



Gebiedsanalyse nutriënten in oppervlaktewateren Gelderse Vallei en oostzijde Utrechtse Heuvelrug

Studie naar herkomst, bronnen en routes van stikstof en fosfaat en maatregelen om de KRW-opgave daarvan voor doelbereik van de KRW in te kunnen vullen

Peter Schipper, Herman Agricola, Erwin van Boekel, Luuk van Gerven en Leo Renaud

Gebiedsanalyse nutriënten in oppervlaktewateren Gelderse Vallei en oostzijde Utrechtse Heuvelrug

Studie naar herkomst, bronnen en routes van stikstof en fosfaat en maatregelen om de KRW-opgave daarvan voor doelbereik van de KRW in te kunnen vullen

Peter Schipper, Herman Agricola, Erwin van Boekel, Luuk van Gerven en Leo Renaud

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research (Alterra) in opdracht van en gefinancierd door Waterschap Vallei en Veluwe.

Wageningen Environmental Research
Wageningen, december 2020

Gereviewd door:
Rene Rietra, onderzoeker (Wageningen Environmental Research)

Akkoord voor publicatie:
Gert Jan Reinds, teamleider (Duurzaam Bodembeheer)

Rapport 3041
ISSN 1566-7197

P.N.M. Schipper, H. Agricola, E.M.P.M. van Boekel, L.P.A. van Gerven en L.V. Renaud, 2020.
Gebiedsanalyse nutriënten in oppervlaktewateren Gelderse Vallei en oostzijde Utrechtse Heuvelrug; Studie naar herkomst, bronnen en routes van stikstof en fosfaat en maatregelen om de KRW-opgave daarvan voor doelbereik van de KRW in te kunnen vullen. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3041. 130 blz.; 40 fig.; 38 tab.; 40 ref.

De Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) schrijft voor dat het oppervlaktewater in 2027 voldoende schoon en ecologisch gezond is. De waterbeheerders maken hiervoor stroomgebiedsbeheerplannen (SGBP's) waarin ze beschrijven welke maatregelen de waterbeheerders, provincies, gemeenten en derden nemen om deze waterkwaliteitsdoelen te behalen. De waterschappen bereiden zich voor op de besluitvorming voor SGBP3 (2022-2027). De hoge gehalten aan fosfor en stikstof belemmeren de ecologische KRW-doelen van de oppervlaktewateren in de Gelderse Vallei. Waterschap Vallei en Veluwe voert watersysteemanalyses uit ter voorbereiding op de besluitvorming voor SGBP3 om beter inzicht te krijgen in de werking van zijn watersystemen en – op basis daarvan – de (on)mogelijkheden om de ecologische toestand te verbeteren. Belangrijk onderdelen in deze analyse zijn de belasting en herkomst van de verschillende nutriëntenstromen en effecten daarop van mitigerende maatregelen.

In dit onderzoek zijn de herkomst en beïnvloedbaarheid van de nutriëntenbelasting gekwantificeerd voor de stroomgebieden in de Gelderse Vallei voor de periode 2010-2017. Voor deze waterlichamen is in samenwerking met de hydrologen van het waterschap het gebied geografisch ingedeeld in 25 afwateringsgebieden. Deze worden in het rapport aangeduid als vanggebieden. Voor ieder vanggebied zijn de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater, de herkomst daarvan en de retentie van de nutriënten in het oppervlaktewater gekwantificeerd. De belangrijkste bronnen zijn uit- en afspoeling vanuit landbouwgronden, rwzi's en inlaat van rijkswater (Nederrijn). Om de KRW-doelen te bereiken, is het nodig dat de nutriëntenbelasting wordt verlaagd. De KRW-opgave om dit te bereiken, is op basis van de bronverhouding toebedeeld aan de sectoren (landbouw, waterschap, Rijkswaterstaat, gemeente). Met scenario's voor rwzi's is berekend in hoeverre de KRW-opgave die is toebedeeld aan het waterschap afneemt, en met scenario's voor landbouwmaatregelen in hoeverre de KRW-opgave voor de landbouw afneemt.

Trefwoorden: Kaderrichtlijn Water, oppervlaktewater kwaliteit, nutriëntenbelasting, herkomst nutriënten, stikstof, fosfor, uitspoeling, afspoeling, waterbalans, nutriëntenbalans

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/537443> of op www.wur.nl/environmental-research (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2020 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, www.wur.nl/environmental-research. Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

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

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



Wageningen Environmental Research werkt sinds 2003 met een ISO 9001 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem.

In 2006 heeft Wageningen Environmental Research een milieuzorgsysteem geïmplementeerd, gecertificeerd volgens de norm ISO 14001.

Wageningen Environmental Research geeft via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

Inhoud

	Verantwoording	5
	Woord vooraf	7
	Samenvatting	9
	Lijst met definities	13
1	Inleiding	15
	1.1 Achtergrond en probleemstelling	15
	1.2 Projectdoelstelling en projectresultaat	15
	1.3 Leeswijzer	15
2	Methode	16
	2.1 Aanpak op hoofdlijnen	16
	2.2 Modelschematisatie oppervlaktewater	17
	2.3 Opstellen stofbalansen	20
	2.4 Toetsing van stoffenbalans	23
	2.5 Herkomst nutriënten	24
	2.6 Afleiden KRW-opgave nutriënten	25
	2.7 Effecten maatregelen	26
3	Water- en nutriëntenbalans	29
	3.1 Gebiedsanalyse	29
	3.2 Analyse landbouwstructuur	30
	3.2.1 Inleiding	30
	3.2.2 Analyse landgebruik	30
	3.2.3 Agrarische structuur	33
	3.2.4 Gemiddelde bedrijfsomvang en verdien capaciteit	35
	3.2.5 Ontwikkeling van de landbouw periode 2000-2016	37
	3.3 Uit- en afspoeling landbouwbodems en natuurgronden	40
	3.4 Belasting door rioolwaterzuiveringsinstallaties	42
	3.5 Belasting door inlaat rijkswater (Nederrijn)	43
	3.6 Diffuse belasting kwel en stedelijk gebied	44
	3.7 Overige bronnen	44
	3.8 Stikstof- en fosforbalans	45
	3.9 Validatie	46
4	Herkomst stikstof en fosfor	50
	4.1 Herkomst jaargemiddeld 2010-2017	50
	4.2 Herkomst zomerhalfjaargemiddelde 2010-2017	50
	4.3 Nadere analyse herkomst stikstof zomerhalfjaar	55
	4.3.1 Herkomst stikstof zomerhalfjaar Stroomgebied Barneveldse beek	55
	4.3.2 Stroomgebied Lunterse Beek	56
	4.3.3 Stroomgebied Heiligenbergerbeek	57
	4.3.4 Stroomgebied Valleikanaal	59
	4.4 Nadere analyse herkomst fosfor zomerhalfjaar	60
	4.4.1 Stroomgebied Barneveldse beek	60
	4.4.2 Stroomgebied Lunterse Beek	61
	4.4.3 Stroomgebied Heiligenbergerbeek	62
	4.4.4 Stroomgebied Valleikanaal	64

5	KRW-opgave en toedeling	65
5.1	Inleiding	65
5.2	Overschrijding KRW-doelen nutriënten	65
5.3	Afleiden KRW-opgave	65
5.4	Toedeling KRW-opgaven aan sectoren	67
6	Maatregelen rwzi's	70
6.1	Scenario's rwzi's	70
6.2	Effecten rwzi-scenario's Binnenveld	71
6.3	Effecten rwzi-scenario's Zijdewetering	72
6.4	Effecten rwzi-scenario's Woudenbergse Grift	74
6.5	Effecten rwzi-scenario's Heiligenbergerbeek	76
6.6	Effecten rwzi-scenario's Valleikanaal	78
6.7	Effecten rwzi-maatregelen op de KRW-opgave	79
7	Landbouwmaatregelen	81
7.1	Algemene beschouwing en uitgangspunten	81
7.2	Uitgangspunten en rekenmethode	81
7.3	Effecten huidig mestbeleid	82
7.4	Verlaging stikstofbodemoverschot melkveebedrijven	83
7.5	Bodemverbetering	84
7.6	Precisiebemesting	85
7.7	Bufferstroken	85
7.8	Effecten huidig beleid en DAW-maatregelen	86
7.9	Effecten maatregelen voor KRW-opgave landbouw	88
8	Conclusies en aanbevelingen	90
8.1	Conclusies	90
8.2	Aanbevelingen	92
	Literatuur	94
	Bijlage 1 Achtergrondinformatie STONE	97
	Bijlage 2 Achtergrondinformatie KRW-ECHO	99
	Bijlage 3 Bronnen in de Emissieregistratie	104
	Bijlage 4 Retentie	106
	Bijlage 5 Stikstof- en fosforbalansen jaar- en zomerhalfjaargemiddeld	113
	Bijlage 6 Ruimtelijke weergave bijdrage nutriënten bronnen zomerhalfjaar	118
	Bijlage 7 Geschiktheid DAW-maatregelen	122
	Bijlage 8 Effect berekening bufferstroken	127

Verantwoording

Rapport: 3041

Projectnummer: 5200045087

Wageningen Environmental Research (WENR) hecht grote waarde aan de kwaliteit van zijn eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard onderdeel uit van ons kwaliteitsbeleid.

Akkoord Referent die het rapport heeft beoordeeld,

functie: Senior onderzoeker

naam: Rene Rietra

datum: november 2020

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: Gert Jan Reinds

datum: december 2020

Woord vooraf

De Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) schrijft voor dat het oppervlaktewater in 2027 voldoende schoon en ecologisch gezond is. De waterbeheerders maken hiervoor stroomgebiedsbeheerplannen (SGBP's), waarin ze beschrijven welke maatregelen de waterbeheerders, provincies, gemeenten en derden nemen om deze waterkwaliteitsdoelen te behalen. De waterschappen bereiden zich voor op de besluitvorming voor SGBP3 (2022-2027). Het Waterschap Vallei en Veluwe (WVV) voert watersysteemanalyses uit ter voorbereiding op de besluitvorming voor SGBP3 om beter inzicht krijgen in de werking van haar watersystemen en – op basis daarvan – de (on)mogelijkheden om de ecologische toestand te verbeteren. Belangrijke onderdelen in deze analyse zijn de belasting en herkomst van de verschillende nutriëntenstromen en effecten daarop van mitigerende maatregelen.

In opdracht van WVV richt dit onderzoek zich op het kwantificeren van nutriëntenbelasting en herkomst van nutriënten van de regionale wateren binnen de Gelderse Vallei en de oostzijde van de Utrechtse Heuvelrug en de effecten van maatregelen om de nutriëntenbelasting te verminderen.

Bij de uitvoering van het onderzoek is gebruikgemaakt van gegevens, modellen en methodes die in lijn zijn met eerdere studies, zoals regionale bronnenanalyses nutriënten (Schieland en Krimpenerwaard, Drents Overijsselse Delta, Hollandse Delta, Maas, Alblasserwaard & Vijfheerenlanden, polders Frysland, Hollands Noorderkwartier) en de landelijke studie 'Landbouw en de KRW-opgave voor nutriënten in regionale wateren' (2016). Daarnaast zijn gegevens van het waterschap gebruikt ter bepaling van de debieten en de kwaliteit van het ingelaten en uitstromende water.

Het onderzoek is begeleid door Frans de Bles, Elbert Schrama, Anita Buschgens en Richard van Hoorn van het waterschap. Tijdens de overleggen is regiospecifieke kennis ingebracht en zijn tussenresultaten gepresenteerd en besproken.

Samenvatting

Aanleiding en doel

De Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) schrijft voor dat het oppervlaktewater in 2027 voldoende schoon en ecologisch gezond is. De waterbeheerders maken hiervoor stroomgebiedsbeheerplannen (SGBP's) waarin ze beschrijven welke maatregelen de waterbeheerders, provincies, gemeenten en derden nemen om deze waterkwaliteitsdoelen te behalen. Inmiddels bereiden de waterschappen zich voor op de besluitvorming voor het SGBP3 (2022-2027). Waterschap Vallei & Veluwe (WVV) wil in dit kader beter inzicht krijgen in de nutriëntenbelasting en de herkomst van de nutriënten in hun wateren. Vanuit dit inzicht wil het waterschap weten hoe de belasting met maatregelen effectief kan worden teruggedrongen. Met name in het gebied van de Gelderse Vallei en de oostzijde van de Utrechtse Heuvelrug (verder aangeduid als studiegebied), omdat daar hoge concentraties van fosfor en stikstof ecologische doelen van de KRW belemmeren.

Methode

In dit onderzoek is de belasting en herkomst van de nutriënten met de methode KRW-ECHO gekwantificeerd voor de periode 2000-2017 voor de waterlichamen in de Gelderse Vallei en de oostzijde van de Utrechtse Heuvelrug. In die methode wordt eerst het oppervlaktewatersysteem geschematiseerd in de deelstroomgebieden (verder aangeduid als vanggebieden) die in het studiegebied kunnen worden onderscheiden. Dit heeft geresulteerd in een indeling in 25 vanggebieden: het Valleikanaal en 24 beek-systemen. Voor ieder vanggebied worden de punt- en diffuse bronnen vanuit Emissieregistratie (ER) gekwantificeerd. In samenwerking met de hydrologen van het waterschap is per vanggebied nagegaan hoeveel water wordt ingelaten, afgewaterd en uitgemalen, welke meetpunten voor kwantificering hiervan beschikbaar zijn, waar rwzi's via afwenteling invloed hebben en welke additionele informatiebronnen naast ER gebruikt kunnen worden.

De uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouw en natuurgronden is regiospecifiek berekend met SWAP-ANIMO-rekenplots. Hierbij is ook het aandeel bepaald van de achterliggende bronnen: bemesting, kwel, depositie, nalevering en infiltratie lokaal oppervlaktewater.

Per vanggebied is de retentie van N en P berekend met onderscheid in punt- en diffuse bronnen en inlaatwater. Dit complementeert de stoffenbalans. De water- en nutriëntenbalans is enerzijds gevalideerd op basis van uit waterkwantiteits- en kwaliteitsmetingen af te leiden vrachten op overdrachts-punten en anderzijds door de opgestelde water- en stoffenbalansen nauwgezet te laten controleren door hydrologen van WVV. Hiertoe zijn de balansen transparant (in Excel) uitgewisseld.

Met deze methode zijn in ieder vanggebied de nutriëntenbelasting, de herkomst daarvan en de retentie van de nutriënten in het oppervlaktewater gekwantificeerd. Ook zijn hiermee effecten van maatregelen voor rwzi's en landbouw berekend. Vanuit de gemeten concentraties (en daaruit af te leiden overschrijdingen voor de KRW-doelen voor stikstof en fosfor) en de berekende stoffenbalans zijn KRW-opgaven berekend en toebedeeld aan de partijen. Nagegaan is in hoeverre de nutriëntenopgaven met de maatregelen worden gerealiseerd.

Watersysteem

De meeste beken in de Gelderse Vallei wateren af op het Valleikanaal. Het Valleikanaal watert op zijn beurt af op de Eem. De beken tussen de Heuvelrug en het Valleikanaal (Woudenbergse Grift en Heiligenbergerbeek) wateren niet af op het Valleikanaal, maar stromen direct in de Eem bij Amersfoort. Rijkswater vanuit de Nederrijn wordt ingelaten in het Valleikanaal onderlangs de Grebbergen bij Rhenen. Vanuit het Valleikanaal wordt nabij Overberg water ingelaten in de Woudenbergse Grift.

Herkomst stikstof jaargemiddelde

Jaargemiddeld is een groot deel van de stikstofbelasting afkomstig van uit- en afspoeling uit landbouwgronden (gemiddeld 75%), hetgeen samenhangt met het overwegend agrarische landgebruik. De uit- en afspoeling van stikstof uit landbouwgronden komt vooral door actuele bemesting. Andere oor-zaken van de uitspoeling uit de landbouwbodems zijn hoofdzakelijk nalevering, en, hoewel in mindere mate, historische bemesting, kwel en atmosferische depositie. In de vanggebieden Woudenbergse Grift, Heiligenbergerbeek en Valleikanaal is de bijdrage van de uit- en afspoeling minder groot door de invloed van rwzi's (bijdrage 17 tot 34%) en inlaat van rijkswater uit de Nederrijn (bijdrage 6 tot 14%). De bijdrage van rwzi Bennekom, die loost in het Binnenveld, is vrij gering (6%). In Zijdewetering wordt de belasting gedomineerd (bijdrage 88%) door rwzi Ede. Uitspoeling uit natuurgronden draagt gemiddeld 5% bij aan de stikstofbelasting. De bijdrage van industriële lozingen en directe kwel is in alle vanggebieden gering (<1%). In enkele gebieden levert diffuse belasting vanuit stedelijk gebied (uitspoeling stedelijk groen, bladval, eendenvoer en afstroming hondenpoep) ook een belang-rijke bijdrage aan de stikstofbelasting benedenstrooms (tot 16%).

Herkomst fosfor jaargemiddelde

Ook voor fosfor is een groot deel van de belasting afkomstig van uit- en afspoeling uit landbouwgronden (gemiddeld 72%). Dit komt vooral door historische bemesting en nalevering vanuit de land-bouwbodem (gemiddeld samen 65%). In diverse vanggebieden leveren overige agrarische emissies een belangrijke bijdrage (tot 21%). Dit komt vooral door de emissies die voor erfafspoeling worden berekend. Glastuinbouw is nauwelijks aanwezig en emissieschattingen van meemesten van sloten zijn relatief klein. In de vanggebieden Woudenbergse Grift, Heiligenbergerbeek en Valleikanaal wordt de fosforbelasting voor 14 tot 38% bepaald door rwzi's en 3 tot 6% door de inlaat van rijkswater. Ook voor de Zijdewetering geldt dat de belasting met fosfor door de rwzi van Ede wordt gedomineerd en is de bijdrage van rwzi Bennekom in het Binnenveld gering (3%). In enkele gebieden levert diffuse belasting vanuit stedelijk gebied (uitspoeling stedelijk groen, bladval, eendenvoer en afstroming hondenpoep) ook een belangrijke bijdrage aan de fosfor belasting (tot 17%).

Herkomst stikstof en fosfor zomerhalfjaar

Ook in het zomerhalfjaar komt het merendeel van stikstof in de Gelderse Vallei door uit- en afspoeling uit landbouwgronden (gemiddeld 67%). De bijdrage van rwzi's en inlaat van rijkswater is in de zomer wel groter dan jaargemiddeld: in de vanggebieden Woudenbergse Grift, Heiligenbergerbeek en Valleikanaal komt in het zomerhalfjaar 21 tot 44% door rwzi's en 11 tot 25% door inlaat van rijkswater.

Ook voor fosfor is in het zomerhalfjaar uit- en afspoeling uit landbouwgronden de belangrijkste bron (gemiddeld 60%) en is de bijdrage van rwzi's en inlaat van rijkswater groter dan jaargemiddeld. In de vanggebieden Woudenbergse Grift, Heiligenbergerbeek en Valleikanaal komt in het zomerhalfjaar 21 tot 45% van de fosfor door rwzi's en 6 tot 11% door de inlaat van rijkswater.

Validatie

De water- en nutriëntenbalansen konden op slechts een drietal belangrijke overdrachtspunten (zogenaamde 'blauwe knopen') gevalideerd worden aan beschikbare metingen. Dit betreft het meetpunt in de benedenloop van de Barneveldse Beek (vlak voor de uitmonding in het Valleikanaal), het meetpunt in het Valleikanaal net bovenstrooms van de uitmonding van de Heiligenbergerbeek en het debiet-meetpunt in de Lunterse Beek. De resultaten hiervan geven vertrouwen in de plausibiliteit van de berekende herkomst en onderliggende hydrologie (waterafvoeren), maar hierbij moet wel worden bedacht dat het aantal gebieden om de balansen aan te valideren dus beperkt is.

KRW-doelgat en opgave

De waterkwaliteit wordt voor de KRW in 18 van de 25 vanggebieden regulier bemeten. De gehalten in het zomerhalfjaar zijn bepalend voor de beoordeling van de ecologie. Het stikstofgehalte in de vanggebieden is gemiddeld 2,8 mgN/l en varieert van 1,6 tot 5,8 mgN/l. Het KRW-doel voor stikstof is in alle vanggebieden 2,3 mgN/l. In 11 vanggebieden wordt dit KRW-doel overschreden. De overschrijding per vanggebied is maximaal 150%.

Het fosforgehalte van deze 18 vanggebieden is zomers gemiddeld 0,26 mgP/l en varieert van 0,15 tot 0,46 mgP/l. Het KRW-doel voor fosfor is 0,11 mgP/l. In alle vanggebieden wordt het KRW-doel overschreden, in vier daarvan zelfs met meer dan 200%.

Op basis van de zomerhalfjaargemiddelde concentraties is de KRW-opgave berekend. Ervan uitgaande dat de stikstof- en fosforvrucht in het zomerhalfjaar de zomergemiddelde concentraties bepalen, levert de berekende opgave een zodanige vermindering van de nutriëntenvrucht dat de concentraties dalen tot het KRW-doel van 2,3 mgN/l en 0,11 mgP/l.

Deze opgave is toebedeeld aan de sectoren landbouw, waterschap, Rijk, gemeenten en industrie. In de methodiek is een bovengrens (variant A) en ondergrens (variant B) voor het berekenen van de opgave aangehouden. Voor de bovengrens wordt de belasting van bronnen waaraan geen eigenaar is toegekend (natuur, depositie) meegerekend in de opgave, terwijl deze voor de ondergrens niet wordt meegerekend. Als de opgaven volgens variant B geheel worden ingevuld, is de belasting nog zodanig verlaagd dat de KRW-doelen worden bereikt. Daarom zijn de effecten van maatregelen (rwzi's en landbouw) vergeleken met de opgaven die met variant A zijn toebedeeld.

De opgave ligt voornamelijk bij landbouw en voor de wateren die worden beïnvloed door rwzi's en inlaat vanuit de Nederrijn, ook bij het waterschap en het Rijk. De opgaven voor industrie en gemeenten zijn ten opzichte van de andere sectoren zeer gering.

Maatregelen rwzi's

In het gebied zijn vier rwzi's aanwezig van het waterschap (Bennekom, Ede, Woudenberg en Veenendaal). De belasting van de Zijdewetering wordt hoofdzakelijk bepaald door de lozing van het effluent van rwzi Ede. Ook in andere vanggebieden (Woudenbergse Grift, Heiligenbergerbeek en Valleikanaal) is een belangrijk deel van de stikstof- en fosforbelasting afkomstig van de rwzi's. De lozing van rwzi Bennekom op het vanggebied Binnenveld levert een geringe bijdrage aan de stikstof- en fosforbelasting. In de Zijdewetering en het Valleikanaal wordt het KRW-doel voor stikstof en fosfor overschreden en is hier op basis van de lozingen van de rwzi- een opgave aan het waterschap toebedeeld. In de Woudenbergse Grift en Heiligenbergerbeek wordt het KRW-doel voor fosfor ook overschreden, zodat er voor het waterschap in deze gebieden ook een opgave voor fosfor is.

Voor de rwzi's zijn scenario's doorgerekend, uitgaande van de kwaliteit van het effluent zoals die in een studie van Tauw (2019) is berekend voor het zichtjaar 2040. In scenario 1 is voor die kwaliteit rekening gehouden met bevolkingsgroei en toename van deelstromen, maar zonder iets in de bedrijfsvoering van de rwzi aan te passen (ook wel aangeduid als basisprognose). In scenario 2 is voor de kwaliteit wel uitgegaan van aangepaste bedrijfsvoering en in scenario 3 is uitgegaan van een verregaande zuivering (4^e trap).

In scenario 1 neemt de stikstofbelasting van de rwzi's toe, vooral die van Woudenberg (40%). Hierdoor ontstaat een opgave voor het waterschap in het vanggebied Woudenbergse Grift (1.6 ton zomerhalfjaar). In scenario 2 is de stikstofbelasting ongeveer gelijk aan de huidige situatie. Scenario 3 geeft een aanzienlijke daling van de stikstofbelasting (55 tot 72%). Hierdoor neemt de opgave die volgens variant A is toebedeeld aan het waterschap in het Valleikanaal geheel af en in de Zijdewetering voor het grootste deel (87%).

In scenario 1 en 2 stijgt de fosforbelasting van de rwzi's Bennekom (11%), Woudenberg 20%), Veenendaal (9%) en daarmee wordt ook de aan het waterschap toebedeelde opgave groter. De belasting van rwzi Ede daalt in scenario 1 en 2 met zelfs 66%, waardoor de opgave van het waterschap in de Zijdewetering afneemt van 3.7 ton naar 0.7 ton. Via afwenteling daalt daardoor ook de opgave in de Woudenbergse Grift (afname 24%), Heiligenbergerbeek (afname 16%) en Valleikanaal (afname 67%). In scenario 3 daalt de belasting van alle vier rwzi's aanzienlijk (Bennekom 60%, Ede 73%, Woudenberg 53% en Veenendaal 57%). Hierdoor neemt de opgave toebedeeld aan het waterschap sterk af, van 11.1 ton (referentie) tot 2.3 ton. Wel is in alle vijf gebieden (Binnenveld, Zijdewetering, Woudenbergse Grift, Heiligenbergerbeek en Valleikanaal) de aan het waterschap toebedeelde opgave voor fosfor nog niet geheel weggenomen.

Maatregelen landbouw

Voor landbouw is doorgerekend hoeveel de uit- en afspoeling ten opzichte van de referentieperiode (2010-2017) afneemt door het huidige mestbeleid in het zichtjaar rond 2027. Berekend is dat de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor afneemt met respectievelijk 6 en 8%.

Verder zijn voor de landbouw de effecten van DAW-maatregelen indicatief berekend. Hierbij zijn de volgende categorieën maatregelen beschouwd: Kringloopwijzer-plus (afname stikstofoverschot in melkveehouderij), bodemverbetering, precisiebemesting en bufferstroken.

Door alle type maatregelen neemt de uit- en afspoeling van stikstof af. Het effect is het grootst bij bodemverbetering. Om de uit- en afspoeling van fosfor te verminderen, zijn alleen bufferstroken effectief. Het effect op gebiedsniveau wordt sterk bepaald door de implementatiegraad. In aansluiting op de Nationale Analyse waterkwaliteit die door het PBL voor de KRW is uitgevoerd, is een implementatiegraad aangehouden van minimaal 5 en maximaal 50%. Uitgaande van de maximale implementatiegraad neemt de uit- en afspoeling van stikstof af met 20% en fosfor met 9%. Met de minimale implementatiegraad is deze afname respectievelijk 2 en 1%.

Ruim de helft (55%) van de stikstofbelasting kan in het zomerhalfjaar direct aan landbouwactiviteit worden toegeschreven: 47% door bemesting (historisch en actueel) en 8% door overige agrarische activiteiten (vooral erfafspoeling). Met het huidige mestbeleid zal de aan landbouw toebedeelde opgave voor stikstof afnemen met circa 40%. Als daarbij de beschouwde DAW-maatregelen worden genomen met een implementatiegraad van 5%, zal de opgave met circa 5% verder afnemen. Met DAW-50%-implementatiegraad neemt de opgave aanzienlijk verder af (gemiddeld circa 85%) en wordt in de helft van de vanggebieden de landbouwopgave voor stikstof geheel ingevuld.

Voor fosfor kan ruim 40% van de belasting in het zomerhalfjaar aan landbouwactiviteit worden toegeschreven: 22% door bemesting (historische en actueel) en 19% door overige agrarische activiteiten (vooral erfafspoeling). De aan landbouw toebedeelde opgave voor fosfor neemt door het huidige mestbeleid in het zichtjaar 2027 circa 20% af. Deze opgave neemt met een paar procent verder af als daarbij de beschouwde DAW-maatregelen met 5% implementatiegraad worden genomen. Met DAW-50% neemt de opgave af met gemiddeld circa 45%. Alleen in het vanggebied van de Woudenbergse Grift wordt dan de aan landbouw toebedeelde opgave voor fosfor geheel ingevuld.

Aanbevelingen

Op basis van de studie zijn diverse aanbevelingen geformuleerd. Om de onzekerheden rond de diffuse belasting door uit- en afspoeling te verkleinen, worden aanbevelingen gedaan om de monitoring meer te richten op het kunnen afleiden van water- en stofvruchten en om de effecten van mogelijke overbenutting van mestgiften in de Gelderse Vallei te onderzoeken. Ook worden aanbevelingen gedaan om de effectiviteit van DAW-maatregelen in te kunnen schatten.

Lijst met definities

Bronnen	In deze studie: oorzaken van de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater en grondwater.
Diffuse bronnen	Bronnen van verontreiniging die niet eenduidig op een bepaalde plek hun oorsprong hebben, maar over een groter gebied plaatsvinden. Voorbeelden zijn verontreinigingen afkomstig uit de landbouw en het verkeer, die via atmosferische depositie en uit- en/of afspoeling van gronden het grond- en oppervlaktewater bereiken.
Stuurbare bronnen	Bronnen van verontreiniging waarvan de bronsterkte te beïnvloeden is door menselijk handelen. In deze studie wordt dit beperkt tot: waarvan de bronsterkte te beïnvloeden is door landbouwkundig handelen (uit- en afspoeling door bemesting) en emissiebeperkende maatregelen (puntbronnen, overige bronnen).
Kaderrichtlijn Water	De Europese Kaderrichtlijn Water (2000/60/EG) is in 2000 van kracht geworden en heeft als doel de kwaliteit van oppervlakte- en grondwater in Europa te waarborgen. In Nederland vertaalt de Rijksoverheid de Kaderrichtlijn Water (KRW) in landelijke beleidsuitgangspunten, kaders en instrumenten. De minister van Infrastructuur en Milieu is eindverantwoordelijk voor de uitvoering van de KRW.
KRW-waterlichaam	In de KRW is een groot deel van het oppervlaktewater aangewezen als waterlichaam. Een waterlichaam is een 'onderscheiden oppervlaktewater van aanzienlijke omvang, zoals een meer, een waterbekken, een stroom, een rivier, een kanaal, een overgangswater of een strook kustwater'. Voor deze wateren moet de toestand van het aquatisch ecosysteem beschreven worden.
Vanggebied	Het beïnvloedingsgebied dat afwatert op een bepaald oppervlaktewaterlichaam. Grenzen tussen beïnvloedingsgebieden zijn op te vatten als waterscheidingen. Vanggebieden worden ook wel aangeduid als (deel)stroomgebied, catchment en afwateringsgebied.
Ecologische doelen	De Europese Commissie eist via de KRW dat lidstaten ecologische doelstellingen formuleren. In Nederland zijn 42 verschillende KRW-watertypen onderscheiden, waarvoor een beschrijving is gemaakt hoe ze er ecologisch uit zouden zien als er geen of slechts geringe menselijke invloed zou zijn geweest (referentie). Aan de hand van een maatlat voor het Ecologisch Potentieel wordt beoordeeld of de toestand van een water 'zeer goed' (de referentie), 'goed', 'matig', 'ontoereikend' of 'slecht' is. De KRW-norm ligt bij 'goed'.
Regionaal oppervlaktewater	In deze studie worden de regionale waterlichamen soms aangeduid met 'regionaal oppervlaktewater'. De regionale wateren zijn vrijwel altijd in beheer bij waterschappen.
Afwateringsgebied	Het beïnvloedingsgebied dat afwatert op een bepaald oppervlaktewaterlichaam. Grenzen tussen beïnvloedingsgebieden zijn op te vatten als waterscheidingen.
KRW-doelgat en opgave	Het KRW-doelgat is het verschil tussen de huidige ecologische toestand van het oppervlakte-water en de toestand 'goed'. De opgave van nutriënten is een zodanige verlaging van de nutriëntenbelasting dat deze belasting geen belemmering meer vormt voor het bereiken van de goede ecologische toestand. Deze opgave is berekend door de totale inkomende vracht te vermenigvuldigen met de reductiedoelstelling van de concentraties die in het zomerhalfjaar op de KRW-meetpunten worden gemeten. Op basis van de herkomst van de belasting kan de opgave toegekend worden aan de sectoren naar rato van hun aandeel in de nutriëntenbelasting.

Generiek mestbeleid	Het stelsel van gebruiksnormen en gebruiksvorschriften voor bemesting zoals dat van kracht is voor landbouwbedrijven.	
Agrarische bedrijfsvoering	In deze studie: het landbouwkundig handelen dat leidt tot overschotten van stikstof en/of fosfor die op het veld en/of in de bodem achterblijven.	
Mest	In deze studie is het begrip 'mest' gekoppeld aan mestgift of bemesting en wordt er de som van kunstmest en dierlijke mest mee aangeduid.	
Overbenutting gebruiksnorm (overbemesting)	De hoeveelheid dierlijke mest die in gebied niet binnen de beschikbare N- en P-plaatsingsruimte kan worden afgezet, waardoor er meer mest wordt toegediend dan is voorgeschreven. Betreft het verschil tussen de in een gebied geproduceerde mest enerzijds en anderzijds de som van de mestexport en - verwerking, plaatsing binnen de gebruiksnorm en transport naar overige gebieden. Overbenutting kan verschillende oorzaken hebben. In het onderhavige rapport wordt overbenutting van de gebruiksnorm aangeduid als overbemesting.	
Retentie	De opname door planten en de afbraak, omzetting en vastlegging van stikstof en fosfor in het oppervlaktewater en in sediment direct grenzend aan oppervlaktewater door biologische en chemische processen.	
Uit- en afspoeling landbouwgronden	Actuele bemesting	De toegediende mestgiften in het jaar waarin het berekende overschot, uitspoeling en/of toestand van de bodem wordt geëvalueerd.
	Historische bemesting of bemesting in het verleden	De toegediende mestgiften de jaren voorafgaand aan het jaar waarin het berekende overschot, de uitspoeling en/of toestand van de bodem wordt geëvalueerd. Het begrip historische bemesting wordt meestal gebruikt in de context van na-ijling van of nalevering uit in het verleden opgebouwde voorraden in de bodem, hetgeen vooral voor fosfor lang (decennia) kan duren. De grens tussen historische en actuele bemesting is arbitrair en kan niet exact gekoppeld worden aan een bepaalde tijdsperiode. Zoals modelmatig ingevuld met STONE, kan aangenomen worden dat globaal de laatste vijf jaar voorafgaand aan een berekend zichtjaar nog toe te schrijven is aan de actuele bemesting.
	Nalevering landbouwgrond	Uit- en afspoeling die niet gerelateerd is aan bemesting, maar aan de nalevering door bodemprocessen, zoals mineralisatie van veen of de uitloging van in het verleden opgehoopte fosfaat afkomstig uit kwel.
	Kwel	Uitspoeling die niet gerelateerd is aan bemesting, maar aan de kwel die optreedt vanuit de diepere ondergrond naar het bodemprofiel.
	Infiltratie	Uitspoeling van lokaal oppervlaktewater dat eerder (met name in de zomer) in het bodemprofiel is geïnfiltreerd.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en probleemstelling

Schoon en gezond water is een essentiële randvoorwaarde voor planten en dieren en een belangrijk onderdeel van een gezonde leefomgeving. De waterkwaliteit is de afgelopen decennia weliswaar verbeterd, maar Nederland heeft nog belangrijke opgaven.¹ Voor het nieuwe beleid, de Delta-Aanpak Waterkwaliteit en Zoetwater (DAWZ)² werken overheden, maatschappelijke organisaties en kennisinstellingen samen om de waterkwaliteit te verbeteren en de doelen van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) in 2027 te bereiken. Een van de zorgpunten voor het bereiken van de KRW-doelen is de hoge nutriëntenbelasting.³ Ook voor het Waterschap Vallei en Veluwe (WVV) is dit een zorgpunt.

