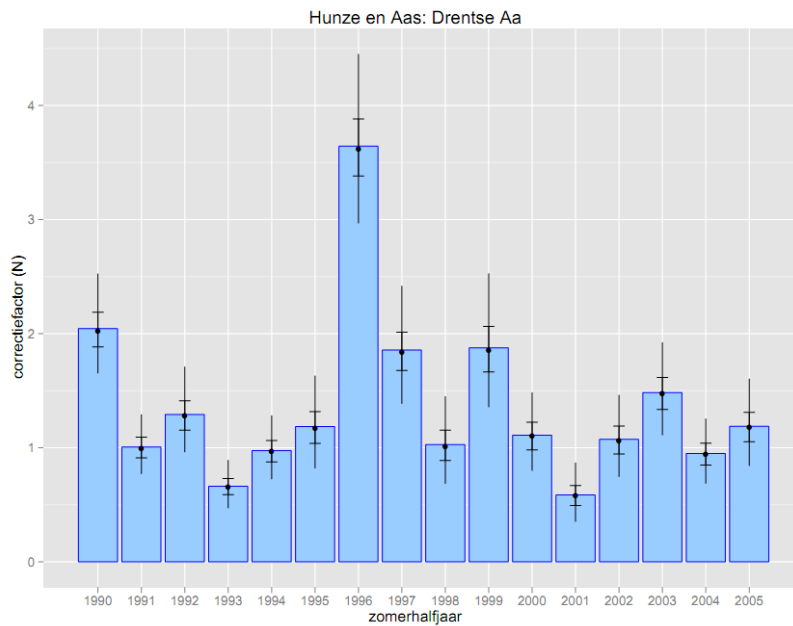
'Gemeten' en berekende stikstofvrucht in het uitstroompunt van de Drentse Aa in het zomerhalfjaar waarbij de blauwe rechthoek de waarde representeert en de verticale lijn de spreiding (onzekerheid).

De rechthoeken representeren de 'gemeten' en berekende nutriëntenvracht (kg/ha) in het uitstroompunt van het stroomgebied. De verticale lijn in de rechthoeken geeft de spreiding (onzekerheid) van de gemeten en berekende waarden weer. De totale lijn representeert het 95% predictie-interval. Dat wil zeggen dat gegeven de onzekerheid 95% van de berekende en gemeten waarden binnen dit interval liggen. De stippen geven de mediane waarden weer, d.w.z. dat 50% van de modelvoorspellingen erboven en 50% eronder liggen. De horizontale streepjes geven de kwartielen weer, 50% van de metingen liggen tussen deze horizontale streepjes. Hetzelfde geldt voor de berekeningen.

De verschillen in 'gemeten' stikstofvrucht (kg/ha) tussen de verschillende jaren kunnen fors zijn, <math>< 0,5 \text{ kg ha}^{-1}</math> in 1996 tot bijna

De berekende stikstofvrucht komt in een aantal jaren vrij goed overeen met de 'gemeten' waarden, zeker wanneer rekening wordt gehouden met de onzekerheid (verticale lijn). Voorbeeld is hierbij 1995. De berekende stikstofvrucht is hoger dan de 'gemeten' vruchten. De 'gemeten' stikstofvrucht valt echter binnen de range van onzekerheid.

De verschillen tussen berekende en 'gemeten' stikstofvrucht voor de verschillende jaren kan worden weergegeven in de vorm van een correctiefactor (berekend/gemeten, figuur 15).



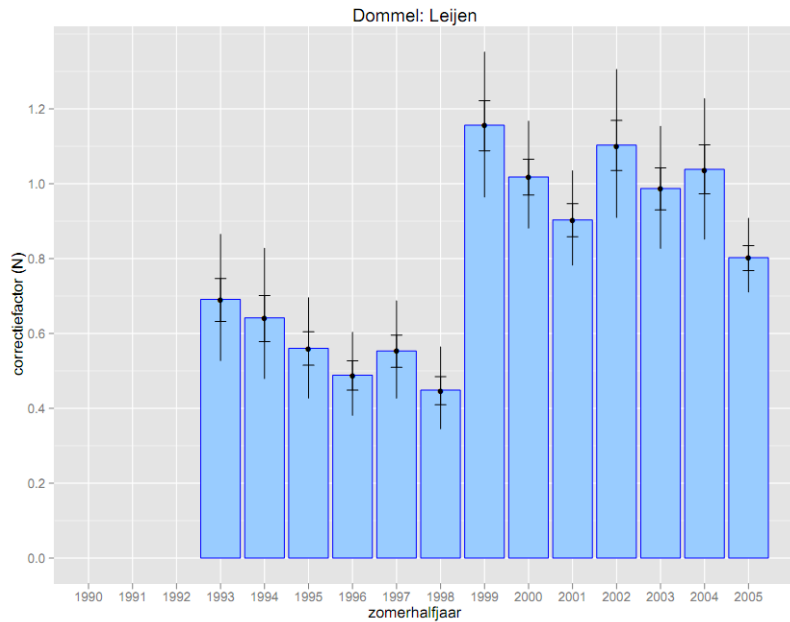
Figuur 15

Correctiefactor (berekend/gemeten) voor de stikstofvracht in het uitstroompunt van de Drentse Aa in het zomerhalfjaar.

Indien de berekende stikstofvracht gelijk is aan de 'gemeten' stikstofvracht, is de correctiefactor gelijk aan 1. De correctiefactor voor berekende stikstofvracht voor de Drentse Aa ligt voor de meeste jaren rond de 1, m.a.w. de berekende stikstofvracht komt goed overeen met de gemeten stikstofvracht. Wanneer rekening wordt gehouden met de onzekerheid van de input (verticale lijn) zijn er maar enkele jaren waar de correctiefactor niet de lijn met de waarde 1 snijdt.

Op basis van de figuur kan worden geconcludeerd dat het (water)systeem redelijk goed wordt beschreven, m.a.w. alle relevante nutriëntenbronnen zijn waarschijnlijk meegenomen en ook de bijdrage van deze bronnen (orde van grootte) lijkt goed te worden geschat.

Per deelstroomgebied kan worden geanalyseerd of het (water)systeem goed wordt beschreven, rekening houdend met de onzekerheden van de input. In figuur 16 en figuur 17 zijn voorbeelden gegeven van de correctiefactoren voor twee andere deelstroomgebieden.

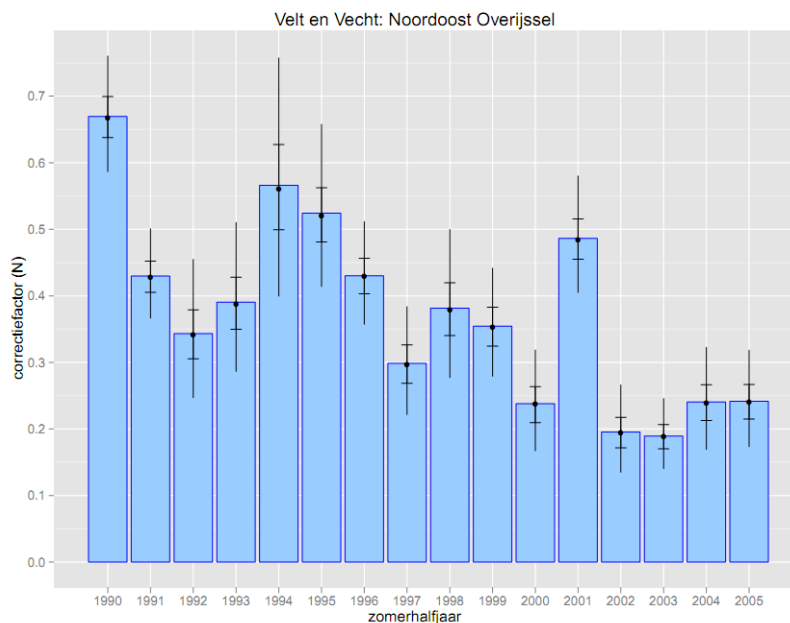


Figuur 16

Correctiefactor (berekend/gemeten) voor de stikstofvracht in het uitstroompunt van deelstroomgebied Leijen in het zomerhalfjaar.

In tegenstelling tot de Drentse Aa blijkt voor deelgebied Leijen dat er een duidelijk verschil is tussen de correctiefactoren voor de periode 1993-1998, waarbij de correctiefactor lager dan 0,5 is en voor de periode 1999-2005 waarbij de correctiefactor rond de waarde 1 ligt.

Voor deelstroomgebied Noordoost-Overijssel wordt de stikstofvracht in het uitstroompunt systematisch onderschat (correctiefactor < 1.0, figuur 17).



Figuur 17

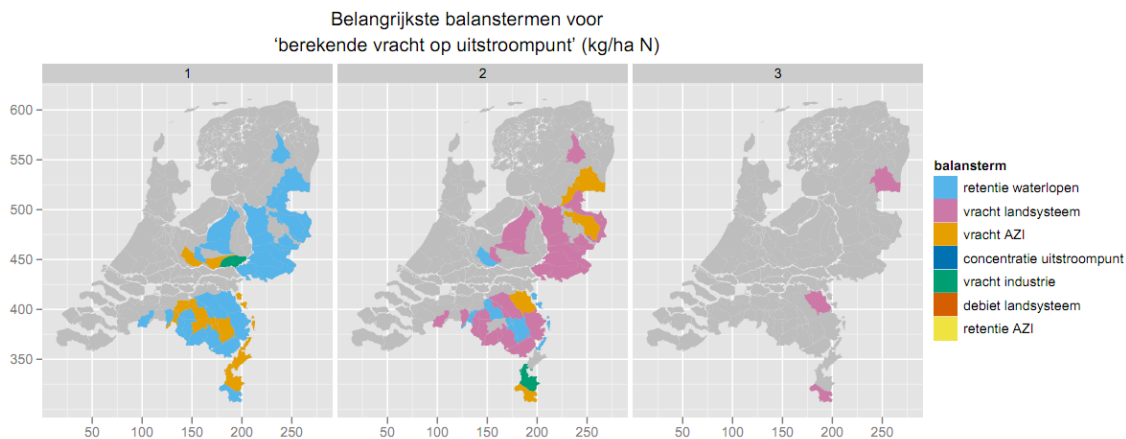
Correctiefactor (berekend/gemeten) voor de stikstofvracht in het uitstroompunt van deelstroomgebied Noordoost- Overijssel in het zomerhalfjaar.

Indien de nutriëntenvrucht in het uitstroompunt systematisch wordt onder- of overschat (figuur 17), of wanneer er tussen de verschillende jaren grote verschillen zichtbaar zijn (figuur 16), zal samen met de waterbeheerders moeten worden bekeken wat de oorzaak hiervan kan zijn. De mogelijkheid bestaat dat niet alle relevante stikstof- en fosforbronnen zijn meegenomen (bijvoorbeeld inlaat), dat de orde van grootte van de nutriëntenbron niet voldoet of dat er andere aanpassingen in het systeem zijn doorgevoerd.

Gevoeligheidsanalyse

In de vorige paragraaf zijn voor een paar deelstroomgebieden de resultaten van de onzekerheidsanalyse gepresenteerd waarbij de doorwerking van de onzekerheid op het eindresultaat (correctiefactor) zichtbaar zijn gemaakt. Uit de figuren blijkt dat voor een aantal jaren de onzekerheden fors kunnen zijn.

Met behulp van een gevoeligheidsanalyse kan worden bekeken welke parameter de grootste bijdrage levert aan deze onzekerheid. De bijdrage van de verschillende parameters zijn voor de verschillende balanstermen bepaald. In onderstaande figuur zijn voor de berekende stikstofvrucht in het uitstroompunt en voor de uiteindelijke correctiefactor de belangrijkste parameters weergegeven die het meeste bijdragen aan de onzekerheid. Voor de meeste deelstroomgebieden zijn meerdere balanstermen van belang (figuur 18).



Figuur 18

Rangorde van de bijdrage (belangrijkheid) van de verschillende balanstermen aan de correctiefactoren voor de stikstofvrucht.

In bovenstaande figuur zijn alleen de relevante balanstermen weergegeven die bijdragen aan de onzekerheid, waarbij de meest belangrijke balansterm in de linkerfiguur is aangegeven. Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt dat voor de meeste deelstroomgebieden de retentie in de waterlopen de belangrijkste bijdrage levert aan de onzekerheid van de correctiefactoren. Ook de belasting vanuit rwzi's speelt een belangrijke rol bij de onzekerheid. Dit geldt met name voor de deelstroomgebieden in het stroomgebied van de Maas.

Voor de meeste deelstroomgebieden zijn er echter meerdere balanstermen die bijdragen aan de onzekerheid, waarbij de nutriëntenbelasting vanuit het landelijke gebied (STONE) het meeste voorkomt. Er zijn maar een paar deelstroomgebieden waarvoor er ook nog een derde balansterm een relevante bijdrage levert.

De resultaten kunnen gebruikt worden om een prioriteitsvolgorde vast te stellen voor het gericht verbeteren van het modelinstrumentarium. Op basis van deze resultaten blijkt dat voornamelijk de retentie een belangrijk bijdrage levert aan de onzekerheid. Ook de nutriëntenbelasting uit het landelijk gebied (STONE) en de nutriëntenbelasting van rwzi's dragen bij aan de onzekerheid.