In de Stroomgebiedsbeheerplannen voor de 3^e periode (2022-2027) moet Nederland definitieve keuzes maken over de doelen van de waterlichamen en in te zetten maatregelen. Ter voorbereiding voert WVV watersysteemanalyses uit ter voorbereiding op de besluitvorming voor SGBP3 om beter inzicht te krijgen in de werking van zijn watersystemen en – op basis daarvan – de (on)mogelijkheden om de ecologische toestand te verbeteren. Belangrijke onderdelen in deze analyse is de belasting en herkomst van de verschillende nutriëntenstromen en effecten daarop van mitigerende maatregelen.

1.2 Projectdoelstelling en projectresultaat

Het doel van de studie is i) het kwantificeren van de omvang van de nutriëntenbelasting in de waterlichamen, ii) de bronnen van de nutriëntenbelasting ontrafelen in wel/niet/moelijk te beïnvloeden bronnen en routes, iii) opgaven afleiden op basis van de herkomst en iv) inzicht verkrijgen in welke type mitigerende landbouwmaatregelen effectief zijn.

Deze studie richt zich op de regionale wateren in de Gelderse Vallei. In Figuur 2.1 staat een afbeelding van het gebied.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de methode van de bronnenanalyse. De berekende water- en nutriëntenbalansen worden in hoofdstuk 3 gepresenteerd en de herkomst in hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op de opgave. De scenario's voor de rwzi's en de landbouwmaatregelen worden behandeld in respectievelijk hoofdstuk 5 en 6. De conclusies en aanbevelingen zijn geformuleerd in hoofdstuk 7.

¹ Adviescommissie water, advies waterkwaliteit 9 mei 2016.

² Waterkwaliteit zoetwater en waterketen, brief van Minister Schulz aan de 2e kamer voor Wetgevingsoverleg Water 14 november 2016.

³ Gaalen, F. van et al. (2015), Waterkwaliteit nu en in de toekomst. Eindrapportage ex-ante-evaluatie van de Nederlandse plannen voor de Kaderrichtlijn Water, Den Haag: PBL.

2 Methode

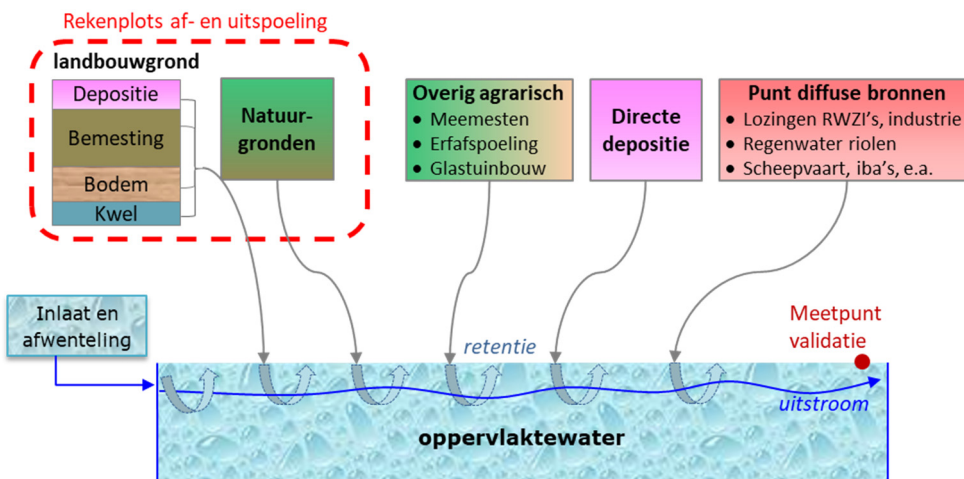
2.1 Aanpak op hoofdlijnen

Voor het beantwoorden van de kennisvragen uit dit onderzoek is gebruikgemaakt van de ECHO-systematiek van WENR (Kroes et al., 2011). Met deze methode wordt een nutriëntenbalans model van het oppervlaktewater opgezet. De methode bestaat uit meerdere onderdelen (zie kader).

ECHO-methodiek

De ECHO-methodiek combineert model- en data-analysetechnieken die zijn ontwikkeld voor de ex-ante-evaluatie van de KRW, de Evaluatie van de Meststoffenwet en monitorings- en modelstudies op regionaal niveau. De ECHO-methodiek bestaat uit verschillende onderdelen die, afhankelijk van de kennisvragen, uitgevoerd kunnen worden:

1. **Stoffenbalansen**: opstellen van stofbalansen voor waterlichamen/afvoergebieden waarin transparant inzicht wordt gegeven in:
 - Uit- en afspoeling vanuit landbouw- en natuurbodems
 - In- en uitgaande nutriëntenvrachten op basis van metingen (debieten en concentraties)
 - Overige punt- en diffuse bronnen uit de Emissieregistratie, aangevuld met regionale gegevens
 - Retentie van nutriënten in het oppervlaktewater, inclusief waterbodems
2. **Uit- en afspoeling landelijk gebied**
 - a) Herschikkingsprocedure: verbeteren van de uit- en afspoeling uit landbouw- en natuurgronden door de landelijke geschematiseerde SWAP-ANIMO-rekenplots van STONE met regionale informatie te verschikken.
 - b) SWAP-ANIMO-berekeningen (optioneel): verbeteren van de uit- en afspoeling uit landbouw- en natuurgronden door nieuwe berekeningen met SWAP-ANIMO uit te voeren met regionale informatie
3. **Plausibiliteitstool**
 - a) Toetsing: vergelijking van de berekende en uit metingen afgeleide N- en P-vrachten naar het oppervlaktewater om inzicht te krijgen in de plausibiliteit van de modeluitkomsten/meetgegevens
 - b) Onzekerheidsanalyse: hiermee wordt inzicht verkregen in de betrouwbaarheid (onzekerheden) van de met ECHO berekende nutriëntenvrachten en meetgegevens
4. **Herkomstanalyse**: ontrafelen van de herkomst en beïnvloedbaarheid van de nutriëntenbronnen van de uit- en afspoeling (actuele en historische bemesting, kwel, atmosferische depositie op landbouwgronden, nalevering landbouwgronden, uit- en afspoeling natuurgronden)
5. **Effecten maatregelen**
 - a) kwantificeren van de effecten van voorgenomen beleid (Mestbeleid, Stroomgebiedbeheerplannen) op de N- en P-belasting van het oppervlaktewater
 - b) kwantificeren van de effecten van aanvullende (landbouwkundige) maatregelen op de N- en P-belasting van het oppervlaktewater



In overleg met het waterschap is bekeken welke onderdelen (of subonderdelen) van de ECHO-systematiek noodzakelijk zijn voor het beantwoorden van de kennisvragen en welke onderdelen wenselijk zijn. Gekozen werd om de onderdelen 1, 2a, 3a, 4 en 5 uit te voeren. De onderdelen 2b (aanpassing rekenplots) en 3b (onzekerheidsanalyse) zijn niet opgenomen in het plan van aanpak, omdat de meerwaarde van deze onderdelen niet op voorhand kan worden ingeschat.

Bij het opstellen van de stoffenbalans (punt 1 in bovenstaand kader) is op een aantal punten afgeweken van de bovenstaande aanpak:

- Emissies vanuit het stedelijk gebied: de landelijke Emissieregistratie bevat voor het stedelijk gebied geen emissieberekeningen van uitspoeling vanuit stedelijk groen en belasting door bladval, eenden voeren en hondenpoep. Deze zijn aanvullend bepaald in deze studie.
- Nutriëntenbelasting via directe kwel: directe kwel kan een significante nutriëntenbron zijn en is daarom aanvullend bepaald in dit onderzoek.

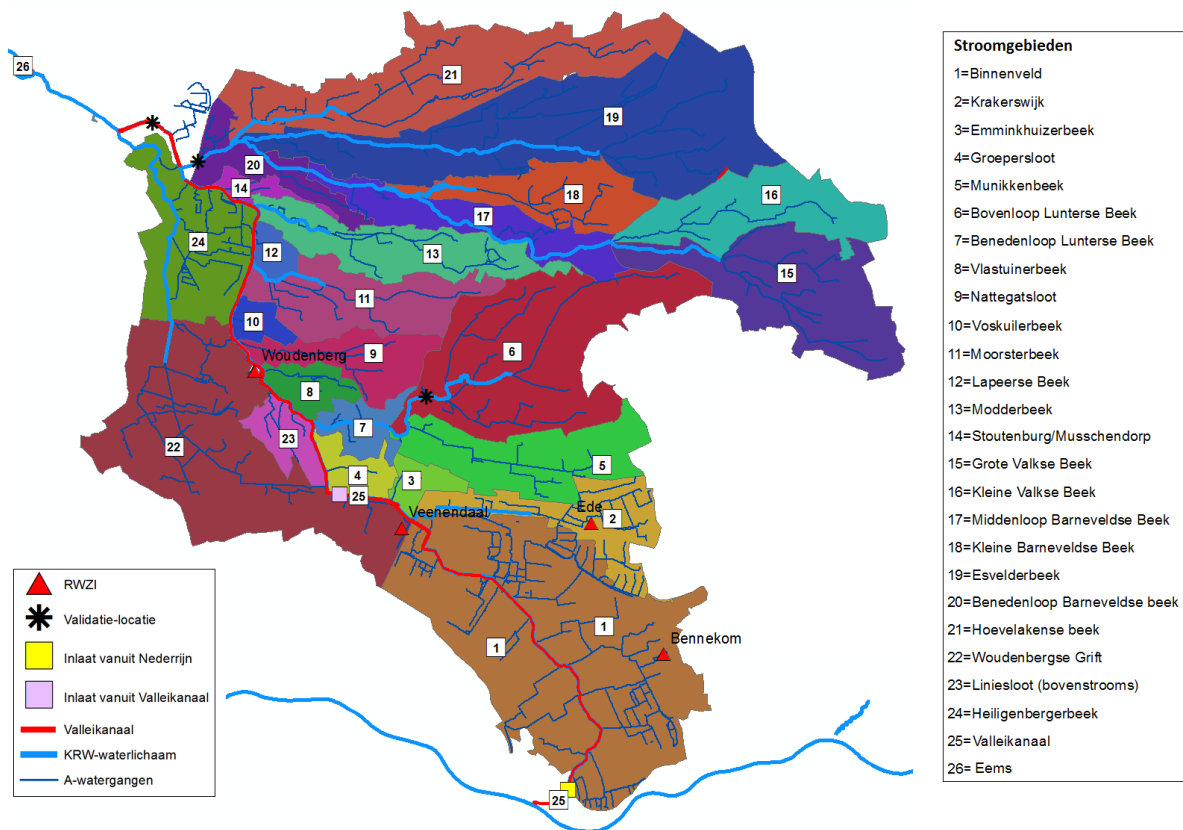
De in dit onderzoek doorlopen stappen zijn weergegeven in Tabel 2.1. In de volgende paragrafen worden de stappen nader toegelicht.

Tabel 2.1 *Het in deze studie gevolgde stappenplan ter bepaling van de herkomst en stuurbaarheid van de nutriëntenbelasting in de Gelderse Vallei.*

Stappen	Werzaamheden
Stap 1. Verzamelen gebiedsinformatie over de kenmerken van het studiegebied (paragraaf 2.2 en 2.3)	<ul style="list-style-type: none"> • Landgebruik, bodem en GT-kaart • Debieten rwzi's, inlaatpunten en validatiepunten • N- en P-concentraties rwzi's, inlaatpunten en validatiepunten • Kwel/wegzijging
Stap 2. Regionaliseren van STONE-plots ter nauwkeurigere berekening van de uit- en afspoeling (Herschikkingsprocedure) (paragraaf 2.4)	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse routing en begrenzing vanggebieden • Uitvoeren herschikkingsprocedure: koppelen STONE-plots aan 25x25m- grids o.b.v. LGN7, bodem- en Gt-kaart en buisdrainage
Stap 3. Opstellen water- en stoffenbalans (periode 2010-2017) en toetsing (paragraaf 2.5)	<ul style="list-style-type: none"> • Berekening waterbalansen • Kwantificeren overige punt- en diffuse bronnen • Afleiden retentiefactoren • Vrachtberekeningen (in- en uitlaat) • Validatie berekende en uit metingen afgeleide uitgaande debieten, N- en P-vrachten
Stap 4. Bronnenanalyse en achtergrondbelasting (paragraaf 2.6)	<ul style="list-style-type: none"> • Doortrekken uit- en afspoelingsberekeningen naar einde KRW-planperiode (2027) conform mestbeleid 5^e NAP • Analyse herkomst bronnen achter uit- en afspoeling (voor situatie in 2027) • Onderverdeling nutriëntenbelasting naar beïnvloedbaarheid en achtergrondbelasting
Stap 5. Effecten mestbeleid en landbouwmaatregelen op uit- en afspoeling (paragraaf 2.7)	<ul style="list-style-type: none"> • Berekening effect enkele type landbouwmaatregelen op de nutriëntenbelasting • Berekening effect verdergaande zuivering effluënten rwzi's

2.2 Modelschematisatie oppervlaktewater

De beken in het studiegebied die oostelijk van het Valleikanaal liggen, wateren af op het Valleikanaal. Het Valleikanaal watert op zijn beurt af op de Eem. De beken tussen de Utrechtse Heuvelrug en het Valleikanaal zijn de Woudenbergse Grift, Liniesloot en Heiligenbergerbeek. De Woudenbergse Grift en de Liniesloot komen samen in de Heiligenbergerbeek, die niet afwatert op het Valleikanaal, maar via de stadsgrachten van Amersfoort uitkomt in de Eem. Het gebied heeft twee inlaatlocaties: het Valleikanaal ontvangt water (gemiddeld 0,9 m³/s) vanuit de Nederrijn (Grebbeisluis) en de Woudenbergse Grift inlaat van water uit het Valleikanaal na Veenendaal (gemiddeld zo'n 0,5 m³/s).



Figuur 2.2 Deelstroomgebieden die in de modelschematisatie zijn onderscheiden. Ook aangegeven zijn de KRW-waterlichamen, de hoofdwaterlopen, rwzi's, inlaatpunten en validatie-locaties waar berekende nutriëntenvrachten worden vergeleken met metingen.

Tabel 2.2 De routing van de deelstroomgebieden.

Nr	stroomgebied	Ontvangt water van	Watert af op	Effluent lozing rwzi's
1	Binnenveld	-	25	Bennekom
2	Zijdewetering	-	25	Ede
3	Emminkhuizerbeek	-	25	
4	Groepersloot	-	25	
5	Munikkebeek	-	7	
6	Bovenloop Lunterse Beek	-	7	
7	Benedenloop Lunterse Beek	5 en 6	25	
8	Vlastuinerbeek	-	25	
9	Nattegatsloot	-	25	
10	Voskuilerbeek	-	25	
11	Moorsterbeek	-	25	
12	Lapeerse Beek	-	25	
13	Modderbeek	-	25	
14	Stoutenburg/Musschendorp	-	25	
15	Grote Valkse Beek	-	17	
16	Kleine Valkse Beek	-	17	
17	Middenloop Barneveldse Beek	15, 16 en 18	20	
18	Kleine Barneveldse Beek	-	17	
19	Esveldebeek	-	20	
20	Benedenloop Barneveldse beek	17, 19 en 21	25	
21	Hoevelakense beek	-	20	
22	Woudenbergse Grift	Valleikanaal (inlaat)	24	Veenendaal, Woudenberg
23	Liniesloot (bovenstreams)		24	
24	Heiligenbergerbeek	22 en 23	Eem	
25	Valleikanaal	1 t/m 4, 7 t/m 14, 20 en inlaat vanuit de Nederrijn	Eem	

2.3 Opstellen stofbalansen

Balanstermen

Voor elk van de onderzochte deelstroomgebieden (zie Figuur 2.1) zijn voor de periode 2010-2017 stofbalansen per jaar opgesteld voor stikstof (N) en fosfor (P) conform de ECHO-methodiek (Kroes et al., 2011). Tabel 2.3 geeft een overzicht van de verschillende posten van de stoffenbalans en de informatie die is gebruikt om deze posten te bepalen. De inkomende vrachten zijn de punt- en diffuse bronnen in een deelstroomgebied, inclusief waterinlaat en toestroom (afwenteling) van bovenstroomse deelstroomgebieden. Als die vrachten eenmaal in het oppervlaktewater belanden, wordt een deel daarvan afgebroken, vastgelegd of door beheer verwijderd. Dit wordt aangeduid als retentie. De uitgaande vracht op het benedenstroomse overdrachtpunt is de som van de inkomende vrachten minus de retentie. Details per balanspost volgen in de rest van deze paragraaf. De paragraaf sluit af met de toetsing, over hoe de opgestelde nutriëntenbalans is getoetst aan de gemeten uitgaande nutriëntenvracht.

Tabel 2.3 *Overzicht balanstermen en informatiebronnen voor het opstellen van stofbalansen.*

Balansterm	Bron
Inkomende vrachten	
• Uit- en afspoeling landbouw en natuur	SWAP-ANIMO-berekeningen
• Overige landbouwemissies	Emissieregistratie (versie 2013)
• Industriële lozingen	
• Atmosferische depositie open water	
• Overige emissies	
• Rwzi	Effluentmetingen van het waterschap (dagelijkse debietmetingen en wekelijkse concentraties)
• Diffuse belasting uit stedelijk gebied	SWAP-ANIMO-berekeningen (stedelijk groen) en kentallen (honden, eenden en bladval; WiBo, 2015)
• Directe kwel naar oppervlaktewater	Kwelflux en N- en P-concentraties kwelwater (landelijke kaart TNO-NITG, Kroon et al., 2001)
• Inlaat	Metingen (debiet en kwaliteit) van het waterschap en Rijkswaterstaat
Retentie	Rekenmethode o.b.v. areaal open water en bodemsoort (conform werkwijze EMW2012 (Boekel et al., 2012))
Uitgaande vracht	Vrachtberekeningen o.b.v. aangeleverde uitstromende debieten en representatieve meetgegevens N- en P-concentraties

Belasting door uit- en afspoeling landbouw en natuurgronden

De uit- en afspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater vanuit landbouw- en natuurgronden voor landelijke toepassingen (o.a. Evaluatie Meststoffenwet, Evaluatie van de Kaderrichtlijn Water) wordt berekend met het STONE-instrumentarium (Wolf et al., 2003). Onderstaand kader geeft hiervan een korte beschrijving. Nadere informatie over STONE is opgenomen in Bijlage 1.

STONE-model (STONE 2.4)

STONE is een simulatiemodel dat bestaat uit meerdere modellen en wordt gebruikt om een beeld te krijgen van de gevolgen van het mestbeleid voor de emissie van stikstof en fosfaat naar het grondwater en het oppervlaktewater. Het is een consensusmodel dat in samenwerking met RIVM en Rijkswaterstaat (toenmalig onderdeel RIZA) is ontwikkeld voor nationale beleidsevaluaties. STONE berekent ruimtelijke en temporele patronen van de nitraatconcentratie in het grondwater, de fosfaatophoping in de bodem en belasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfor. Verder berekent STONE posten van de N- en P-balans van de bodem en kan het diverse scenario's in intensiteit van de veestapel en de aanwending van dierlijke mest en kunstmest doorrekenen.

Regionalisatie uit- en afspoelingscijfers

STONE is ontwikkeld voor toepassing op landelijke schaal met een landelijke schematisering bestaande uit 6405 rekeneenheden (SWAP-ANIMO-rekenplots). Een rekenplot bestaat uit een unieke combinatie van hydrologische eigenschappen, landgebruik en bodemkenmerken en heeft een resolutie van 250 bij 250 meter. Deze kenmerken van de SWAP-ANIMO-rekenplots kunnen in een regionale toepassing beter afgestemd worden op de regio specifieke situatie, de zogenaamde herschikkingsprocedure (Van Boekel et al., 2013). In deze paragraaf wordt de methodiek kort toegelicht. Een uitgebreidere beschrijving staat in Bijlage 2.

De eerste stap in de herschikkingsprocedure is het genereren van een zogenaamde MLBKG-kaart op basis van de gebiedskenmerken (Meteorodistrict, Landgebruik, Bodemtype en Gt-klasse). De volgende kaarten zijn hierbij gebruikt:

- Meteorodistricten op basis van PAWN-districten (Kroes et al., 1999; Kroon et al., 2001)
- Landgebruik op basis van het LGN7-bestand (Hazeu et al., 2014)
- Bodemtype en Gt-klasse op basis van de 1:50.000 Bodemkaart (vertaaltabellen, Klijn, 1997)

De verschillende kaartlagen zijn gecombineerd tot één kaartlaag met unieke MLBKG-eenheden met een resolutie van 25 bij 25m. Deze MLBKG-kaart is de input voor de tweede stap van de herschikkingsprocedure (selectieprocedure).

In de tweede stap zijn voor alle MLBKG-eenheden representatieve rekenplots gezocht. Bij de zoektocht naar representatieve rekenplots kunnen zich meerdere situaties voordoen:

1. Er worden **meerdere** representatieve rekenplots per eenheid gevonden;
2. Er wordt **één** representatieve rekenplot gevonden;
3. Er kunnen **geen** rekenplots gevonden worden die voldoen aan de opgelegde criteria.

Situatie 1: Wanneer er sprake is van meerdere representatieve rekenplots wordt een gemiddelde uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater berekend. Er is gekozen voor een gemiddelde uit- en afspoeling van de verschillende rekenplots zodat, ongeacht wie de procedure uitvoert, dit altijd tot dezelfde resultaten leidt.

Situatie 2: Indien er één rekenplot gevonden kan worden, wordt de berekende uit- en afspoeling van deze plot toegekend aan een MLBKG-eenheid.

Situatie 3: Indien er geen representatieve rekenplots gevonden worden omdat de gewenste combinatie landgebruik, bodemfysische eenheid en Gt-klasse binnen een meteorodistrict niet voorkomt, is ervoor gekozen om stapsgewijs steeds meer informatie van de MLBKG-eenheden los te laten, net zolang tot alle eenheden zijn voorzien van een koppeling aan STONE-plots. Het stappenplan voor de toekenning van STONE-plots aan MLBKG-eenheden is beschreven in Bijlage 2. In de zoektocht naar representatieve rekenplots bij geen fit is voor de landgebruik-, bodemtype-, GT- en meteororegio-combinatie gezocht naar rekenplots met redelijk vergelijkbare bodemtypen en redelijk vergelijkbare GT's. De aansluiting op de onderscheiden klassen qua landgebruik en meteororegio wordt in de selectieprocedure niet losgelaten (harde criteria). Nadat alle stappen zijn doorlopen, is het mogelijk om aan elke MLBKG-eenheid een stikstof- en fosforvracht toe te kennen.

Belasting door rwzi's

In het studiegebied zijn vier rwzi's die lozen op de wateren in het studiegebied: rwzi Bennekom, Ede, Veenendaal en Woudenberg. Voor deze rwzi's heeft het waterschap op weekbasis vanaf 2010 de gemeten (en geregistreerde) debieten en concentraties aangeleverd. Hiermee zijn debiet-proportioneel de stikstof- en fosforvrachten voor ieder jaar en ieder zomerhalfjaar berekend.

De rwzi van Bennekom loost op het water in deelstroomgebied Binnenveld en rwzi Ede loost op de Zijdewetering. Rwzi Veenendaal loost op het waterinlaatpunt van de Woudenbergse Grift en rwzi Woudenberg loost op de Liniesloot. In de modellering is ter vereenvoudiging aangehouden dat de rwzi's van Veenendaal en Woudenberg beide lozen in het vanggebied Woudenbergse Grift. Door de wijze van afwatering en waterinlaat hebben de rwzi's via afwenteling ook invloed op het Valleikanaal en de Heiligenbergerbeek.

Overige bronnen uit Emissieregistratie

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

Conform de ECHO-methodiek worden de doelgroepen geclusterd tot zes groepen (zie Tabel B2.1):

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

Voor het vaststellen van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater vanuit de bronnen LO (overige landbouw emissies), DW (depositie open water), IND (industriële lozingen) en OV (overige lozingen) is gebruikgemaakt van de Emissieregistratie versie 2013. Dit betreft dan jaarvrachten. De update die voor de belasting van regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's in ER is uitgevoerd (Lietting et al., 2017), is derhalve niet meegenomen. Uit de bronnenanalyse stroomgebied Maas (Schipper et al., 2019) komt naar voren dat voor fosfor het niet meenemen van deze update voor regenwaterriolen een paar procent onderschatting geeft.

Diffuse belasting uit stedelijk gebied

De emissies vanuit het stedelijk gebied zijn niet volledig gedekt door de Emissieregistratie (ER). De ER houdt wel rekening met de bijdrage van regenwaterriolen en overstorten (deze bijdrage zit in de term 'overige bronnen'), maar houdt geen rekening met de nutriëntenbelasting vanuit stedelijk groen via bronnen als honden, eenden en bladval. Deze bronnen zijn daarom aanvullend bepaald in deze studie en benoemd als 'diffuse belasting uit stedelijk gebied'.

Voor stedelijk groen is aangenomen dat deze dezelfde uit- en afspoeling heeft als een SWAP-ANIMO-rekenplot voor natuur. Voor de belasting van het oppervlaktewater via uitwerpselen van honden, eenden en bladval is aangesloten op kentallen voor 'gemiddeld stedelijk gebied' (WiBo, 2015). Deze zijn uitgedrukt per areaal stedelijk water en bedragen 0,25 gP/m²/jaar en 0,36 gN/m²/jaar voor eenden, 0,25 gP/m²/jaar en 0,40 gN/m²/jaar voor honden en 0,24 gP/m²/jaar en 2,75 gN/m²/jaar voor bladval. Uit het LGN en in samenwerking met het waterschap is per deelstroomgebied afgeleid wat het areaal stedelijk groen en het areaal open water in het stedelijk gebied is. Geïsoleerde wateren zoals vijvers en vennetjes zijn hierbij niet meegerekend.

Directe kwel naar oppervlaktewater

Directe kwel op waterlopen is niet opgenomen in Emissieregistratie. In het onderhavige onderzoek is deze belasting globaal als volgt berekend: per deelgebied is de gemiddelde kwelflux vanuit de geselecteerde plots van STONE afgeleid en vermenigvuldigd met de default stikstof- en fosforconcentraties van de onderrandvoorwaarden van de STONE-plots, welke zijn afgeleid van de landelijke grondwater-kwaliteitskaart van TNO-NITG. Het areaal open water is afgeleid op basis van LGN7.

Inlaat

Op twee locaties in het studiegebied wordt water ingelaten. Het Valleikanaal ontvangt water (jaargemiddeld 0,97 m³/s, zomerhalfjaar 0,63 m³/s) vanuit de Nederrijn en de Woudenbergse Grift krijgt water (zomerhalfjaar ca. 0,23 m³/s) uit het Valleikanaal. De bijbehorende locaties zijn weergegeven in Figuur 2.1.

Voor beide locaties zijn metingen gebruikt om de nutriëntenvrachten te bepalen die gemoeid zijn met de waterinlaat (zie Tabel 2.4). Dit is gedaan door het gemeten dagelijkse inlaatdebiet te vermenigvuldigen

met de gemeten nutriëntenconcentratie (N-totaal en P-totaal) van het inlaatwater. Omdat de waterkwaliteit niet dagelijks is gemeten maar per 2 of 4 weken, zijn de dagelijkse nutriëntenconcentraties bepaald via lineaire interpolatie van de meetwaarden. De kwaliteit van het Nederrijn-water is afgeleid van het meetpunt bij Lobith, nog voordat de Rijn splitst in de Nederrijn en de Waal. Lobith is echter het dichtstbij gelegen meetpunt van Rijkswaterstaat (RWS) waarop in de periode 2010-2017 de waterkwaliteit is gemeten en is daarmee het representatiefst van alle RWS-meetpunten.

Tabel 2.4 Inlaatlocaties en de meetpunten die zijn gebruikt ter bepaling van de nutriëntenvracht in de periode 2010-2017.

Inlaatlocatie	Debietsmeetpunt	Meetfrequentie debiet	Kwaliteitsmeetpunt	Meetfrequentie waterkwaliteit
Inlaat vanuit Nederrijn naar Valleikanaal	Grebbesluis	dagelijks	Lobith_RWS	elke 2 weken
Inlaat vanuit Valleikanaal naar Woudenbergse Grift	Scheele Duiker	dagelijks	289729	elke 4 weken

Retentie

Om te bepalen hoeveel nutriënten een vanggebied verlaten (met het oog op de toetsing, zie volgende onderdeel), is het belangrijk om rekening te houden met retentie in het oppervlaktewater. Een deel van de nutriënten die in de waterlopen terecht komt, bereikt het uitstroompunt namelijk niet, omdat ze worden vastgelegd, omgezet of verwijderd. Voorbeelden van dergelijke retentieprocessen zijn opname door waterplanten, vastlegging in de waterbodem (via sedimentatie) en gasvormige emissies naar de atmosfeer (denitrificatie).

De retentie is geschat conform de werkwijze die is gehanteerd binnen de Evaluatie Meststoffenwet 2012 (Van Boekel et al., 2012). In Bijlage 4 is een uitgebreide beschrijving van de methode gegeven. De hoofdlijnen van de methodiek is als volgt:

De retentie van stikstof en fosfor is berekend op basis van de specifieke afvoer. Deze afvoer is gedefinieerd als de afvoer bij het uitstroompunt van het vanggebied, gedeeld door het bovenstroomse oppervlak. De retentiefraction wordt als volgt gerelateerd aan de specifieke afvoer' $Q_{\text{specifiek}}$:

$$R_f = a \cdot Q_{\text{specifiek}}^b$$

De coëfficiënten a en b zijn afgeleid voor het winter- en zomerhalfjaar op basis van diverse onderzoeken. Om te voorkomen dat de retentiefraction in de berekening groter dan 1 kan worden bij kleine waarden voor de 'specifieke afvoer', wordt de retentiefraction afgekapt tot 90% van de inkomende vracht, omdat grotere retentiewaarden onrealistisch worden geacht.

2.4 Toetsing van stoffenbalans

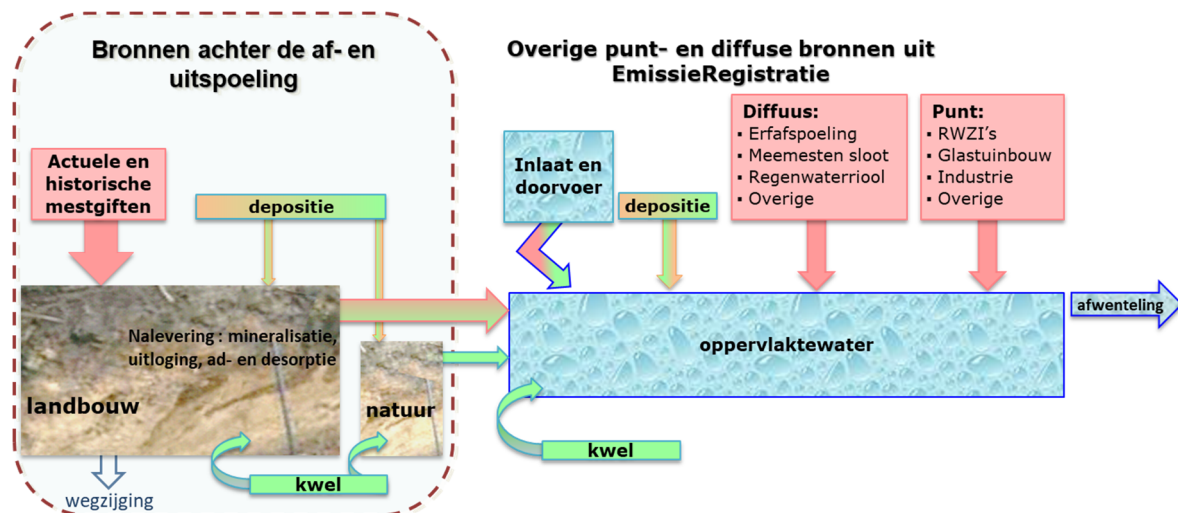
Als een laatste stap is via bovenstaande methodiek de berekende uitstromende nutriëntenvracht op een drietal locaties vergeleken met metingen. Dit geeft een beeld van de plausibiliteit van de rekenresultaten. Het gaat om de validatie-locaties in Figuur 2.1. Voor elke locatie is op basis van debiet- en concentratiemetingen de passerende nutriëntenvracht bepaald (Tabel 2.5). Dit is gedaan voor de periode 2010-2017. Deze periode is ingekort voor de Lunterse Beek (2010) en Barneveldse Beek (2017) met maar één meetjaar vanwege missende debietmetingen. Daarnaast is voor de Lunterse Beek alleen gevalideerd op debiet en niet op nutriëntenvracht, omdat er geen representatief water-kwaliteitsmeetpunt ligt nabij het debietmeetpunt in de Lunterse Beek. Het enige langjarige kwaliteits-meetpunt ligt namelijk na de instroom van de Munnikebeek, terwijl het debietmeetpunt vóór deze instroom ligt. Om te komen tot een dagelijkse uitgaande nutriëntenvracht (debiet maal concentratie) zijn dagelijkse nutriëntenconcentraties bepaald via lineaire interpolatie van de meetwaarden, omdat de waterkwaliteit niet dagelijks is gemeten, maar een keer per vier weken.

Tabel 2.5 Meetlocaties die zijn gebruikt ter validatie van de door ECHO berekende uitgaande nutriëntenvruchten. Er zijn metingen gebruikt van de periode 2010-2017.

Validatielocatie	Debietsmeetpunt	Meetfrequentie debiet	Kwaliteitsmeetpunt	Meetfrequentiewat erkwaliteit
Valleikanaal bij Amersfoort (voor samenstroom Heiligenbergerbeek in de Eem)	Valleikanaal	Dagelijks (2010-2017)	289771	elke 4 weken
Lunterse Beek (voor instroom Munnikebeek)	Barneveldsestraat	Dagelijks (2011-2017)	n.v.t.	n.v.t.
Benedenloop Barneveldse Beek	Barneveldse Beek	Dagelijks (2010-2016)	289738	elke 4 weken

2.5 Herkomst nutriënten

De herkomst van stikstof- en fosfuitspoeling uit landbouwgronden is verder geanalyseerd door met een specifiek door de WUR ontwikkelde methode de bronnen achter de uit- en afspoeling te berekenen (Groenendijk et al., 2012). De uit- en afspoeling wordt hierbij uitgesplitst in de bijdrage van kwel (naar de bodem), atmosferische depositie op het land, historische mestgiften, actuele mestgiften en uitspoeling van eerder in het jaar geïnfiltrerd oppervlaktewater. Dit onderscheid is schematisch weergegeven in Figuur 2.3. De uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit natuurgebieden wordt niet verder uitgesplitst.



Figuur 2.3 Overzicht van de belangrijkste bronnen/emissieroutes naar het oppervlaktewater. De rode arcering staat symbool voor antropogene bronnen, de groene arcering voor (semi)natuurlijke.

Vanuit de herkomst is het voor waterbeheerders relevant te weten welke bronnen en emissieroutes door de relevante partijen/sectoren te sturen zijn. In een notitie die is opgesteld voor de Nutriëntenwerkgroep Rijn-West (Schipper et al., 2012) zijn de nutriëntenbronnen ingedeeld naar beïnvloedbaar (direct of op korte/lange termijn) en niet beïnvloedbaar.

De wijze waarop de bronnen zijn onderscheiden en de bronnen achter de uit- en afspoeling zijn ontrafeld, kunnen worden onderverdeeld naar beïnvloedbaarheid en of deze antropogeen of semi-natuurlijk zijn. In de onderhavige studie zijn de volgende bronnen als antropogeen beschouwd: bemesting (actueel en historisch), overige agrarische emissies (meemesten sloten, glastuinbouw en erfafspoeling), rwzi's, regenwaterriolen, riooloverstorten, lozingen industrie, huishoudens, IBA's en andere kleine emissiebronnen die aan ER zijn ontleend (scheepvaart e.d.). Waterinlaat en afwenteling zijn ten behoeve van de herkomstanalyse gesplitst in het deel dat afkomstig is van de Nederrijn, bovenstroomse rwzi's en de andere bovenstroomse punt- en diffuse bronnen.

2.6 Afleiden KRW-opgave nutriënten

Op basis van de nutriëntenbalans, de KRW-doelen voor stikstof en fosfor en de huidige stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater kan per vanggebied een opgave voor stikstof en fosfor worden afgeleid. Deze opgave is dan de mate waarin de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater verminderd moet worden om de ecologische toestand 'goed', afgekort GEP, te kunnen bereiken. Dit betreft het GEP voor P en N dat overeenkomt met de standaard STOWA-referentiewaarden. De werkwijze voor het afleiden van de opgave is conform de werkwijze die is gehanteerd in de studie *Landbouw en de KRW-opgave voor nutriënten* (Groenendijk et al., 2015) en de studie *Bronnenanalyse stroomgebied Maas* (Schipper et al., 2019).

Voor ieder vanggebied is in de bronnenanalyse de belasting van stikstof en fosfor door punt- en diffuse bronnen en toestromend (inlaat)water berekend. De opgave, uitgedrukt in overschrijding van het KRW-doel, is voor ieder vanggebied vertaald naar een totale opgave (ton/zomerhalfjaar). In stap 3 wordt deze totale opgave verder onderverdeeld aan verschillende sectoren. De uitgangspunten voor het toedelen van de opgave aan de verschillende sectoren dan wel partijen zijn als volgt:

- De opgaven worden toebedeeld aan de sectoren die nutriënten toevoegen aan het (semi)natuurlijke systeem. Hiermee wordt het principe 'de vervuiler is aan zet' gehanteerd. In deze studie worden vier sectoren beschouwd: landbouw, industrie, gemeenten en waterschap.
- Diverse bronnen zijn te beschouwen als natuurlijk of seminatuurlijk. Dit geldt voor bronnen van de uit- en afspoeling die niet gedreven zijn door bemesting (kwel, nalevering bodem van landbouwgronden, infiltratiewater, atmosferische N-depositie), depositie op open water en uit- en afspoeling vanaf natuurgronden. Hieraan wordt geen eigenaar (sector) toegekend.
- De historische bemesting is niet toegekend aan een sector en ook niet meegenomen in de opgave en valt hiermee in de categorie niet toebedelen. De beleidsmatige argumentatie hiervoor is dat voor de beoordeling van de KRW-stroomgebiedbeheerplannen beargumenteerd kan worden dat het doelgat dat in 2027 nog overblijft door de bijdrage van historische belasting, op natuurlijke wijze in de tijd zal afnemen (na-ijling).
- Aan de uit- en afspoeling uit stedelijk gebied wordt – evenals aan de uitspoeling uit natuurgronden – geen eigenaar toegekend, vanuit de redenering dat in het openbaar groen geen intensieve bemesting plaatsvindt.

Met deze uitgangspunten zijn twee varianten voor de toedeling van opgave berekend:

- **Variant A:** Een bovengrens voor de opgave is berekend door de bronnen zonder eigenaar als extra opgave te verdelen over de sectoren die nutriënten toevoegen aan het systeem naar rato van hun bijdrage aan de vrachtbijdrage in het gebied (verdelen naar rato).
- **Variant B:** Een ondergrens voor de opgave van de sectoren is berekend door de bronnen waaraan geen eigenaar is toegekend niet mee te rekenen (niet toebedelen). De benodigde emissiereductie wordt dan niet bereikt.

Voor deze varianten is in overleg met het waterschap de indeling bij het toedelen naar sectoren gehanteerd zoals aangegeven in Tabel 2.6. De hiermee berekende opgaven zijn weergegeven in hoofdstuk 5, Tabel 5.4 (stikstof) en Tabel 5.5 (fosfor).

Een groot deel van de stikstofbelasting kan niet direct gekoppeld worden aan een eigenaar. In variant A wordt dit deel toebedeeld aan de sectoren die (antropogeen) de nutriënten in het water brengen. Dit naar rato van hun antropogene bijdrage. Historische mestgift wordt hierin echter niet toebedeeld vanuit een landelijke gedachtelijn dat deze bron door natuurlijke processen verder in de tijd zal afnemen en dat daarmee onderbouwd kan worden dat het KRW-doel later zal worden bereikt (fasering). Daarnaast betreft het hier een relatief kleine post in de totale opgave, waardoor het effect op het doelbereik klein is.

Tabel 2.6 Toedeling van bronnen aan verschillende sectoren, niet toedelen of verdeling naar rato.

Nutriëntenbron	Bron/sector	Toedeling	
		Variant A	Variant B
Uit- en afspoeling	Actuele bemesting	Landbouw	Landbouw
	Historische bemesting	Landbouw	Niet toedelen
	nalevering bodem (mineralisatie, uitloging)	Geen	Verdeling naar rato
	atmosferische depositie bodem	Geen	Verdeling naar rato
	kwel onder landbouwgronden	Geen	Verdeling naar rato
	Eerder geïnfilterd oppervlaktewater	Geen	Verdeling naar rato
Uit- en afspoeling natuurgronden	Geen	Verdeling naar rato	Niet toedelen
Uit- en afspoeling stedelijk gebied	Geen	Verdeling naar rato	Niet toedelen
Overige agrarisch emissies (o.a. erfafspoeling)	Landbouw	Landbouw	Landbouw
Atmosferische depositie open water	Geen	Verdeling naar rato	Niet toedelen
Industriële lozingen	Industrie	Industrie	Industrie
Overige emissies (o.a. riooloverstorten)	Gemeenten	Gemeenten	Gemeenten
Externe aanvoer (inlaatwater)	Geen	Verdelen naar rato	Niet toedelen
Directe kwel open water	Geen	Verdelen naar rato	Niet toedelen
Rwzi's	Waterschap	Waterschap	Waterschap

Bij het toedelen van de opgave wordt naast de bronnen in het vanggebied ook rekening gehouden met waterinlaat en afwenteling. Zo krijgt een waterschap een extra opgave als een deel van de nutriënten in het inlaatwater toe te schrijven is aan bovenstrooms gelegen rwzi's. Daarmee is ook de retentie van invloed op de toedeling van de opgaven, want met ECHO is door retentie de uitgaande vracht kleiner dan de som van de inkomende vrachten. En voor een grote puntbron, zoals een rwzi die loost op hoofdwatgang, wordt in ECHO een lagere retentie berekend als diffuse bronnen die meer in de haarvaten van het vanggebied terechtkomen.

2.7 Effecten maatregelen

Effecten autonoom beleid

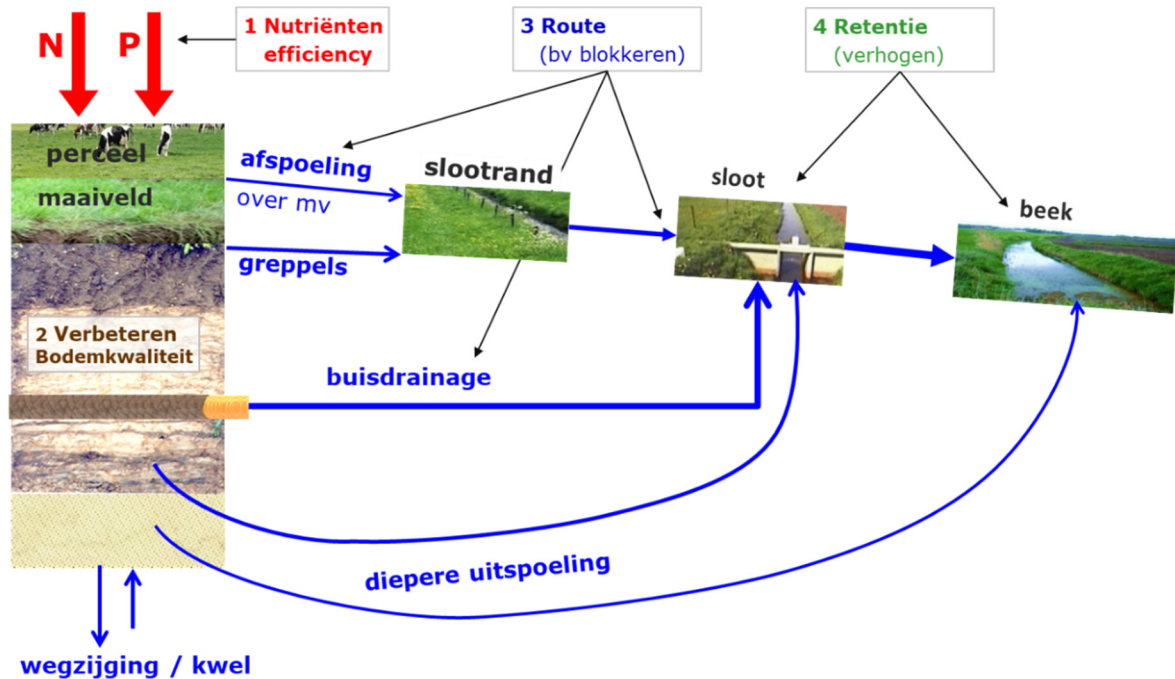
Door het huidige mestbeleid zal de uit- en afspoeling van nutriënten afnemen ten opzichte van de periode (2000-2017) waarop deze in de nutriëntenbalans is berekend. Enerzijds door de recente aanscherping van het beleid (5^e en 6^e Nitraat Actie Programma), anderzijds omdat de uitspoeling die nog voorkomt uit in het verleden gegeven hoge (historische) mestgiften in het verloop van de tijd verder afneemt.

Met de regiospecifieke SWAP-ANIMO-schematisatie is de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouw- en natuurpercelen voor de autonome situatie berekend met als zichtjaar 2027-2030, uitgaande van het 5^e Nitraat Actie Programma. Dit betreft berekeningen die zijn uitgevoerd in het kader van de ex-ante-evaluatie KRW van het PBL (Groenendijk et al., 2015; Salm et al., 2015). In die modelberekeningen zijn de veranderingen in gebruiksnormen en werkingscoëfficiënten meegenomen. Idealiter zou worden uitgegaan van het 6^e NAP, maar hiervoor waren ten tijde van het onderhavige onderzoek nog geen landelijke berekeningen voor uitgevoerd. Bovendien is in de beoordeling van het 6^e NAP al geconcludeerd dat de uitspoeling naar het oppervlaktewater ten opzichte van het 5^e NAP nauwelijks verandert. Het effect van het autonome beleid is afgeleid door de uitspoeling die voor de autonome situatie in 2027-2030 is berekend te vergelijken met hetgeen in de referentie is berekend voor de periode 2010-2013. Dit betreft dezelfde weerjaren, zodat er in de vergelijking geen effect is van verschillende weerjaren.

Landbouwmaatregelen

In het onderhavige onderzoek zijn effecten van maatregelen berekend die worden voorgestaan met het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer (DAW). Dit zijn maatwerkmaatregelen die betrekking hebben op het landbouwkundig handelen en die de agrariër dus zelf kan uitvoeren. Maatregelen die een verlaging van de stikstof- en fosforbelasting van grond- en oppervlaktewater beogen, kunnen gegroepeerd

worden naar de positie in het bodem-watersysteem waar deze maatregelen aangrijpen. Het conceptueel model hiervoor is in Figuur 2.4 weergegeven.



Figuur 2.4 Conceptueel model van de belasting van oppervlaktewater vanaf landbouwgrond. (Voor toelichting zie tekst.)

In het conceptueel model worden vier aangrijpingspunten voor maatregelen (categorieën) onderscheiden:

1. **Bronmaatregelen en brongerichte maatregelen** zijn landbouwkundige maatregelen die gericht zijn op het verbeteren van de nutriëntenefficiëntie en door een betere benutting daarvan, het verlagen van het N- en P-overschot. Hiertoe behoren maatregelen als efficiënter bemesten, het verhogen van de gewasopname en efficiënter voeren in combinatie met lagere N- en P-giften. Het effect van deze maatregelen wordt uitgedrukt in verlaging van het overschot op de bodembalans.
2. Maatregelen gericht op het verbeteren van de (fysieke) **bodemkwaliteit**. Denk aan vruchtwisseling met dieper wortelende gewassen, niet-kerende grondbewerking en de aanvoer van extra organische stof. Deze maatregelen zijn gericht op het verbeteren van de infiltratie en de interne drainage, de bodemstructuur, het vochthoudend vermogen etc. De belangrijkste effecten kunnen zijn a) verhoging van de gewasopname en daarmee verlaging van het overschot (zie 1), en b) verminderen van oppervlakkige afstroming en ondiepe uit- en afspoeling (zie 3). Dit mes snijdt dus aan twee kanten.
3. **Route- of hydrologische maatregelen** beïnvloeden de route van het water vanaf het punt van infiltratie naar het punt van uitstroming in het oppervlaktewater. De maatregelen beogen een beïnvloeding van de verdeling van het neerslagoverschot over (van snel naar langzaam) oppervlakkige afstroming, greppels, drains, ondiep grondwater (perceelsloot) en diep grondwater (overige sloten). Ook dit mes snijdt aan twee kanten, omdat (1) de gewasproductie kan toenemen, wat het nutriëntenoverschot vermindert, en (2) onnodige afvoer van water en nutriënten via snelle routes kan worden voorkomen; water kan infiltreren en stroomt via de ondergrond deels naar het diepere grondwater en deels naar de sloot, waarbij een deel van de nutriënten wordt omgezet of vastgelegd.
4. **Retentiemaatregelen** zijn gericht op het omzetten of vastleggen van nutriënten aan de rand van het perceel of in het oppervlaktewatersysteem zelf. Dit kan door de omzetting van nitraat naar stikstofgas (denitrificatie) te bevorderen (bijvoorbeeld in een reactieve barrière met houtsnippers) of door fosfaat vast te leggen (bijvoorbeeld in een reactieve barrière met ijzerzand). Daarnaast vallen hier maatregelen onder die worden getroffen in en nabij perceelsloten, zoals slootbeheer, 'kwaliteitsbaggeren' en aanleg van vloeivelden of retentiesloten.

Op basis van de kennis en GIS-tool in het onderzoek [Nutriënten: welke landbouwmaatregelen snijden hout](#) van het onderzoeksprogramma Kennisimpuls Waterkwaliteit, is berekend waar de diverse DAW-maatregelen binnen deze categorieën mogelijk en kansrijk zijn, gelet op het landgebruik en de kenmerken van de percelen. Daarbij is voor de kansrijkheid aangegeven of de maatregel toegerekend is tot de drie kansrijkste (en effectief) geachte maatregelen. Ook is berekend op welk percentage van de landbouwpercelen de maatregel maximaal mogelijk is. In voorgaande onderzoeken (Groenendijk et al., 2016; Schipper et al., 2019) zijn berekeningen met SWAP-ANIMO rekenplots van het landelijke model STONE uitgevoerd om effecten te kwantificeren van verbetering van de nutriëntenefficiëntie (verlaging van met name het N-bodemoverschot), bodemverbetering en precisiebemesting. Met aannames over de implementatiegraad is het reductie-effect van een maatregel gekwantificeerd op basis van de rekenplots die met het herschikken voor de deelstroomgebieden zijn geselecteerd. Los van de rekenplots is op basis van beschikbare en karteerbare kenmerken het effect van de aanleg van bufferstroken berekend.

Effecten aanpassingen rwzi

Voor de rwzi's heeft het waterschap ten behoeve van maatregelen scenario's op dezelfde wijze als voor de referentie de debieten en concentraties aangeleverd voor de volgende scenario's:

1. Basisprognose: toekomstige effluentkwaliteit (jaar 2040), rekening houdend met bevolkingsgroei en andere deelstromen, maar zonder iets in de bedrijfsvoering aan te passen;
2. Toekomstige effluentkwaliteit (2040) met aangepast beheer;
3. Toekomstige effluentkwaliteit (2040) + extra investeringen 4^e trap + aangepast beheer.

Voor deze scenario's is, analoog aan de berekende huidige situatie, debiet-proportioneel de stikstof- en fosforvrucht van het effluent bepaald. In de modelberekeningen is er rekening mee gehouden dat de veranderde rwzi-vrucht ook via afwenteling invloed heeft op benedenstroomse vanggebieden.

3 Water- en nutriëntenbalans

3.1 Gebiedsanalyse

In het vorige hoofdstuk is de indeling van het studiegebied in vanggebieden beschreven. Voor ieder van de 25 vanggebieden is voor de water- en nutriëntenbalans het landgebruik bepaald op basis van LGN7 en de bodemtypen en grondwatertrappen op basis van de bodemkaart 1:50.000 (Klijn 1997). In Tabel 3.1 staan de arealen die gebruikt zijn in de berekeningen.

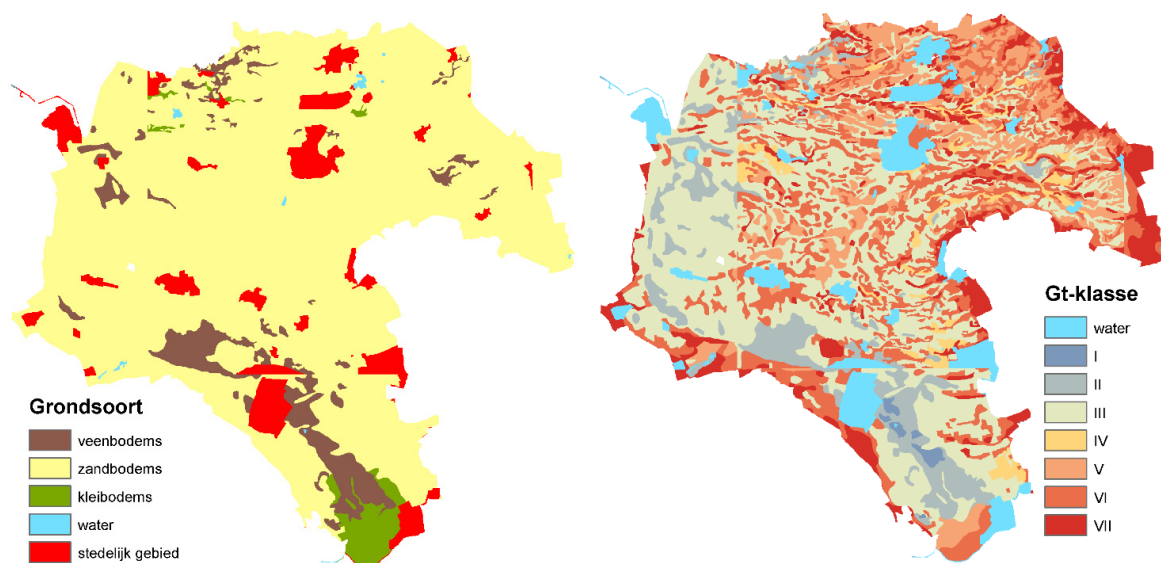
Tabel 3.1 Arealen waarmee de uit- en afspoeling en de diffuse belasting vanuit stedelijk gebied is berekend.

Deelgebied	areaal totaal (ha)	landbouw		natuur		stedelijk		sted. groen		sted. water	
		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
1 Binnenveld	6846	3665	54%	447	7%	2624	38%	852	12%	26.2	0.4%
2 Zijdewetering	1294	336	26%	32	3%	879	68%	317	24%	35.2	2.7%
3 Emminkhuizerbeek	310	264	85%	24	8%	21	7%	1	0%	0.1	0.0%
4 Groepersloot	418	328	78%	41	10%	47	11%	0	0%	0.2	0.1%
5 Munikkebeek	1725	1314	76%	70	4%	332	19%	41	2%	11.3	0.7%
6 Bovenloop Lunterse Beek	3735	2860	77%	192	5%	661	18%	111	3%	5.3	0.1%
7 Benedenloop Lunterse Beek	483	340	70%	56	12%	79	16%	21	4%	3.0	0.6%
8 Vlastuinerbeek	455	193	42%	40	9%	217	48%	61	13%	7.6	1.7%
9 Nattegatsloot	956	710	74%	171	18%	69	7%	6	1%	2.4	0.3%
10 Voskuilerbeek	263	231	88%	17	6%	14	5%	0	0%	0.1	0.0%
11 Moorsterbeek	1600	1282	80%	188	12%	125	8%	16	1%	0.6	0.0%
12 Lapeerse Beek	244	195	80%	33	13%	16	6%	3	1%	0.1	0.0%
13 Modderbeek	1583	1288	81%	63	4%	213	13%	39	2%	1.1	0.1%
14 Stoutenburg/Musschendorp	208	183	88%	4	2%	22	10%	2	1%	0.5	0.3%
15 Grote Valkse Beek	2616	1884	72%	151	6%	568	22%	161	6%	5.7	0.2%
16 Kleine Valkse Beek	1701	1299	76%	108	6%	247	15%	53	3%	1.2	0.1%
17 Middenloop Barneveldse Beek	1334	903	68%	43	3%	371	28%	97	7%	1.9	0.1%
18 Kleine Barneveldse Beek	1269	682	54%	180	14%	398	31%	109	9%	15.5	1.2%
19 Esvelderbeek	5135	3610	70%	334	6%	1112	22%	258	5%	43.4	0.8%
20 Benedenloop Barneveldse beek	753	488	65%	57	8%	157	21%	48	6%	4.7	0.6%
21 Hoevelakense beek	3403	1914	56%	495	15%	935	27%	317	9%	9.4	0.3%
22 Woudenbergse Grift	4532	2451	54%	1047	23%	960	21%	338	7%	28.8	0.6%
23 Linieloot (bovenstrooms)	478	414	87%	30	6%	33	7%	2	0%	1.0	0.2%
24 Heiligenbergerbeek	1877	573	31%	235	12%	1020	54%	354	19%	10.2	0.5%
25 Valleikanaal	113	28	24%	9	8%	19	17%	9	8%	0.0	0.0%
Totaal	43329	27433	63%	4067	9%	11140	26%	3215	7%	215	0.5%

In de meeste vanggebieden is het dominante landgebruik landbouw; voor het gehele gebied gemiddeld 63%. Ongeveer een kwart van het gebied is stedelijk; in de Heiligenbergerbeek en Zijdewetering is meer dan de helft stedelijk. Het areaal stedelijk groen is in de meeste vanggebieden minder dan 10% en het areaal stedelijk water is in de meeste gebieden minder dan 1%. In de analyse van de landbouwstructuur (volgende paragraaf) wordt in meer detail ingegaan op het landgebruik.

De bodemtypen en grondwatertrappen zijn weergegeven in Figuur 3.1. Vrijwel het gehele gebied bestaat uit zandgronden (podzolen). De gronden zijn in de bovenstroomse delen vaak goed ontwaterd (vooral grondwatertrap V, VI en VII), maar in benedenstroomse delen komt ook vaak grondwatertrap III voor. In vrij grote delen van het Binnenveld en Woudenbergse Grift komen ook veenbodems voor.

Daar zijn de bodem volgens de grondwatertrappenkaart ook natter (grondwatertrap II). Verder valt op dat de grens tussen de kaartbladen in de grondwatertrappenkaart zichtbaar is.



Figuur 3.1 Bodemtype (grondsoort, links) en grondwatertrappen (rechts) op basis van de PAWN-bodemkaart (afgeleid van de bodemkaart 1:50.000, Klijn 1997).

3.2 Analyse landbouwstructuur

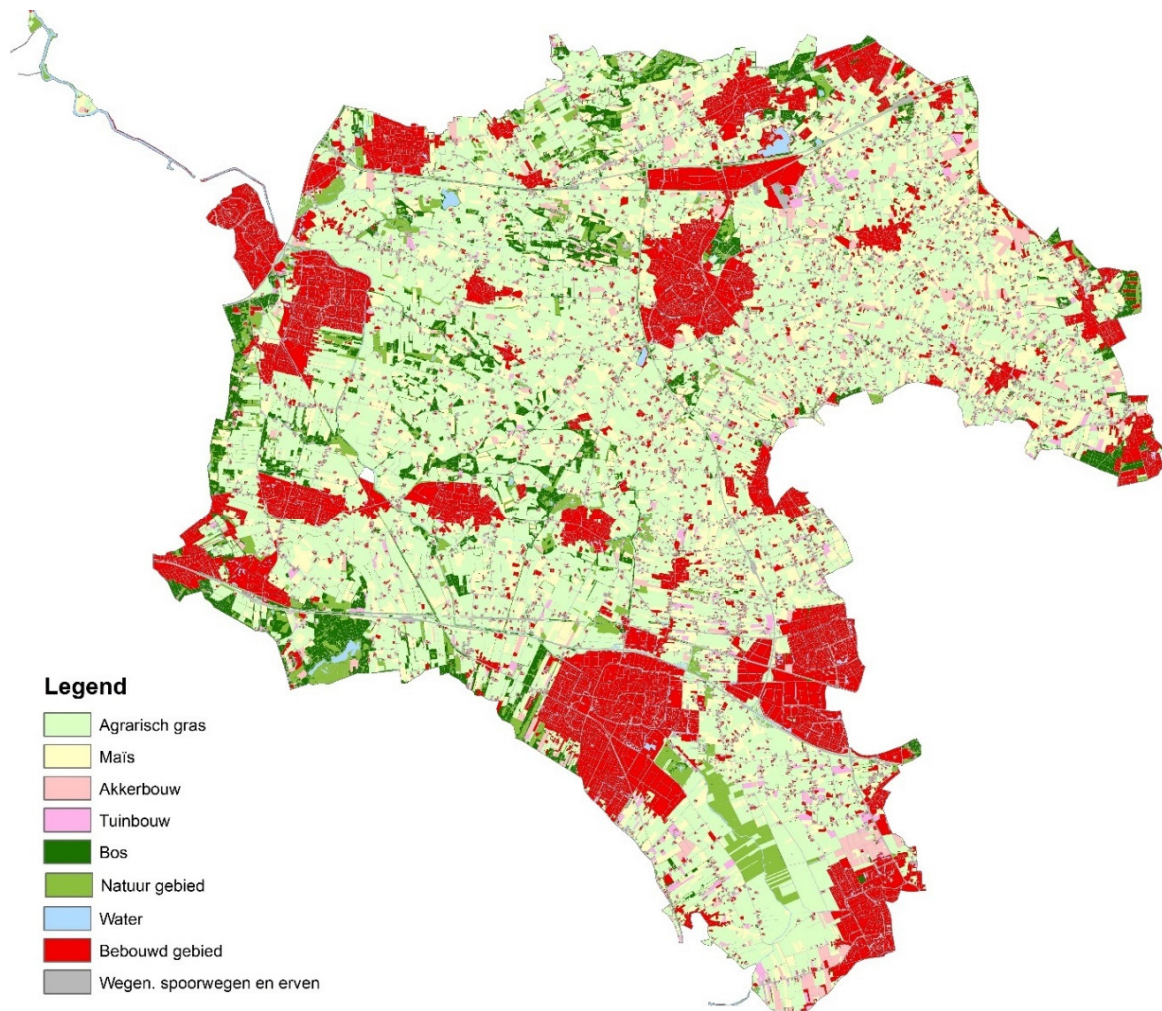
3.2.1 Inleiding

Tijdens de uitvoering van het onderzoek ontstond bij het waterschap de behoefte om meer inzicht te krijgen in de landbouw en de wijze waarop deze zich heeft ontwikkeld in het onderhavige gebied. Deze paragraaf is daarvan het resultaat. De gebiedsomschrijving 'Gelderse Vallei en oostzijde Utrechtse Heuvelrug' is voor de eenvoud in deze rapportage beperkt tot Gelderse Vallei, maar daarmee wordt hetzelfde gebied bedoeld. In de analyse wordt nader inzicht gegeven in de landbouw en de wijze waarop deze zich heeft ontwikkeld in het onderhavige gebied.

Op basis van het bestand LGN2018 (WEN) wordt het huidige grondgebruik vergeleken met de landelijke verdeling, met als doel het karakter van het gebied beter te duiden. Vervolgens wordt een kwantitatieve analyse gegeven van de landbouw om antwoord te geven op de volgende vragen. Wat is de agrarische structuur van het gebied en wat is de economische betekenis van de verschillende agrarische sectoren? Hoe verhoudt de landbouw van de Gelderse Vallei zich tot de rest van Nederland en hoe verschilt binnen de regio de landbouw per stroomgebied? Naast een antwoord op deze vragen is ook de ontwikkeling van de landbouw in het gebied tussen 2000 en 2016 onderzocht. Voor de analyse is gebruikgemaakt van het Geografische Informatiesysteem Agrarische Bedrijven (GIAB), het bestand dat de jaarlijkse CBS-landbouw telling als basis heeft.

3.2.2 Analyse landgebruik

De Gelderse Vallei als begrensd in Figuur 3.2 heeft een oppervlakte van ruim 43 duizend ha (432 km²). Circa 60% van gebied is in gebruik bij de landbouw. Bebouwing inclusief wegen, spoorwegen en erven beslaan ruim 30%, ongeveer 10% is bos en natuurgebied, oppervlaktewater heeft een aandeel van 1%. Tabel 3.2 geeft de oppervlakte van de verschillende grondgebruiksvormen en vergelijkt de verdeling van de Gelderse Vallei met het landelijk gemiddelde.



Figuur 3.2 Grondgebruik Gelderse Vallei (LGN2018, WENR).

Tabel 3.2 Grondgebruik Gelderse Vallei.

	Gelderse vallei		Nederland
	x1000ha	%	%
Landbouw	25.3	59%	56%
<i>Grasland</i>	19.1	44%	30%
<i>Snijmais</i>	4.9	11%	7%
<i>Akkerbouw</i>	0.9	2%	16%
<i>Tuinbouw (incl. fruitteelt)</i>	0.4	1%	4%
Bebouwd gebied	13.2	31%	23%
<i>Bebouwde kom</i>	7.4	17%	14%
<i>Bebouwing en erven buitengebied</i>	2.8	7%	3%
<i>Wegen en spoorwegen</i>	3.0	7%	6%
Bos en natuurgebied	4.2	10%	17%
Oppervlakte water	0.5	1%	5%
Totaal	43.2	100%	100%

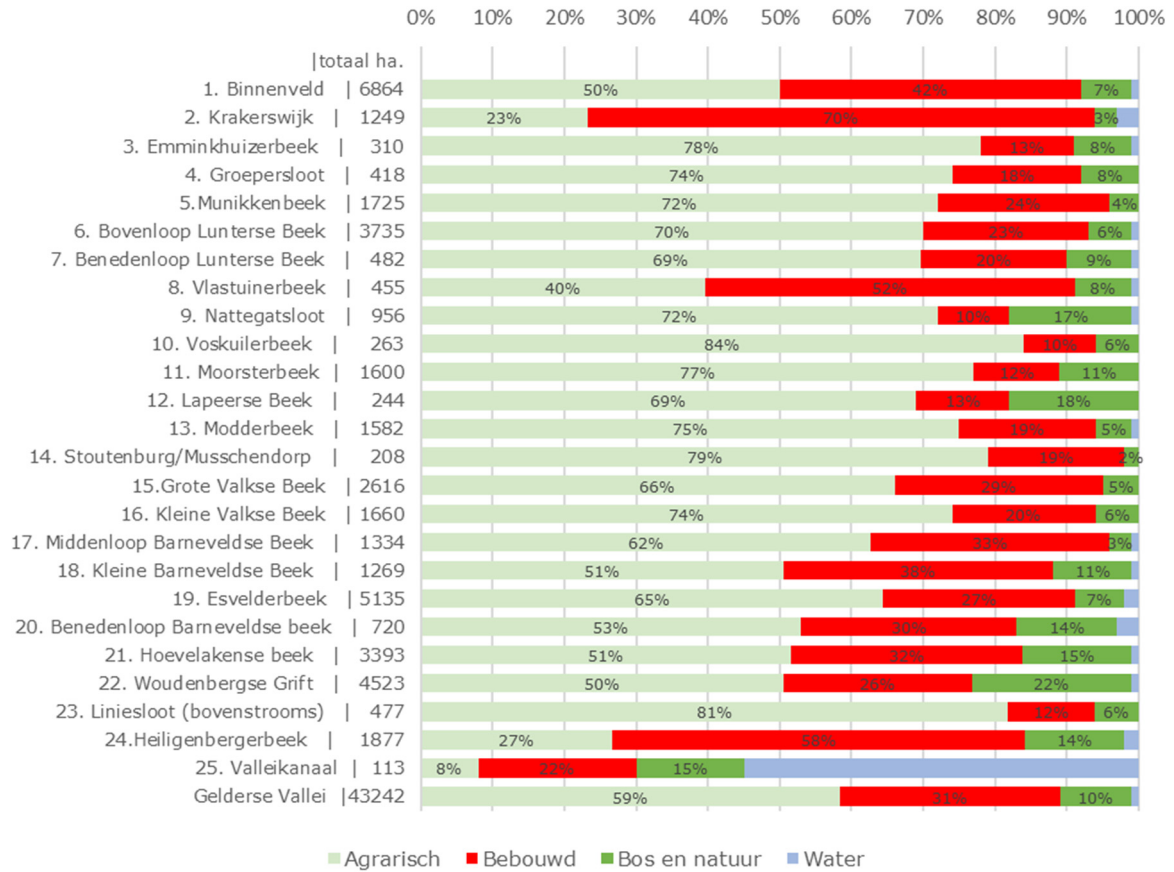
(Bron: LGN2018, WENR)

De Gelderse Vallei heeft vergeleken met het landelijk gemiddelde een iets hoger aandeel grond in gebruik bij de landbouw. Grasland en snijmais zijn de overheersende gewassen. Akkerbouw, tuinbouw en fruitteelt zijn er slechts in beperkte mate. De menselijke occupatie in de vorm van bebouwing, wegen, erven et cetera neemt in de Gelderse Vallei een relatief hoog aandeel in. Zowel de oppervlakte van de bebouwde kommen als bebouwing in het buitengebied en (spoor)wegen nemen in de Gelderse

Vallei een hoger aandeel in dan gemiddeld in Nederland, een aanwijzing dat het gebied een behoorlijke 'ruimtedruk' heeft.