4 Effecten en kosten aanvullende (landbouwkundige) maatregelen

Na het doorvoeren van de aanpassingen uit hoofdstuk 2 is een update van de 'Ex-ante evaluatie landbouw en KRW' uitgevoerd. Het effect van het voorgenomen beleid en de aanvullende (landbouwkundige) maatregelen op het realiseren van de doelstellingen van de KRW worden getoetst en de kosten en kosteneffectiviteit van de maatregelen worden geanalyseerd. Hierbij is gebruik gemaakt van het aanvullend maatregelenpakket dat bij het onderzoek in 2008 (Bolt et al., 2008; Boekel et al., 2009) is aangehouden. Hierbij worden twee varianten onderscheiden:

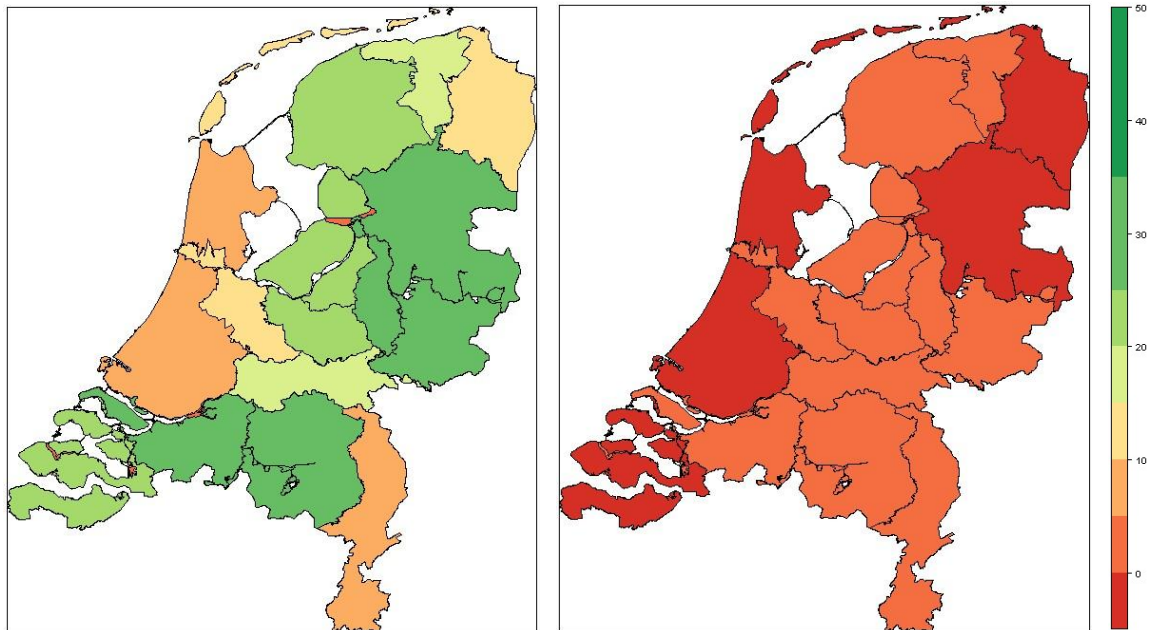
- het voorgenomen beleid 'Realistische ambities' bestaande uit:
 - Voorgenomen Mestbeleid (EL&I, 2007)
 - Regionale Maatregelenpakket
- Potentiële aanvullende (landbouwkundige) maatregelen (Pluspakket), waarbij de ingrepen zijn geclusterd op basis van de 'plek' in het landbouwbedrijf waar de ingrepen/maatregelen plaatsvinden. Het gaat hierbij om de subvarianten:
 - Bedrijfsmaatregelen
 - Perceelsmaatregelen
 - Slootmaatregelen

Het referentiejaar van de berekeningen is het jaar 2000. In de figuren zijn de effecten van de verschillende varianten en subvarianten gepresenteerd als de **extra** toegevoegde effecten t.o.v. de voorafgaande variant voor de KRW relevante jaren 2015 en 2027. In de tabellen is het effect van de verschillende varianten **gestapeld** weergegeven, met andere woorden **inclusief** het effect van het voorgaande maatregelenpakket.

4.1 Effecten

4.1.1 Mestbeleid

Het voorgenomen mestbeleid resulteert voornamelijk in de zandgebieden tot een significante afname van de stikstofstromen in het oppervlaktewater (figuur 19) in 2015. De afname van de stikstofstromen in het oppervlaktewater is voor de WB21-gebieden in stroomgebied Rijn-West beperkt (< 10,0%). De veranderingen van de fosforstromen in het oppervlaktewater zijn door de grote voorraad in de bodem beperkt. Voor een aantal regio's (zuidwestelijk kleigebied, Zuid- en Noord-Holland en Noordoost-Groningen) neemt de fosforbelasting zelfs nog iets toe. Dit zijn echter zeer beperkte toenames.



Figuur 19

Afname van de stikstof- (links) en fosforstromen (rechts) in het oppervlaktewater door het mestbeleid in 2015 voor de 18 WB-21 deelgebieden t.o.v. de referentie 2000 in procenten.

In de Ex-ante evaluatie uit 2008 is aangegeven dat de beperkte toename van de fosforstromen in het oppervlaktewater in delen van Nederland het gevolg is van de verdere aanscherping van de gebruiksnormen. In de zandgebieden kan minder mest worden geplaatst, waardoor er meer dierlijke mest zal worden afgezet en getransporteerd naar de kleigebieden. Het mestbeleid zal hierdoor regionaal verschillend uitwerken.

Tabel 2

Totale stikstofvracht naar het oppervlaktewater voor de zeven stroomgebieden in de referentiesituatie (2000) en na het doorvoeren van het voorgenomen mestbeleid voor de zichtjaren 2015 en 2027.

Stroomgebied	2000		2015		2027	
	ton	ton	%	ton	%	
Eems	8.060	6.910	14,3	6.871	14,8	
Maas	44.779	36.207	19,1	35.747	20,2	
Rijn-Midden	9.445	7.193	23,8	7.065	25,2	
Rijn-Noord	13.478	10.789	20,0	10.703	20,6	
Rijn-Oost	20.280	14.416	28,9	14.139	30,3	
Rijn-West	23.011	20.640	10,3	20.514	10,8	
Schelde	6.164	4.697	23,8	4.480	27,3	
Nederland	125.217	100.853	19,5	99.518	20,5	

Op nationaal niveau resulteert het mestbeleid in een afname van de stikstof- en fosforstromen met 19,5% in 2015 voor stikstof en 0,3% voor fosfor (tabel 2 en tabel 3). De verdere afname van de stikstof- en

fosforstromen in het oppervlaktewater in de periode 2015-2027 is zeer beperkt. De stikstofreductie neemt verder af met ongeveer 1,0%, voor fosfor is op nationale schaal een lichte toename zichtbaar.

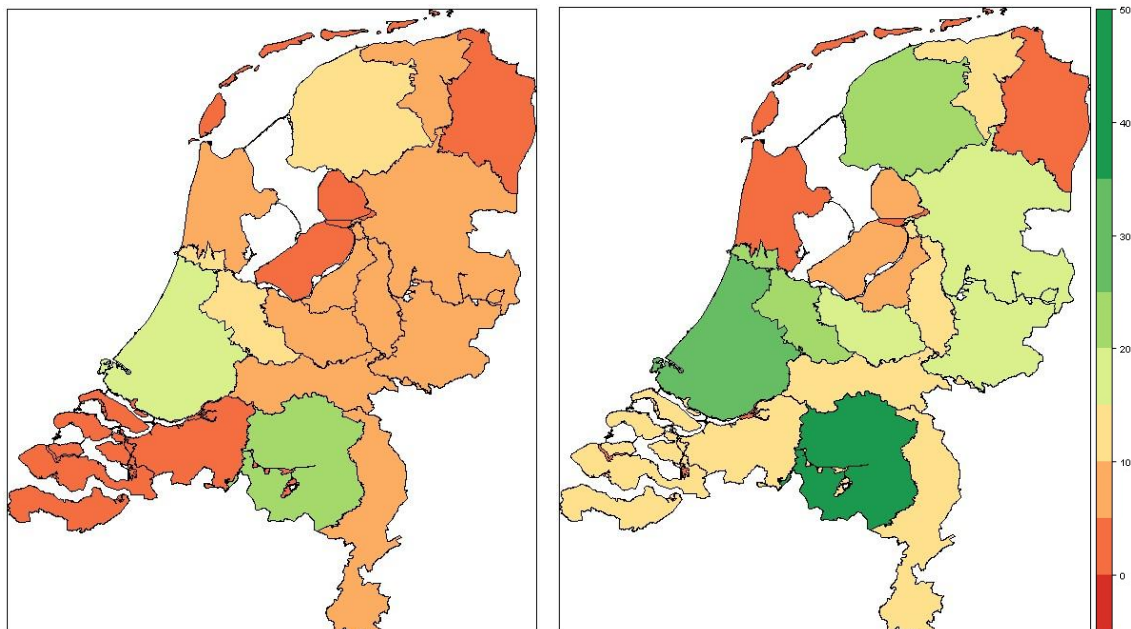
Tabel 3

Totale fosforvracht naar het oppervlaktewater voor de zeven stroomgebieden in de referentiesituatie (2000) en na het doorvoeren van het voorgenomen mestbeleid voor de zichtjaren 2015 en 2027.

Stroomgebied	2000		2015		2027	
	ton	ton	%	ton	%	
Eems	206	214	-3,7	215	-4,2	
Maas	1.464	1.424	2,7	1.413	3,5	
Rijn-Midden	319	312	2,0	311	2,3	
Rijn-Noord	807	799	1,0	798	1,1	
Rijn-Oost	679	677	0,3	670	1,2	
Rijn-West	2.113	2.142	-1,4	2.165	-2,4	
Schelde	275	276	-0,2	277	-0,5	
Nederland	5.863	5.844	0,3	5.849	0,2	

4.1.2 Regionaal KRW-pakket

De KRW-maatregelen van de waterbeheerders (regionale KRW-pakket) voor het 1e SGBP, zoals in 2007/2008 door het MNP is geanalyseerd en aangeleverd (MNP, 2008), is niet verder aangevuld en/of aangepast. Het KRW-maatregelenpakket heeft een groot effect op de nutriëntenstromen in het oppervlaktewater (figuur 20).



Figuur 20

Afname van de stikstof- en fosforstromen in het oppervlaktewater door het regionale KRW-pakket, aanvullende op het mestbeleid in 2015 voor de achttien WB21-gebieden t.o.v. de referentiesituatie in 2000 in procenten.

De extra afname van de totale stikstofvracht naar het oppervlaktewater na het doorvoeren van de maatregelen uit het KRW-pakket is voor de meeste stroomgebieden < 10%. Alleen voor de WB21-gebieden Maas-Midden, Zuid-Holland, Amstel en Friesland wordt een hogere reductie berekend.

De KRW-maatregelen hebben een groter effect op de totale fosforvracht naar het oppervlaktewater. Voor de meeste gebieden wordt een reductie van meer dan 10% berekend, voor het WB21-gebied Maas-Midden wordt zelfs een reductie van meer dan 35% geschat. Het doorvoeren van de maatregelen uit het KRW-maatregelenpakket resulteert in een extra afname van de stikstofvracht met 10% voor stikstof en 21% voor fosfor (tabel 4 en tabel 5).

Tabel 4

Totale stikstofvracht naar het oppervlaktewater voor de zeven stroomgebieden in de referentiesituatie (2000) en na het doorvoeren het KRW-maatregelenpakket, aanvullend op het mestbeleid voor de zichtjaren 2015 en 2027.

Stroomgebied	2000		2015		2027	
	ton	Ton	%	ton	%	
Eems	8.060	6.605	18,1	6.566	18,5	
Maas	44.779	30.481	31,9	30.021	33,0	
Rijn-Midden	9.445	6.620	29,9	6.493	31,3	
Rijn-Noord	13.478	9.635	28,5	9.549	29,2	
Rijn-Oost	20.280	13.169	35,1	12.891	36,4	
Rijn-West	23.011	17.422	24,3	17.297	24,8	
Schelde	6.164	4.428	28,2	4.210	31,7	
Nederland	125.217	88.361	29,4	87.026	30,5	

Tabel 5

Totale fosforvracht naar het oppervlaktewater voor de zeven stroomgebieden in de referentiesituatie (2000) en na het doorvoeren het KRW-maatregelenpakket, aanvullend op het mestbeleid voor de zichtjaren 2015 en 2027.

Stroomgebied	2000		2015		2027	
	ton	ton	%	ton	%	
Eems	206	205	0,8	206	0,3	
Maas	1.464	989	32,4	978	33,2	
Rijn-Midden	319	277	13,2	276	13,5	
Rijn-Noord	807	648	19,6	647	19,8	
Rijn-Oost	679	565	16,8	559	17,7	
Rijn-West	2.113	1.700	19,5	1.723	18,5	
Schelde	275	239	13,3	239	13,0	
Nederland	5.863	4.623	21,2	4.627	21,1	

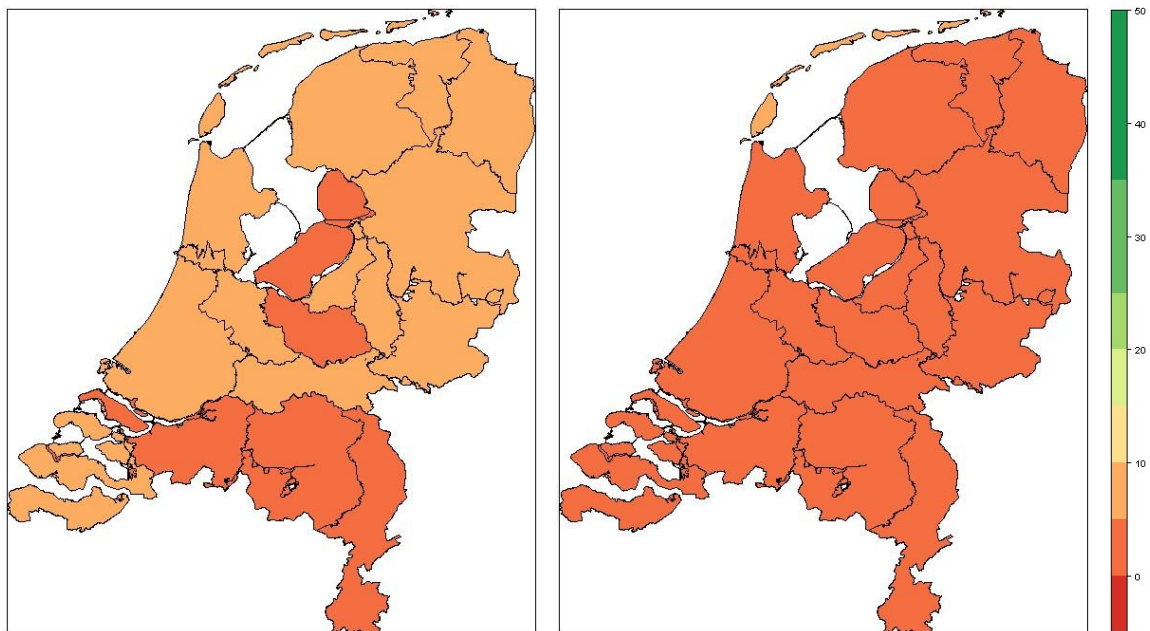
De effectiviteit van het KRW-pakket op de stikstof- en fosforstromen naar het oppervlaktewater wordt voornamelijk bepaald door aanpassingen van de rwi's. Het effect van hydromorfologische ingrepen zijn beperkt. Bij het schatten van de effectiviteit van de maatregelen wordt ervan uitgegaan dat alle maatregelen

voor 2015 zijn doorgevoerd, waardoor na 2015 geen verder verlaging van de stikstof- en fosforstromen naar het oppervlaktewater wordt berekend.