Uitsplitsing per deelgebied

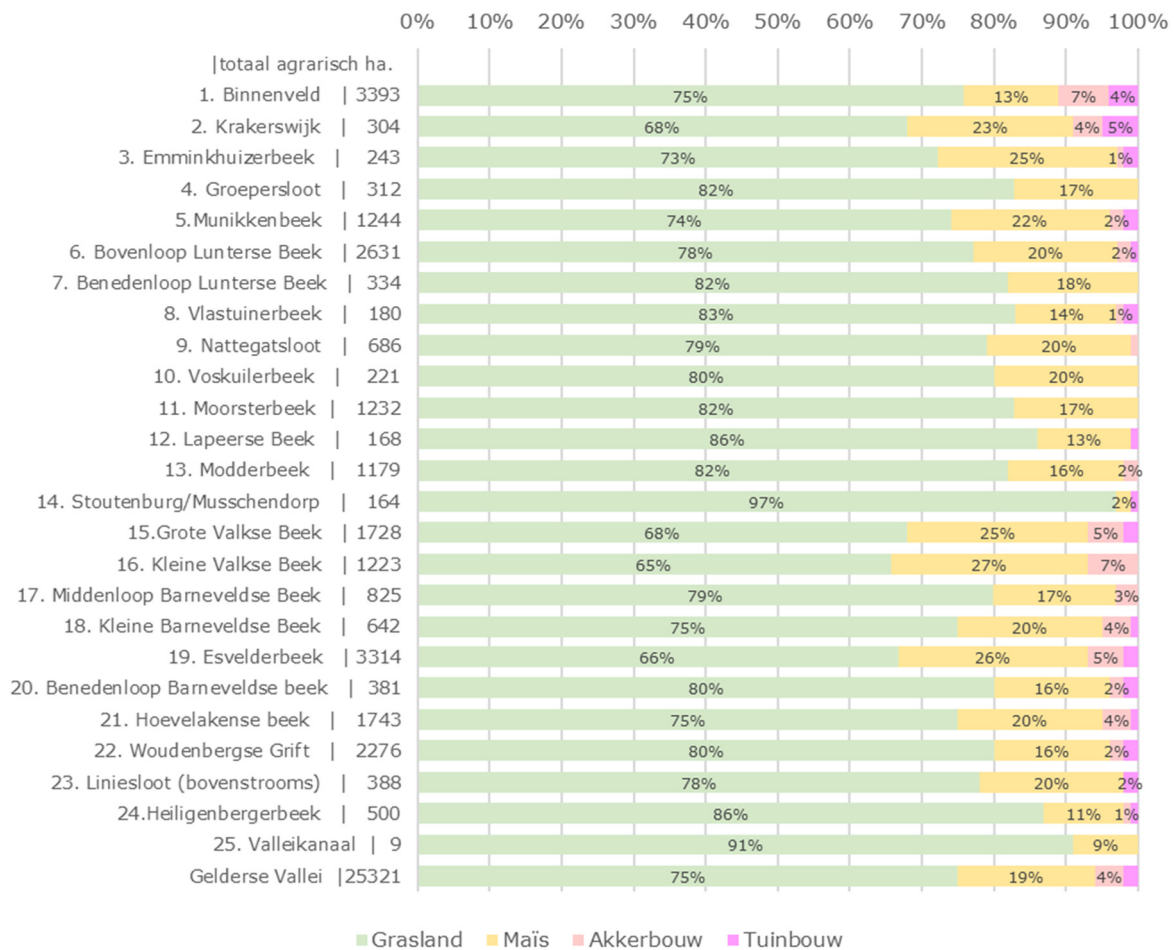
De oppervlakte en procentuele verdeling van het hoofdgrondgebruik per vanggebied is weergegeven in onderstaand diagram (Figuur 3.3).



Figuur 3.3 Oppervlakte en verdeling van het hoofdgrondgebruik per stroomgebied van de Gelderse Vallei (LGN2018, WENR).

Uit de figuur valt af te lezen dat ca. vijf deelgebieden (1, 2, 8, 18 en 24) veel bebouwing hebben en als gevolg daarvan betrekkelijk weinig landbouwgrond. In veertien deelgebieden neemt de landbouw meer dan driekwart van de ruimte in beslag. Het aandeel bos en natuur verschilt niet zo sterk tussen de deelgebieden, al hebben deelgebied 9, 12, en 20 t/m 25 een relatief hoger aandeel. Dit zijn de noordwestelijk gesitueerde vanggebieden. Dit onderscheid is overigens direct al uit Figuur 3.2 af te lezen. Het oostelijk deel van de Gelderse Vallei is landschappelijk vrij open met aaneengesloten landbouwpercelen, terwijl het westelijk deel een kleinschaliger landschap heeft met afwisselend landbouwpercelen, houtwallen en bosschages.

Hetzelfde type diagram in Figuur 3.4 geeft per deelgebied de verdeling van het agrarisch grondgebruik. Uit de figuur valt af te lezen dat wat betreft de verdeling van gewastypen er tussen de stroomgebieden weinig verschil bestaat. Het aandeel grasland van het agrarisch areaal varieert van 65-97%, snijmais van 2-27%, akkerbouw (vooral graan en aardappelen) van 0-7% en tuinbouw (vooral boomkwekerij) van 0-5%.



Figuur 3.4 Oppervlakte van het agrarisch areaal en de verdeling van gewastypen per stroomgebied van de Gelderse Vallei (LGN2018, WENR).

3.2.3 Agrarische structuur

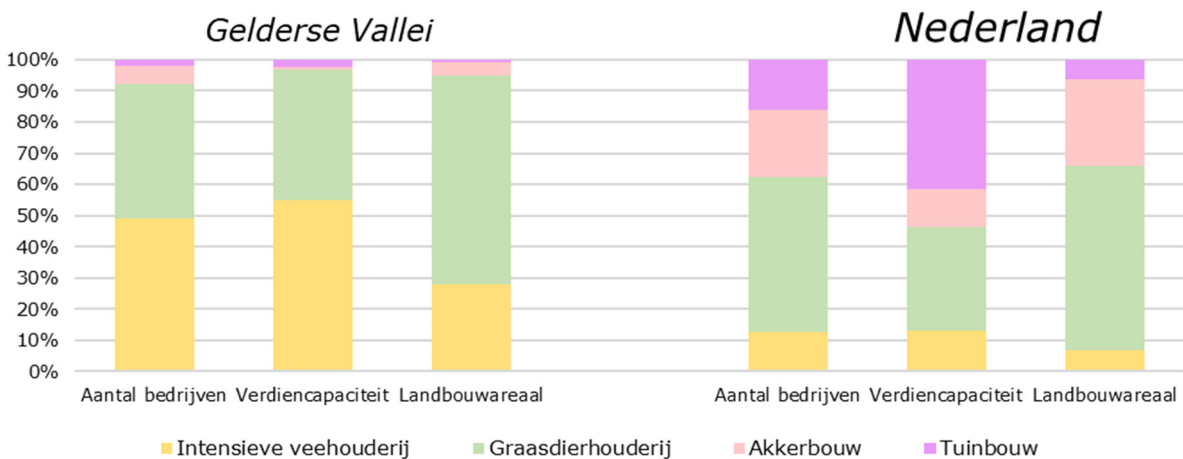
Bedrijfstypen

Tabel 3.3 geeft een uitsplitsing voor de Gelderse Vallei naar (hoofd)bedrijfstypen.

Tabel 3.3 Aantal bedrijven, verdien capaciteit en landbouwareaal per bedrijfstype in de Gelderse Vallei (Bron: GIAB 2016, WENR).

	Aantal bedrijven	Verdien capaciteit (€ x miljoen)	Areaal (ha x 1000)
Intensieve veehouderij			
Vleeskalverhouderij	337	11.5	2.5
Varkenshouderij	212	10.9	1.2
Leghennen	149	14.0	1.1
Overige hokdierbedrijven	137	14.0	2.0
Graasdierhouderij			
Melkveebedrijven	335	24.5	10.9
Overige graasdierbedrijven	394	14.0	5.7
Plantenteelt			
Akkerbouw	101	0.7	1.0
Tuinbouw	36	2.3	0.2
Totaal	1701	92.0	24.7

Volgens de landbouwtelling van 2016 heeft de Gelderse Vallei in totaal 1700 agrarische bedrijven met een standaard verdien capaciteit (VC)⁴ van € 92 miljoen en een cultuurareaal van bijna 25 duizend hectare. Figuur 3.5 geeft een vergelijking met het landelijk gemiddelde.



Figuur 3.5 Verdeling van het aantal bedrijven, verdien capaciteit en landbouwareaal per hoofdbedrijfstype in de Gelderse Vallei en Nederland (GIAB 2016, WENR).

De agrarische bedrijven in de Gelderse Vallei zijn voor meer dan 90% veehouderijen. Ruim de helft zijn intensieve veehouderijbedrijven. Typerend voor de regio zijn vleeskalver- en leghenbedrijven, hun aandeel is hier veel hoger dan gemiddeld in Nederland. Ook zijn er veel grondgebonden graasdierbedrijven, dat wil zeggen dat deze bedrijven grotendeels in hun eigen voerbehoefte voorzien in de vorm van gras en/of snijmais. Melkveehouderij is daarvan de belangrijkste sector, met een aandeel in aantal en areaal dat in de Gelderse Vallei ongeveer gelijk is aan het landelijk gemiddelde.

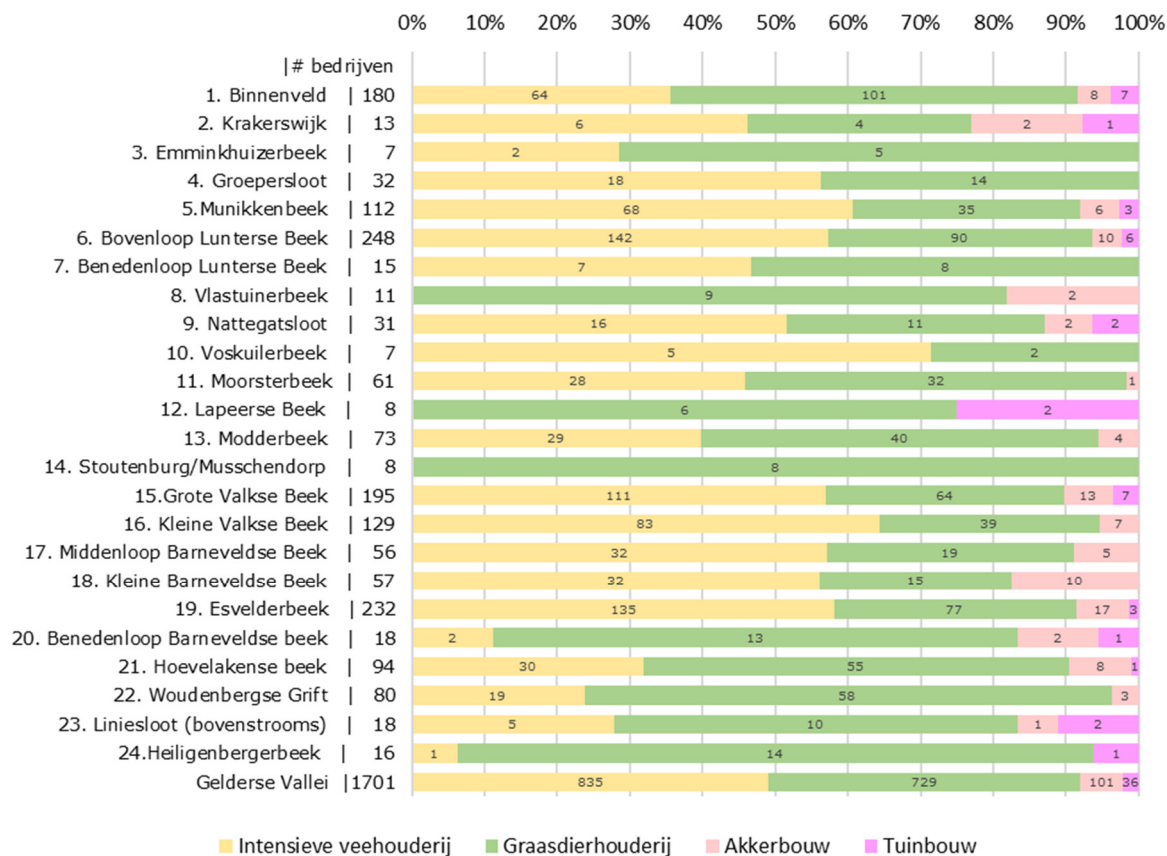
Kenmerkend voor de Gelderse Vallei is verder dat er nauwelijks akker- en tuinbouwbedrijven zijn. De als akkerbouw geregistreerde bedrijven verbouwen bovendien hoofdzakelijk snijmais (veevoer voor andere bedrijven) en zijn klein qua productieomvang. Tuinbouw in de Gelderse Vallei heeft hoofdzakelijk betrekking op boomkwekerij. Het aantal bedrijven met groente of fruit is op één hand te tellen en dus marginaal.

Figuur 3.5 benadrukt dus het belang van de intensieve veehouderij in de Gelderse Vallei. Naast de meeste bedrijven heeft deze sector ook het grootste deel van de VC, en is op basis daarvan aan te geven als de belangrijkste agrarische sector in de Gelderse Vallei. De grondgebonden graasdiersector heeft daarentegen de meeste landbouwgrond in gebruik, ca. twee derde van het totale landbouwareaal. Melkveehouderij bepaalt in de Gelderse Vallei 44% van het agrarisch grondgebruik, een aandeel nagenoeg gelijk aan het landelijk gemiddelde.

Uitsplitsing per deelgebied

Het diagram in Figuur 3.6 geeft per deelgebied het aantal agrarische bedrijven en de procentuele verdeling van het aantal daarvan per landbouwsector. Intensieve veehouderijbedrijven overheersen in de deelgebieden 4 t/m 6, 10 en 15 t/m 19, deelgebieden vooral gesitueerd in het centrale oostelijke deel van de Gelderse Vallei in de gemeenten Ede en Barneveld. De grondgebonden graasdierhouderijbedrijven zijn het talrijkst in de deelgebieden 8, 12 t/m 14 en 20 t/m 24, gebieden in het westelijk en noordelijk deel van de Gelderse Vallei in de Utrechtse gemeenten en het noordelijke deel van de gemeente Barneveld. Hoewel het lijkt dat deelgebied 12 en 23 een relatief hoog aandeel tuinbouwbedrijven hebben, gaat het in beide deelgebieden om slechts twee bedrijven.

⁴ Standaard Verdien capaciteit, maat voor de toegevoegde waarde van de agrarische sector (NSO-typering 2018).



Figuur 3.6 Aantal bedrijven en verdeling bedrijfstypen per stroomgebied van de Gelderse Vallei (GIAB, 2016).

3.2.4 Gemiddelde bedrijfsomvang en verdien capaciteit

De gemiddelde bedrijfsomvang is een belangrijke maatstaf voor de vitaliteit van de landbouw in een gebied. Aangenomen wordt dat de vitaliteit van landbouw minder is naarmate een gebied veel kleine bedrijven heeft. Tabel 3.4 geeft per sector de gemiddelde bedrijfsomvang (ha/bedrijf), de gemiddelde VC/bedrijf en de gemiddelde intensiteit van het agrarisch grondgebruik (VC/ha) voor de Gelderse Vallei en Nederland.

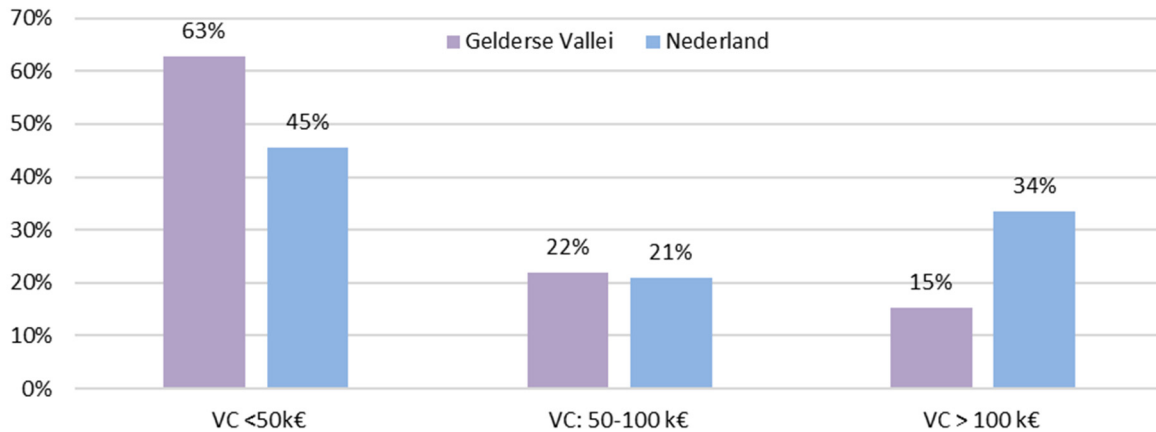
Tabel 3.4 Gemiddelde bedrijfsomvang, VC/bedrijf en VC/ha per bedrijfstype in de Gelderse Vallei en Nederland.

	Bedrijfsomvang (ha/bedrijf)		Verdien capaciteit (€ x 1000/bedrijf)		Intensiteit (€ x 1000/ha)	
	Gelderse Vallei	Nederland	Gelderse Vallei	Nederland	Gelderse Vallei	Nederland
<i>Intensieve veehouderij</i>						
Vleeskalverhouderij	7	16	34	37	4.6	2.3
Varkenshouderij	6	13	51	113	9.0	8.4
Leghennen	7	11	94	131	12.7	12.5
Overige hokdierbedrijven	15	29	103	140	6.8	4.7
<i>Graasdierhouderij</i>						
Melkveebedrijven	32	54	73	113	2.3	2.1
Overige graasdierbedrijven	15	23	36	20	2.5	0.9
<i>Plantenteelt</i>						
Akkerbouw	10	42	7	66	0.7	1.6
Tuinbouw	5	17	65	168	12.3	9.8
Totaal	15	36	54	90	3.7	2.5

(Bron: Giab 2016)

Voor alle sectoren geldt dat de bedrijven in de Gelderse Vallei relatief klein zijn, zowel wat betreft oppervlakte als verdien capaciteit. Over alle sectoren is de gemiddelde bedrijfsoppervlakte in de Gelderse Vallei 15 ha en landelijk 36ha/bedrijf. Het wijst op een hoge 'gronddruk' in de GV en is deels een verklaring voor het hoge aandeel intensieve veehouderij. In het verleden is voor bedrijfsontwikkeling ingezet op intensivering, omdat vergroting van het areaal in veel gevallen niet mogelijk was.

Figuur 3.7 geeft de verdeling van het aantal bedrijven naar omvang van de VC/bedrijf in de Gelderse Vallei en Nederland.



Figuur 3.7 Aandeel landbouwbedrijven per omvangklasse VC/bedrijf in de Gelderse Vallei en Nederland (GIAB 2016).

De gemiddelde VC/bedrijf ligt voor de meeste sectoren in de Gelderse Vallei (ruim) onder het landelijk gemiddelde. Figuur 3.8 laat zien dat in de Gelderse Vallei 63% (!) van de bedrijven een VC heeft < 50 k€. Gesteld kan worden dat deze bedrijven niet een volledig inkomen kunnen halen uit alleen de agrarische productie. In de Gelderse Vallei heeft 15% van de bedrijven een VC > 100 k€. Landelijk is dat aandeel 34%. De Gelderse Vallei heeft dus relatief veel kleine bedrijven.

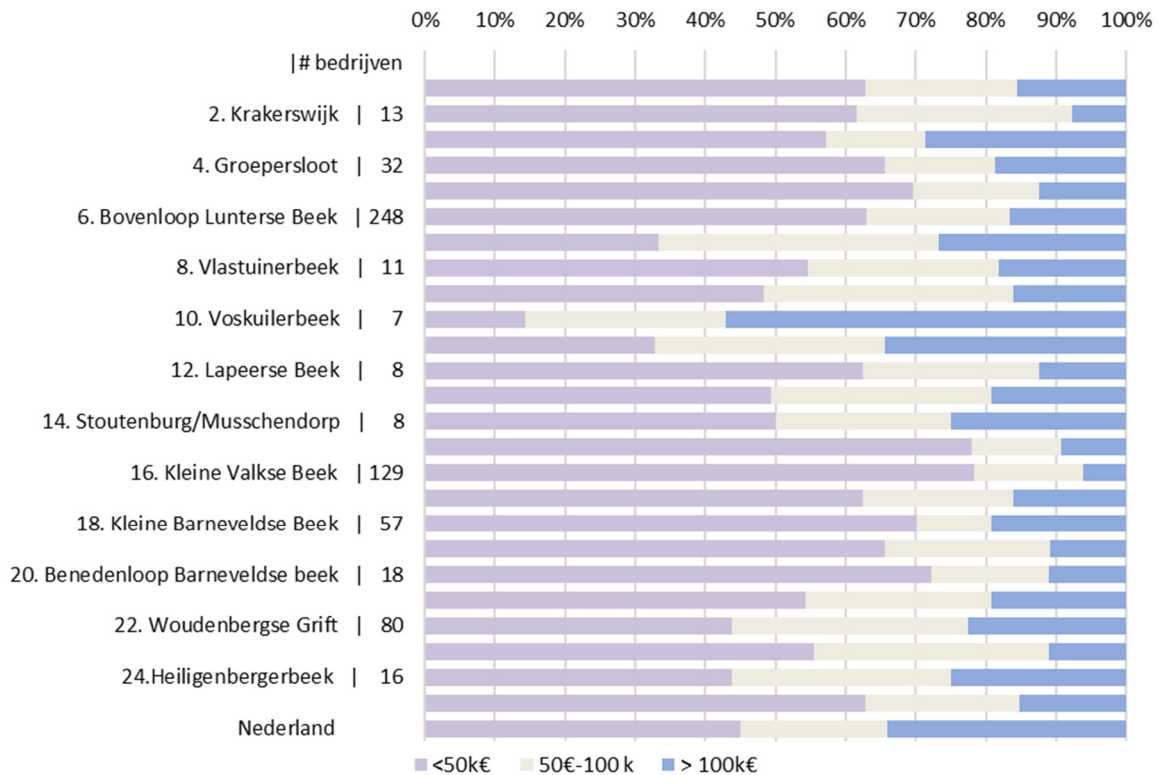
In algemene termen kan gesteld worden dat de landbouw daardoor minder vitaal is dan in veel andere gebieden. Dit geldt bijvoorbeeld voor de varkenshouderij met veel kleine bedrijven, en vaak een oudere ondernemer. Ook voor de melkveehouderij is de vitaliteit in de Gelderse Vallei als matig aan te geven. Dit vooral als gevolg van de hoge 'grondruk', waardoor het voor de grondgebonden melkveebedrijven moeilijk is om op te schalen en bij te blijven in de concurrentieslag. Er zijn echter ook specifieke kenmerken voor sommige sectoren in de Gelderse Vallei. Zo zijn de leghebbedrijven in de Gelderse Vallei kleiner ten opzichte van het landelijk gemiddeld, maar hebben ze vaker een biologische productiewijze.

Van de vleeskalverhouderij is bekend dat deze bedrijven vaak ook een andere, niet-agrarische tak of nevenberoep hebben, zodat het voortbestaan van een bedrijf niet alleen afhankelijk is van de agrarische productie.

Tabel 3.4 laat verder zien dat ondanks dat de Gelderse Vallei relatief veel kleine bedrijven heeft, de intensiteit van het agrarisch grondgebruik op basis van de gemiddelde VC/ha veel hoger is dan gemiddeld in Nederland. In de Gelderse Vallei bedraagt de gemiddelde VC € 3700/ha, terwijl dat landelijk gemiddeld € 2500/ha bedraagt. Opvallend is verder dat ook voor de afzonderlijk sectoren de VC/ha in de Gelderse Vallei gemiddeld hoger is. De 'milieudruk' van de landbouw in de Gelderse Vallei is daardoor ook betrekkelijk hoog. Het gaat in dit verband vooral om de gevolgen van de hoge dichtheid aan veehouderij, met name het mestoverschot.

Uitsplitsing per deelgebied

Figuur 3.8 geeft de verdeling van het aantal bedrijven naar VC-omvangklasse per deelgebied.



Figuur 3.8 Procentueel aandeel bedrijven per VC-omvangklasse per stroomgebied van de Gelderse Vallei (GIAB2016).

Zoals aangegeven, geldt landelijk dat 45% van de bedrijven een VC < 50 k€. Slechts enkele deelgebieden in de Gelderse Vallei hebben een lager aandeel; 7, 10, 11 kleine bedrijven, waarbij aangemerkt kan worden dat dit betrekkelijk kleine deelgebieden zijn met weinig bedrijven. Opvallend is dat de deelgebieden 1 t/m 6 en 15 t/m 20 een relatief hoog aandeel kleine bedrijven hebben. Dit zijn vooral de stroomgebieden aan de zuidoostkant in de omgeving van Ede en Veenendaal en ten noordoosten van Barneveld.

3.2.5 Ontwikkeling van de landbouw periode 2000-2016

Tabel 3.5 geeft voor de Gelderse Vallei en Nederland de ontwikkeling van de landbouw op basis van de ontwikkeling van het aantal bedrijven, de agrarische verdien capaciteit en het landbouwareaal.

Tabel 3.5 Ontwikkeling aantal landbouwbedrijven, totale VC en het landbouwareaal tussen 2000-2016.

	Aantal bedrijven	totale VC (x € miljoen)	Landbouwareaal (x1000ha.)
2016	1701	92	24.7
2000	2837	80	28.1
verschil	-1136	12	-3.4
% Gelderse Vallei	-40%	+15%	-12%
% Nederland	-42%	+36%	-10%

(Bron: Giab 2016)

Het aantal landbouwbedrijven in de Gelders Vallei is tussen 2000 en 2016 met 40% afgenomen, nagenoeg gelijk aan de landelijke trend. Ook het landbouwareaal nam af in de Gelderse Vallei (-12%), ongeveer gelijk aan het landelijk gemiddelde (-10%). De toename van de VC echter blijft in de Gelderse Vallei (+15%) aanzienlijk achter bij het landelijk gemiddelde (+36%).

Tabel 3.6 geeft een uitsplitsing van de ontwikkeling van de VC tussen 2000-2016 per deelsector en vergelijkt de ontwikkeling in de Gelderse Vallei met de landelijke ontwikkeling.

Tabel 3.6 Relatieve ontwikkeling VC 2000-2016 per deelsector in Gelders Vallei en Nederland.

	Gelderse Vallei	Nederland
Intensieve veehouderij		
Vleeskalverhouderij	+38%	+30%
Varkenshouderij	+15%	+35%
Leghennen	+49%	+17%
Overige hokdierbedrijven	-27%	+15%
Graasdierhouderij		
Melkveebedrijven	+47%	+73%
Overige graasdierbedrijven	+27%	+13%
Plantenteelt		
Akkerbouw	+19%	+39%
Tuinbouw	-56%	+22%
Totaal	+15%	+36%

(Bron: Giab 2016)

Uit de cijfers blijkt dat in de Gelderse Vallei de verdien capaciteit van de vleeskalver- en leghensector zich beter heeft ontwikkeld dan gemiddeld in Nederland. Voor de overige sectoren geldt dat de ontwikkeling achterblijft bij de landelijke trend. Met uitzondering van de kalver- en leghensector blijft de ontwikkeling van de agrarische bedrijven in de Gelderse Vallei dus achter bij de landelijke ontwikkeling. De combinatie van hoge 'ruimtedruk' en de gemiddeld kleine bedrijven lijkt daarvoor een waarschijnlijke verklaring.

De ontwikkeling van het aantal landbouwhuisdieren is vanzelfsprekend een goede indicatie van de wijze waarop de veehouderij zich in de Gelderse Vallei heeft ontwikkeld. Tabel 3.7 geeft de ontwikkeling van de belangrijkste landbouwhuisdieren.

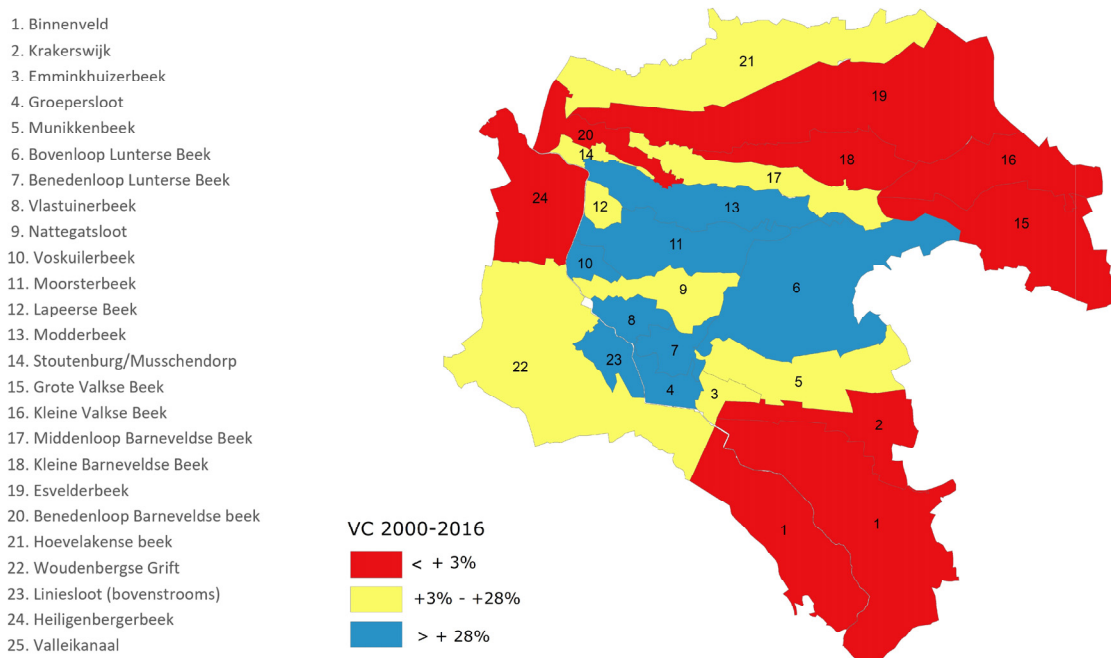
Tabel 3.7 Ontwikkeling dieraantallen (x1000) tussen 2000 en 2016.

	Gelderse Vallei				Nederland
	2016	2000	verschil	%	%
Rundvee	315	252	+63	+25%	+6%
...waarvan melkkoeien	31	35	-3	-10%	+17%
Varkens	483	641	-158	-25%	-3%
Kippen	9901	7860	+2041	+26%	+2%
...waarvan leghennen	8257	6681	1576	+24%	+6%
Schape	7	8	-1	-7%	-34%
Melkgeiten	23	4	+19	+488%	+258%

De rundveestapel blijkt in de Gelderse Vallei tussen 2000 en 2016 met 25% toegenomen. Dit terwijl het aantal melkkoeien er, tegen de landelijke trend in, is afgenomen. De groei van de rundveestapel wordt bepaald door een toename van het aantal vleeskalveren. De varkenshouderij laat in de Gelderse Vallei een relatief sterke afname zien, terwijl het aantal leghennen en vleeskuikens juist relatief sterk is toegenomen. Bij de overige graasdieren valt de toename van het aantal melkgeiten op.

Uitsplitsing per deelgebied

De kaart in Figuur 3.9 geeft de ontwikkeling van de agrarische VC per vanggebied. Als aangegeven in Tabel 4, nam de totale VC in de Gelderse Vallei tussen 2000 en 2016 toe met 15%. De in figuur rood gearceerde deelgebieden hadden maar een geringe toename of afname van de VC. Het is een aanwijzing dat het aantal dieren en daarmee de milieudruk in deze gebieden de afgelopen decenia is afgenomen. Voor de blauwe gebieden in het middendeel geldt het tegenovergestelde: in deze deelgebieden is de VC het meest toegenomen, waarschijnlijk als gevolg van een groei van het aantal dieren.



Figuur 3.9 Procentuele ontwikkeling agrarische VC 2000- 2016 per vanggebied van de Gelderse Vallei.