4.1.3 Bedrijfsmaatregelen

Maatregelen in deelvariant Bedrijf zijn voornamelijk bronmaatregelen, gebaseerd op veranderingen binnen het landbouwkundig bedrijf (o.a. grootte of het moment van bemesting). Functiegerichte maatregelen, dat wil zeggen maatregelen die betrekking hebben op aanpassingen in ruimtelijke inrichting, zijn niet in beschouwing genomen.

Deelvariant Bedrijf is samengesteld uit de ingrepen 'Geen fosforkunstmest' en 'Verhogen N-efficiency (kunst)mest'. Laatstgenoemde ingreep bestaat uit de maatregelen 'Voorjaarstoediening in de akkerbouw', 'Vergroten mestopslag in de melkveehouderij', 'Precisiebemesting' en 'Bouwplan aanpassen'. Een uitgebreide beschrijving van de maatregelen en de wijze waarop de effectiviteit is berekend, is beschreven in Alterra-rapport 1987 (Van Boekel et al., 2010). De verschillen in effectiviteit tussen de WB21-gebieden zijn beperkt (figuur 21).



Figuur 21

Afname van de stikstof- en fosforstromen in het oppervlaktewater door deelvariant Bedrijf, aanvullend op het KRW-pakket in 2015 voor de achttien WB21-gebieden t.o.v. de referentiesituatie in 2000 in procenten.

De maximale reductie van de stikstofvracht naar het oppervlaktewater na het doorvoeren van het pakket Bedrijf op het stroomgebiedsniveau van de WB21-gebieden is 7,4% voor stikstof en 3,9% voor fosfor. Regionaal en lokaal kan de afname van de nutriëntenvracht groter zijn. De totale afname van de stikstofvracht op nationale schaal is bijna 5%, voor fosfor is de afname bijna 2% (tabel 6 en tabel 7).

Tabel 6

Totale stikstofvracht naar het oppervlaktewater voor de zeven stroomgebieden in de referentiesituatie (2000) en na het doorvoeren van bedrijfsmaatregelen aanvullend op het mestbeleid en het KRW-maatregelenpakket voor de zichtjaren 2015 en 2027.

Stroomgebied	2000		2015		2027	
	ton	ton	%	ton	%	
Eems	8.060	6.159	23,6	6.072	24,7	
Maas	44.779	29.391	34,4	28.968	35,3	
Rijn-Midden	9.445	6.141	35,0	6.082	35,6	
Rijn-Noord	13.478	8.641	35,9	8.555	36,5	
Rijn-Oost	20.280	11.951	41,1	11.671	42,5	
Rijn-West	23.011	16.095	30,1	15.953	30,7	
Schelde	6.164	3.995	35,2	3.807	38,2	
Nederland	125.217	82.372	34,2	81.107	35,2	

Tabel 7

Totale fosforvracht naar het oppervlaktewater voor de zeven stroomgebieden in de referentiesituatie (2000) en na het doorvoeren van bedrijfsmaatregelen aanvullend op het mestbeleid en het KRW-maatregelenpakket voor de zichtjaren 2015 en 2027.

Stroomgebied	2000		2015		2027	
	ton	ton	%	ton	%	
Eems	206	202	2,1	200	2,8	
Maas	1.464	986	32,7	971	33,7	
Rijn-Midden	319	271	15,1	265	16,9	
Rijn-Noord	807	630	21,9	616	23,7	
Rijn-Oost	679	552	18,6	534	21,3	
Rijn-West	2.113	1.648	22,0	1.595	24,5	
Schelde	275	238	13,6	238	13,5	
Nederland	5.863	4527	22,8	4419	24,6	

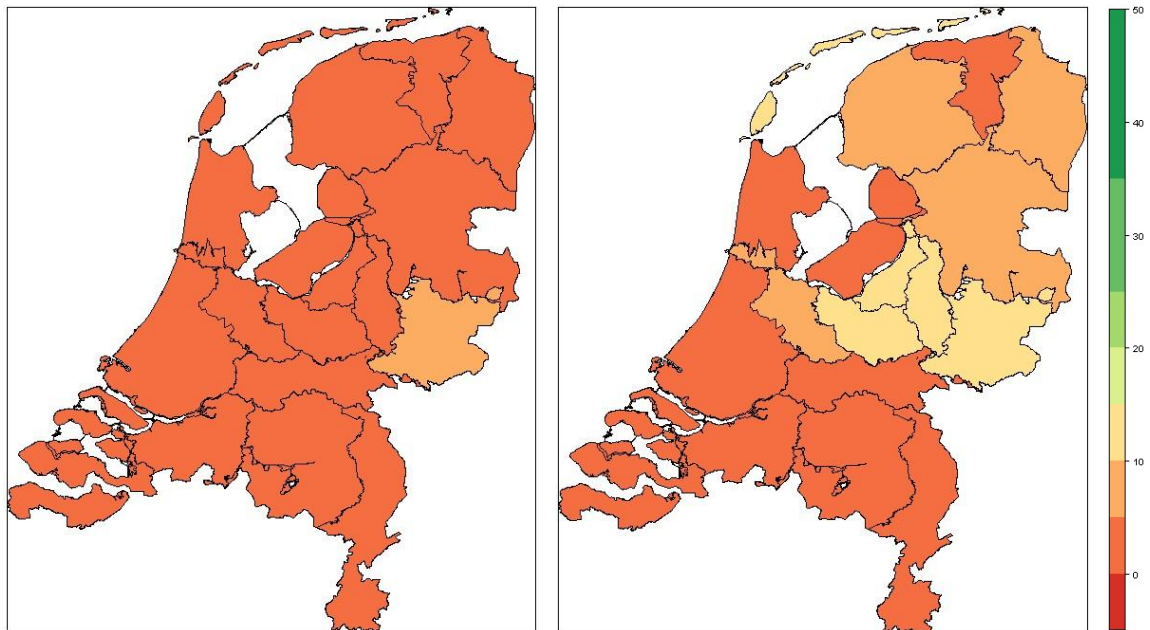
Het effect van de maatregelen op de stikstofstromen in het oppervlaktewater voor de deelvariant Bedrijf neemt na 2015 niet meer toe, in de kleigebieden neemt de stikstofbelasting zelfs weer toe (Flevoland, Schelde). Voor fosfor neemt de belasting naar het oppervlaktewater juist verder af.

4.1.4 Perceelsmaatregelen

Deelvariant Perceel heeft voornamelijk betrekking op bron- en effectgerichte beheer- en inrichtingsmaatregelen op het perceel. Evenals de maatregelen in deelvariant Bedrijf zijn de maatregelen erop gericht om de nutriëntenbelasting naar het oppervlaktewatersysteem te verlagen.

De deelvariant Perceel is samengesteld uit de ingrepen 'Bodemsanering', 'Ontwatering' en 'Randenbeheer'. De geselecteerde maatregelen zijn 'Uitmijnen', 'Verdiept aangelegde samengestelde peilgestuurde drainage'

(DSPD) en 'Bemestingsvrije bufferstroken'. De stikstof- en fosforstromen in het oppervlaktewater nemen verder af (figuur 22).



Figuur 22

Afname van de stikstof- en fosforstromen in het oppervlaktewater door deelvariant Perceel, aanvullend op deelvariant Bedrijf in 2015 voor de achttien deelgebieden t.o.v. de referentiesituatie 2000 in procenten.

Net als voor deelvariant Bedrijf zijn de verschillen in de afname van de stikstofstromen in het oppervlaktewater tussen de deelgebieden beperkt. Alleen voor het WB21-gebied IJssel-Oost wordt een afname van meer dan 5% berekend. De verschillen in effectiviteit van de perceelsmaatregelen op de fosforvrucht naar het oppervlaktewater zijn iets groter, waarbij de grootste effectiviteit voor de oostelijk zandgronden wordt berekend (> 10%).

De hogere effectiviteit voor fosfor kan voor het grootste gedeelte verklaard worden doordat de maatregel 'Uitmijnen' gericht is op fosfor en niet op stikstof. Om de fosfaatonttrekking door het gewas te 'stimuleren' wordt namelijk extra N-kunstmest gegeven.

De totale reductie van de nutriëntenstromen in het oppervlaktewater op landelijke schaal is 2,5% voor stikstof en 4,5% voor fosfor (tabel 8 en tabel 9).

Tabel 8

Totale stikstofvracht naar het oppervlaktewater voor de zeven stroomgebieden in de referentiesituatie (2000) en na het doorvoeren van perceelsmaatregelen aanvullend op het mestbeleid, het KRW-maatregelenpakket en bedrijfsmaatregelen voor de zichtjaren 2015 en 2027.

Stroomgebied	2000	2015		2027	
	ton	ton	%	ton	%
Eems	8.060	5.873	27,1	5.758	28,6
Maas	44.779	28.421	36,5	27.818	37,9
Rijn-Midden	9.445	5.920	37,3	5.826	38,3
Rijn-Noord	13.478	8.270	38,6	8.107	39,9
Rijn-Oost	20.280	10.997	45,8	10.567	47,9
Rijn-West	23.011	15.787	31,4	15.624	32,1
Schelde	6.164	3.935	36,2	3.757	39,0
Nederland	125.217	79.203	36,7	77.457	38,1

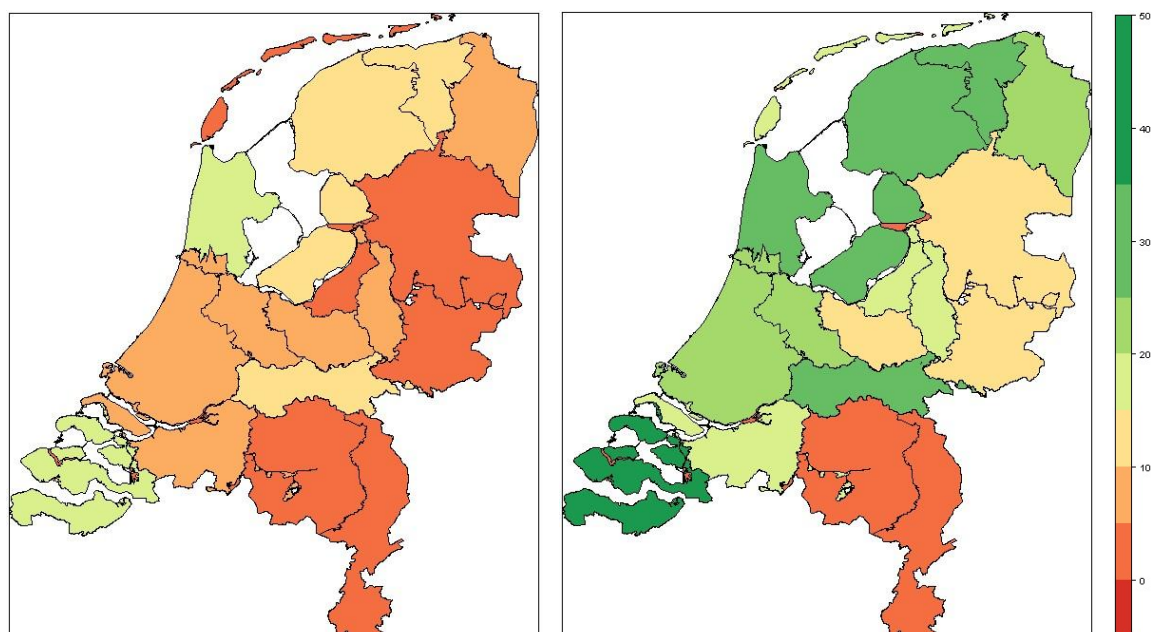
Tabel 9

Totale fosforvracht naar het oppervlaktewater voor de zeven stroomgebieden in de referentiesituatie (2000) en na het doorvoeren van perceelsmaatregelen aanvullend op het mestbeleid, het KRW-maatregelenpakket en bedrijfsmaatregelen voor de zichtjaren 2015 en 2027.

Stroomgebied	2000	2015		2027	
	ton	ton	%	ton	%
Eems	206	190	7,6	187	9,4
Maas	1.464	940	35,8	917	37,3
Rijn-Midden	319	245	23,1	233	26,8
Rijn-Noord	807	596	26,1	576	28,6
Rijn-Oost	679	492	27,6	461	32,1
Rijn-West	2.113	1.560	26,2	1.447	31,5
Schelde	275	237	13,8	237	13,8
Nederland	5.863	4260	27,3	4059	30,8

4.1.5 Slootmaatregelen

Deelvariant Sloot omvat maar één ingreep, namelijk helofytenfilters met op uitmijnen van fosfor gericht beheer. De reductie van de stikstof- en fosforstromen in het oppervlaktewater is voor een aantal WB21-gebieden behoorlijk hoog (figuur 23).



Figuur 23

Afname van de stikstof- en fosforstromen in het oppervlaktewater door deelvariant Sloot, aanvullend op deelvariant Perceel in 2015 voor de achttien WB21-gebieden t.o.v. de referentiesituatie 2000 in procenten.

De verschillen in afname van de stikstofstromen en fosforstromen in het oppervlaktewater tussen de deelgebieden is groot. De maatregel uit deelvariant Sloot heeft duidelijk een groter effect op de fosforstromen in het oppervlaktewater dan op de stikstofstromen.

De maximale effectiviteit voor stikstof ligt rond de 20%, voor fosfor kan de effectiviteit hoger zijn dan 35%.

De totale reductie van de nutriëntenstromen in het oppervlaktewater op landelijke schaal is 7% voor stikstof en 18% voor fosfor (tabel 10 en tabel 11).

Tabel 10

Totale stikstofvracht naar het oppervlaktewater voor de zeven stroomgebieden in de referentiesituatie (2000) en na het doorvoeren van slootmaatregelen aanvullend op het mestbeleid, het KRW-maatregelenpakket, bedrijfsmaatregelen en perceelsmaatregelen voor de zichtjaren 2015 en 2027.

Stroomgebied	2000		2015		2027	
	ton	ton	%	ton	%	
Eems	8.060	5.126	36,4	5.028	37,6	
Maas	44.779	27.151	39,4	26.624	40,5	
Rijn-Midden	9.445	4.912	48,0	4.837	48,8	
Rijn-Noord	13.478	6.825	49,4	6.697	50,3	
Rijn-Oost	20.280	10.159	49,9	9.772	51,8	
Rijn-West	23.011	13.262	42,4	13.149	42,9	
Schelde	6.164	2.859	53,6	2.746	55,4	
Nederland	125.217	70.293	43,9	68.855	45,0	

Tabel 11

Totale fosforvracht naar het oppervlaktewater voor de zeven stroomgebieden in de referentiesituatie (2000) en na het doorvoeren van slootmaatregelen aanvullend op het mestbeleid, het KRW-maatregelenpakket, bedrijfsmaatregelen en perceelsmaatregelen voor de zichtjaren 2015 en 2027.

Stroomgebied	2000		2015		2027	
	ton	ton	%	ton	%	
Eems	206	140	32,0	138	33,1	
Maas	1.464	852	41,8	836	42,9	
Rijn-Midden	319	180	43,7	172	46,0	
Rijn-Noord	807	385	52,2	375	53,5	
Rijn-Oost	679	412	39,4	389	42,6	
Rijn-West	2.113	1.098	48,1	1.041	50,7	
Schelde	275	130	52,6	130	52,7	
Nederland	5.863	3197	45,5	3081	47,4	

4.2 Kosten en kosteneffectiviteit

Naast de effecten van de aanvullende (mest) maatregelen is ook de kosten(effectiviteit) berekend. De kosten van de deelvarianten kunnen niet met elkaar worden vergeleken omdat de kosten van de deelvarianten gestapeld zijn berekend. De kosten voor deelvariant Perceel zijn berekend voor een situatie waarin deelvariant Bedrijf al is verwezenlijkt. Als deelvariant Perceel separaat zou worden uitgevoerd zullen de kosten afwijken van de extra kosten (marginale kosten) voor deelvariant Perceel ten opzichte van de deelvariant Bedrijf.

Voor de deelvariant Bedrijf is het bedrag aan investeringen ongeveer gelijk aan de inkomenswinsten op basis van de maatregelen. De kosten van deelvariant Bedrijf bestaan voornamelijk uit onderhoudskosten van de maatregelen. Bij pakket Perceel is er nog sprake van een licht inkomensstijging als gevolg van de ingrepen van de beide deelvarianten Bedrijf en Perceel. Let wel dat de ingrepen van de deelvariant Bedrijf tot een inkomenswinst leiden. De investeringen bedragen zo'n 17% van de totale jaarlijkse kosten en de onderhoudskosten zo'n 85%. Wanneer de ingrepen op het niveau van pakket Sloot erbij komen, dan is er sprake van een inkomensverlies van 2% van de jaarlijkse kosten. De investeringen bedragen 26%, omdat de helofytenfilters gepaard gaan met hoge investeringen.

De kosten zijn voor de zeven onderscheiden regio's weergegeven. Verschillen tussen regio's ontstaan door verschillen in kosten van maatregelen, maar ook door verschillen in intensiteit van een maatregel tussen regio's en de omvang van de regio's (grotere en kleinere regio's).

De kosten voor deelvariant Perceel zijn hoger dan de kosten voor deelvariant Bedrijf, die vervolgens weer (iets) duurder zijn dan deelvariant Sloot (tabel 12). De deelvariant Sloot bestaat alleen uit de ingreep helofytenfilters. Uitzondering is het stroomgebied van de Schelde waarvoor de deelvarianten Perceel en Sloot goedkoper zijn dan de deelvariant Bedrijf. Dit komt omdat de ingrepen randenbeheer en ontwatering en helofytenfilters nagenoeg niet in de Schelde worden aangelegd, terwijl de ingrepen in deelvariant Bedrijf op grote(re) schaal kunnen worden toegepast.

Tabel 12*Totale en marginale jaarlijkse kosten van de PLUS-pakketten (Meuro/jaar).*

Regio	Totale jaarlijkse kosten			Marginale jaarlijkse kosten	
	Bedrijf	Perceel	Sloot	Perceel	Sloot
Eems	12,5	50,8	61,9	38,3	11,1
Maas	32,1	133,3	155,8	101,2	22,5
Rijn-Noord	23,3	66,0	83,0	42,7	17,0
Rijn-Midden	39,6	107,9	138,8	68,3	30,9
Rijn-Oost	25,3	157,8	182,8	132,5	25,0
Rijn-West	54,1	123,8	175,8	69,7	52,0
Schelde	19,4	36,0	51,6	16,6	15,6
Nederland	206	676	850	470	174

In de gepresenteerde kosten zijn niet de aanpassingskosten van bedrijven meegenomen. Dit zijn kosten die bedrijven maken om maatregelen in te passen in de bedrijfsvoering. Zo kan door de aanleg van bufferstroken de omvang van het landbouwbedrijf suboptimaal worden (het areaal is te klein voor de aanwezige hoeveelheid kapitaal en arbeid van het bedrijf). Ook is verondersteld dat bedrijven de investeringen kunnen financieren en rendabel blijven. In aanvulling hierop wordt er ook geen rekening gehouden met de mogelijke beheersvergoedingen voor het uitvoeren van bepaalde maatregelen.

Nadat de effecten en kosten van de aanvullende maatregelen zijn bepaald, kan de kosteneffectiviteit voor de deelvarianten worden bepaald.

4.2.1 Bedrijfsmaatregelen

Tabel 13 geeft de kosten per eenheid reductie van het bedrijfspakket weer.

Tabel 13*Regionale kosten per eenheid reductie (in € per kg) voor de deelvariant Bedrijf.*

Stroomgebied	Inschatting 2e rekenronde	
	N	P
Eems	208	17.549
Maas	136	15.441
Rijn-Midden	103	9.331
Rijn-Noord	68	7.177
Rijn-Oost	44	4.607
Rijn-West	53	3.322
Schelde	520	45.599
Nederland	76	6.250

* Bij de berekening van de kosten per eenheid reductie zijn alle kosten voor Bedrijfsmaatregelen toegewezen aan respectievelijk reductie van N en reductie van P. Er is geen rekening gehouden met synergie effecten voor N en P van Bedrijfsmaatregelen.

De variatie in kosteneffectiviteit van stikstof tussen de stroomgebieden zijn groot. De kosteneffectiviteit voor de stroomgebieden Eems en Schelde is het meest ongunstig. Ook voor fosfor is in de Schelde en de Eems de kosteneffectiviteit het meest ongunstig. De kosteneffectiviteit voor stikstof is het gunstigst in Rijn-Oost en voor fosfor in Rijn-West. In de Schelde en Eems zijn de maatregelen in deze deelvariant duur en sorteren weinig effect.

De belangrijkste redenen voor de minder gunstige kosteneffectiviteit van de beleidsvariant Bedrijf is dat de totale kosten van de beleidsvariant zo'n 40% hoger worden ingeschat t.o.v. de eerste berekeningen. Deze ontwikkelingen is ongunstig voor de kosteneffectiviteit van de beleidsvariant Bedrijf. Daarbij komt dat de effecten dusdanig laag zijn ingeschat, dat relatief kleine kostenveranderingen kunnen zorgen voor grote fluctuaties in kosteneffectiviteit. De reden voor de stijging van de kosten zijn de toenames van het areaal waarop ingrepen betrekking hebben, hogere kosten van ingrepen en het ontbreken van kostenposten voor maatregelen die met name in het stroomgebied Schelde werden getroffen.

4.2.2 Perceelsmaatregelen

De deelvariant Bedrijf wordt aangevuld met een drietal ingrepen: ontwatering, bodemsanering en randen-beheer. Dit zijn ingrepen op perceelsniveau. Deze ingrepen worden relatief veel ingezet in Rijn-Oost en Maas (tabel 14). Dit zijn gebieden waar al een mestoverschot bestaat en deze ingrepen zullen de druk op de mestmarkt direct vergroten.

Tabel 14

Regionale kosten per eenheid reductie (in € per kg) voor de deelvariant Perceel.

Stroomgebied	Inschatting 2e rekenronde	
	N	P
Eems	219	4.294
Maas	143	2.186
Rijn-Midden	177	2.434
Rijn-Noord	118	3.119
Rijn-Oost	103	1.466
Rijn-West	87	1.995
Schelde	781	42.178
Nederland	124	2.214

* Bij de berekening van de kosten per eenheid reductie zijn alle kosten voor Bedrijfs- en Perceelsmaatregelen toegewezen aan respectievelijk reductie van N en reductie van P. Er is geen rekening gehouden met synergie effecten voor N en P van Bedrijfs- en Perceelsmaatregelen.

Doordat de beleidsvariant Perceel ook de ingrepen van de beleidsvariant Bedrijf omvat, wordt de kosteneffectiviteit van de beleidsvariant Perceel ook beïnvloedt door de lage kosteneffectiviteit van de beleidsvariant Bedrijf. De kosteneffectiviteit voor stikstof wordt minder gunstig in deelvariant Perceel, de kosteneffectiviteit van fosfor wordt juist gunstiger. Deze ontwikkeling wordt met name bepaald door de hogere inschatting van de fosforreductie van de ingrepen in de deelvariant Perceel.

Bij de keuze van maatregelen op basis van kosteneffectiviteit is het belangrijk om voor ogen te houden of stikstof dan wel fosfor moet worden gereduceerd. De eventuele synergie bij gelijktijdige uitvoering van verschillende maatregelen is niet doorgerekend, omdat deze informatie niet voorhanden was. Bij de stapeling van maatregelen is natuurlijk wel meegenomen dat het mestoverschot door een additionele maatregel ook additioneel toeneemt.

4.2.3 Slootmaatregelen

Naast ingrepen op bedrijf- en perceelsniveau kunnen ook ingrepen in de sloten genomen worden. Daarom is een derde deelvariant Sloot doorgerekend waarbij helofytenfilters worden toegevoegd aan het ingrepenpakket. In een helofytenfilter stroomt water over een waterbodem door een begroeiing van riet. In tabel 15 zijn de resultaten van de deelvariant Sloot gegeven.

Tabel 15

Regionale kosten per eenheid reductie (in € per kg) voor de deelvariant Sloot.

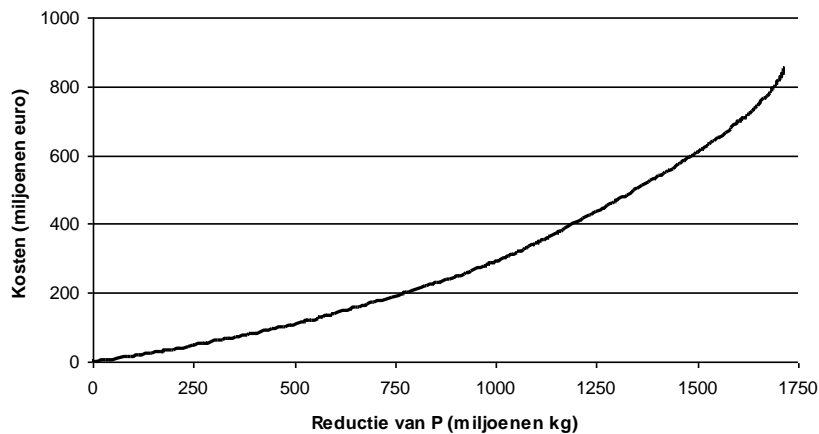
Stroomgebied	Inschatting 2e rekenronde	
	N	P
Eems	62	801
Maas	67	758
Rijn-Midden	56	620
Rijn-Noord	54	540
Rijn-Oost	64	646
Rijn-West	34	266
Schelde	62	801
Nederland	67	758

* Bij de berekening van de kosten per eenheid reductie zijn alle kosten voor Bedrijfs- Perceels- en Slootmaatregelen toegewezen aan respectievelijk reductie van N en reductie van P. Er is geen rekening gehouden met synergie effecten voor N en P van Bedrijf, Perceel- en Slootmaatregelen.

De kosteneffectiviteit van de beleidsvariant Sloot is gunstiger ten opzichte van de beleidsvarianten Bedrijf en Perceel. Voor zowel stikstof als fosfor is de marginale kosteneffectiviteit het meest gunstig voor Sloot. De samenstelling van de beleidsvariant heeft invloed op de kosteneffectiviteit. De helofytenfilters hebben een grote investering- en onderhoudscomponent, maar dragen ook aanzienlijk bij aan de reductie van zowel stikstof- als fosforemissies. Hiermee is de kosteneffectiviteit van de beleidsvariant Sloot het meest kosteneffectief.

Bij de gepresenteerde kosten per eenheid reductie kan voor de kosten van ingrepen of deelvarianten geen onderscheid gemaakt worden in hoeverre deze betrekking hebben op de emissiereductie van stikstof of fosfor. Voor de berekening van de kosten per eenheid reductie naar belastingreducties van stikstof en fosfor maken we gebruik van de totale kosten van een pakket. De werkelijke kosteneffectiviteiten van specifiek stikstof of fosfor zal gunstiger uitpakken maar kan niet worden bepaald.

Als in het geval van de deelvariant Sloot de deelgebieden worden geordend op basis van de kosteneffectiviteit van een ingreep voor fosfor dan ontstaat een kosteneffectiviteitscurve zoals weergegeven in figuur 24. Aan de hand van deze curve kan worden vastgesteld, tegen welke kosten welk doel te bereiken is.



Figuur 24

Kosteneffectiviteitscurve voor fosfor in de deelvariant 'Sloot'.

De figuur geeft de getotaliseerde kosten (y-as) voor de gecumuleerde reductie in fosforbelasting (x-as) voor alle deelgebieden. Het 'eindpunt' geeft daarmee de totale kosten (ca. € 850 miljoen per jaar) bij de gerealiseerde reductie in fosforbelasting voor Nederland (1.75 miljoen ton P). De curve is opgebouwd door eerst de deelgebieden met de beste kosteneffectiviteit op de X-as weer te geven. Bij een verdere reductie stijgen de totale kosten exponentieel (de kosten per kg reductie belasting nemen steeds sterker toe). Verminderingen boven de 1.5 miljoen kg P blijken voor deze ingreep relatief duur. De totale vracht vanuit de landbouw bedraagt circa 3.7 miljoen kg P.

Het eindpunt van de curve reflecteert de totale kosten en de totale emissiereducties van de ingreep of (deel)variant voor heel Nederland voor fosfor. Wanneer in een deelgebied op basis van de berekende kosten per eenheid reductie zou worden besloten een ingreep op een andere wijze of op een ander areaal uit te voeren, dan beïnvloedt dat het verloop van de kosteneffectiviteitscurve voor alle ingrepen in alle deelgebieden omdat onder meer veranderende markteffecten tussen de deelgebieden optreden.

De baten die deelgebieden bijvoorbeeld onttelen aan randenbeheer hangen nauw samen met de kosten die in andere deelgebieden worden gemaakt. Als bijvoorbeeld door randenbeheer het mestoverschot in Nederland stijgt, dan stijgen ook de afzetkosten per m³ mest. Gebieden die mest accepteren ontvangen dan meer geld voor de aanwending van dierlijke mest. Als randenbeheer bijvoorbeeld minder wordt ingezet in gebieden waar het veel kosten met zich meebrengt (de mestoverschotgebieden) dan zal het dus ook consequenties hebben voor gebieden die mest accepteren. De kosteneffectiviteitscurve moet dan opnieuw worden gemaakt.