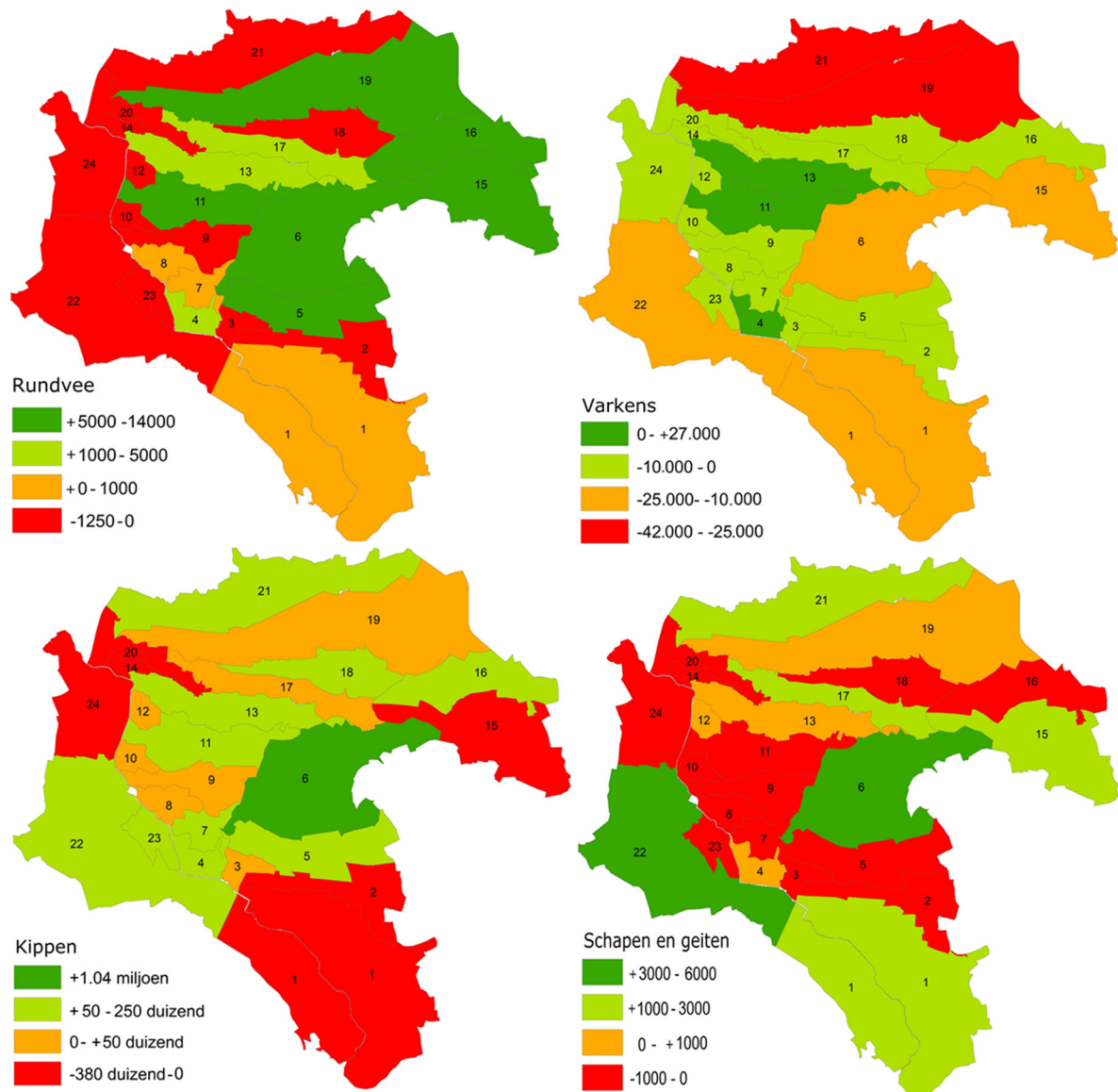
Figuur 3.10 geeft de ontwikkeling van het aantal runderen, varkens, kippen, schapen en geiten. Als disclaimer kan aangegeven worden dat slechts gekeken is naar twee momenteopnamen, namelijk de momenten dat in 2000 en 2016 de landbouwteiling is ingevuld.

Het totaal aantal runderen is in de Gelderse Vallei tussen 2000 en 2016 toegenomen van 252 naar 315 duizend. Als eerder aangegeven, is de groei het gevolg van de toename van het aantal vleeskalveren, het aantal melkkoeien is over deze periode gekrompen. De kaart laat duidelijk zien dat de groei van de kalverhouderij vooral heeft plaatsgevonden in het noordoostelijke deel van de Gelderse Vallei.

Het aantal kippen (leghennen + slachtkuikens) nam in de Gelderse Vallei tussen 2000 en 2016 toe van 7,9 miljoen naar 9,9 miljoen. Uitgesplitst naar de stroomgebieden is een sterke groei te zien voor het deelgebied Bovenloop Lunterse beek (6), het aantal kippen nam hier toe met meer dan 1 miljoen. Dat wil zeggen dat de helft van de groei van het aantal kippen in de Gelderse Vallei zich in dit deelgebied heeft voorgedaan. In tien andere stroomgebieden is het aantal kippen toegenomen, terwijl in twaalf het aantal afnam. De sterkste afname was in Grote Valkse Beek (15) en Binnenveld, met een afname van respectievelijk 380 duizend en 186 duizend stuks.

Het totaalaantal varkens nam in de Gelderse Vallei tussen 2000 en 2016 af van 641 duizend naar 483 duizend. Desalniettemin groeide in drie deelgebieden het aantal, in Modderbeek (13) met 27 duizend, in Groepersloot (4) met 13 duizend en Moorsterbeek (11) met 10 duizend dieren. De sterkste afname was in Esvelderbeek (19) met 42 duizend en Hoevenlakensebeek (21) met 36 duizend.

Het totaal schapen en geiten nam in de Gelderse Vallei tussen 2000 en 2016 toe van 27 duizend naar 44 duizend, aantallen die relatief klein zijn ten opzichte van de eerder besproken categorieën. Als aangegeven, is de groei het gevolg van de toename van het aantal geiten, omdat het aantal schapen over deze periode is afgenomen. Het past binnen de landelijke trend van een groei van het aantal bedrijven met melkgeiten. De sterkste groei heeft plaatsgevonden in de deelgebied Bovenloop Lunterse Beek (6) en Woudenbergse Grift (22), met een groei van respectievelijk 6 duizend en 3 duizend dieren. In veertien deelgebieden was een afname.



Figuur 3.10 Ontwikkeling aantal runderen, varkens, kippen, schapen en geiten in de Gelderse Vallei.

3.3 Uit- en afspoeling landbouwbodems en natuurgronden

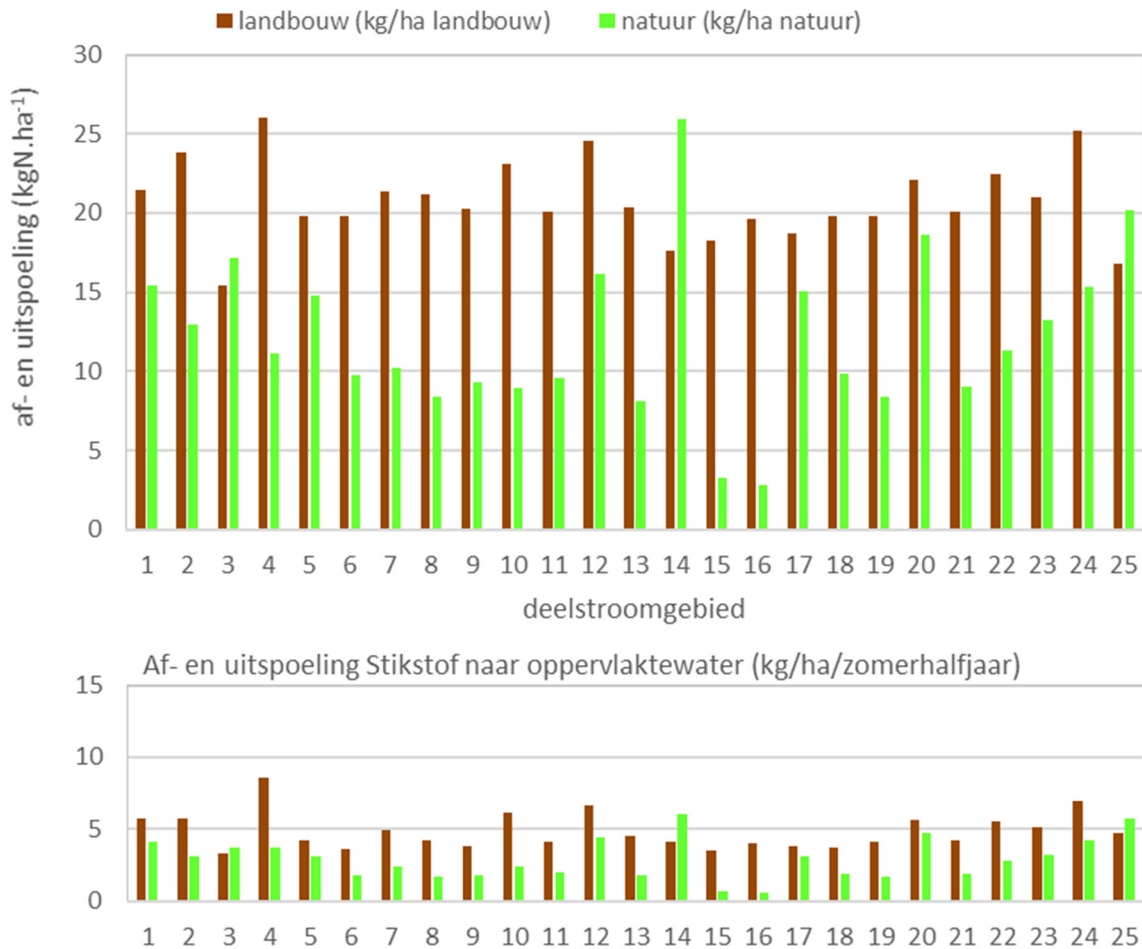
De berekende uit- en afspoeling voor de periode 2010-2017 is per gebied jaargemiddeld en zomerhalfjaargemiddeld weergegeven in Figuur 3.11 (stikstof) en 3.12 (fosfor). Deze zijn uitgedrukt in kg/ha landbouwgrond en kg/ha natuurgrond.

De uit- en afspoeling van stikstof uit de landbouwgronden is gemiddeld 20 kgN/ha per jaar en varieert over de gebieden van 15 tot 26 kgN/ha. In het zomerhalfjaar is de uit- en afspoeling veel minder dan de helft hiervan (gemiddeld 5 kg/ha), hetgeen samenhangt met het seizoenspatroon van de neerslag en verdamping. Voor natuurgronden is de uit- en afspoeling gemiddeld 12 kgN/ha en varieert

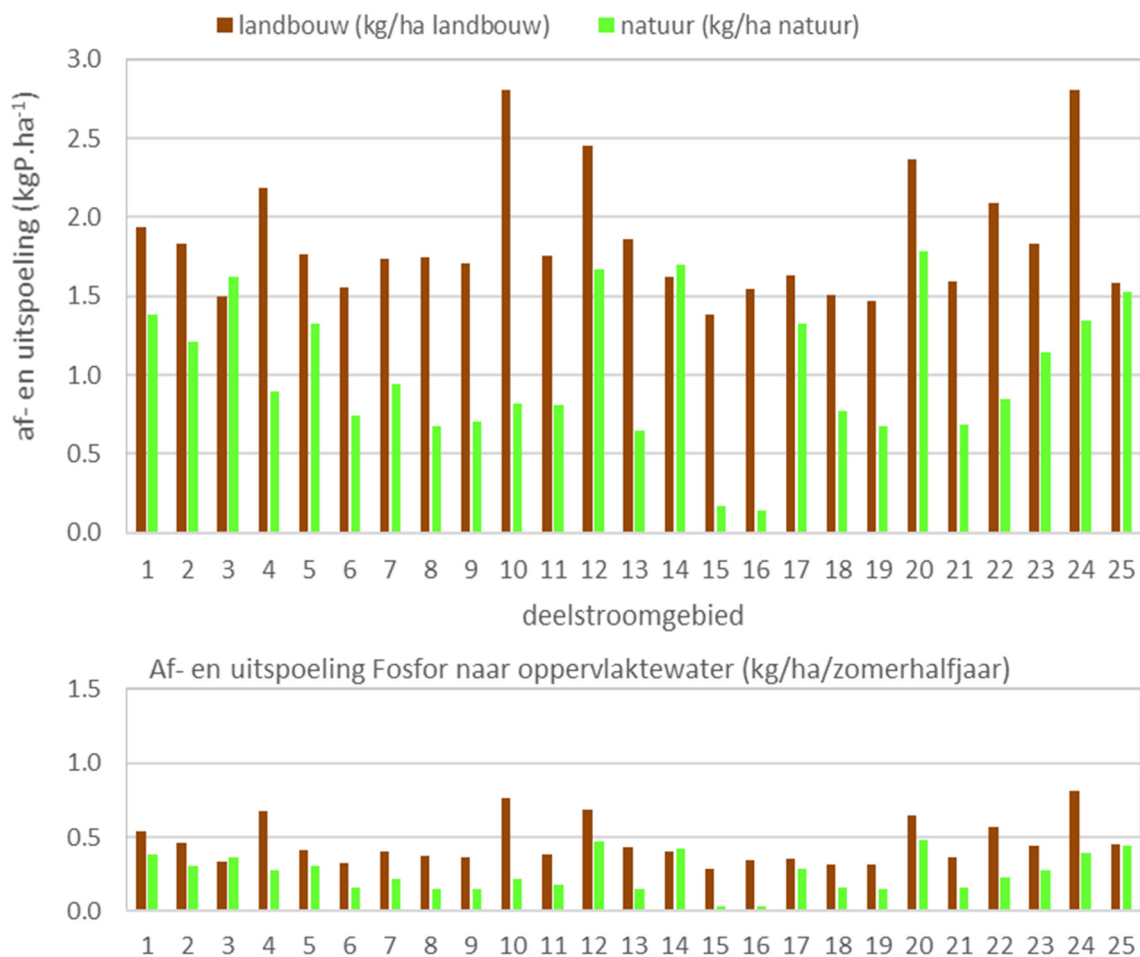
over de gebieden van 3 tot 12 kgN/ha. Alleen in het vanggebied 14 (Stoutenburg) is de berekende uitspoeling van natuur per ha groter dan uit landbouwgronden. Dit komt door de hoge uitspoeling die is berekend voor de daar aanwezige natte natuur op veen met sterke kwel.

De uit- en afspoeling van fosfor uit de landbouwgronden is gemiddeld 1,8 kgP/ha per jaar en varieert over de gebieden van 1,4 tot 1,8 kgP/ha. Ook voor fosfor is de uitspoeling in het zomerhalfjaar minder dan de helft (gemiddeld 0,5 kg/ha). De berekende fosfor uit- en afspoeling uit natuurgronden is gemiddeld 1,0 kgP/ha en varieert over de gebieden van 0,1 tot 1,8 kgP/ha.

Gebiedsgemiddeld is de uit- en afspoeling uit landbouw- en natuurgronden over de beschouwde periode (2010-2017) 606 ton N/jaar en 57 P/jaar.



Figuur 3.11 Uit- en afspoeling stikstof naar het oppervlaktewater, jaargemiddeld (boven) en zomerhalfjaar gemiddeld (onder) over de periode 2010-2017.



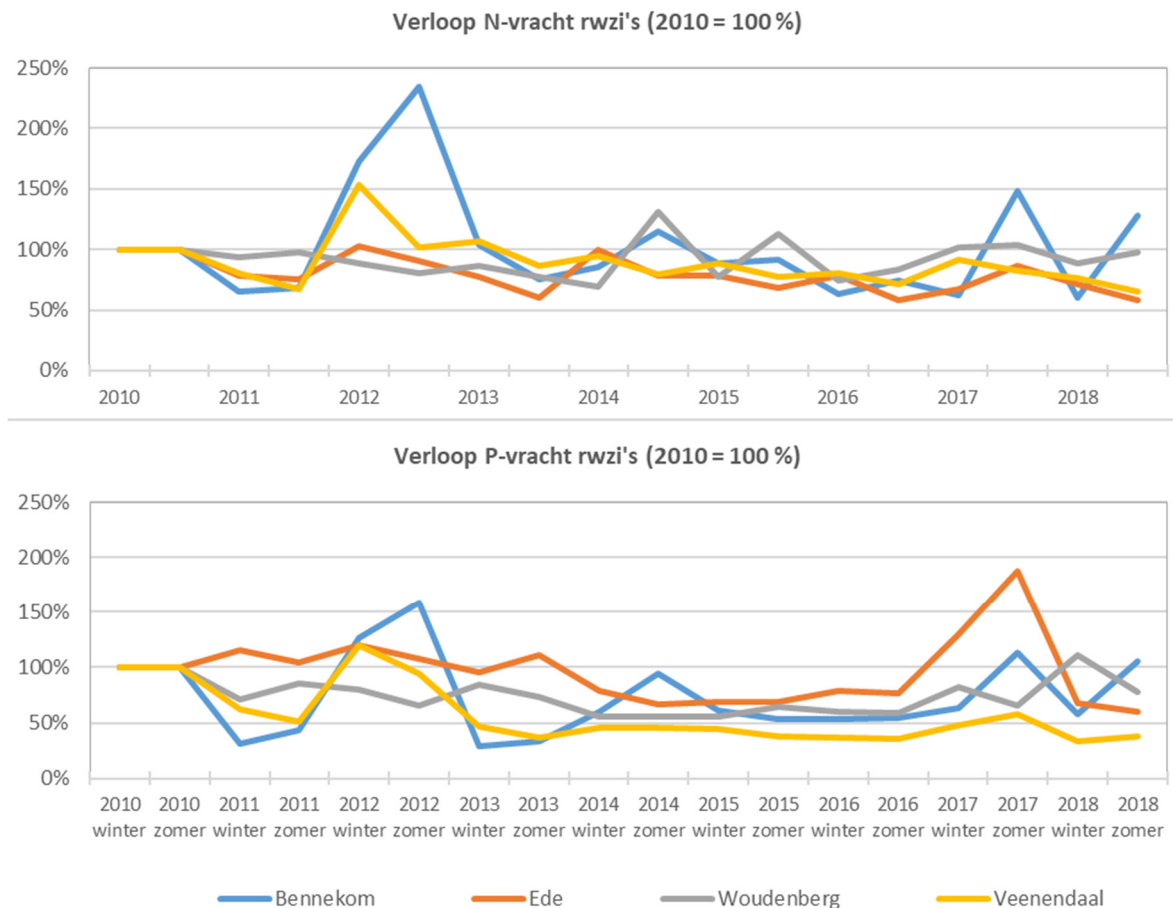
Figuur 3.12 Uit- en afspoeling fosfor naar het oppervlaktewater, jaargemiddeld (boven) en zomerhalfjaar gemiddeld (onder) over de periode 2010-2017.

3.4 Belasting door rioolwaterzuiveringsinstallaties

Met de debieten en concentraties die op weekbasis voor de rwzi's zijn aangeleverd zijn de debieten en vrachten voor het zomerhalfjaar, winterhalfjaar en jaarbasis berekend voor de periode 2010-2018. Het resultaat hiervan is samengevat in Tabel 3.8. Het verloop van de vrachten over de periode is weergegeven in Figuur 3.13.

Tabel 3.8 Belasting oppervlaktewater door de rwzi's: debieten, vrachten en debietgemiddelde concentraties in het zomer- en winterhalfjaar.

	Rwzi's	Bennekom		Ede		Woudenberg		Veenendaal	
		Winter	Zomer	Winter	Zomer	Winter	Zomer	Winter	Zomer
Q	Mm ³	0.8	0.7	7.9	7.0	1.8	1.5	4.6	4.1
N-vracht	(ton)	4.8	2.3	75.6	47.1	8.7	5.8	21.4	14.7
N-conc	mgN/l	5.9	3.4	9.6	6.7	4.7	3.8	4.7	3.5
P-vracht	ton	0.19	0.11	4.43	4.53	0.32	0.23	2.21	1.45
P-conc	mgP/l	0.23	0.16	0.56	0.64	0.18	0.15	0.49	0.35



Figuur 3.13 Verloop stikstof- en fosforvrachten effluent rwzi's. 2010 is gesteld op 100%.

Uit Tabel 3.8 komt naar voren dat het effluent in de winterperioden meer stikstof bevat (24% tot 74% hogere concentraties) dan in de zomerperiodes. Ditzelfde geldt voor fosfor (20% tot 44% hogere concentraties), met uitzondering van de rwzi van Ede, waar de fosforconcentraties van het effluent in de zomer juist 13% lager zijn dan in de winter.

Uit het verloop over de jaren (Figuur 3.13) komt naar voren dat de vrachten van stikstof en fosfor duidelijk afnemen van rwzi Ede (zomer en winter) en Bennekom (winter). Ook zijn de fosforvrachten van rwzi Veenendaal vanaf 2013 duidelijk afgenomen (zomer en winter).

De rwzi van Bennekom loost op het Binnenveld en de rwzi van Ede op de Zijdewetering, die beide afwateren op het Valleikanaal. Omdat stroomafwaarts water vanuit het Valleikanaal wordt ingelaten op de Woudenbergse Grift, hebben beide rwzi's ook enige invloed op de Woudenbergse Grift en Heiligenbergerbeek. Rwnzi Woudenberg loost op de Liniesloot en komt aan het eind uit op het punt waar de Woudenbergse Grift de Heiligenbergerbeek wordt. Via afwenteling heeft deze daarom ook invloed op de Heiligenbergerbeek.

3.5 Belasting door inlaat rijkswater (Nederrijn)

Het Valleikanaal ontvangt water (gemiddeld 0,9 m³/s) vanuit de Nederrijn. Op basis van de beschikbare meetgegevens van de debieten en nutriëntenconcentraties zijn de nutriëntenvrachten bepaald. Tabel 3.9 geeft voor de periode 2010-2017 de debieten, stofvrachten en debiet-gewogen stikstof- en fosforgehalten van de inlaat bij de Grebbesluis (Nederrijn) weer. In het zomerhalfjaar wordt meer water ingelaten, waardoor de stofvrachten groter zijn dan in het winterhalfjaar. De concentraties die voor fosfor en stikstof als KRW-doel zijn vastgesteld, zijn respectievelijk 2,3 mgN/l en 0,11 mgP/l. De debiet-gewogen concentraties van het Nederrijnwater zijn voor fosfor wat lager dan het KRW-doel en voor stikstof wat hoger.

Tabel 3.9 Waterinlaat Nederrijn; debieten, stofvrachten en debiet-gewogen concentraties (jaar en zomerhalfjaar).

Jaar	Debiet (mm3)		N-vracht (ton)		P-vracht (ton)		N-gehalte (mg/l)		P-gehalte (mg/l)	
	Jaar	Zomer	Jaar	Zomer	Jaar	Zomer	Jaar	Zomer	Jaar	Zomer
2010	35	23	89.4	46.7	5.4	4.2	2.5	2.0	0.15	0.18
2011	28	19	80.5	49.3	1.9	1.1	2.8	2.6	0.07	0.06
2012	31	21	79.8	47.5	2.6	1.6	2.6	2.3	0.08	0.08
2013	31	20	85.9	52.2	2.7	1.6	2.8	2.6	0.09	0.08
2014	31	19	85.9	45.4	3.0	1.7	2.8	2.4	0.10	0.09
2015	32	20	88.3	49.5	2.9	1.7	2.8	2.4	0.09	0.08
2016	31	19	101.5	54.8	2.5	1.4	3.3	2.8	0.08	0.07
2017	29	20	83.1	50.2	2.4	1.6	2.9	2.6	0.08	0.08
gemiddeld	31	20	87	49	2.9	1.9	2.81	2.47	0.09	0.09

3.6 Diffuse belasting kwel en stedelijk gebied

Voor stedelijk gebied is in aanvulling op ER de belasting berekend voor uitspoeling uit stedelijk groen en de belasting door afspoeling van hondenpoep, eenden (voeren) en bladval. Uit het LGN en in samenwerking met het waterschap is per deelstroomgebied afgeleid wat het areaal stedelijk groen en het areaal open water in het stedelijk gebied is (zie Tabel 3.1). De berekende belasting is weergegeven in Tabel 3.10. De uitspoeling die met SWAP-ANIMO wordt berekend, houdt rekening met grondwater dat vanuit de diepere ondergrond (eerste watervoerende pakket) opwelt naar het bodemprofiel en waarvan een deel via ondiepe laterale grondwaterstroming en buisdrainage uittreedt naar het oppervlaktewater. Dit omvat niet de kwel die vanuit het watervoerende pakket direct uittreedt naar oppervlaktewater. Deze bronterm is apart berekend (zie paragraaf 2.3.6).

Tabel 3.10 Belasting (jaarvrachten over de periode 2010-2017) door kwel die direct uittreedt naar oppervlaktewater, uitspoeling stedelijk groen, eenden (voeren), hondenpoep en bladval.

	Stikstof (ton/jaar)	Fosfor (ton/jaar)
Uitspoeling stedelijk groen	39.7	3.0
Uitwerpselen van honden, eendenvoer en bladval	7,5	1.6
Directe kwel naar oppervlaktewater	0.6	0.2

De berekening van de uitspoeling houdt op dagbasis rekening met de neerslag en verdamping en is daardoor in het zomerhalfjaar beduidend minder dan in het winterhalfjaar. Voor de belasting door eenden (voeren), hondenpoep en bladval zijn alleen emissiefactoren per jaar bekend. Ten opzichte van uitspoeling uit landbouw- en natuurgronden is de uitspoeling uit stedelijk gebied gering.

3.7 Overige bronnen

De diffuse belasting van de bronnen die van Emissieregistratie zijn overgenomen, is weergegeven in Tabel 3.11. Voor deze bronnen is in ER geen onderscheid tussen de emissies in de zomer- en winterperiode. De overige landbouwemissies zijn een som van de emissies door erfafspoeling, glastuinbouw en meemesten sloten. Deze worden dan voornamelijk bepaald door de erfafspoeling. Voor de erf-afspoeling loopt nog een onderzoek om de emissieschattingen te verbeteren. De huidige emissiegetallen zijn namelijk vrij onzeker en de indruk is dat deze met name voor fosfor gemiddeld een overschatting geven.

Tabel 3.11 Belasting (jaarvrachten over de periode 2010-2017) overige bronnen Emissieregistratie.

Bronnen overgenomen uit ER	Stikstofvracht (ton/jaar)	Fosforvracht (ton/jaar)
Overige landbouwemissies	25.1	6.05
Industriële lozingen	0.1	0.01
Atmosferische depositie open water	14,1	-
Overige emissies	26.7	1.84

3.8 Stikstof- en fosforbalans

De stikstof- en fosforbalans is op het niveau van deelstroomgebieden weergegeven in Tabel 3.12 (jaargemiddelde) en 3.13 (zomerhalfjaar gemiddelde). In Bijlage 5 is voor ieder vanggebied de stikstof- en fosforbalans weergegeven. Uit Tabel 3.11 en 3.12 komt naar voren dat jaargemiddeld de uit- en afspoeling uit landbouwgronden de belangrijkste bron is voor zowel stikstof als fosfor. Alleen in het deelstroomgebied van Zijdewetering bepaalt het effluent van rwzi Ede voor het grootste deel de belasting. In het deelstroomgebied van de Heiligenbergerbeek is het inlaatwater vanuit het Valleikanaal ook een belangrijke bron. Dit water komt uit de Nederrijn en uit de deelstroomgebieden Binnenveld, Zijdewetering, Emminkhuizerbeek, Woudenergse Grift en Lienesloot. In het zomerhalfjaar is er relatief minder uit- en afspoeling en is in de Heiligenbergerbeek de bijdrage van uitspoeling, inlaat en rwzi's vergelijkbaar.

Tabel 3.12 Stikstof- en fosforbalans jaargemiddelde over de periode 2010-2017.

Deelstroomgebieden:	Barne- veldse Beek	Lunterse Beek	Heiligen- berger beek	Binnen- veld	Zijde- wetering	Moorster beek	Modder beek	Overige
Vanggebiednummers (zie Figuur 2.2)	15 t/m 21	5 t/m 7	22 t/m 24	1	2	11	13	3 4 8 9
Totaal oppervlak	16211	5942	6886	6846	1294	1600	1583	2854
Stikstofbelasting (ton/jaar)								
• Af- & uitspoeling landbouw	211.0	89.9	78.2	78.5	8.0	25.8	26.3	44.4
• Af- & uitspoeling natuur	11.5	3.5	15.8	6.9	0.4	1.8	0.5	3.6
• Rwzi's	0	0	51.1	7.2	126.7	0	0	0
• Overige diffuse bronnen	31.8	8.5	24.6	26.8	8.6	3.1	3.3	6.5
• Inlaat Nederrijn & Valleikanaal	0	0	43.0	0	0	0	0	0
• Totaal in stikstof	254	102	213	119	144	31	30	54
Retentie stikstof	92	30	74	24	30	5	4	10
	36%	29%	35%	20%	21%	16%	13%	18%
Totaal uit stikstof	163	72	139	96	114	26	26	45
Fosforbelasting (ton/jaar)								
• Af- & uitspoeling landbouw	16.6	7.3	7.5	7.1	0.6	2.3	2.4	4.1
• Af- & uitspoeling natuur	0.9	0.3	1.2	0.6	0.0	0.2	0.0	0.3
• Rwzi's	0.0	0.0	4.6	0.3	8.9	0.0	0.0	0.0
• Overige diffuse bronnen	3.8	1.4	2.2	2.4	0.8	0.5	0.5	1.0
• Inlaat Nederrijn & Valleikanaal	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
• Totaal in fosfor	21.3	9.0	18.3	10.4	10.4	2.9	3.0	5.4
Retentie fosfor	6.4	2.1	5.4	1.1	2.1	0.2	0.2	0.5
	30%	23%	29%	11%	20%	8%	6%	9%
Totaal uit fosfor	14.9	6.9	12.9	9.3	8.4	2.7	2.8	4.9

Tabel 3.13 Stikstof- en fosforbalans zomerhalfjaargemiddelde over de periode 2010-2017.

Deelstroomgebieden:	Barne- veldse Beek	Lunterse Beek	Heiligen- berger beek	Binnen- veld	Zijde- wetering	Moorster beek	Modder beek	Overige
Stikstofbelasting (ton/jaar)								
• Af- & uitspoeling landbouw	43.3	17.7	19.7	20.9	1.9	5.3	5.8	10.7
• Af- & uitspoeling natuur	2.4	0.7	4.0	1.8	0.1	0.4	0.1	0.8
• Rwzi's	0.0	0.0	20.9	2.3	49.2	0.0	0.0	0.0
• Overige diffuse bronnen	12.4	3.6	10.1	11.4	3.3	1.5	1.5	3.0
• Inlaat Nederrijn & Vallekanaal	0.0	0.0	20.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
• Totaal in stikstof	58	22	76	37	55	7	7	14
Retentie stikstof	21	6	26	7	11	1	1	2
	36%	29%	35%	20%	20%	16%	14%	17%
Totaal uit stikstof	37	16	49	29	43	6	6	12
Fosforbelasting (ton/jaar)								
• Af- & uitspoeling landbouw	3.7	1.6	2.0	2.0	0.2	0.5	0.6	1.0
• Af- & uitspoeling natuur	0.2	0.1	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1
• Rwzi's	0.0	0.0	1.9	0.1	4.5	0.0	0.0	0.0
• Overige diffuse bronnen	1.7	0.7	1.0	1.0	0.3	0.3	0.3	0.5
• Inlaat Nederrijn & Vallekanaal	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
• Totaal in fosfor	5.6	2.3	6.8	3.3	5.0	0.8	0.8	1.6
Retentie fosfor	1.7	0.6	2.1	0.4	1.0	0.1	0.1	0.2
	31%	25%	31%	12%	20%	10%	9%	10%
Totaal uit fosfor	3.9	1.8	4.7	2.9	4.0	0.7	0.8	1.4

3.9 Validatie

De modelberekeningen zijn op drie overdrachtspunten gevalideerd door het berekende debiet en de berekende uitstromende nutriëntenvracht op een drietal locaties te vergelijken met metingen. Dit geeft een beeld van de plausibiliteit van de rekenresultaten. De overdrachtspunten waar metingen beschikbaar zijn voor de validatie, zijn bij het uitstroompunt van de Barneveldse Beek, het Vallekanaal bij Amersfoort (stuw Balladelaan) en voor de instroom op de Eem waar ook de Heiligenbergerbeek bij zit) en de Lunterse Beek. De validatie is uitgevoerd zonder dat modelparameters als bijvoorbeeld retentie zijn bijgesteld.

Figuur 3.14 geeft de vergelijking tussen de berekende en uit metingen afgeleide debieten, vrachten en debiet-gewogen concentraties, jaar- en zomerhalfjaargemiddeld over de periode 2010-2017. Zoals aangegeven, is in deze validatie voor de Lunterse Beek (2010) en Barneveldse Beek (2017) maar één jaar gebruikt vanwege missende debietmetingen. Daarnaast is voor de Lunterse Beek alleen gevalideerd op debiet en niet op nutriëntenvracht, omdat er geen representatief waterkwaliteitsmeetpunt ligt nabij het debietmeetpunt in de Lunterse Beek.

Uit de validatie blijkt dat de debieten voor de Lunterse Beek en Barneveldse Beek overeenkomen met de metingen. Voor het Vallekanaal, dat de balans geeft voor de beken ten oosten van het Vallekanaal, zijn de berekende debieten lager dan uit metingen is afgeleid. Een mogelijke verklaring is dat niet alle waterbalanstermen in ECHO worden meegenomen, namelijk de directe neerslag en verdamping op open water, rioolwater dat buiten de rwzi's op oppervlaktewater wordt geloosd (= overstorten) en uitspoeling (drainage) in stedelijk gebied (buiten stedelijk groen). Het afleiden van debieten uit stuwen en sluizen gaat gepaard met onzekerheden (Mulder et al., 2011). De verschillen van de berekende en uit metingen afgeleide debieten vallen binnen de onzekerheidsmarge van 20% die op basis van onderzoek van Mulder (et al., 2011) is aangenomen.

Voor het schatten van de onzekerheidsmarge van de uit metingen afgeleide uitgaande nutriëntenvrachten is gebruikgemaakt van het onderzoek dat door Deltares is uitgevoerd (Rozemeijer, 2015). Hierin is nagegaan wat het effect is van de meetfrequentie (verschil tussen tweewekelijkse metingen

en maandmetingen) op de afgeleide jaarvrachten voor stikstof en fosfor. Uit de resultaten blijkt dat op basis van de maandelijkse metingen ten opzichte van de tweewekelijkse metingen de jaarvrachten voor N-totaal een afwijking hebben van -36% tot +19%, de jaarvrachten voor P hebben een afwijking van -24% tot +12%. Deze waarden zijn in Figuur 3.13 als onzekerheidsmarges aangeduid.