4.3 Doelrealisatie nutriëntenconcentraties

Het voorgenomen beleid en de aanvullende (landbouwkundige) maatregelen hebben potentie voor het verlagen van de stikstof en fosforstromen in het oppervlaktewater (paragraaf 4.2). Hierbij zijn duidelijke verschillen zichtbaar tussen de verschillende stroomgebieden enerzijds en het effect van de doorgerekende varianten anderzijds.

De volgende vraag die gesteld kan worden is in hoeverre de verlaging van de stikstof- en fosforstromen naar en in het oppervlaktewater voor de verschillende varianten bijdragen aan de realisatie van de nutriëntendoelstellingen en daarmee het ecologisch herstel c.q. het bereiken van een goede ecologische waterkwaliteit.

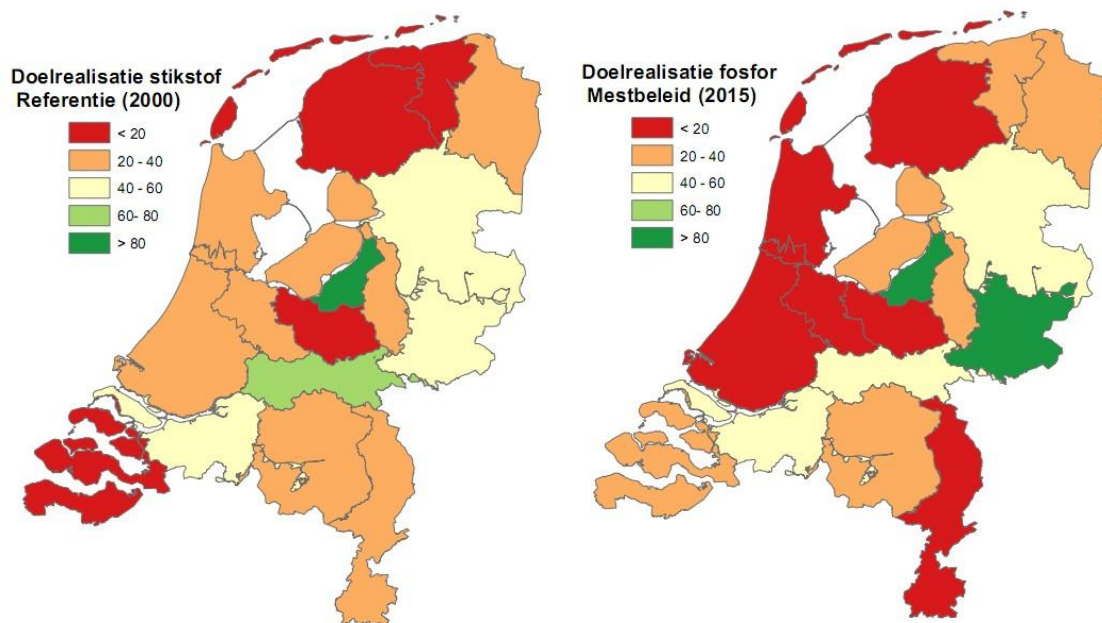
Voor het bepalen van het doelbereik worden de (gecorrigeerde) berekende nutriëntenconcentraties in de uitstroompunten vergeleken met de GEP-waarden die representatief worden geacht voor de 122 deelstroomgebieden. Per deelstroomgebied kan worden bepaald of in 2015, na het doorvoeren van het voorgenomen beleid (mestbeleid en KRW-maatregelenpakket) en de potentieel aanvullende (landbouwkundige) maatregelen, de doelstelling is gerealiseerd.

In onderstaande figuur 25 t/m figuur 28 is per WB21-gebied het percentage van het aantal deelstroomgebieden weergegeven dat aan de doelrealisatie voor stikstof of fosfor voldoet waarbij onderscheid gemaakt wordt voor de verschillende varianten:

- Referentiesituatie 2000
- Voorgenomen mestbeleid
- KRW-maatregelenpakket
- Potentieel aanvullende maatregelen (som van bedrijf, perceel en Sloot)

Referentiesituatie 2000

In 2000 is het aantal WB21-gebieden waarbinnen meer dan 60% van de deelstroomgebieden aan de doelstelling voor stikstof en fosfor voldoet beperkt (figuur 25).



Figuur 25

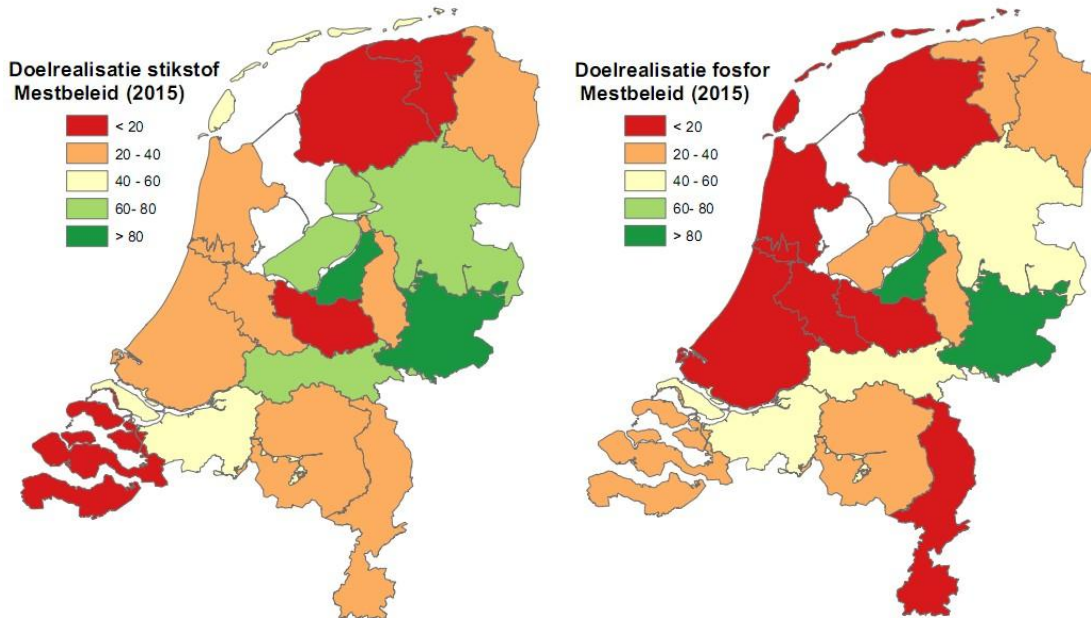
Percentage van het aantal deelstroomgebieden binnen de WB21-gebieden dat in 2000 (referentiesituatie) aan de doelstelling voor stikstof (links) en fosfor (rechts) voldoet.

Alleen voor de WB21-gebieden Rivierengebied (stikstof), IJssel-Oost (fosfor) en Veluwe NW (stikstof en fosfor) voldoet meer dan 60% aan de doelstellingen.

Voor de meeste WB21-gebieden geldt dat minder dan 40% aan zowel de stikstof- als fosfordoelstelling voldoet, waarbij voor fosfor dit zelfs minder dan 20% bedraagt.

Voorgenomen mestbeleid

Na het doorvoeren van het mestbeleid neemt het aantal WB21-gebieden waarbinnen meer dan 60% van het aantal deelstroomgebieden aan de stikstofopgave voldoet toe (figuur 26).



Figuur 26

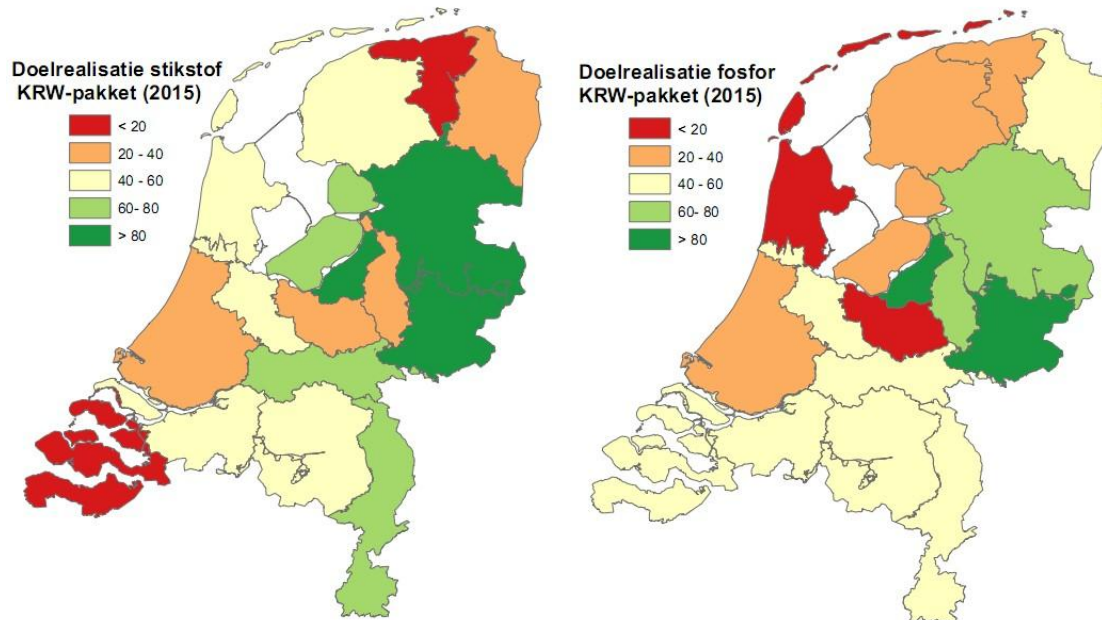
Percentage van het aantal deelstroomgebieden binnen de WB21-gebieden dat in 2015 aan de doelstelling voor stikstof (links) en fosfor (rechts) voldoet na het doorvoeren van het mestbeleid.

De toename centreert zich voornamelijk in het oostelijk zandgebied (IJssel-Oost, Vecht), Flevoland en het Rivierengebied. Voor de overige gebieden is het effect van het mestbeleid beperkt.

Het mestbeleid heeft weinig tot geen effect op de doelrealisatie van de fosforconcentraties.

KRW-maatregelenpakket

De maatregelen uit het KRW-maatregelenpakket resulteren in een verdere toename van het aantal deelstroomgebieden dat aan de stikstof- en voornamelijk de fosforopgave voldoet (figuur 27).



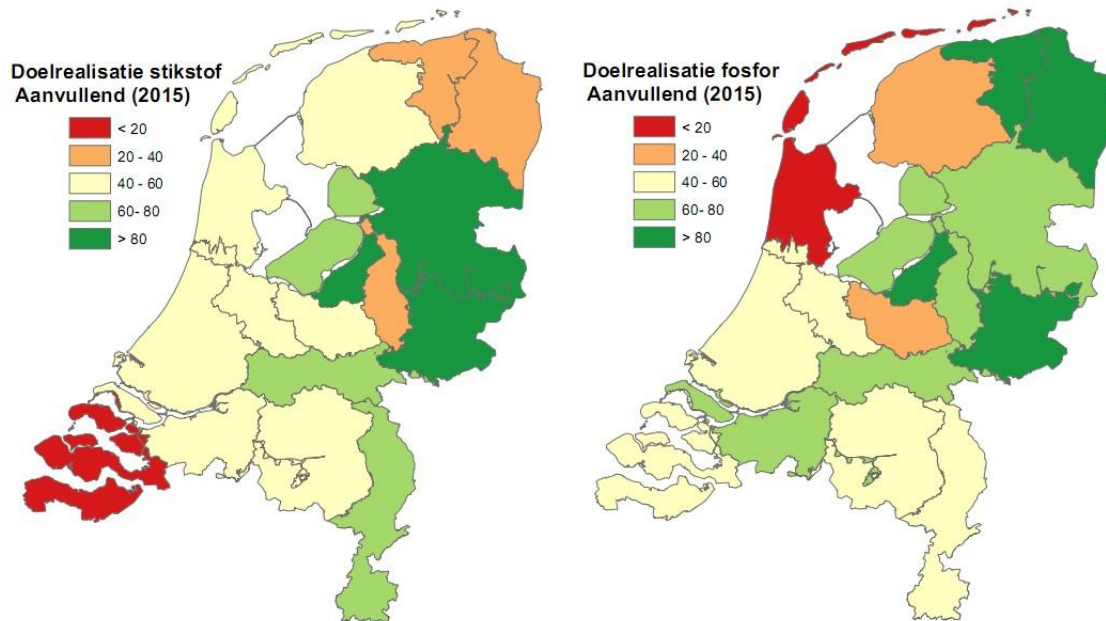
Figuur 27

Percentage van het aantal deelstroomgebieden binnen de WB21-gebieden dat in 2015 aan de doelstelling voor stikstof (links) en fosfor (rechts) voldoet na het doorvoeren van de maatregelen uit het KRW-pakket.

Voor de WB21-gebieden Schelde en Lauwersmeer (stikstof) en Noord-Holland en de Gelderse Vallei voldoet nog steeds minder dan 20% van het aantal deelgebieden aan de doelstelling. Het effect van het KRW-pakket op de doelrealisatie lijkt voor fosfor groter te zijn dan voor stikstof.

Aanvullende (landbouwkundige) maatregelen

Na het doorvoeren van de potentiële maatregelen uit de deelvarianten Bedrijf, Perceel en Sloot resteert voor de deelstroomgebieden binnen de Schelde, IJssel-West, Lauwersmeer en de Eems nog steeds een grote stikstofopgave (figuur 28). Meer dan 60% van de deelstroomgebieden voldoet niet aan de doelstelling voor de stikstofconcentraties. Voor de WB21-gebieden Noord-Holland, Friesland en de Gelderse Vallei resteert nog een forse fosforopgave.



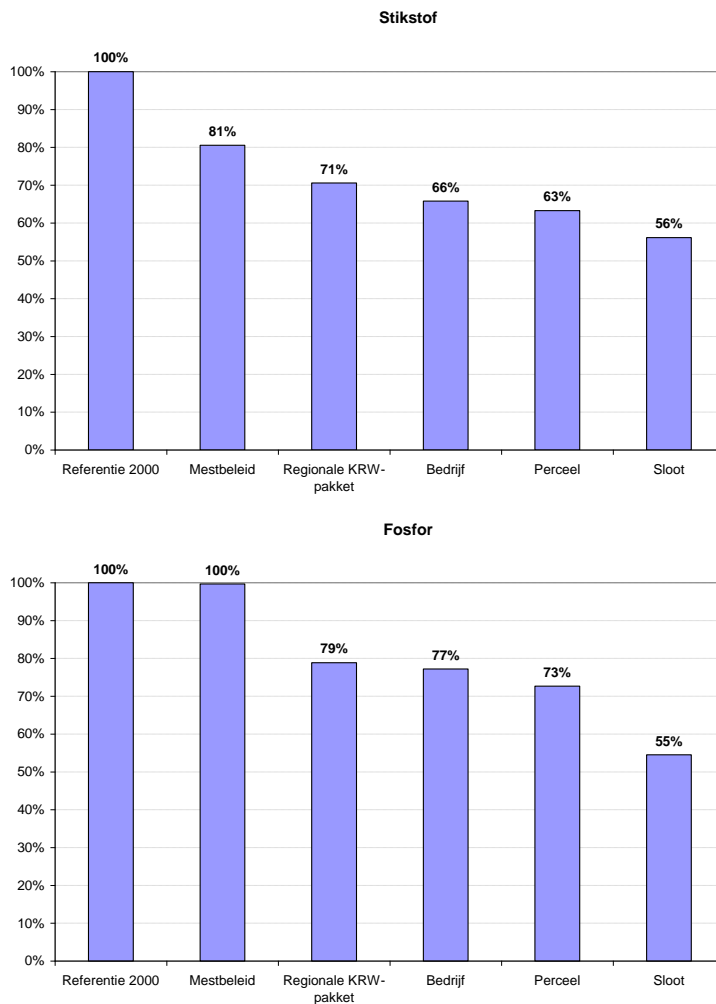
Figuur 28

Percentage van het aantal deelstroomgebieden binnen de WB21-gebieden dat in 2015 aan de doelstelling voor stikstof (links) en fosfor (rechts) voldoet na het doorvoeren van de potentiële aanvullende (mest)maatregelen.

4.4 Synthese

Effecten

Met potentiële ingrepen aanvullend op het voorgenomen beleid ('Realistische ambities') lijkt op basis van de ingeschatte effectiviteit en bij toepassing op het maximaal daartoe geschikte areaal ten opzichte van 2000 een reductie van de nutriëntenstromen in het oppervlaktewater haalbaar van ongeveer 45% voor zowel stikstof als voor fosfor (figuur 29). Dit komt overeen met absolute reducties van 55 Mton stikstof en 2.7 Mton fosfor.



Figuur 29

Procentuele afname van de nutriëntenvrachten voor de (deel)varianten in 2027.

Het mestbeleid levert de grootste reductie op de stikstofstromen in het oppervlaktewater (tabel 16). Ook de bijdrage van de het KRW-pakket levert een significante bijdrage. De potentieel aanvullende maatregelen kunnen samen nog een aanzienlijke bijdrage leveren. De effectgerichte maatregelen in Sloot lijken daarbij de grootste effecten te kunnen bereiken. De bijdragen van de verschillende (deel)varianten variëren tussen de deelstroomgebieden.

Tabel 16

Relatieve afname van de stikstofstromen naar en in het oppervlaktewater per deelvariant voor stikstof in 2027.

Deelstroomgebied	Mestbeleid	KRW-maatregel	Bedrijf	Perceel	Sloot	Totaal
	%	%	%	%	%	%
Eems	14,3	3,8	5,5	3,5	9,3	36,4
Maas	19,1	12,8	2,4	2,2	2,8	39,4
Rijn-Midden	23,8	6,1	5,1	2,3	10,7	48,0
Rijn-Noord	20,0	8,6	7,4	2,8	10,7	49,4
Rijn-Oost	28,9	6,2	6,0	4,7	4,1	49,9
Rijn-West	10,3	14,0	5,8	1,3	11,0	42,4
Schelde	23,8	4,4	7,0	1,0	17,5	53,6
Nederland	19,5	10,0	4,8	2,5	7,1	43,9

Tabel 17

Relatieve afname van de fosforstromen naar en in het oppervlaktewater per deelvariant voor fosfor in 2027.

Deelstroomgebied	Mestbeleid	KRW-maatregel	Bedrijf	Perceel	Sloot	Totaal
	%	%	%	%	%	%
Eems	-3,7	4,5	1,4	5,5	24,4	32,0
Maas	2,7	29,7	0,2	3,1	6,0	41,8
Rijn-Midden	2,0	11,2	1,9	8,0	20,5	43,7
Rijn-Noord	1,0	18,6	2,3	4,2	26,1	52,2
Rijn-Oost	0,3	16,5	1,9	8,9	11,8	39,4
Rijn-West	-1,4	20,9	2,5	4,2	21,9	48,1
Schelde	-0,2	13,5	0,3	0,2	38,8	52,6
Nederland	0,3	20,8	1,6	4,5	18,1	45,3

De bijdrage van de (deel)varianten op de fosforstromen van het oppervlaktewater (tabel 17) en de verdeling tussen de deelstroomgebieden is anders dan voor stikstof. Het mestbeleid draagt nationaal gezien bijna niets bij aan de verlaging van de fosforstromen. Het KRW-pakket heeft in de Maas en Rijn-West de grootste bijdrage. Voor de andere deelstroomgebieden lijkt de grootste bijdrage door de deelvariant Sloot te kunnen worden gerealiseerd.

Met het voorgenomen beleid en aanvullende maatregelen lijkt, op basis van de ingeschatte maximale effectiviteit en bij toepassing op het maximaal daartoe geschikte areaal, ten opzichte van 2000 een reductie van de stikstofstroom in het oppervlaktewater van ongeveer 44% haalbaar, voor fosfor is de reductie vergelijkbaar, namelijk 46%.

Kosten en kosteneffectiviteit

In dit hoofdstuk is de kosteneffectiviteit van verschillende deelvarianten onderzocht. Vanuit verschillende invalshoeken is naar kosteneffectiviteit gekeken. Op de eerste plaats is gekeken naar verschillen in kosteneffectiviteit tussen deelgebieden, ingrepen, en deelvarianten (tabel 18).

Tabel 18

Kosten, effecten en kosteneffectiviteit voor drie pakketten van maatregelen.

	Totale kosten	Marginale kosten	Totale reductie van de belasting		Extra reductie van de belasting		Kosten per reductie belasting voor de totale pakketten	
			N	P	N	P	N	P
			(mln. kg)		(mln. kg)		€ per kg	
2e rekenronde								
Bedrijf	206		2,71	0,03			76	6.250
Perceel	676	470	5,45	0,31	2,74	0,28	124	2.214
Sloot	850	174	16,35	1,71	10,90	1,40	52	496

Voor de marginale kosten en effecten zijn de verschillen tussen Perceel en Bedrijf en tussen Sloot en Perceel vergeleken. De totale (marginale) reducties van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in tabel 20 hebben alleen betrekking op de uit- en afspoeling berekend met het STONE-instrumentarium en niet op de nutriëntenbelastingen van de verschillende bronnen uit de EmissieRegistratie.

Op basis van tabel 20 kan voorzichtig worden afgeleid dat de deelvariant Perceel relatief ongunstig is: het leidt tot hoge (marginale) kosten bij een relatief lage reductie van de belasting hetgeen gereflecteerd wordt in lage kosteneffectiviteit voor zowel stikstof als P.

De kosteneffectiviteit wordt ongunstiger voor deelvariant 'Perceel'. De deelvariant 'Sloot' is juist gunstig voor de reductie van de stikstof en fosforbelasting (hoogste kosteneffectiviteit voor N en P). De kosteneffectiviteit van de deelvarianten Perceel en Sloot is berekend als aanvulling op de deelvariant Bedrijf.

Op basis van de resultaten in tabel 20 kan niet onmiddellijk de optimale variant worden bepaald. Wel kan op basis van deze resultaten een nieuwe variant worden opgesteld, waarvan de effecten en kosten weer moeten worden bepaald om na te gaan of de verwachte verbetering in kosteneffectiviteit wordt gerealiseerd.

Doelrealisatie

Met potentiële (mest)maatregelen aanvullend op het voorgenomen beleid, op basis van de ingeschatte effectiviteit en bij toepassing op het maximaal daartoe geschikte areaal ten opzichte van 2000, neemt het aantal deelstroomgebieden, dat aan de stikstofdoelstellingen van de KRW voldoet toe, van 34% in het referentiejaar 2000 tot 57% in 2015 (tabel 19). Voor fosfor voldoen in 2000 34% van de deelstroomgebieden aan de doelstelling dat oploopt tot 58% in 2015.

Tabel 19

Percentage van de deelstroomgebieden in de zeven stroomgebieden die in 2000 en 2015 aan de GEP-norm voor stikstof voldoen.

Stroomgebied	Totaal aantal deelstroomgebieden	Stikstof (%)		Fosfor (%)	
		2000	2015	2000	2015
Eems	8	25	38	38	88
Maas	28	32	57	29	57
Rijn-Midden	13	31	54	31	54
Rijn-Noord	11	18	55	9	64
Rijn-Oost	18	50	89	67	78
Rijn-West	38	37	55	16	45
Schelde	6	17	17	33	50
Nederland	122	34	57	30	58

5 Discussie

Modelinstrumentarium

De aanpassingen van het modelinstrumentarium, maar voornamelijk het verbeteren van de kwaliteit van de gebruikte data, resulteren voor veel deelstroomgebieden in een 'betere' of in een 'minder foute' schatting van de stikstof- en fosforconcentraties in de uitstroompunten vergeleken met de resultaten uit de 1e rekenronde. Niet voor alle deelstroomgebieden blijkt echter dat het verschil tussen gemeten en berekende nutriëntenconcentraties is afgenomen, ondanks het gebruik van meer en betrouwbaardere data. De oorzaken van de hogere correctiefactoren zal verder onderzocht moeten worden, waarbij de samenwerking met de waterbeheerders onontbeerlijk is.

In het Alterra-rapport 1687 zijn een aantal factoren benoemd die gedeeltelijk de verschillen tussen gemeten en berekende concentraties kunnen verklaren. Mogelijke oorzaken zijn:

- Temporele en (gerichte) ruimtelijke verdeling van de bijdrage van RWZI's, overstorten, ongerioleerde lozingen, rechtstreekse depositie op het oppervlaktewater, zoals deze zijn geschat en zijn opgenomen in de Emissieregistratie database (Cleij, 2008);
- Ontbrekende waterafvoeren en inlaten van nutriëntenstromen;
- Retentie in greppels, sloten, waterlopen, beken, rivieren die binnen het stroomgebied optreedt;
- Onzekerheden in de berekende nutriëntenemissies uit het landelijk gebied (STONE; Wolf et al., 2003);
- Schaal waarop de analyse plaatsvindt;
- Tweewekelijkse bemonstering van de concentraties door veel waterschappen in plaats van debietproportionele bepaling van de vrachten van nutriëntenafvoeren, wat zorgt voor grote onzekerheden in de jaarvrachten of zomergemiddelde vrachten/concentraties zitten;
- Processen en patronen die niet in ogenschouw worden genomen.

Een aantal van bovenstaande factoren is in het vervoltraject reeds aan bod gekomen. In samenwerking met Deltares zijn verbeterstrategieën doorgevoerd met betrekking tot de nutriëntenbelasting vanuit rwzi's. De waterschappen hebben aanvullende kwaliteit- en kwantiteitgegevens aangeleverd om o.a. de inlaat van nutriënten beter in beeld te kunnen brengen.

Daarnaast zijn verdere verbetering voor het schatten van de retentie doorgevoerd. Ook zijn de verbeteringen, die in kader van Evaluatie Mestwetgeving zijn uitgevoerd, in dit onderzoek meegenomen.

Retentie

In 2009 is een eerste aanzet gegeven om de retentiefactoren naar gebieden te differentiëren op basis van eigenschappen van de gebieden. De retentiefactoren voor diffuse bronnen uit het landelijk gebied (STONE) en voor de vrij afwaterende gebieden zijn op basis van gebiedskenmerken opnieuw berekend. Ook de retentie van nutriënten uit rwzi's evenals inlaat vanuit bovenstroomse gebieden is opnieuw bepaald.

De retentie voor de overige bronnen uit de EmissieRegistratie (diffuus en punt), evenals de retentie van de diffuse bronnen uit STONE voor de niet vrij afwaterende gebieden zijn niet aangepast.

In dit onderzoek wordt (nog) geen onderscheid gemaakt in retentie voor de afzonderlijke nutriënten (N en P). Aan de retentie van stikstof en fosfor liggen echter verschillende processen ten grondslag (denitrificatie voor N, vastlegging van P, etc.).

De retentie van nutriënten moet op nationaal niveau en op alle onderliggende schaalniveaus consistent zijn om, ongeacht het schaalniveau waarop gerekend wordt, dezelfde vrachten en concentraties in de uitstroompunten naar de Noordzee te krijgen. De nu gebruikte retentiemethodiek voldoet hier niet aan, omdat de berekende verblijftijden niet consistent kunnen worden opgeschaald/neergeschaald.

GEP-waarden

Het toekennen van de 'representatieve' GEP-norm voor de deelgebieden vindt plaats op een globaal schaalniveau (de uitstroompunten van de deelgebieden). Binnen een deelgebied kunnen meerdere waterlichamen voorkomen met bijbehorend watertype en nutriëntendoelstelling. Bij de beoordeling en interpretatie van de resultaten (realisatie van het doelbereik) moet dit dan ook in ogenschouw worden genomen.

Rekenresultaten

Nadat het doorvoeren van bovenstaande aanpassingen van het modelinstrumentarium is een update van de Ex-ante evaluatie landbouw en KRW uitgevoerd. De resultaten worden vergeleken met de eerste versie.

Reductie nutriëntenstromen

De totale reductie in nutriëntenstromen in het oppervlaktewater voor de zeven stroomgebieden voor de 1e en 2e rekenronde zijn verschillend (tabel 20).

Tabel 20

Afname van de stikstof- en fosforstromen naar het doorvoeren van het voorgenomen beleid en potentiële aanvullende maatregelen. In 2015 t.o.v. de referentiesituatie in 2000.

Deelstroomgebied	Stikstof		Fosfor	
	1e rekenronde	2e rekenronde	1e rekenronde	2e rekenronde
	%	%	%	%
Eems	27,6	36,4	28,9	32,0
Maas	58,0	39,4	61,0	41,8
Rijn-Midden	46,6	48,0	49,9	43,7
Rijn-Noord	51,4	49,4	50,8	52,2
Rijn-Oost	54,2	49,9	43,3	39,4
Rijn-West	42,4	42,4	47,6	48,1
Schelde	48,6	53,6	49,2	52,6
Nederland	49,0	43,9	50,0	45,5

De totale reductie van zowel de stikstof- als de fosforstromen in het oppervlaktewater is, op basis van de 2e rekenronde, afgenomen met ongeveer 5%. De lagere effectiviteit kan voor een groot deel verklaard worden doordat de totale stikstof- en fosforvracht naar het oppervlaktewater is toegenomen. De totale stikstofvracht is toegenomen van ongeveer 70 Mton naar 125 Mton, de totale fosforvracht is toegenomen van 4,6 Kton naar 5,8 Kton. De toename kan voor een groot deel verklaard worden doordat voor de 2e rekenronde de instroom vanuit het buitenland en de inlaat vanuit rivieren/kanalen zijn meegenomen. De relatieve effectiviteit neemt hierdoor af. Ook aanpassingen met betrekking tot de retentie spelen een rol bij de totale nutriëntenstromen in het oppervlaktewater.