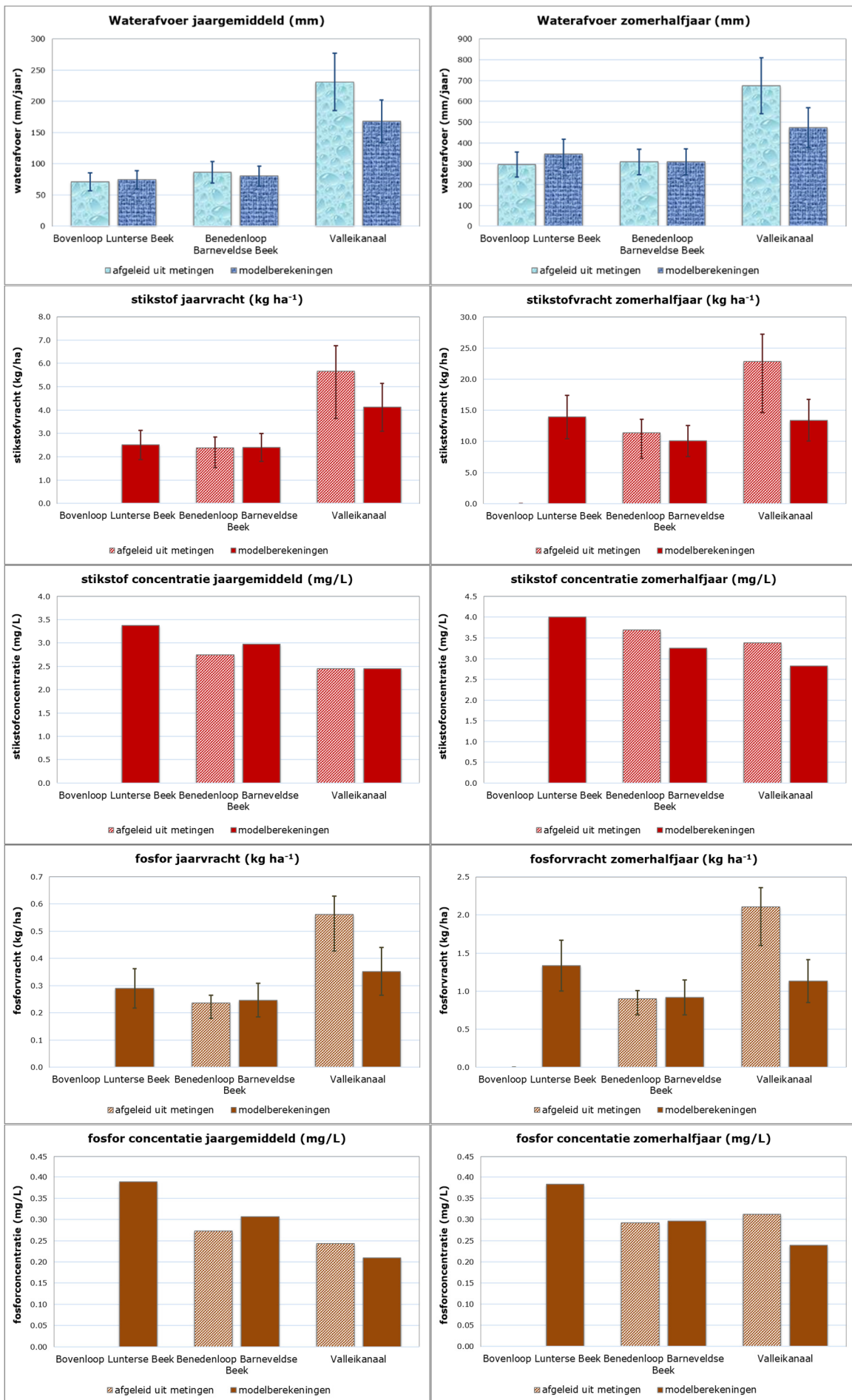
Voor het afleiden van de onzekerheidsmarges van de met ECHO berekende uitgaande vracht zijn de onzekerheidsmarges gebruikt die in het onderzoek van Alterra (Van Boekel et al., 2011) zijn afgeleid.

Voor de berekende netto uitgaande nutriëntenbelasting (totale emissie naar water minus de retentie) is een onzekerheidsmarge van 25% voor zowel stikstof als voor fosfor aangehouden en is een resultante van alle bronnen met ieder een eigen onzekerheidsmarge.

Uit de figuren kan worden afgeleid dat voor de Barneveldse Beek de uitgaande stikstofvracht zowel in het zomerhalfjaar als op jaarbasis overeenkomt met de metingen. De berekende stikstofvrachten zijn voor het Valleikanaal zichtbaar lager dan uit metingen is afgeleid. De gemeten concentraties komen wel overeen met de berekende debiet-gewogen concentraties. Een logische verklaring van het gat tussen de berekende en uit metingen afgeleide stikstofvrachten is dat de berekende debieten worden onderschat of dat de geregistreerde debietmetingen een overschatting geven.

Rekening houdend met onzekerheden in zowel de metingen als modelberekeningen, vallen de verschillen tussen de gemeten en berekende stikstofvracht naar het oppervlaktewater echter binnen de bandbreedte van de algemeen aangehouden onzekerheidsmarges.

De berekende fosforvrachten (jaar- en zomerhalfjaar) zijn lager dan de uit metingen afgeleide vrachten. Jaargemiddeld vallen de verschillen tussen de berekende en uit metingen afgeleide vrachten binnen de algemeen aangehouden onzekerheidsmarges. Voor het zomerhalfjaar valt het verschil tussen de berekende en uit metingen afgeleide fosforvracht voor het Valleikanaal net buiten de aangehouden onzekerheidsmarges.



Figuur 3.14 Resultaten validatie debieten, vruchten en debiet-gewogen concentraties jaargemiddeld (links) en zomerhalfjaargemiddelde (rechts) over de periode 2010-2017.

Omdat de berekende debiet-gewogen concentraties beter overeenkomen met de metingen, zijn onderschatting van berekende debieten of overschatting van geregistreerde debieten mogelijke verklaringen. Een andere mogelijke verklaring is dat de retentie in de zomer te hoog is berekend. Met name als in waterbodems in het zomerhalfjaar zuurstofloze omstandigheden optreden, waardoor ijzersulfides worden gevormd en daarbij een deel van de aan ijzeroxides gebonden fosfaat vrijkomt.

Nog een andere verklaring is dat de berekende uitspoeling wordt onderschat. In de berekeningen hiervan is uitgegaan dat bemest wordt binnen de toegestane gebruiksruimte. Uit onderzoek (Schipper et al., in prep) blijkt dat er aanwijzingen zijn dat er gedurende meerdere jaren in het oosten en zuiden van Nederland meer mest is toegepast dan wettelijk is toegestaan. In de nationale analyse (Van Gaalen et al., 2020) zijn daarom door de WUR ook berekeningen uitgevoerd waarbij is uitgegaan van overbemesting in gemeenten waar meer dierlijke mest wordt geproduceerd dan in het gebied mag worden toegepast. Hierbij is voor het gebied van de Gelderse Vallei met het model Initiator een overbemesting van dierlijke mestgiften berekend van 50 tot meer dan 75 kgN/ha en 10 tot meer dan 15 kgP/ha. Deze getallen corresponderen met berekeningen door het CBS en PBL (Van bruggen et al. 2017). Zo berekent het CBS voor het jaar 2015 een benuttingsgraad van 133 procent voor stikstof en 128 procent voor fosfaat. In de Nationale Analyse (Van Gaalen et al., 2020) is hierover opgenomen dat overbemesting volgens LTO-Nederland wel voorkomt, maar op kleinere schaal dan het CBS dit heeft aangemerkt.

4 Herkomst stikstof en fosfor

4.1 Herkomst jaargemiddeld 2010-2017

De jaargemiddelde herkomstverdeling over de periode 2010-2017 is procentueel weergegeven in Figuur 4.1 (stikstof) en 4.2 (fosfor). De bronnen achter afwenteling zijn hierin verdisconteerd. In Bijlage 5 zijn in tabelvorm de zomerhalfjaar en jaargemiddelde belasting van alle brontermen opgenomen over de periode 2010-2017. In Bijlage 6 is de procentuele bijdrage in het zomerhalfjaar van diverse bronnen op kaarten ruimtelijk weergegeven.

Herkomst stikstof jaargemiddelde

Jaargemiddeld is een groot deel van de stikstof belasting afkomstig is van uit- en afspoeling uit landbouwgronden (gemiddeld 75%). Dit hangt samen met het overwegend agrarische landgebruik in de Gelderse Vallei. De uit- en afspoeling van stikstof uit landbouwgronden komt vooral door actuele bemesting. De andere oorzaken van de uitspoeling zijn hoofdzakelijk nalevering uit de landbouwbodemen, hoewel in mindere mate, historische bemesting, kwel en depositie. In de vanggebieden Woudenbergse Grift, Heiligenbergerbeek en Valleikanaal is de bijdrage van de uit- en afspoeling minder groot en komt 31 à 45% van de stikstof door inlaat van rijkswater en rwzi's. In Zijdewetering wordt de belasting gedomineerd door de rwzi van Ede. De bijdrage van industriële lozingen en directe kwel is in alle vanggebieden gering (<1%).

Herkomst fosfor jaargemiddelde

Ook voor fosfor is een groot deel van de belasting afkomstig van uit- en afspoeling uit landbouwgronden (gemiddeld 72%). Dit komt vooral door historische bemesting en natuurlijke (niet door bemesting gedreven) nalevering vanuit de landbouwbodemen, gemiddeld samen 65%. In diverse vanggebieden leveren overige agrarische emissies een belangrijke bijdrage (tot 21%). Dit komt vooral door de emissies die voor erfafspoeling worden berekend. Glastuinbouw is nauwelijks aanwezig en emissie-schattingen van meemesten van sloten zijn relatief klein. In de vanggebieden Woudenbergse Grift, Heiligenbergerbeek en Valleikanaal is de bijdrage van de uit- en afspoeling minder groot en komt 19 à 40% van de stikstof door inlaat van rijkswater en rwzi's. De bijdrage van inlaat rijkswater is voor fosfor wel kleiner dan voor stikstof.

4.2 Herkomst zomerhalfjaargemiddelde 2010-2017

De herkomstverdeling voor het gemiddeld zomerhalfjaar over de periode 2010-2017 is procentueel weergegeven in Figuur 4.3 (stikstof) en 4.4 (fosfor).

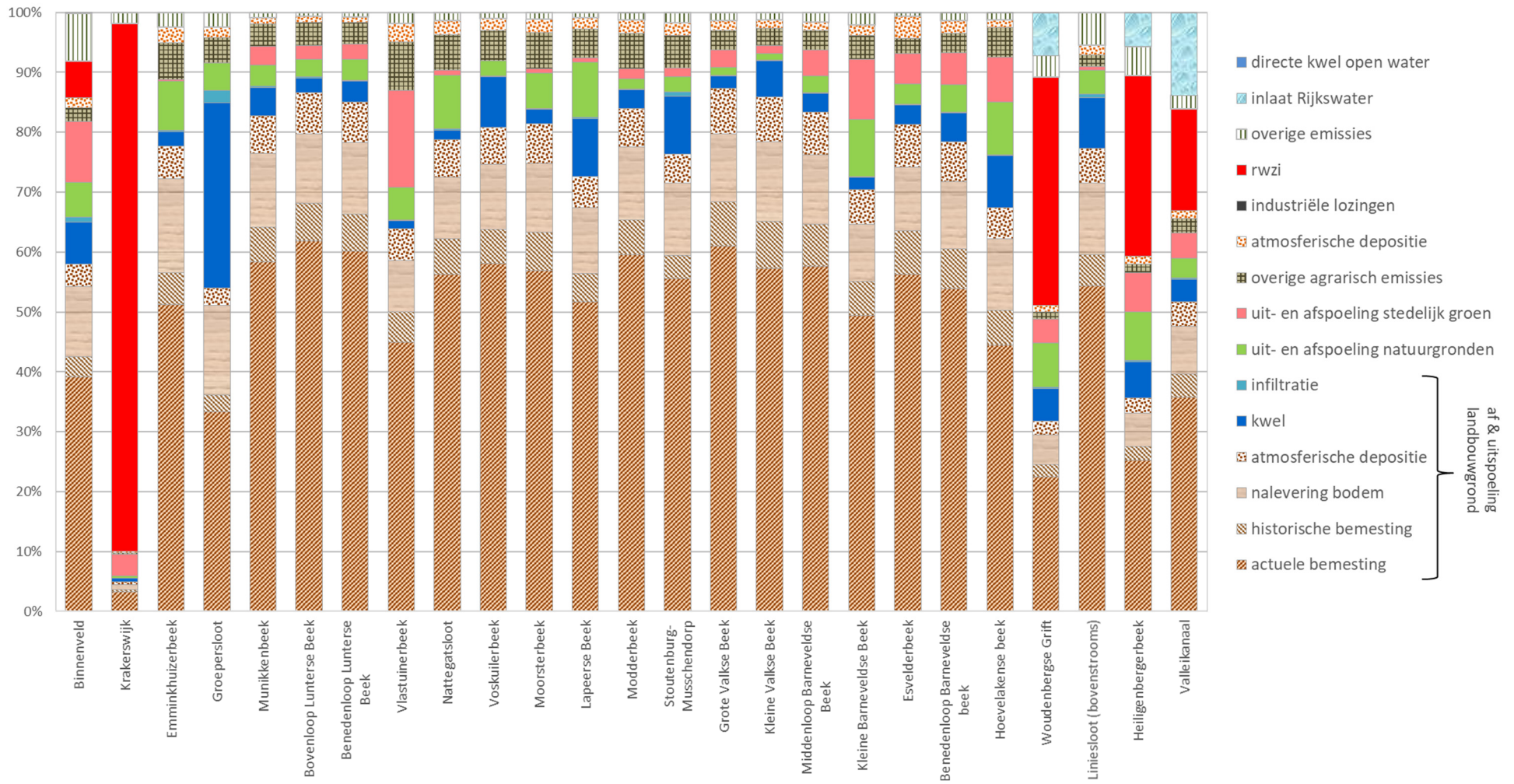
Herkomst stikstof zomerhalfjaar

Ook in het zomerhalfjaar is een groot deel van de stikstofbelasting afkomstig van uit- en afspoeling uit landbouwgronden (gemiddeld 67%). De onderlinge verhouding van de oorzaken achter de uit- en afspoeling is hetzelfde als hetgeen op jaarbasis wordt berekend. Dit bijdrage van inlaat, rwzi's en overige landbouwemissies is in het zomerhalfjaar groter dan jaargemiddeld. In de vanggebieden Woudenbergse Grift, Heiligenbergerbeek en Valleikanaal is de bijdrage van uit- en afspoeling minder groot en komt grofweg de helft van de stikstof door inlaat van rijkswater en rwzi's.

Herkomst fosfor zomerhalfjaar

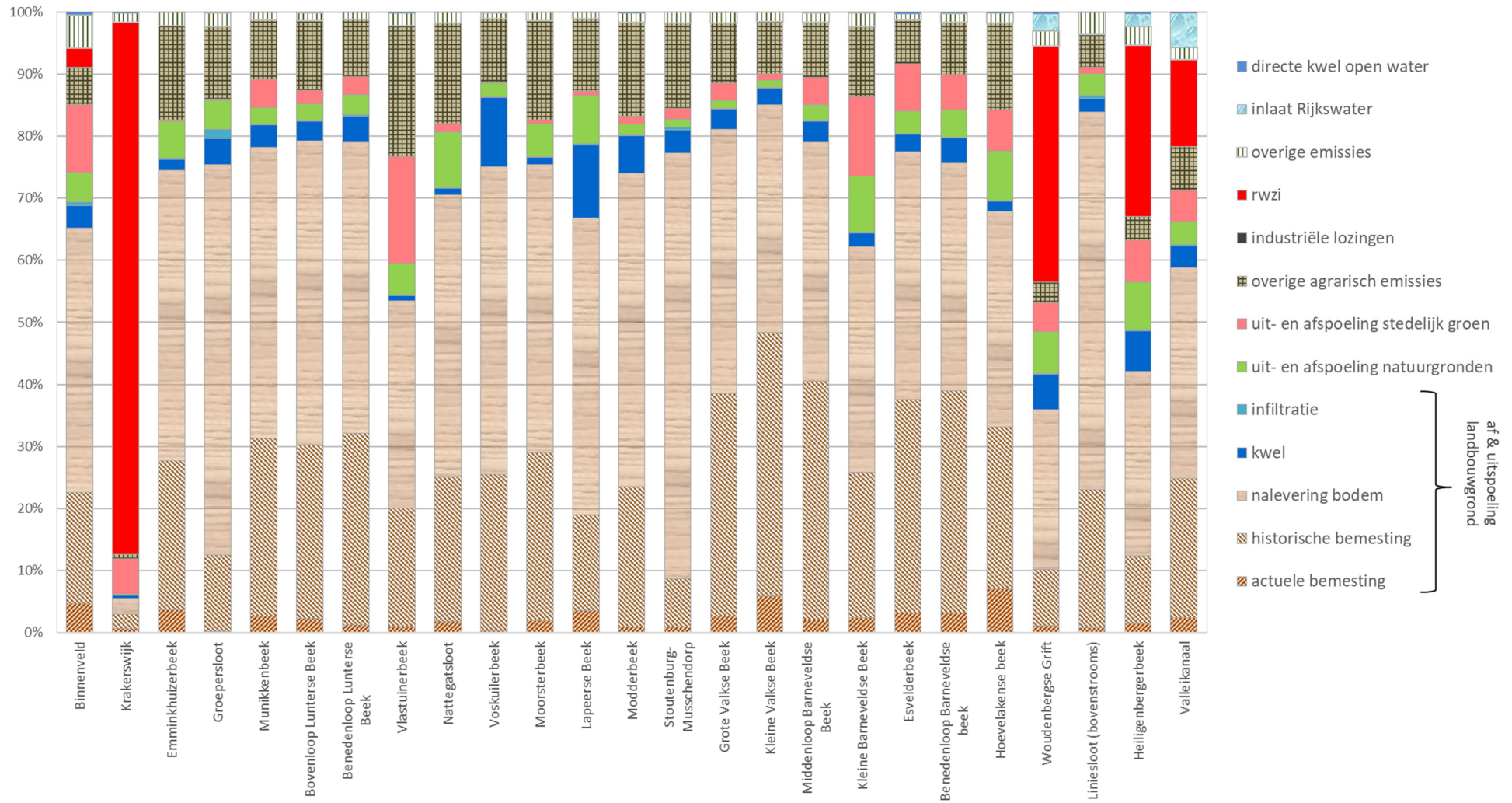
De bijdrage van uit- en afspoeling van fosfor is in het zomerhalfjaar gemiddeld 60% en komt vooral door historische bemesting en nalevering. De bijdrage van overige agrarische emissies aan de fosforbelasting is in het zomerhalfjaar gemiddeld 19%. Omdat de toestand van de waterkwaliteit voor de KRW beoordeeld wordt voor het zomerhalfjaar, wordt in het navolgende de herkomst van de nutriënten in het zomerhalfjaar in meer detail behandeld.

Bijdrage Stikstofbronnen waterlichamen Gelderse Vallei, jaargemiddelde 2010-2017



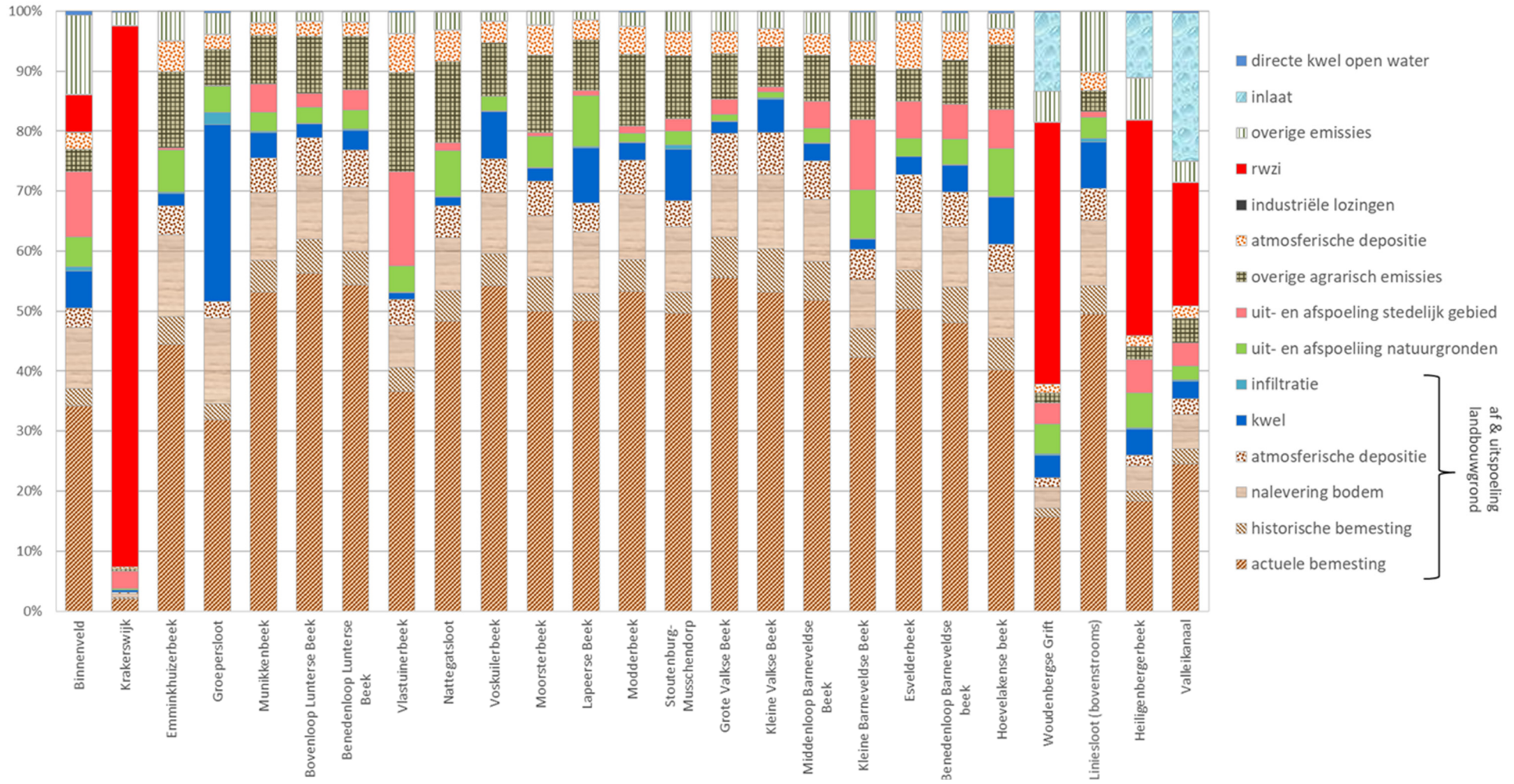
Figuur 4.1 Herkomstverdeling **stikstof** vanggebieden Gelderse Vallei **jaargemiddelde** 2010 t/m 2017.

Bijdrage Fosforbronnen waterlichamen Gelderse Vallei, jaargemiddeld 2010-2017

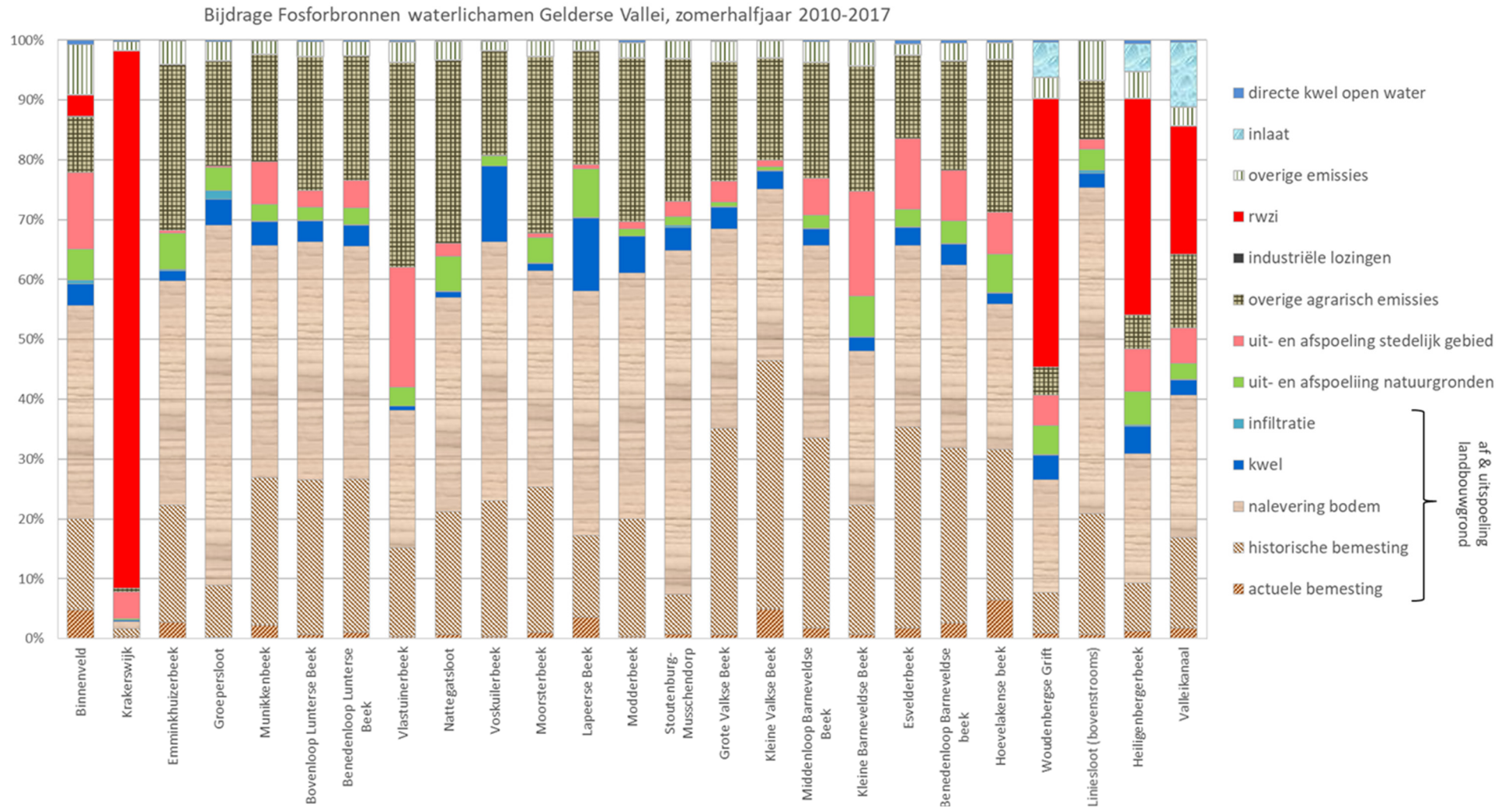


Figuur 4.2 Herkomstverdeling fosfor vanggebieden Gelderse Vallei jaargemiddelde 2010 t/m 2017.

Bijdrage Stikstofbronnen waterlichamen Gelderse Vallei, zomerhalfjaar 2010-2017



Figuur 4.3 Herkomstverdeling stikstof vanggebieden Gelderse Vallei zomerhalfjaar 2010 t/m 2017.



Figuur 4.4 Herkomstverdeling fosfor vanggebieden Gelderse Vallei zomerhalfjaar 2010 t/m 2017.

4.3 Nadere analyse herkomst stikstof zomerhalfjaar

In deze paragraaf wordt per (deel)stroomgebied nader ingegaan op de herkomst van stikstof. Specifiek wordt daarbij ingegaan op de invloed die rwzi's via afwenteling hebben op de stikstofbalans van de benedenstroomse delen van het gebied.

4.3.1 Herkomst stikstof zomerhalfjaar Stroomgebied Barneveldse beek

Het deelstroomgebied van de Barneveldse beek bestaat uit zeven vanggebieden. De resultaten van deze zeven gebieden worden hieronder gepresenteerd, rekening houdend met de routing (de overdracht van water van bovenstroomse naar benedenstroomse delen).

Grote Valkse Beek, Kleine Valkse Beek en Kleine Barneveldse Beek

Deze beken ontvangen geen water van bovenstroomse gebieden. Uit de resultaten blijkt dat actuele bemesting de belangrijkste bron is voor de stikstofbelasting van het oppervlaktewater in deze drie gebieden (42-56%), gevolgd door de nalevering uit de landbouwbodem (8-13%). Wanneer de drie gebieden met elkaar worden vergeleken, valt op dat voor het vanggebied Kleine Barneveldse Beek de bijdrage van stedelijk gebied beduidend hoger is dan voor de andere twee gebieden. Daarnaast valt op dat voor het vanggebied Kleine Valkse Beek de bijdrage van kwel onder landbouwbodem (5,7%) groter is dan voor de andere twee gebieden (2,0% en 1,7%).

Middenloop Barneveldse Beek

De drie voornoemde vanggebieden wateren af op het vanggebied van de middenloop Barneveldse Beek en bepalen daarom voor een belangrijk deel de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in dit vanggebied, namelijk 77%. Figuur 4.5 geeft de herkomst voor en na uitsplitsing van de afwenteling. De belangrijkste bron voor de stikstofbelasting is de bijdrage van de actuele bemesting (52%). Omdat 77% van de stikstof afkomstig is van bovenstroomse gebieden en voor deze gebieden de actuele bemesting de belangrijkste bron is voor de stikstofbelasting van het oppervlaktewater, is dit goed te verklaren. De bronverdeling komt in grote lijnen dan ook overeen met de bronverdeling van de drie bovenstrooms gelegen gebieden.

Esvelderbeek en Hoevelakense Beek

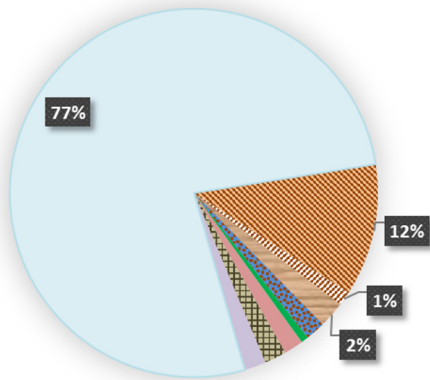
De middenloop Barneveldse Beek gaat over in de benedenloop Barneveldse Beek en bepaalt daardoor voor een belangrijk deel de waterkwaliteit. De waterkwaliteit in de benedenloop Barneveldse Beek wordt daarnaast nog beïnvloed door de Esvelderbeek en Hoevelakense Beek. De bijdrage van de actuele bemesting is in beide gebieden het grootst (50% voor de Esvelderbeek en 40% voor vanggebied Hoevelakense Beek, gevolgd door de nalevering van de landbouwbodem (10% en 11% respectievelijk). De bijdrage van de overige agrarische emissies is voor het vanggebied Hoevelakense Beek (11%) ca. twee keer hoger dan voor vanggebied Esvelderbeek.

Benedenloop Barneveldse beek

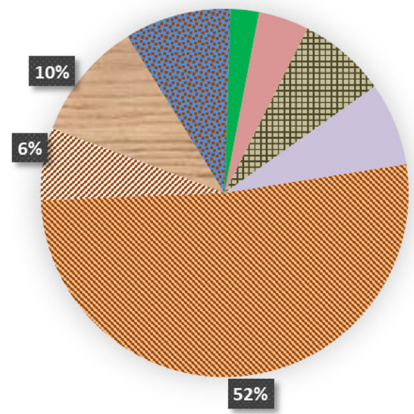
De drie vanggebieden (Esvelderbeek, Hoevelakense Beek en middenloop Barneveldse Beek) wateren af op het vanggebied van de benedenloop Barneveldse Beek en bepalen daarom voor het grootste gedeelte de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in dit vanggebied (91%). Figuur 4.6 geeft de relatieve bijdrage van de bronnen weer, waarbij links de afwenteling vanuit bovenstroomse gebieden als aparte term is meegenomen en rechts de afwenteling uit de bovenstroomse gebieden verder is uitgesplitst naar herkomst.

De belangrijkste bron voor de stikstofbelasting is de bijdrage van de actuele bemesting (48%) en is in lijn met de bovenstrooms gelegen gebieden. De bijdrage van de landbouwbodems (nalevering) aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater is 10%.

Middenloop Barneveldse Beek



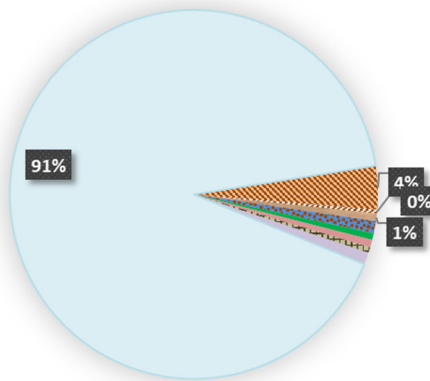
Middenloop Barneveldse Beek



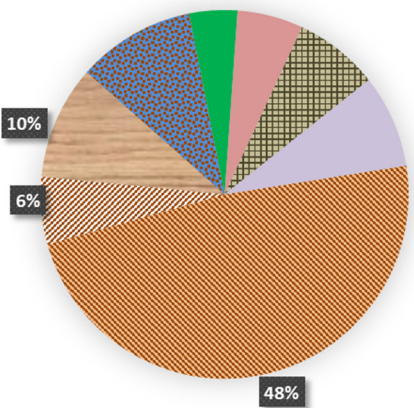
- actuele bemesting
- historische bemesting
- nalevering
- overige termen uitspoeling
- uit- en afspoeling natuur
- diffuus stedelijk
- overige agrarisch emissies
- rwzi
- overige emissies
- inlaat rijkswater
- afwenteling

Figuur 4.5 *Herkomst stikstofbelasting oppervlaktewater vanggebied Middenloop Barneveldse beek. Links is de afwenteling als aparte post weergegeven, rechts is dit herverdeeld op basis van herkomst.*

Benedenloop Barneveldse beek



Benedenloop Barneveldse beek



Figuur 4.6 *Herkomst stikstofbelasting oppervlaktewater benedenloop Barneveldse beek. Links is de afwenteling als aparte post weergegeven, rechts is dit herverdeeld op basis van herkomst.*

4.3.2 Stroomgebied Lunterse Beek

Het stroomgebied van de Lunterse Beek bestaat uit drie vanggebieden. De resultaten van deze drie gebieden worden hieronder gepresenteerd, rekening houdend met de routing van het gebied.

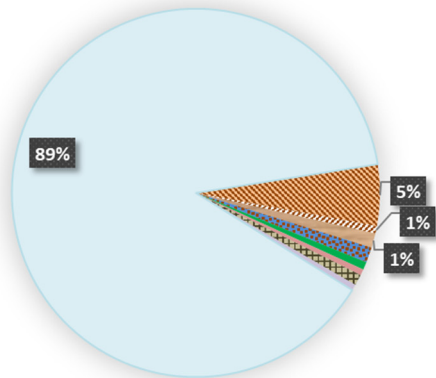
Munikkebeek en bovenloop Lunterse Beek

Beide beken ontvangen geen water van bovenstroomse vanggebieden. De actuele bemesting is hier de belangrijkste bron voor de nutriëntenbelasting (ca. 55%), gevolgd door de nalevering uit de landbouwbodem (11%) en overige agrarische emissies (8-10%). De herkomstverdeling is in deze twee beken vergelijkbaar.

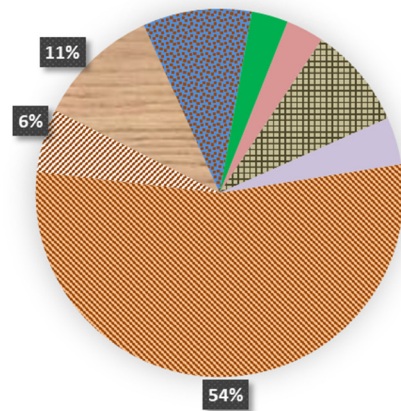
Benedenloop Lunterse Beek

Figuur 4.7 geeft de relatieve bijdrage van de bronnen. De twee genoemde vanggebieden wateren vervolgens af op het vanggebied van de benedenloop Lunterse Beek en bepalen daarom voor een belangrijk deel de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in dit vanggebied (89%). De bronverdeling komt in grote lijnen dan ook overeen met de verdeling in de bovenstroomse gebieden.

Benedenloop Lunterse Beek



Benedenloop Lunterse Beek



- actuele bemesting
- historische bemesting
- nalevering
- overige termen uitspoeling
- uit- en afspoeling natuur
- diffuus stedelijk
- overige agrarisch emissies
- rwzi
- overige emissies
- inlaat rijkswater
- afwenteling

Figuur 4.7 *Herkomst stikstofbelasting oppervlaktewater benedenloop Lunterse beek. Links is de afwenteling als aparte post weergegeven, rechts is dit herverdeeld op basis van herkomst.*

4.3.3 Stroomgebied Heiligenbergerbeek

Het stroomgebied van de Heiligenbergerbeek bestaat in feite uit drie vanggebieden (Heiligenbergerbeek, Woudenbergse Grift en Liniessloot (bovenstrooms)). Naast bovengenoemde vanggebieden wordt de kwaliteit van het water in dit stroomgebied ook beïnvloed door inlaat vanuit het bovenstroomse deel van het Valleikanaal na Veenendaal (Scheeleduiker). Dit kwaliteit van dit inlaatwater wordt op haar beurt weer beïnvloed door de kwaliteit van de inlaat nabij de Grebbesluis en de afwenteling vanuit de vanggebieden Binnenveld, Zijdewetering en Emminkhuizerbeek. De resultaten van deze gebieden worden hieronder gepresenteerd, rekening houdend met de routing van het gebied.

Binnenveld, Zijdewetering en Emminkhuizerbeek

De herkomst is sterk verschillend. In het vanggebied Zijdewetering wordt de stikstofbelasting bijna volledig bepaald door de lozing van rwzi Ede (90%). De bijdrage van rwzi Bennekom in het vanggebied van het Binnenveld is 'slechts' 6%. Het grootste gedeelte van de belasting is afkomstig van actuele bemesting (34%), gevolgd door overige emissies (13%) en uit- en afspoeling uit stedelijk gebied (11%). Voor vanggebied Emminkhuizerbeek is de actuele bemesting de belangrijkste post (44%), gevolgd door de nalevering uit landbouwbodems (14%) en overige agrarische emissies (13%).

Woudenbergse Grift

De Woudenbergse Grift wordt voor een groot deel gevoed door inlaat van Valleikanaalwater na Veenendaal (Scheele duiker). De kwaliteit van dit inlaatwater wordt bepaald door de toestroom vanuit de vanggebieden Binnenveld, Zijdewetering, Emminkhuizerbeek en de inlaat bij de Grebbesluis van Nederrijnwater. Ze bepalen daarom voor een belangrijk deel (33%) de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in dit vanggebied. Figuur 4.8 geeft de relatieve bijdrage van de bronnen in de Woudenbergse Grift.

De belangrijkste bron voor de stikstofbelasting waarbij de inlaat niet is herverdeeld, zijn de rwzi's Woudenberg en Veenendaal (33%) en inlaat (33%). Wanneer de inlaat echter wordt ingedeeld op basis van herkomst, wordt door de rwzi's de grootste bijdrage geleverd. Dit heeft te maken met het feit dat de inlaat mede wordt bepaald door de vanggebieden Zijdewetering en Binnenveld waar de rwzi's ook een (belangrijke) bijdrage leveren aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater. De bijdrage van inlaatwater (inlaat vanuit de Nederrijn) neemt af van 33% naar 13%. Naast de rwzi's en het inlaatwater speelt ook actuele bemesting een rol (ca. 16%). De Woudenbergse grift wentelt af op de Heiligenberger beek en bepaalt daardoor voor een belangrijk deel (82%) de stikstofbelasting van de Heiligenbergerbeek.

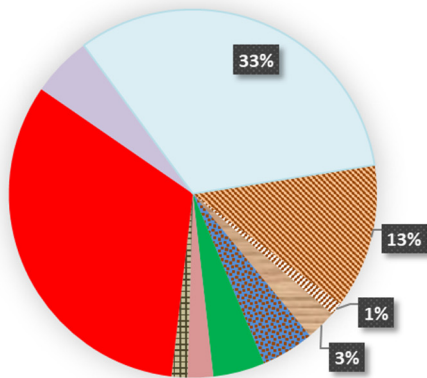
Liniesloot

In het vanggebied van de Liniesloot levert actuele bemesting de grootste bijdrage van stikstof (50%), gevolgd door de nalevering van de landbouwbodem (11%) en overige emissies (10%). Ook de Liniesloot watert af op de Heiligenbergerbeek maar levert geen grote bijdrage aan de stikstofbelasting.

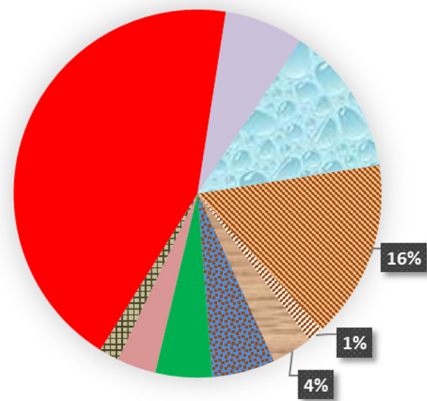
Heiligenbergerbeek

Het vanggebied Liniesloot (bovenstreams) en het vanggebied van de Woudenbergse Grift wateren af op het vanggebied van de Heiligenbergerbeek en bepalen daarom voor het grootste gedeelte de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in dit vanggebied (86%). Figuur 4.9 geeft de herkomst van de Heiligenbergerbeek. De rwzi's leveren een belangrijke bijdrage aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater (36%). Dit betekent dus dat de impact van de rwzi's (ver) benedenstreams dus voor een belangrijk deel de kwaliteit bepalen voor het vanggebied van de Heiligenbergerbeek. Ook het inlaatwater voor de Nederrijn beïnvloedt nog ca. 11% van de stikstofvracht. Naast de rwzi's en inlaatwater is de actuele bemesting een belangrijke bron (18%).

Woudenbergse Grift



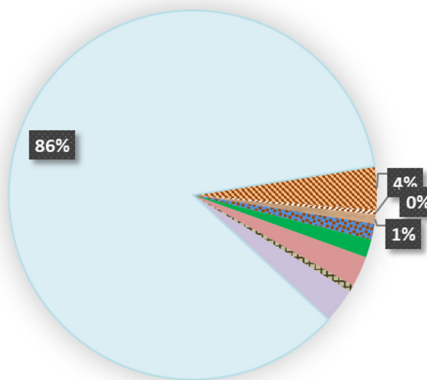
Woudenbergse Grift



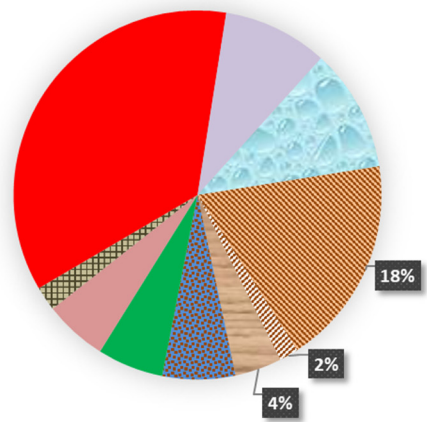
- actuele bemesting
- historische bemesting
- nalevering
- overige termen uitspoeling
- uit- en afspoeling natuur
- diffuus stedelijk
- overige agrarisch emissies
- rwzi
- overige emissies
- inlaat rijkswater
- afwenteling

Figuur 4.8 Herkomst stikstofbelasting oppervlaktewater Woudenbergse Grift. Links is de afwenteling als aparte post weergegeven, rechts is dit herverdeeld op basis van herkomst.

Heiligenbergerbeek



Heiligenbergerbeek



Figuur 4.9 Herkomst stikstofbelasting oppervlaktewater Heiligenbergerbeek. Links is de afwenteling als aparte post weergegeven, rechts is dit herverdeeld op basis van herkomst.

4.3.4 Stroomgebied Valleikanaal

De stikstofbelasting van het Valleikanaal wordt beïnvloed door bijna alle vanggebieden die in deze studie zijn meegenomen. Naast het stroomgebied van de Barneveldse Beek en Lunterse Beek wordt de kwaliteit van het water in het waterlichaam bepaald door elf vanggebieden. Alleen de vanggebieden Heiligenbergerbeek, Woudenbergse Grift en Liniesloot (bovenstrooms) wateren niet op het Valleikanaal af. De vanggebieden Binnenveld, Zijdewetering en Emminkhuizerbeek beïnvloeden wel de waterkwaliteit van het Valleikanaal. Daarnaast wordt de kwaliteit ook bepaald door inlaat vanuit de Nederrijn. Zoals aangegeven, wordt het valleikanaal beïnvloed door elf vanggebieden. Drie vanggebieden zijn reeds behandeld (Binnenveld, Zijdewetering en Emminkhuizerbeek). De overige acht worden achtereenvolgens in groepen besproken.

Groepersloot, Vlastuiner beek en Nattegatsloot

In deze vanggebieden is de actuele bemesting belangrijkste bron (32-48%). Wanneer de drie gebieden verder met elkaar worden vergeleken, valt op dat voor het vanggebied Groepersloot de bijdrage van kwel onder landbouwbodems fors is (30%) en dat ook de nalevering uit landbouwbodems een belangrijke bron is (14%). Voor het vanggebied Vlastuiner beek is de bijdrage van de overige agrarische emissies (17%) en uit- en afspoeling uit stedelijk gebied (16%) van belang. De bijdrage van bronnen aan de stikstofbelasting in het vanggebied Nattegatsloot is in lijn met de verdeling die we ook in de reeds besproken vanggebieden hebben gezien.

Voskuilerbeek, Moorsterbeek en Lapeerse beek

Uit de resultaten kan worden afgeleid dat de actuele bemesting de belangrijkste bron is voor de nutriëntenbelasting van het oppervlakte in deze drie gebieden (48-54%). Wanneer de drie gebieden verder met elkaar worden vergeleken, valt op dat de bijdrage van bronnen aan de stikstofbelasting overeenkomstig zijn en ook overeenkomen met de bijdrage van bronnen in de eerder besproken vanggebieden. Alleen de bijdrage van kwel onder landbouwbodems is hoger dan in de eerder besproken vanggebieden, met uitzondering van het vanggebied Groepersloot, waar ook een hoge bijdrage van kwel onder landbouwbodems wordt berekend.

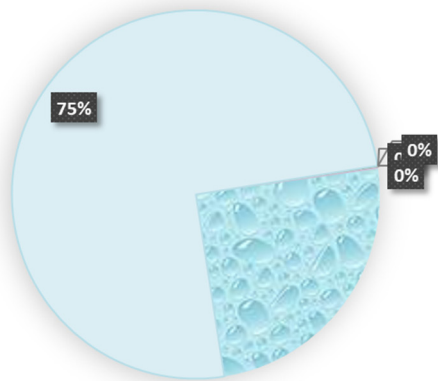
Modderbeek en Stoutenburg/Musschendorp

Ook in deze wateren is de actuele bemesting de belangrijkste stikstofbron (50 en 54%). Wanneer de twee gebieden verder met elkaar worden vergeleken, valt op dat de bijdrage van bronnen aan de stikstofbelasting overeenkomstig zijn en ook overeenkomen met de bijdrage van bronnen in de eerder besproken vanggebieden.

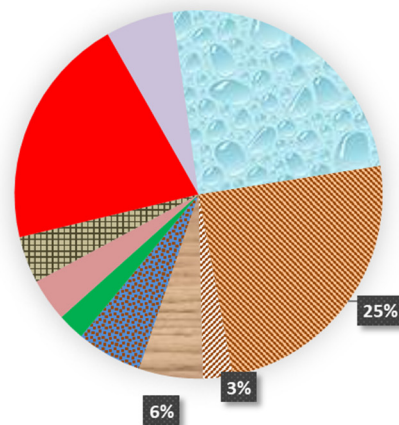
Valleikanaal

Zoals eerder is aangegeven, wordt de Valleikanaal door bijna alle vanggebieden die in de studie zijn meegenomen, beïnvloed. De bronnen uit deze vanggebieden bepalen daarom voor het grootste gedeelte de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in het Valleikanaal. De herkomst is weergegeven in Figuur 4.10. De belangrijke bronnen zijn waterinlaat vanuit de Nederrijn (25%), actuele bemesting (24%) en rwzi's (21%). De bijdrage van de andere bronnen is minder dan 10%, waarbij de nalevering vanuit landbouwbodems nog de grootste bijdrage heeft (6%).

Valleikanaal



Valleikanaal



- actuele bemesting
- historische bemesting
- nalevering
- overige termen uitspoeling
- uit- en afspoeling natuur
- diffuus stedelijk
- overige agrarisch emissies
- rwzi
- overige emissies
- inlaat rijkswater
- afwenteling

Figuur 4.10 Herkomst stikstofbelasting oppervlaktewater Valleikanaal. Links is de afwenteling als aparte post weergegeven, rechts is dit herverdeeld op basis van herkomst.

4.4 Nadere analyse herkomst fosfor zomerhalfjaar

4.4.1 Stroomgebied Barneveldse beek

Grote Valkse Beek, Kleine Valkse beek en Kleine Barneveldse Beek

Voor fosfor zijn hier de historische bemesting (22-41%) en nalevering vanuit landbouwbodems (26-33%) de belangrijkste bronnen. Ook de overige agrarische emissies dragen voor een belangrijk deel bij aan de fosforbelasting van het oppervlaktewater (17-21%). Wanneer de drie gebieden met elkaar worden vergeleken, valt op dat voor het vanggebied Kleine Barneveldse Beek de bijdrage van stedelijk gebied beduidend hoger is dan voor de andere twee gebieden (17%).

Middenloop Barneveldse Beek

De herkomst in deze beek is weergegeven in Figuur 4.11. De drie genoemde vanggebieden wateren vervolgens af op het vanggebied van de middenloop Barneveldse Beek en bepalen daarom voor een belangrijk deel de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in dit vanggebied (77%). De belangrijkste bronnen voor de fosforbelasting zijn historische bemesting (32%), nalevering uit de landbouwbodems (32%) en overige agrarische emissies (19%). Omdat 77% van de stikstof afkomstig is van bovenstroomse gebieden en voor deze gebieden deze bronnen ook de belangrijkste bronnen zijn voor de fosforbelasting van het oppervlaktewater, is dit goed te verklaren. De bronverdeling komt in grote lijnen dan ook overeen met de bronverdeling van de drie bovenstrooms gelegen gebieden.

Esvelderbeek en Hoevelakense beek

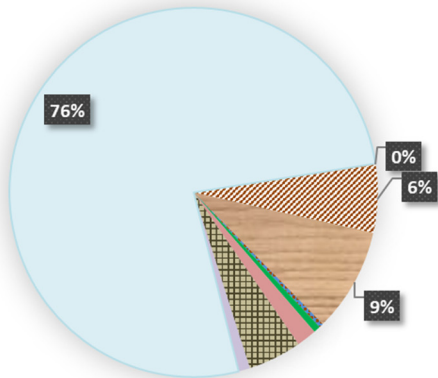
De middenloop Barneveldse Beek gaat over in de benedenloop Barneveldse Beek en bepaalt daardoor voor een belangrijk deel de waterkwaliteit. De waterkwaliteit in de benedenloop Barneveldse Beek wordt daarnaast nog beïnvloed door de Esvelderbeek en Hoevelakense Beek. De bijdrage van de historische bemesting (25-34%), nalevering uit de landbouwbodems (24-30%) en overige agrarische emissies (14-26%) dragen voor het grootste gedeelte bij aan de fosforbelasting van het oppervlaktewater. Ook de diffuse belasting uit stedelijk gebied is van belang (7-12%).

Benedenloop Barneveldse Beek

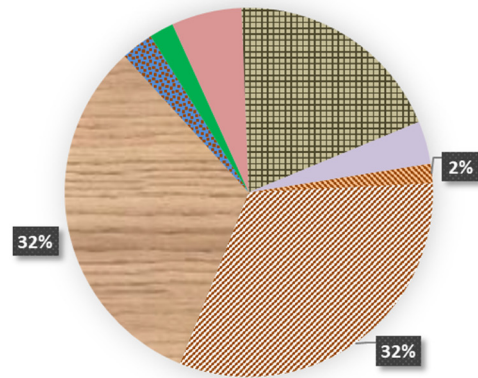
De drie vorige vanggebieden (Esvelderbeek, Hoevelakense Beek en middenloop Barneveldse Beek) wateren af op het vanggebied van de benedenloop Barneveldse Beek en bepalen daarom voor het grootste gedeelte de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in dit vanggebied (90%). Figuur 4.12 geeft de herkomst van de benedenloop. Door de afwenteling zijn ook in de benedenloop

nalevering uit landbouwbodems (31%), historische bemesting (29%) en overige agrarische bronnen (18%) de belangrijkste bronnen. De bijdrage van diffuse belasting uit stedelijk gebied is 8%.

Middenloop Barneveldse Beek



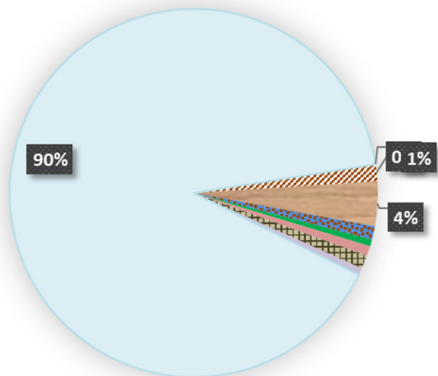
Middenloop Barneveldse Beek



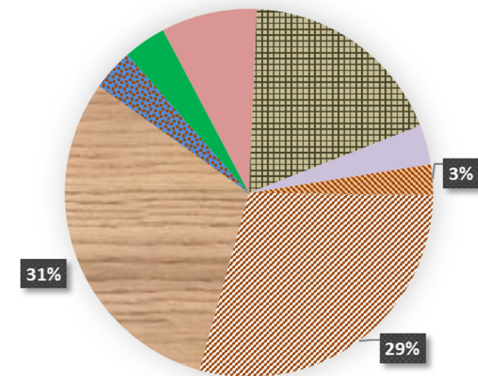
- actuele bemesting
- historische bemesting
- nalevering
- overige termen uitspoeling
- uit- en afspoeling natuur
- diffuus stedelijk
- overige agrarisch emissies
- rwzi
- overige emissies
- inlaat rijkswater
- afwenteling

Figuur 4.11 Herkomst fosforbelasting oppervlaktewater middenloop Barneveldse beek. Links is de afwenteling als aparte post weergegeven, rechts is dit herverdeeld op basis van herkomst.

Benedenloop Barneveldse beek



Benedenloop Barneveldse beek



Figuur 4.12 Herkomst fosforbelasting van het oppervlaktewater benedenloop Barneveldse beek. Links is de afwenteling als aparte post weergegeven, rechts is dit herverdeeld op basis van herkomst.

4.4.2 Stroomgebied Lunterse Beek

Het stroomgebied van de Lunterse Beek bestaat uit drie vanggebieden. De resultaten van deze drie gebieden worden hieronder gepresenteerd, rekening houdend met de routing van het gebied.

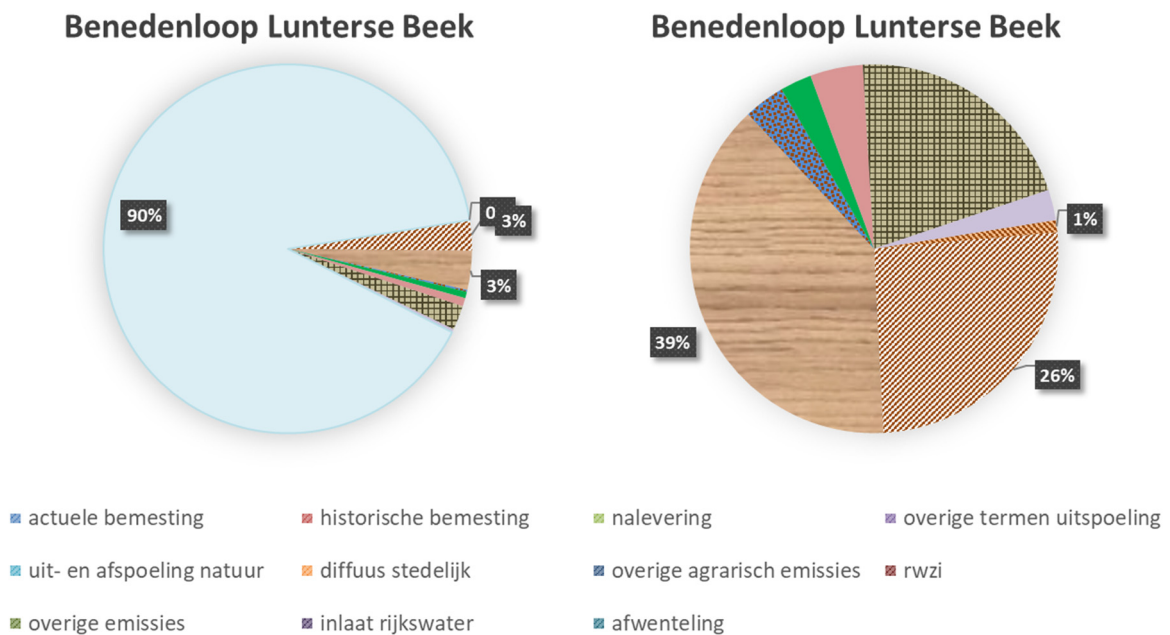
Munikkebeek en bovenloop Lunterse Beek

Net als voor het stroomgebied Barneveldse Beek zijn nalevering uit de landbouwbodems (ca. 40%), historische bemesting (ca. 25%) en overige agrarische bronnen (ca. 20%) de belangrijkste fosforbronnen.

Benedenloop Lunterse Beek

De twee vorige vanggebieden wateren vervolgens af op het vanggebied van de benedenloop Lunterse Beek en bepalen daarom voor een belangrijk deel de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in dit vanggebied (90%). Figuur 4.13 geeft de herkomstverdeling van de benedenloop Lunterse beek.

Door de grote invloed van de afwenteling zijn ook hier de belangrijkste bronnen nalevering uit de landbouwbodem (ca. 39%), historische bemesting (ca. 26%) en overige agrarische bronnen (21%).



Figuur 4.13 Herkomstverdeling fosforbelasting oppervlaktewater benedenloop Lunterse beek. Links is de afwenteling als aparte post weergegeven, rechts is dit herverdeeld op basis van herkomst.

4.4.3 Stroomgebied Heiligenbergerbeek

Zoals aangegeven, omvat het stroomgebied van de Heiligenbergerbeek in feite de vanggebieden van de Heiligenbergerbeek, Woudenbergse Grift en Liniesloot (bovenstrooms) en wordt het via waterinlaat vanuit het Valleikanaal beïnvloed door de kwaliteit van de inlaat nabij de Grebbesluis en afwenteling vanuit de vanggebieden Binnenveld, Zijdewetering en Emminkhuizerbeek.

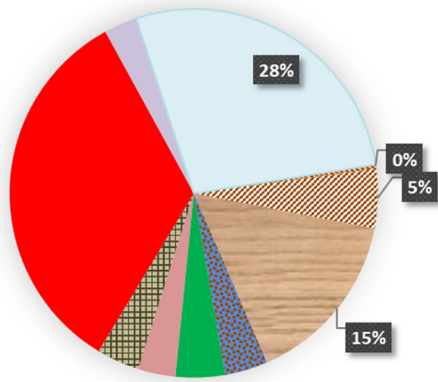
Binnenveld, Zijdewetering en Emminkhuizerbeek

De herkomst van fosfor is in deze drie gebieden duidelijk verschillend. In Zijdewetering wordt de fosforbelasting in het zomerhalfjaar bijna volledig bepaald door de lozing van rwzi Ede (90%). De bijdrage van rwzi Bennekom in het vanggebied van het Binnenveld is 'slechts' 4%. Het grootste gedeelte is afkomstig van de nalevering uit de landbouwbodem (36%) en historische bemesting (15%), gevolgd door uit- en afspoeling stedelijk gebied (13%). Voor vanggebied Emminkhuizerbeek is de nalevering uit de landbouwbodem de belangrijkste post (38%), gevolgd door de overige agrarische emissies (28%) en historische bemesting (20%).

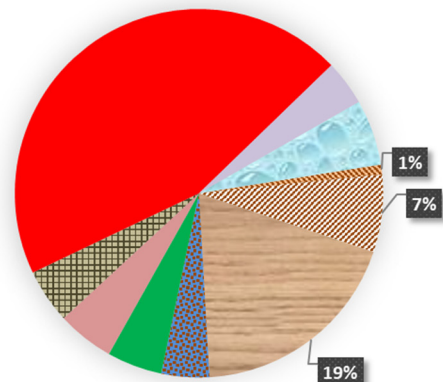
Woudenbergse Grift

De drie genoemde vanggebieden en de waterinlaat nabij de Grebbesluis bepalen de kwaliteit van het inlaatwater voor het vanggebied Woudenbergse Grift en bepalen daarom voor een belangrijk deel de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in dit vanggebied (33%). Figuur 4.14 geeft de herkomstverdeling van de fosforbronnen in de Woudenbergse Grift. De belangrijkste bron voor de fosforbelasting waarbij de inlaat niet is herverdeeld, zijn de rwzi's Woudenberg en Veenendaal (33%) en inlaat (28%). Wanneer de inlaat echter wordt ingedeeld op basis van herkomst, wordt voor de rwzi's de grootste bijdrage geleverd (45%). Dit heeft te maken met het feit dat het inlaatwater mede wordt bepaald door de vanggebieden Zijdewetering en Binnenveld waar de rwzi's ook een (belangrijke) bijdrage leveren aan de fosforbelasting van het oppervlaktewater. De bijdrage van inlaatwater (inlaat vanuit de Nederrijn) neemt af van 28 naar 6%. Naast de rwzi's en inlaatwater is ook de nalevering uit de landbouwbodem (19%) van belang en, in mindere mate, de historische bemesting (ca. 7%). De Woudenbergse grift wentelt af op de Heiligenberger beek en bepaalt daardoor voor een belangrijk deel (81%) de fosforbelasting van de Heiligenbergerbeek.

Woudenbergse Grift



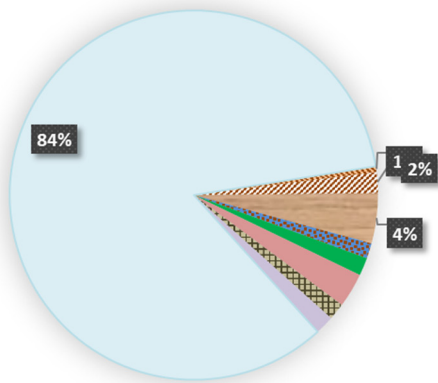
Woudenbergse Grift



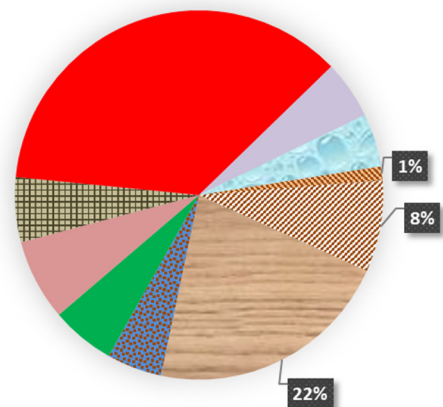
- actuele bemesting
- historische bemesting
- nalevering
- overige termen uitspoeling
- uit- en afspoeling natuur
- diffuus stedelijk
- overige agrarisch emissies
- rwzi
- overige emissies
- inlaat rijkswater
- afwenteling

Figuur 4.14 Herkomstverdeling fosforbelasting oppervlaktewater Woudenbergse Grift. Links is de afwenteling als aparte post weergegeven, rechts is dit herverdeeld op basis van herkomst.

Heiligenbergerbeek



Heiligenbergerbeek



Figuur 4.15 Herkomstverdeling fosforbelasting oppervlaktewater Heiligenbergerbeek. Links is de afwenteling als aparte post weergegeven, rechts is dit herverdeeld op basis van herkomst.

Liniesloot (bovenstrooms)

De waterkwaliteit in de Heiligenbergsloot wordt naast de Woudenbergse Grift ook in geringe mate beïnvloed door Liniesloot bovenstrooms. De nalevering uit de landbouwbodems is hier de belangrijkste bron voor de fosforbelasting van het oppervlaktewater (55%), gevolgd door de historische bemesting (20%) en overige agrarische emissies (10%).

Heiligenbergerbeek

Het vanggebied Liniesloot (bovenstrooms) en het vanggebied van de Woudenbergse Grift wateren af op het vanggebied van de Heiligenbergerbeek en bepalen daarom voor het grootste gedeelte de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in dit vanggebied (84%). Figuur 4.15 geeft de herkomstverdeling van de fosforbronnen in de Heiligenbergerbeek. De rwzi's leveren een belangrijke bijdrage aan de fosforbelasting (36%). Dit betekent dus dat de impact van de rwzi's (ver) benedenstrooms dus voor een belangrijk deel de kwaliteit bepalen voor het vanggebied van de Heiligenbergerbeek. Ook het inlaatwater voor de Nederrijn beïnvloedt nog ca. 5% van de fosforvrucht. Naast de rwzi's is nalevering van de landbouwbodems een belangrijke bron (22%).

4.4.4 Stroomgebied Valleikanaal

Het Valleikanaal wordt, zoals aangegeven, beïnvloed door inlaat vanuit de Nederrijn en de afvoer van alle vanggebieden, met uitzondering van de Heiligenbergerbeek, Woudenbergse Grift en Liniesloot (bovenstreams).

Groepersloot, Vlastuiner beek en Nattedegatsloot

De belangrijkste bronnen van fosfor zijn hier de nalevering uit de landbouwbodems (23-60%), historische bemesting (9-21%) en overige agrarische emissies (18-34%). Wanneer de drie gebieden met elkaar worden vergeleken, valt op dat voor het vanggebied Groepersloot de bijdrage van de nalevering uit landbouwbodems (60%) duidelijk hoger is dan voor de andere twee gebieden, dat voor vanggebied Vlastuiner beek de bijdrage van de uit- en afspoeling uit stedelijk gebied (20%) van belang is en voor het vanggebied Nattedegatsloot is de bijdrage van de historische bemesting (21%) hoger dan voor de andere twee gebieden.

Voskuilerbeek, Moorsterbeek en Lapeerse beek

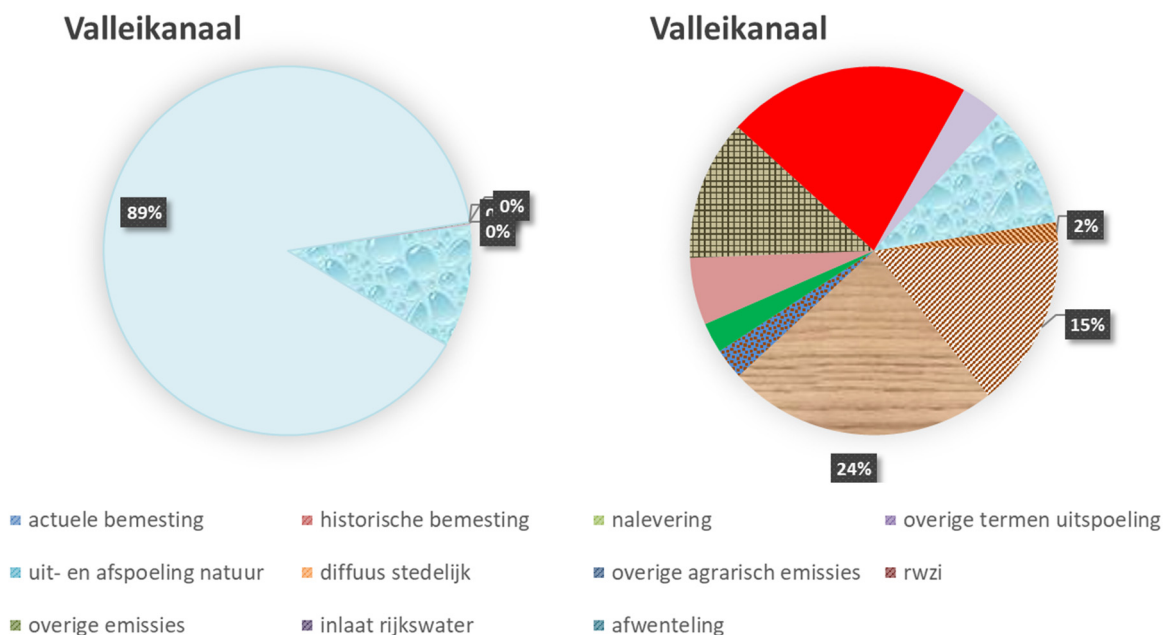
Net als voor de andere gebieden zijn de belangrijkste bronnen aan de fosforbelasting de nalevering uit de landbouwbodems (36-43%), historische bemesting (14-24%) en overige agrarische emissies (17-30%). In tegenstelling tot de meeste andere gebieden is de bijdrage van kwel onder landbouwbodems voor de vanggebieden Voskuilerbeek (13%) en Lapeerse beek (12%) een belangrijke bron. Voor de Lapeerse beek is ook de bijdrage van de uit- en afspoeling uit natuurbodems van belang (8%).