De effecten van de (landbouwkundige) maatregelen, die door experts geschat, zijn niet constant maar zijn afhankelijk van:

- Tijd; denk aan seizoen- en jaareffecten door verschillen in temperatuur en neerslag maar ook aan bufferende werking van bodem en bodemvoorraad.
- Ruimte; de bronnen binnen de gebieden verschillen, de transportroutes en omzettingsprocessen variëren als gevolg van verschillen in (gebied)eigenschappen en daardoor varieert ook de resulterende oppervlakte-waterkwaliteit.
- Interactie; ingrepen en maatregelen kunnen elkaar versterken, tegenwerken of uitsluiten.
- Volgorde, dezelfde ingreep heeft een ander effect wanneer die als eerste of als laatste binnen een deelvariant wordt gerealiseerd (of doorgerekend).

De kosten van de maatregelenpakketten voor de 2e rekenronde wijken af van de gepresenteerde kosten voor de 1e rekenronde (tabel 21).

Tabel 21

Totale jaarlijkse kosten van de PLUS-pakketten (Meuro/jaar).

Regio	Bedrijf	Perceel	Sloot	Bedrijf	Perceel	Sloot
	1e rekenronde			2e rekenronde		
Eems	6	24	39	13	51	62
Maas	21	143	166	32	133	156
Rijn-Midden	17	58	75	23	66	83
Rijn-Noord	33	102	132	40	108	139
Rijn-Oost	26	165	190	25	158	183
Rijn-West	39	102	157	54	124	176
Schelde	2	0,1	15	19	36	52
Nederland	145	594	774	206	676	850

De kosten van alle deelvarianten voor de 2e rekenronde zijn hoger ingeschat dan voor de 1e rekenronde. Met name de deelvariant Bedrijf gaat gepaard met hogere kosten (40% hoger). De kosten van de deelvarianten Perceel en Sloot zijn met respectievelijk 14% en 10% gestegen

Voornameeljk voor het stroomgebied de Schelde zijn de kosten voor de 2e rekenronde aanzienlijk hoger geschat dan voor de 1e rekenronde (Van der Bolt et al.,2008). Dit geldt voor alle deelvarianten in de Schelde. Rijn-Oost valt op door een iets lagere inschatting van de kosten van de deelvarianten. Voor de Maas zijn de kosten van de deelvariant Bedrijf hoger geschat, terwijl de kosten van de andere varianten lager is geschat. Voor Eems, Rijn-Midden, Rijn-Noord, Rijn-West zijn de kosten van alle deelvarianten hoger geschat in vergelijking met de 1e rekenronde De voornaamste redenen voor de veranderingen in de kosteninschattingen zijn:

- verandering in arealen van ingrepen per deelstroomgebied (werken ook door in DRAM berekeningen);
- foutieve berekening van de kosten voor de Schelde in de 1e rekenronde;
- verandering van inschatting van inkomstenderving door ingrepen als gevolg van het gebruik van DRAM met meer recentere gegevens en inzichten. Inkomsten worden hoger geschat, waardoor ook het inkomensverlies als gevolg van maatregelen hoger wordt geschat.

Kosteneffectiviteit

In tabel 22 zijn de komsten en kosteneffectiviteit tussen de 1e en 2e rekenronde weergegeven.

Tabel 22

Kosten, effecten en kosteneffectiviteit voor drie pakketten van maatregelen.

	Totale kosten	Marginale kosten	Totale reductie van de belasting		Extra reductie van de belasting		Kosten per reductie belasting voor de totale pakketten	
			N	P	N	P	N	P
			(mln kg)		(mln kg)		€ per kg	
1e rekenronde								
Bedrijf	145		5,32	0,23			27	615
Perceel	594	449	8,47	0,63	3,15	0,40	70	937
Sloot	774	180	17,69	1,88	9,21	1,24	45	435
2e rekenronde								
Bedrijf	206		2,71	0,03			76	6.250
Perceel	676	470	5,45	0,31	2,74	0,28	124	2.214
Sloot	850	174	16,35	1,71	10,90	1,40	52	496

Voor de extra kosten en de effecten zijn de verschillen tussen Perceel en Bedrijf en tussen Sloot en Perceel vergeleken. Een verschil met de resultaten van Van der Bolt et al. (2008) is dat deelvariant Bedrijf het minst kosteneffectief is voor fosfor en niet deelvariant Perceel.

De ingrepen van deelvariant Bedrijf zijn veel duurder dan in de 1e rekenronde, terwijl het effect ruim een factor twee lager is. Beide ontwikkelingen werken verhogend op de kosten per eenheid reductie en werken dus ongunstig op de kosteneffectiviteit. De totale (extra) reducties van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in tabel 22 hebben alleen betrekking op de uit- en afspoeling berekend met het STONE-instrumentarium en niet op de nutriëntenbelastingen van de verschillende bronnen uit de EmissieRegistratie.

Doelrealisatie

In tabel 23 is het percentage van het aantal deelstroomgebieden per stroomgebied weergegeven die aan de doelstellingen voor stikstof en fosfor voldoen voor zowel de 1e als de 2e rekenronde.

Tabel 23

Percentage van de deelstroomgebieden in de zeven stroomgebieden die in 2000 en 2015 aan de GEP-norm voor stikstof voldoen voor de 1e en 2e rekenronde.

Stroomgebied	Stikstof				Fosfor			
	1e rekenronde		2e rekenronde		1e rekenronde		2e rekenronde	
	2000	2015	2000	2015	2000	2015	2000	2015
Eems	25	25	25	38	0	0	38	88
Maas	10	66	32	57	34	59	29	57
Rijn-Midden	58	92	31	54	33	92	31	54
Rijn-Noord	10	50	18	55	20	50	9	64
Rijn-Oost	38	86	50	89	57	76	67	78
Rijn-West	27	42	37	55	12	42	16	45
Schelde	0	0	17	17	0	17	33	50
Nederland	25	58	34	57	27	54	30	58

Het aantal deelstroomgebieden dat in 2000 aan de gewenste stikstofconcentraties voldoet is in de 2e rekenronde een stuk hoger, in 2015 is er echter op nationale schaal geen verschil. Tussen de zeven stroomgebieden zijn echter wel duidelijke verschillen waarneembaar. Ook voor fosfor zijn er grote verschillen tussen de zeven stroomgebieden. Nationaal is het verschil beperkt.

De verschillen in doelrealisatie kunnen voor een deel worden verklaard door verschillen in de afname van de stikstof en fosforbelasting voor de 1e en 2e rekenronde. De verschillen kunnen echter ook verklaard worden doordat de doelstelling voor de stikstof- en fosforconcentraties zijn aangepast (paragraaf 2.1.6).

6 Conclusies

De doelstellingen van het project kunnen worden onderverdeeld in een hoofddoel, een antwoord geven op de kennisvragen van het Ministerie en in een aantal deelonderzoeksvragen. De deelonderzoeksvragen hebben betrekking op de ontwikkeling en aanpassen van het modelinstrumentarium dat in 2009/2010 prioriteit heeft gekregen.

Kennisvragen

Wat is de respectievelijke bijdrage van het generieke mestbeleid, de regionale KRW-maatregelpakketten en pakket van aanvullende maatregelen aan de realisatie van de KRW- en de Natura 2000-normen voor nutriënten en zware metalen.

Voor het beantwoorden van bovenstaande onderzoeksvraag is een update van de berekeningen uitgevoerd met het aangepaste instrumentarium. Met het instrumentarium is het echter nog niet mogelijk om de doelstellingen voor zware metalen mee te nemen. Daarnaast zijn de gevolgen voor Natura 2000 in deze rekenronde niet meegenomen.

Reductie in nutriëntenstromen

Het voorgenomen beleid resulteert in een aanzienlijke verbetering van de nutriëntenstromen in het oppervlaktewater.

- Het mestbeleid leidt in 2015 tot een aanzienlijke reductie (19,5%) van de stikstofstromen en resulteert in een 'stand still' voor de fosforstromen.
- De maatregelpakketten van de regio's zijn zowel voor stikstof als fosfor effectief. Deze effecten worden vooral gerealiseerd door verminderde uitstoot door RWZI's.

De aanvullende maatregelen lijken met een berekende verdere reductie van 14 respectievelijk 24% voor stikstof en fosfor perspectiefrijk.

- De geselecteerde maatregelen van de variant 'Bedrijf' hebben met name effect op stikstof en in mindere mate op fosfor. Dit wordt veroorzaakt door de samenstelling van deze variant, de maatregelen zijn vooral gericht op stikstof.
- De maatregelen in 'Perceel' hebben voor stikstof een kleinere (2,6%) reductie tot gevolg dan 'Bedrijf' en voor fosfor juist een grotere (4,6%).
- 'Sloot' lijkt het meest perspectiefrijk, de emissies van stikstof nemen door de beheerde helofytenfilters met 7,1% af en de emissies van fosfor nemen af met 18%.

De verschillen in gerealiseerde effecten tussen 2015 en 2027 zijn gering, bronmaatregelen in de RWZI's hebben meteen effect en bronmaatregelen in de landbouw hebben voor stikstof snel effect, voor fosfor duurt het langer voordat de maximale effecten zijn bereikt als gevolg van de beschikbare voorraad in de bodem.

Met het voorgenomen beleid en aanvullende maatregelen lijkt op basis van de ingeschatte maximale effectiviteit en bij toepassing op het maximaal daartoe geschikte areaal, ten opzichte van 2000 een reductie van de stikstofstroom in het oppervlaktewater in 2015 van ongeveer 44% haalbaar, voor fosfor is de reductie vergelijkbaar (45%).

Wat is de kosteneffectiviteit van potentieel aanvullende maatregelen in het landelijk gebied om de concentraties aan nutriënten en zware metalen in het oppervlaktewater te verlagen?

De kosteneffectiviteit is alleen bepaald voor de aanvullende maatregelen in het landelijk gebied waarbij de maatregelen zijn samengevoegd in drie deelvarianten, Bedrijf, Perceel en Sloot.

- De kosteneffectiviteit voor stikstof zijn voor alle deelvarianten gunstiger dan voor fosfor.
- De meest gunstige kosteneffectiviteit zowel voor stikstof als voor fosfor wordt berekend voor deelvariant Sloot.
- De maatregelen uit de deelvariant Perceel zijn het minst kosteneffectief voor stikstof, voor fosfor zijn de bedrijfsmaatregelen het minst kosteneffectief.
- De kosteneffectiviteit van de verschillende maatregelen voor de 2e rekenronde zijn ongunstiger dan voor de 1e rekenronde.

Wat is het resterende gat ten opzichte van de normstelling voor nutriënten en zware metalen en hoe kan deze norm wel behaald worden met diverse maatregelen?

Doelrealisatie

- In het referentiejaar 2000 wordt in 34% van de stroomgebieden het doelbereik voor stikstof gerealiseerd, voor fosfor is dit 30%.
- Met het voorgenomen beleid (mestbeleid en KRW-maatregelenpakket) neemt het aantal gebieden dat in 2015 aan de stikstofnorm voldoet toe tot 55% en voor fosfor tot 47%.
- Na het doorvoeren van de aanvullende (landbouwkundige) maatregelen neemt het aantal deelstroomgebieden dat aan de norm voldoen verder toe naar ongeveer 57% voor zowel stikstof als fosfor. Voor de overige gebieden (ruim 40%) wordt ook na het nemen van de aanvullende maatregelen de doelstelling in 2015 niet gehaald.

Deelonderzoeksvragen

Wat is het effect van aanpassingen in het modelinstrumentarium, het uitbreiden en verbeteren van de gebruikte data op de kwaliteit van de resultaten?

De aanpassingen van het modelinstrumentarium, maar voornamelijk het uitbreiden en verbeteren van de kwaliteit van de gebruikte data, resulteren voor veel deelstroomgebieden tot een 'betere' of in een 'minder foute' schatting van de stikstof- en fosforconcentraties in de uitstroompunten.

- Het aantal deelgebieden met een correctiefactor voor de stikstofconcentratie in het zomerhalfjaar tussen 0,5 en 2,0 is t.o.v. de 1e rekenronde toegenomen van een kleine 50% naar ruim 60%.
- Voor fosfor neemt het aantal deelstroomgebieden met een correctiefactor tussen 0,5 en 2,0 voor het zomerhalfjaar toe van 33% voor de 1e rekenronde naar bijna 50% voor de 2e rekenronde.
- De correctiefactoren voor het winterhalfjaar zijn voor bijna alle deelstroomgebieden lager dan in het zomerhalfjaar, het aantal deelstroomgebieden met een correctiefactor tussen 0,5 en 2,0 voor de nutriëntenconcentraties in het zomerhalfjaar is meer dan 65%.
- Het verschil tussen de gemeten en berekende waterafvoer is voor 25% van de deelgebieden kleiner dan een factor 2, voor 25% van de deelstroomgebieden zijn geen afvoergegevens aangeleverd en/of beschikbaar.

Hoe werkt de onzekerheid van de verschillende balanstermen van de water- en stoffenbalans door op de kwaliteit van de data?

De doorwerking van de onzekerheid van de balanstermen op de kwaliteit van de resultaten is alleen voor de vrij afwaterende deelstroomgebieden met behulp van een onzekerheidsanalyse uitgevoerd.

Uit de resultaten van de onzekerheidsanalyse blijkt dat:

- zowel voor de gemeten als berekende nutriëntenconcentraties de spreiding groot kan zijn;
- indien rekening wordt gehouden met deze spreiding het aantal jaren waarvoor de berekende nutriëntenconcentraties goed overeenkomen met de gemeten nutriëntenconcentraties zal toenemen;
- dat er nog steeds een aantal deelstroomgebieden zijn waarvoor de nutriëntenconcentraties systematisch of voor bepaalde jaren worden onderschat of overschat, zodat waarschijnlijk niet alle relevante stikstof- en/of fosforbronnen zijn meegenomen, dat de orde van grootte van de nutriëntenbron niet voldoet of dat er aanpassingen in het watersysteem zijn doorgevoerd die niet worden meegenomen.

Welke balanstermen dragen het meeste bij aan de onzekerheid zodat een prioriteitsvolgorde kan worden opgesteld op basis waarvan het modelinstrumentarium gericht kan worden verbeterd?

Met behulp van een gevoeligheidsanalyse is bekeken welke parameters de grootste bijdrage leveren aan de onzekerheid.

- De retentie van nutriënten in het oppervlaktewater levert voor veel deelgebieden de grootste bijdrage aan de onzekerheid van de modelresultaten.
- De nutriëntenbelasting van de uit- en afspoeling (berekend met het STONE-instrumentarium) en de bijdrage van de rwzi's dragen ook voor een belangrijk deel bij aan de onzekerheid.

Aanbevelingen

Het initiatief voor het organiseren van de individuele bijeenkomsten waarin de resultaten van het onderzoek en eventuele vervolgstappen worden toelicht, wordt door de waterbeheerders als positief ervaren. Door inzicht te geven in de wijze waarop de aangeleverde data verwerkt zijn en het toelichten van de resultaten is het mogelijk om het onderzoek goed aan te laten sluiten bij de wensen van de verschillende waterbeheerders. Deze samenwerking leidt tot een sterk verbeterd modelinstrumentarium. De samenwerking met de waterbeheerders is een positieve stap richting een gezamenlijk vervolgtraject voor een betere onderbouwing van de 2e generatie stroomgebiedbeheerplannen. Het is dan ook van belang dat de komende jaren de waterbeheerders intensief betrokken blijven bij het onderzoek.

Gebiedsindeling

In deze fase van het onderzoek is gekozen voor een onderverdeling in 122 waterhuishoudkundige deelstroomgebieden op basis van de hydrologische grenzen. Met behulp van de beschikbare kennis wordt verkend in hoeverre de beschikbare data geschikt is voor de toepassing op dit schaalniveau. Het gewenste schaalniveau van de waterbeheerders is echter gedetailleerder. Het verder verfijnen van de deelstroomgebieden sluit beter aan op het gewenste schaalniveau van de waterbeheerders en geeft meer inzicht in de water- en stoffenbalansen van het stroomgebied en het schaalniveau waarop het modelinstrumentarium geschikt is. De verdere verfijning zal in nauwe samenwerking met de waterbeheerders verder moeten worden gerealiseerd.

Waterkwaliteit- en waterkwantiteitsgegevens

In kader van het vervolgtraject zijn aanvullende kwaliteit- en kwantiteitsgegevens bij de waterschappen opgevraagd. De meeste waterschappen hebben hieraan meegewerkt. Het verzamelen van de gevraagde gegevens is echter een lastige en tijdrovende zaak, waardoor nog altijd kwaliteit- en afvoergegevens ontbreken.

In vooral de lager gelegen stroomgebieden wordt vaak water ingelaten om de hoeveelheid beschikbaar water op peil te houden en om een slechte waterkwaliteit en vervuiling te voorkomen (doorspoelen). Het blijkt dat de hoeveelheid ingelaten water vaak niet goed bekend is. Op basis van de resultaten uit dit onderzoek blijkt dat de beschikbaarheid en kennis met betrekking tot inlaatgegevens vanuit Rijkswateren en bovenstroomse gebieden (inclusief buitenland) een belangrijke rol speelt bij de hoogte van de correctiefactoren. Het aanleveren, verwerken en controleren van de kwaliteit- en kwantiteitsgegevens, moet in het vervolgtraject dan ook de aandacht krijgen.

Retentie

Uit de onzekerheidsanalyse blijkt dat de retentie van nutriënten in het oppervlaktewater voor veel deelgebieden de grootste bijdrage heeft aan de bandbreedte van de onzekerheid. Aanbevolen wordt dan ook om de retentie verder te verbeteren. Verbeterpunten zijn onder andere de differentiatie in retentie voor stikstof en fosfor, evenals de differentiatie van de retentie tussen de verschillende jaren.

Aanbevolen wordt om de komende jaren verder aandacht te besteden aan het verbeteren van de retentie van nutriënten voor de verschillende bronnen.

Literatuur

Bal, D., H.M. Beije, M. Fellinger, R. Haveman, A.J.F.M. van Opstal en F.J. van Zadelhoff, 2001. *Handboek Natuurdoeltypen*. Tweede, geheel herziene editie. Rapport EC-LNV nr. 2001/020.

Bakker, D.W., 2007. *Mest en Oppervlaktewater. Een terugblik 1985 tot 2006. Deelrapportage ten behoeve van de Evaluatie*. Meststoffenwet 2007. RWS-WS 2007.002. Lelystad, 2007.

Bakel, P.J.T. van, T. Kroon, J.G. Kroes, J. Hoogewoud, R. Pastoors, H.T.L. Massop en D.J.J. Walvoort, 2007. *Reparatie Hydrologie voor STONE 2.1.: beschrijving reparatie-acties, analyse resultaten en beoordeling plausibiliteit*. WOt studies 81, Alterra, Wageningen.

Boekel, E.M.P.M., P.J.T. van Bakel, F.J.E. van der Bolt, W.C. Chardon, O.A. Clevering, W. van Dijk, I.E. Hoving, I.G.A.M Noij en E.A. van Os, 2010. *Ex-ante evaluatie landbouw en KRW: achtergrondstudie: effecten van aanvullende maatregelen*. Wageningen, Alterra rapport 1987, Wageningen.

Bolt, F.J.E. van der, E.M.P.M. van Boekel, O.A. Clevering, W. van Dijk, I.E. Hoving, R.A.I. Kselik, J.M.M. de Klein, T.P. Leenders, V.G.M. Linderhof, H.T.L. Massop, H.M. Mulder, G.J. Noij, E.A. van Os, N.B.P. Polman, L.V. Renaud, S. Reinhard, O.S. Schoumans en D.J.J. Walvoort, 2008. *Ex-ante evaluatie landbouw en KRW; Effect van voorgenomen en potentieel aanvullende maatregelen op de oppervlaktewaterkwaliteit voor nutriënten*. Alterra-rapport 1687, Wageningen.

Bolt, F.J.E. van der, H. van den Bosch, Th.C.M. Brock, P.J.G.J. Hellegers, C. Kwakernaak, T.P. Leenders, O.F. Schoumans en P.F.M. Verdonschot, 2003. *Aquarein, gevolgen van de Europese Kaderrichtlijn Water voor landbouw, natuur, recreatie en visserij*. Alterra rapport 835, Wageningen (in Dutch).

Cleij, P., 2008. *De Waterplanner ERC-2005 database*. MNP werkdocument in prep. MNP, Bilthoven.

Helming, J.F.M., 2005. *A model of Dutch agriculture based on Positive Mathematical Programming with regional and environmental applications*. PhD Thesis, Wageningen University, the Netherlands.

Kragt, F.J., F.W. van Gaalen en P. Cleij, 2007. *Waterplanner basisrapport*. MNP werkdocument, Bilthoven.

Klein, J.J.M. de, 2007. *Analyse van de grootte en de herkomst van de vrachten stikstof en fosfor, via het oppervlaktewater, op het Nederlandse deel van de Noordzee*. Alterra-rapport 1417, Wageningen.

Klein, J.J.M. de, 2008. *From Ditch to Delta, Nutrient retention in running waters*. PhD-thesis, Wageningen University, Wageningen, ISBN: 978-90-8504-930-2.

LNV, 2007. Brief aan de Tweede Kamer dd. 3 dec 2007 aangaande het mestbeleid. DL/2007/3314.

Massop, H.Th.L, J.W.J. van der Gaast en A.G.M. Hermans, 2007. *Kenmerken van het ontwateringsstelsel in Nederland*. Alterra rapport 1397, Wageningen, 94 pp.

MNP, 2007. *Werking van de meststoffenwet 2006*. Milieu- en Natuurplanbureau (MNP), Bilthoven. MNP-publicatienummer 500124001.

MNP, 2008. *Kwaliteit voor later. Ex ante evaluatie Kader Richtlijn Water*. Milieu- en Natuurplanbureau (MNP), Bilthoven. MNP-publicatienummer 500140001.

Reinhard, S. en J.F.M. Helming, 2007. *Modeling economic consequences of WFD, scaling farm response to regional and national impacts*. In: International Workshop on Integrated River Basin Modeling and the EU Water Framework Directive, 17-18 November, 2005, Amsterdam, the Netherlands.

Schoumans, O.F., P. Groenendijk, L. Renaud en F.J.E. van der Bolt, 2008. *Nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater. Vergelijking tussen landbouw- en natuurgebieden*. Alterra-rapport in prep., Alterra, Wageningen.

Silvis, H.J., C.J.A.M. de Bont, J.F.M. Helming, M.G.A. van Leeuwen, F. Bunte en J.C.M. van Meijl, 2009. *De agrarische sector in Nederland naar 2020. Perspectieven en onzekerheden*. Rapport 2009-021, LEI Wageningen UR, Den Haag.

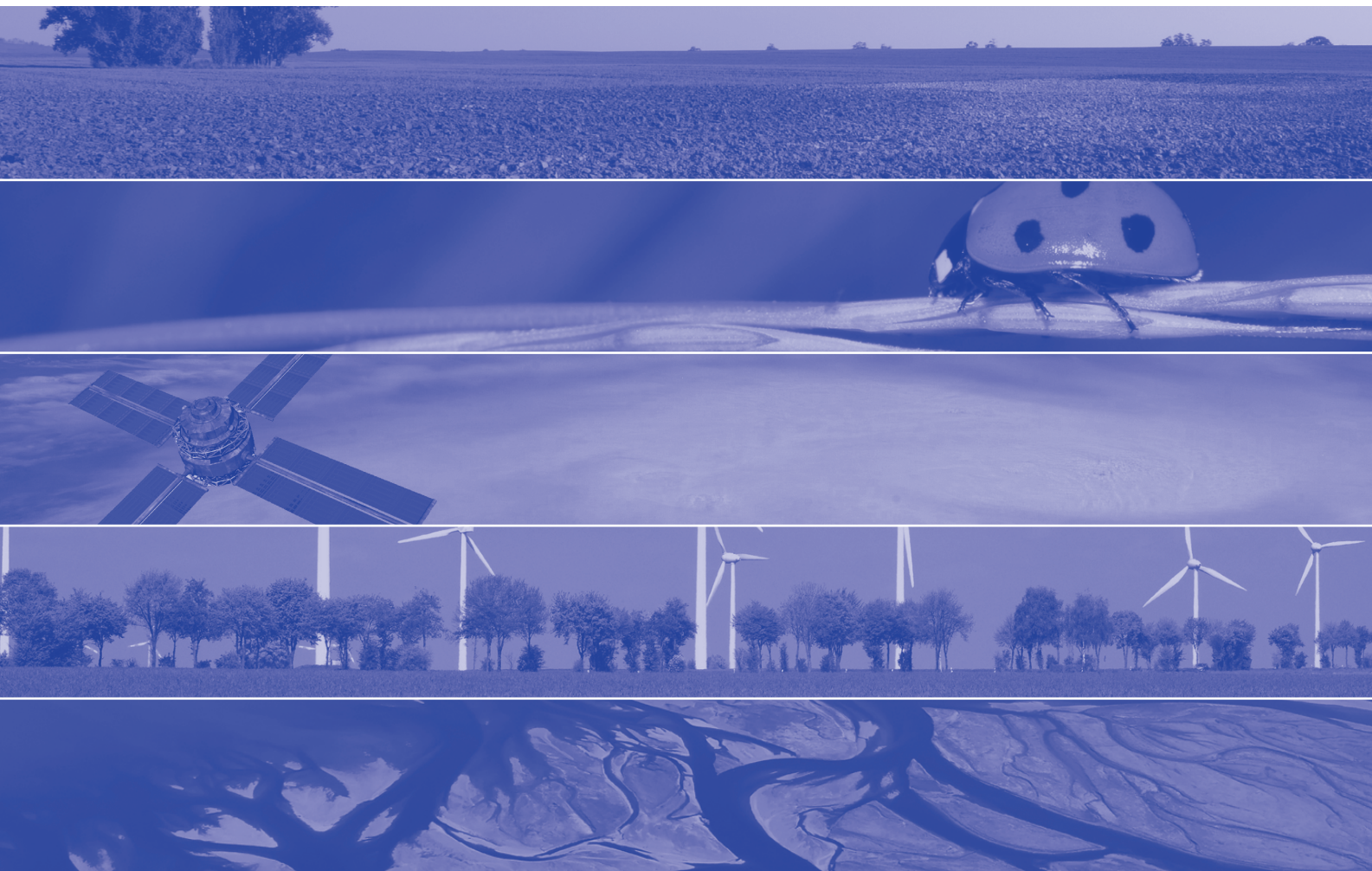
Tiktak, A., A.H.W. Beusen, L.J.M. Boumans, P. Groenendijk, B.J. de Haan, R. Portielje, C.G.J. Schotten en J. Wolf, 2003. *Toets van STONE versie 2.0. Samenvatting en belangrijkste resultaten*. RIVM (Bilthoven), Alterra (Wageningen), RIZA (Lelystad).

Willems, W.J. et. al., 2008. *Prognose milieugevolgen van het nieuwe mestbeleid. Achtergrondrapportage Evaluatie Meststoffenwet 2007*. Milieu- en Natuurplanbureau (MNP), Bilthoven. MNP-publicatienummer 500124001.

Wolf, J., A.H.W. Beusen, P. Groenendijk, T. Kroon, R. Rötter en H. van Zeijts, 2003. *The integrated modeling system STONE for calculating emissions from agriculture in the Netherlands. Environmental Modelling & Software* 18: 597-617

V&W, 2004. *Pragmatische Implementatie Europese Kaderrichtlijn Water in Nederland. Van beelden naar betekenis*.

Walvoort, D.J.J. en T.P. van Tol-Leenders, 2009. *Database 'Monitoring stroomgebieden': een slimme database voor het beheren van monitoringsgegevens*. Wageningen, Alterra-rapport 1955, Wageningen.



Alterra is onderdeel van de internationale kennisorganisatie Wageningen UR (University & Research centre). De missie is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen negen gespecialiseerde en meer toegepaste onderzoeksinstituten, Wageningen University en hogeschool Van Hall Larenstein hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 40 vestigingen (in Nederland, Brazilië en China), 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de vooraanstaande kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen natuurwetenschappelijke, technologische en maatschappijwetenschappelijke disciplines vormen het hart van de Wageningen Aanpak.

Alterra Wageningen UR is het 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.

Meer informatie: www.alterra.wur.nl