Modderbeek en Stoutenburg/Musschendorp

De belangrijkste bron voor de fosforbelasting voor deze twee vanggebieden is de nalevering uit de landbouwbodem (41% en 58%), gevolgd door overige agrarische emissies (24-27%). Voor het vanggebied Modderbeek is de bijdrage van historische bemesting (20%) duidelijk hoger dan voor het vanggebied Stoutenburg/Musschendorp (8%).

Valleikanaal

De vanggebieden die afwentelen op het Valleikanaal bepalen voor het grootste gedeelte de fosforbelasting in het Valleikanaal (89%). Het overige deel betreft inlaat vanuit de Nederrijn. Figuur 4.16 geeft de herkomstverdeling in het Valleikanaal. De belangrijkste bronnen voor de fosforbelasting zijn nalevering uit de landbouwbodems (24%), rwzi's (21%), historische bemesting (15%), overige agrarische emissies (12%) en inlaat vanuit de Nederrijn (11%).



Figuur 4.16 Herkomstverdeling fosforbelasting oppervlaktewater in het Valleikanaal. Links is de afwenteling als aparte post weergegeven, rechts is dit herverdeeld op basis van herkomst.

5 KRW-opgave en toedeling

5.1 Inleiding

Voor de goede ecologische toestand gelden voor stikstof en fosfor KRW-doelen in de vorm van maximale concentraties die gemiddeld in het zomerhalfjaar in het oppervlaktewaterlichaam voorkomen. Als de concentraties in het zomerhalfjaar gemiddeld hoger zijn, wordt het KRW-doel overschreden. Voor te nemen maatregelen geldt dan een opgave om de nutriëntenbelasting voldoende te laten afnemen. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de overschrijding van de KRW-doelen voor nutriënten, de benodigde opgave van de nutriëntenbelasting en de toedeling van die opgave aan de verschillende partijen die het water met nutriënten belasten.

5.2 Overschrijding KRW-doelen nutriënten

De opgave is per waterlichaam bepaald op basis van de gemeten overschrijdingen van de KRW-doelen voor de N- en P-concentraties en de berekende stikstof- en fosforbelasting van het vanggebied (zie paragraaf 2.7). In deze studie is de mate van overschrijding bepaald op basis van de gemeten nutriëntenconcentraties in het zomerhalfjaar en de nutriëntendoelen voor doelbereik zoals die door provincies zijn vastgesteld. Deze doelen weerspiegelen het Goede Ecologische Potentieel (GEP).

Voor het afleiden van de opgave heeft het waterschap meetpunten geselecteerd en is de gemiddelde N- en P-concentratie voor de periode 2010-2018 bepaald. Veelal zijn de meetpunten gebruikt die benedenstrooms of die aan het uiteinde van de beek liggen. In een aantal gevallen zijn meetpunten gecombineerd en voor het Valleikanaal zijn de waarden gebruikt van het meetpunt net voor de overgang naar de Eem (stuw Balladelaan). Dit meetpunt ligt benedenstrooms van de uitstroming van de beschouwde beeksystemen ten oosten van het kanaal.

Tabel 5.1 geeft per vanggebied (waterlichaam) de zomerhalfjaargemiddelde concentraties en de KRW-doelen. In 7 van de 25 vanggebieden zijn geen KRW-metpunten beschikbaar. De stikstof- en fosfordoelen zijn voor alle waterlichamen gelijk (2,3 mg l⁻¹ N en 0,11 mg l⁻¹ P).

Het stikstofgehalte van de overige 18 vanggebieden is zomers gemiddeld 2,76. In elf vanggebieden wordt het KRW-doel van stikstof overschreden. De maximale overschrijding is 150%.

Het fosforgehalte van de 18 vanggebieden is zomers gemiddeld 0,26 mgP/l. Dat is beduidend groter dan het KRW-doel van 0,11 mgP/l. In alle vanggebieden wordt het KRW-doel overschreden, in vier daarvan zelfs meer dan 200%.

5.3 Afleiden KRW-opgave

De absolute opgave is in navolging van voorgaande studies (Groenendijk, 2016; Schipper 2019; Van Boekel, 2020) berekend door de totale inkomende vracht te vermenigvuldigen met de reductiedoel-stelling van de concentraties die in het zomerhalfjaar (periode 2010-2018) zijn gemeten. Deze reductiedoelstelling is berekend met de formule:

$$\text{Reductie doelstelling} = \frac{\text{zomerhalfjaargemiddelde} - \text{KRW_doel}}{\text{zomerhalfjaargemiddelde}}$$

Deze opgaven zijn weergegeven in Tabel 5.2. In de vanggebieden waar geen KRW-meetpunten zijn, is geen KRW-opgave berekend.

Tabel 5.1 Zomerhalfjaargemiddelde concentraties (meetgegevens 2010-2018) stikstof en fosfor, bijbehorende KRW-doelen voor stikstof en fosfor en mate van doeloverschrijding.

Vanggebied ⁵	Stikstof			Fosfor		
	Zomer-gemiddelde (mg/l)	KRW- doel (mg/l)	Overschrijding KRW-doel (%) ⁶	Zomer-gemiddelde (mg/l)	KRW- doel (mg/l)	Overschrijding KRW-doel (%)
Binnenveld	1.58	2.30	-	0.15	0.11	40%
Zijdewetering	5.75	2.30	150%	0.46	0.11	323%
Munikkenbeek	3.18	2.30	38%	0.30	0.11	174%
Bovenloop Lunterse Beek	3.10	2.30	35%	0.32	0.11	186%
Benedenloop Lunterse Beek	2.73	2.30	19%	0.31	0.11	183%
Nattegatsloot	2.60	2.30	13%	0.43	0.11	288%
Moorsterbeek	2.31	2.30	1%	0.34	0.11	209%
Modderbeek	1.72	2.30	-	0.20	0.11	78%
Grote Valkse Beek	3.64	2.30	58%	0.18	0.11	64%
Kleine Valkse Beek	3.88	2.30	69%	0.38	0.11	241%
Middenloop Barneveldse Beek	3.10	2.30	35%	0.17	0.11	54%
Kleine Barneveldse Beek	2.63	2.30	14%	0.17	0.11	55%
Esvelderbeek	2.38	2.30	4%	0.17	0.11	57%
Benedenloop Barneveldse beek	2.28	2.30	-	0.22	0.11	101%
Hoewelakense beek	1.73	2.30	-	0.21	0.11	94%
Woudenbergse Grift	2.26	2.30	-	0.20	0.11	79%
Heiligenbergerbeek	2.19	2.30	-	0.24	0.11	117%
Valleikanaal	2.60	2.30	13%	0.25	0.11	125%

Tabel 5.2 Reductiedoelstelling zomergemiddelde, inkomende vracht en KRW-opgave stikstof en fosfor zomerhalfjaar 2010-2017.

Vanggebied	Reductiedoelstelling zomergemiddelde concentratie		Inkomende vracht zomerhalfjaar 2010-2017 (ton)		KRW-opgave zomerhalfjaar (ton)	
	N	P	N	P	N	P
Binnenveld	-	28%	36.5	3.31	0	0.9
Zijdewetering	60%	76%	54.6	5.02	32.8	3.8
Munikkebeek	28%	64%	6.9	0.77	1.9	0.5
Bovenloop Lunterse Beek	26%	65%	12.9	1.35	3.3	0.9
Benedenloop Lunterse Beek	16%	65%	19.3	2.17	3.1	1.4
Nattegatsloot	11%	74%	3.9	0.44	0.4	0.3
Moorsterbeek	1%	68%	7.1	0.79	0.04	0.5
Modderbeek	-	44%	7.5	0.82	0	0.4
Grote Valkse Beek	37%	39%	8.1	0.75	3.0	0.3
Kleine Valkse Beek	41%	71%	6.1	0.56	2.5	0.4
Middenloop Barneveldse Beek	26%	35%	20.5	2.08	5.3	0.7
Kleine Barneveldse Beek	13%	36%	4.0	0.43	0.5	0.2
Esvelderbeek	3%	36%	19.4	1.68	0.7	0.6
Benedenloop Barneveldse beek	-	50%	46.5	4.77	0	2.4
Hoewelakense beek	-	49%	11.6	1.20	0	0.6
Woudenbergse Grift	-	44%	63.9	5.60	0	2.5
Heiligenbergerbeek	-	54%	62.3	5.81	0	3.1
Valleikanaal	12%	56%	199.8	17.35	23.1	9.6

⁵ In de volgende vanggebieden zijn geen KRW-meetpunten aanwezig: Emminkhuizerbeek, Groepersloot, Vlastuinerbeek, Voskuilerbeek, Lapeersebeek, Stoutenburg/Musschendorp en Liniesloot.

⁶ Berekend met de formule: $\text{overschrijding} = (\text{zomergemiddelde} - \text{KRW.doel}) / \text{KRW.doel}$.

5.4 Toedeling KRW-opgaven aan sectoren

Voor ieder vanggebied is in de bronnenanalyse de belasting van stikstof en fosfor door punt- en diffuse bronnen en toestromend (inlaat)water berekend. De opgave, uitgedrukt in overschrijding van het KRW-doel, is voor ieder vanggebied vertaald naar een totale opgave (ton/zomerhalfjaar). In stap 3 wordt deze totale opgave verder onderverdeeld in verschillende sectoren.

De uitgangspunten voor het toedelen van de opgave aan de verschillende sectoren of partijen zijn als volgt:

- De opgaven worden toebedeeld aan de sectoren die nutriënten toevoegen aan het (semi)natuurlijke systeem. Hiermee wordt het principe 'de vervuiler is aan zet' gehanteerd. In deze studie worden vier sectoren beschouwd: landbouw, industrie, gemeenten en waterschap.
- Diverse bronnen zijn te beschouwen als natuurlijk of semi-natuurlijk. Dit geldt voor bronnen achter de uit- en afspoeling die niet gedreven zijn door bemesting (kwel, nalevering landbouwbodem, infiltratiewater, atmosferische N-depositie), depositie op open water en uit- en afspoeling vanaf natuurgronden. Hieraan wordt geen eigenaar (sector) toegekend.
- De historische bemesting is niet toegekend aan een sector en ook niet meegenomen in de opgave en valt hiermee in de categorie niet toebedelen. De beleidsmatige argumentatie hiervoor is dat voor de beoordeling van de KRW-stroomgebiedbeheerplannen beargumenteerd kan worden dat het doelgat dat in 2027 nog overblijft door de bijdrage van historische belasting, op natuurlijke wijze in de tijd zal afnemen (na-ijling).
- De uit- en afspoeling uit stedelijk gebied heeft betrekking op openbare groenvoorzieningen. Hieraan wordt, evenmin als aan de uitspoeling uit natuurgronden, geen eigenaar toegekend omdat er modelmatig van wordt uitgegaan dat hier geen intensieve bemesting plaatsvindt.

Met deze uitgangspunten zijn twee varianten voor de toedeling van opgave berekend:

- **Variant A:** Een bovengrens voor de opgave is berekend door de bronnen zonder eigenaar als extra opgave te verdelen over de sectoren die nutriënten toevoegen aan het (semi)natuurlijke systeem naar rato van hun bijdrage aan de vrachtbijdrage in het gebied (verdelen naar rato). Uitzondering hierop is de belasting die voortkomt uit historische bemesting; deze belasting wordt niet meegerekend in de opgave.
- **Variant B:** Een ondergrens voor de opgave van de sectoren is berekend door de bronnen waaraan geen eigenaar is toegekend niet mee te rekenen (niet toebedelen). De benodigde emissiereductie wordt dan niet bereikt.

Voor deze varianten is in overleg met het waterschap de indeling bij het toedelen naar sectoren gehanteerd zoals aangegeven in Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Toedeling van bronnen aan verschillende sectoren, niet toedelen of verdeling naar rato.

Nutriëntenbron	Bron/sector	Toedeling	
		Variant A	Variant B
Actuele bemesting	Landbouw	Landbouw	Landbouw
Historische bemesting	Landbouw	Niet toedelen	Niet toedelen
Nalevering landbouwbodem	Geen	Verdeling naar rato	Niet toedelen
Atmosferische depositie op landbouwbodem	Geen	Verdeling naar rato	Niet toedelen
Kwel onder landbouwbodem	Geen	Verdeling naar rato	Niet toedelen
Infiltratie vanuit het oppervlaktewater	Geen	Verdeling naar rato	Niet toedelen
Uit- en afspoeling natuurgronden	Geen	Verdeling naar rato	Niet toedelen
Uit- en afspoeling stedelijk gebied	Geen	Verdeling naar rato	Niet toedelen
Overige agrarisch emissies (o.a. erfafspoeling)	Landbouw	Landbouw	Landbouw
Atmosferische depositie open water	Geen	Verdeling naar rato	Niet toedelen
Industriële lozingen	Industrie	Industrie	Industrie
Overige emissies (o.a. riooloverstorten)	Gemeenten	Gemeenten	Gemeenten
Directe kwel open water	Geen	Verdelen naar rato	Niet toedelen
Aanvoer rijkswater (Nederrijn)	Rijk	Rijk	Rijk
Rwzi's	Waterschap	Waterschap	Waterschap

Een deel van de stikstofbelasting kan dus niet direct gekoppeld worden aan een eigenaar. In variant A wordt dit deel toebedeeld aan de sectoren die (antropogeen) de nutriënten in het water brengen. Dit naar rato van hun antropogene bijdrage. Zoals aangegeven, geldt dit niet voor de belasting die voortkomt uit historische mestgiften; deze belasting wordt niet toebedeeld vanuit een landelijke gedachte-lijn dat deze bron door natuurlijke processen verder in de tijd zal afnemen en dat daarmee onderbouwd kan worden dat het KRW-doel later zal worden bereikt (fasering).

De aan landbouw, waterschap en Rijk berekende boven- en ondergrens van de opgaven zijn weergegeven in Tabel 5.4 (stikstof) en Tabel 5.5 (fosfor). De aan gemeenten en industrie toebedeelde opgaven zijn ten opzichte van de andere sectoren erg klein en daarom niet in de Tabel opgenomen.

Tabel 5.4 KRW-opgave Stikstof zomerhalfjaar, toedeling naar sectoren variant A en B.

Vanggebied	KRW-opgave (kg zomer)	Landbouw		Waterschap		Rijk	
		Var A	Var B	Var A	ar B	Var A	Var B
Binnenveld	0	0	0	0	0	0	0
Zijdewetering	32.8	0.8	0.8	31.1	29.5	0	0
Munikkebeek	1.9	1.8	1.2	0	0	0	0
Bovenloop Lunterse Beek	3.3	3.0	2.2	0	0	0	0
Benedenloop Lunterse Beek	3.1	2.8	1.9	0	0	0	0
Nattegatsloot	0.4	0.4	0.3	0	0	0	0
Moorsterbeek	0.04	0.04	0.03	0	0	0	0
Modderbeek	0	0	0	0	0	0	0
Grote Valkse Beek	3.0	2.7	1.9	0	0	0	0
Kleine Valkse Beek	2.5	2.2	1.5	0	0	0	0
Middenloop Barneveldse Beek	5.3	4.7	3.2	0	0	0	0
Kleine Barneveldse Beek	0.5	0.4	0.3	0	0	0	0
Esvelderbeek	0.7	0.6	0.4	0	0	0	0
Benedenloop Barneveldse beek	0	0	0	0	0	0	0
Hoevelakense beek	0	0	0	0	0	0	0
Woudenbergse Grift	0	0	0	0	0	0	0
Heiligenbergerbeek	0	0	0	0	0	0	0
Valleikanaal	23.1	8.3	6.6	6.0	4.7	7.2	5.7

Tabel 5.5 KRW-opgave Fosfor zomerhalfjaar, toedeling naar sectoren variant A en B.

Vanggebied	KRW-opgave (kg zomer)	Landbouw		Waterschap		Rijk	
		Var A	Var B	Var A	Var B	Var A	Var B
Binnenveld	0.9	0.4	0.1	0.1	0.0	0	0
Zijdewetering	3.8	0.0	0.0	3.7	3.4	0	0
Munikkebeek	0.5	0.3	0.1	0	0	0	0
Bovenloop Lunterse Beek	0.9	0.6	0.2	0	0	0	0
Benedenloop Lunterse Beek	1.4	0.9	0.3	0	0	0	0
Nattegatsloot	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0
Moorsterbeek	0.5	0.4	0.2	0	0	0	0
Modderbeek	0.4	0.3	0.1	0	0	0	0
Grote Valkse Beek	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0
Kleine Valkse Beek	0.4	0.2	0.1	0	0	0	0
Middenloop Barneveldse Beek	0.7	0.4	0.2	0	0	0	0
Kleine Barneveldse Beek	0.2	0.1	0.0	0	0	0	0
Esvelderbeek	0.6	0.4	0.1	0	0	0	0
Benedenloop Barneveldse beek	2.4	1.5	0.5	0	0	0	0
Hoevelakense beek	0.6	0.4	0.2	0	0	0	0
Woudenbergse Grift	2.5	0.2	0.1	1.7	1.1	0.2	0.1
Heiligenbergerbeek	3.1	0.4	0.2	2.0	1.1	0.3	0.1
Valleikanaal	9.6	2.3	1.4	3.5	2.1	1.8	1.0

Voor fosfor ligt er in ieder waterlichaam een KRW-opgave, voor stikstof is er in vijf waterlichamen geen opgave. De opgaven worden met variant A (bovengrens) in het merendeel van de vanggebieden vrijwel alleen toebedeeld aan landbouw. Dit komt omdat de nutriëntenbelasting in die gebieden hoofdzakelijk wordt bepaald door uit- en afspoeling. In het Binnenveld en Zijdewetering is ook een opgave toebedeeld aan het waterschap en in de Woudenbergse Grift, Heiligenbergerbeek en Valleikanaal een opgave aan zowel het waterschap als het Rijk. De wateren waaraan een opgave voor het waterschap is toebedeeld, zijn de wateren die direct of via afwenteling belast worden met effluent van rwzi's. Het inlaatwater van de Nederrijn, waaraan de opgave voor het Rijk is gekoppeld, heeft alleen invloed op het Valleikanaal, Woudenbergse Grift en Heiligenbergerbeek.

Bij de interpretatie moet worden bedacht dat de opgave betrekking heeft op het zomerhalfjaar. Puntbronnen zoals rwzi's en gebiedsvreemd inlaatwater hebben dan een relatief groter aandeel in de belasting dan jaargemiddeld. Dit levert voor de eigenaren van die bronnen (waterschap en Rijkswaterstaat) verhoudingsgewijs een grotere KRW_opgave op dan wanneer de opgave op basis van de jaargemiddelde herkomst zou worden berekend.

6 Maatregelen rwzi's

6.1 Scenario's rwzi's

Een van de mitigerende maatregelen die wordt meegenomen in deze gebiedsanalyse is het aanpassen van de rwzi's Ede, Bennekom, Woudenberg en Veenendaal. Hierbij is gebruikgemaakt van berekeningen die door Tauw (2019) werden uitgevoerd rondom de effluentkwaliteit van de rwzi's.

Er zijn vier scenario's aangeleverd door het waterschap:

- Referentie: huidige gemiddelde effluentkwaliteit voor de periode 2010-2017;
- Scenario 1: toekomstige effluentkwaliteit (zichtjaar 2040), rekening houdend met bevolkingsgroei en toename van deelstromen, maar zonder iets in de bedrijfsvoering aan te passen (ook wel aangeduid als basisprognose);
- Scenario 2: toekomstige effluentkwaliteit (2040) met aangepaste bedrijfsvoering;
- Scenario 3: toekomstige effluentkwaliteit (2040) met aangepaste bedrijfsvoering en aanvullende investeringen in verregaande zuivering (4^e trap).

Voor rwzi Ede is in afwijking van de andere rwzi's in scenario 1 en 2 uitgegaan van basisprognose 2040 +1%. Dit betekent dat, in tegenstelling tot de andere rwzi's, er voor rwzi Ede is gerekend met meer toename in biologische belasting dan alleen de prognose van bevolkingstoename 2040. Hiervoor is gekozen, omdat in de studie van Tauw (2019) voor rwzi Ede alleen voor de belasting 2040 +1% de maatregelen voor aangepaste bedrijfsvoering (bijplaatsen beluchttingscapaciteit) doorgerekend zijn. Voor de 2040-belasting is dit niet doorgerekend, omdat de noodzaak hiertoe minder duidelijk was in de modeluitwerking. Er leek in de 2040-situatie namelijk vrijwel geen aanvullende beluchttingscapaciteit nodig te zijn.

Verder is in alle Ede-scenario's 1, 2 en 3 ook rekening gehouden met aanvullende maatregelen in de deelstroombehandeling (nodig in verband met toename in belasting door centralisatie slibvergisting).

Omdat de opgave gericht is op het zomerhalfjaar (zie vorig hoofdstuk), zijn de uitgangspunten voor de rwziI-vrachten en de berekende effecten berekend voor het zomerhalfjaar.

Basisgegevens

In Tabel 6.1 is de gemiddelde effluentkwaliteit van de verschillende scenario's weergegeven voor stikstof en fosfor zoals die zijn berekend in het onderzoek naar maatregelen en investeringen op de rwzi's om het geloosde effluent te laten voldoen aan de KRW-doelen (Tauw, 2019).

Tabel 6.1 Gemiddelde effluentconcentraties zomerhalfjaar rwzi's Bennekom, Ede, Woudenberg en Veenendaal voor de referentie (2010-2018) en de drie scenario's voor het zichtjaar 2040.

Scenario's	Bennekom	Ede ¹	Woudenberg	Veenendaal
Stikstof	mg/l N	mg/l N	mg/l N	mg/l N
Referentie	5,46	7,38	4,72	3,70
Scenario 1	5,80	7,50	6,60	3,80
Scenario 2	5,50	7,20	4,70	3,70
Scenario 3	1,52	3,32	1,31	1,62
Fosfor	mg/l P	mg/l P	mg/l P	mg/l P
Referentie	0,27	0,58	0,25	0,28
Scenario 1	0,30	0,20	0,30	0,30
Scenario 2	0,30	0,20	0,30	0,30
Scenario 3	0,11	0,16	0,12	0,12

1 Voor rwzi Ede hebben de effluentconcentraties voor stikstof in scenario 1 en 2 betrekking op de uitgangspunten die in de Tauw-studie zijn aangehouden voor de situatie '2040 + 1%'.

De stikstof- en fosforconcentraties zijn voor scenario 1 hoger dan de referentiesituatie, met uitzondering van fosfor in het effluent van rwzi Ede. De gemiddelde effluentkwaliteit van fosfor is voor scenario 2 exact gelijk aan scenario 1, voor stikstof wordt een lichte afname berekend. De gemiddelde stikstofconcentratie voor scenario 2 voor rwzi Bennekom is nog steeds iets hoger dan de huidige stikstofconcentraties, voor Woudenberg is deze 0,02 mg/l N lager en voor Veenendaal gelijk. Voor scenario 3 worden voor alle rwzi's veel lagere stikstof- en fosforconcentraties berekend.

Modelberekeningen

De basisgegevens uit Tabel 6.2 zijn gebruikt om nieuwe stikstof- en fosforvrachten af te leiden. De gemiddelde stikstof- en fosforvrachten in het zomerhalfjaar voor de periode 2010-2017 zijn gereduceerd op basis van bovenstaande getallen. De reductiepercentages zijn weergegeven in Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Relatieve verandering stikstof- en fosforbelasting zomerhalfjaar door effluentlozingen rwzi's. Toename is positief en rood weergegeven, afname negatief.

Scenario's ¹	Bennekom	Ede ²	Woudenberg	Veenendaal
Stikstof				
Scenario 1	6,3%	1,63%	40%	2,8%
Scenario 2	0,81%	-2,4%	-0,47%	0,10%
Scenario 3	-72%	-55%	-72%	-56%
Fosfor				
Scenario 1	11%	-66%	20%	8,8%
Scenario 2	11%	-66%	20%	8,8%
Scenario 3	-60%	-73%	-53%	-57%

1 Scenario 1: toekomstige effluentkwaliteit (jaar 2040) rekening houdend met bevolkingsgroei en andere deelstromen, maar zonder iets in de bedrijfsvoering aan te passen.

Scenario 2: toekomstige effluentkwaliteit (2040) met aangepast beheer.

Scenario 3: toekomstige effluentkwaliteit (2040) met aanvullende investeringen in 4^e trappen + aangepast beheer.

2 Voor rwzi Ede hebben de effluentconcentraties voor stikstof in scenario 1 en 2 betrekking op de uitgangspunten die in de Tauw-studie zijn aangehouden voor de situatie '2040 + 1%'.

Op basis van de nieuwe N- en P-belasting van het oppervlaktewater van de rwzi's kan een nieuwe bijdrage worden afgeleid van de rwzi's voor de vanggebieden waar de betreffende rwzi's invloed op hebben. Dit zijn de vanggebieden Binnenveld (rwzi Bennekom), Zijdewetering (rwzi Ede), Woudenbergse Grift (rwzi Woudenberg en Veenendaal), waarin het effluentwater direct wordt geloosd, en voor de vanggebieden Heiligenbergerbeek en Valleikanaal, waarvoor de waterkwaliteit wordt beïnvloed door alle vier de rwzi's via afwenteling.

6.2 Effecten rwzi-scenario's Binnenveld

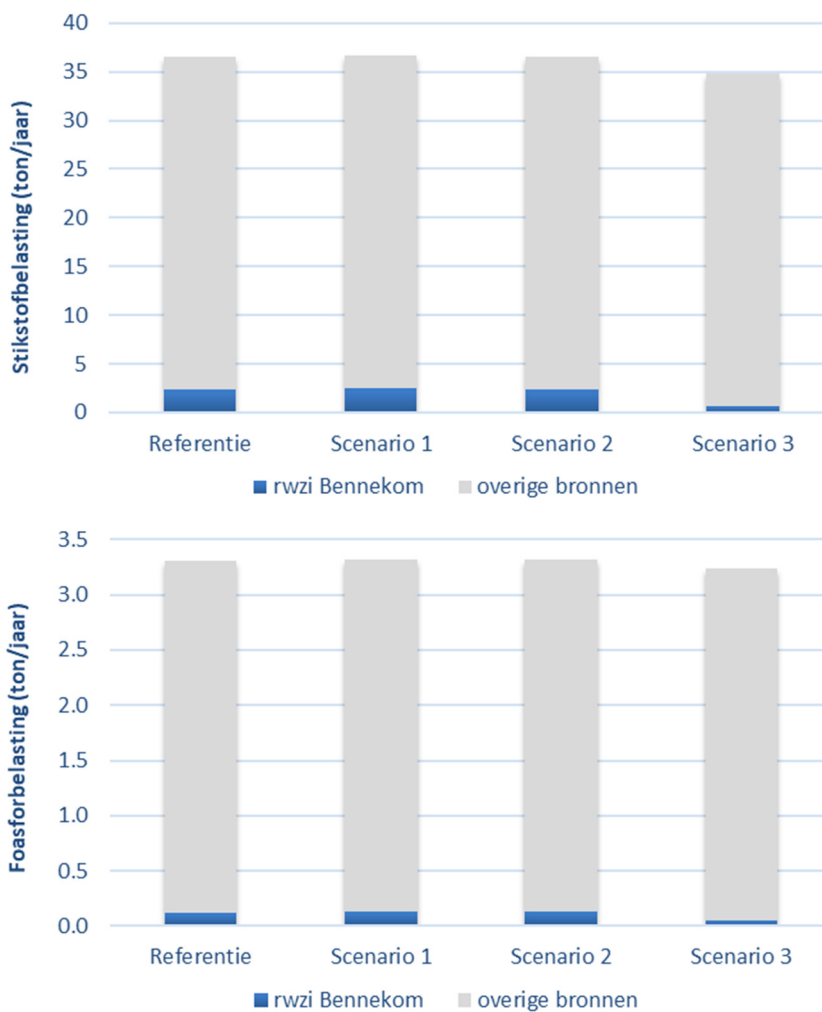
In het vanggebied Binnenveld ligt één rwzi (Bennekom) die in de huidige situatie ca. 6,3% bijdraagt aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater en 3,5% aan de fosforbelasting (Tabel 6.3) in het zomerhalfjaar.

De stikstof- en fosforbelasting neemt voor scenario 1 en scenario 2 toe met 0,15 ton zomerhalfjaar⁻¹ N en 0,01 ton zomerhalfjaar⁻¹ P. Voor scenario 3 neemt de stikstofbelasting af met 1,66 ton zomerhalfjaar⁻¹ en voor fosfor met 0,07 ton zomerhalfjaar⁻¹.

De relatieve bijdrage aan de totale stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater in het zomerhalfjaar neemt af van 6,3% naar 1,8% voor stikstof en van 3,5% naar 1,4% voor fosfor (Figuur 6.1).

Tabel 6.3 N- en P-belasting (ton zomerhalfjaar⁻¹) van het oppervlaktewater van rwzi Bennekom, de totale N- en P-belasting naar het oppervlaktewater voor het vanggebied Binnenveld, de afname van de N- en P-belasting naar het oppervlaktewater (ton zomerhalfjaar⁻¹) en de relatieve bijdrage van rwzi Bennekom.

Scenario's	N/P-vracht (rwzi)	N/P-vracht (totaal)	Afname t.o.v. referentie	Relatieve bijdrage t.o.v. totaal
Stikstof	ton/jaar	ton/jaar	ton/jaar	%
Referentie	2,31	36,50		6,3
Scenario 1	2,45	36,65	-0,15	6,7
Scenario 2	2,33	36,52	-0,02	6,4
Scenario 3	0,64	34,84	1,66	1,8
Fosfor	ton/jaar	ton/jaar	ton/jaar	%
Referentie	0,12	3,31		3,52
Scenario 1	0,13	3,32	-0,01	3,90
Scenario 2	0,13	3,32	-0,01	3,90
Scenario 3	0,05	3,24	0,07	1,43



Figuur 6.1 Absolute bijdrage van rwzi Bennekom aan de stikstofbelasting (boven) en fosforbelasting (onder) in ton/jaar voor de verschillende scenario's voor het vanggebied Binnenveld.

6.3 Effecten rwzi-scenario's Zijdewetering

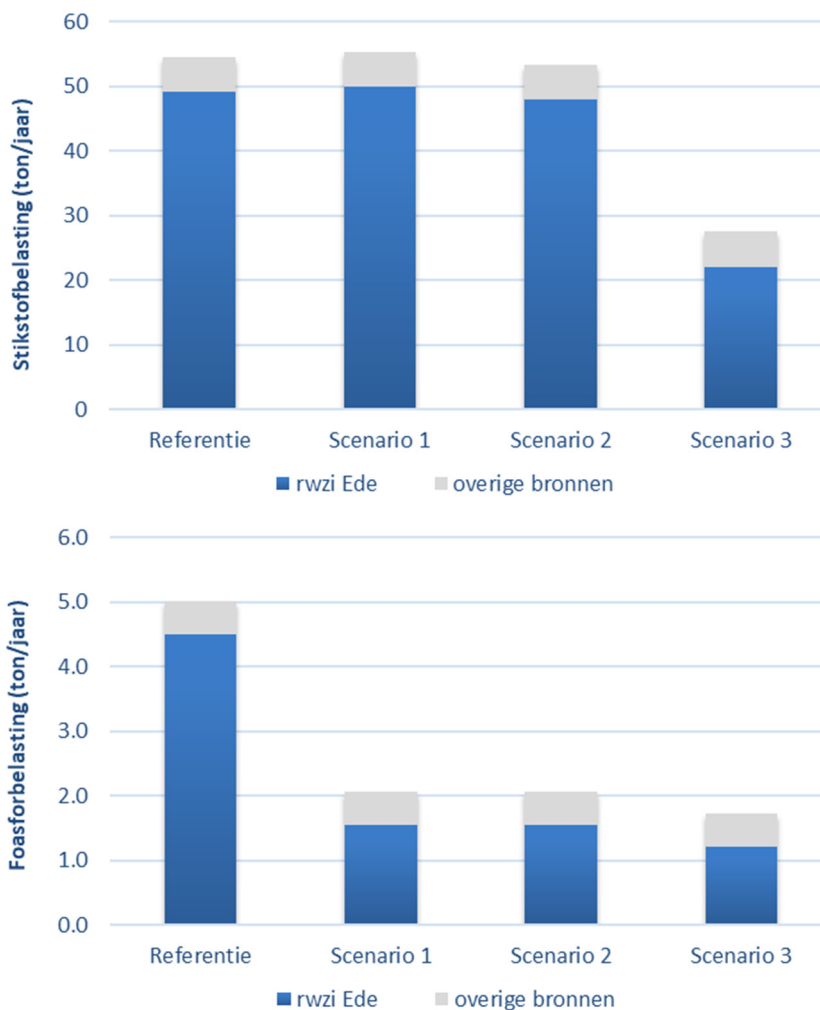
In het vanggebied Zijdewetering ligt één rwzi (Ede) die in de huidige situatie ca. 90% bijdraagt aan de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater (Tabel 6.4).

Tabel 6.4 N- en P-belasting (ton jaar⁻¹) van het oppervlaktewater van rwzi Ede, de totale N- en P-belasting naar het oppervlaktewater voor het vanggebied Zijdewetering, de afname van de N- en P-belasting naar het oppervlaktewater (ton/jaar⁻¹) en de relatieve bijdrage van rwzi Ede.

	N/P-vracht (rwzi)	N/P-vracht (totaal)	Afname t.o.v. referentie	Relatieve bijdrage t.o.v. totaal
Stikstof	Ton/jaar	Ton/jaar	Ton/jaar	%
Referentie	49,19	54,56		90%
Scenario 1	50,00	55,36	-0,80	90%
Scenario 2	48,00	53,36	1,20	90%
Scenario 3	22,10	27,46	27,09	80%
Fosfor	Ton/jaar	Ton/jaar	Ton/jaar	%
Referentie	4,51	5,02		90%
Scenario 1	1,54	2,05	2,97	75%
Scenario 2	1,54	2,05	2,97	75%
Scenario 3	1,21	1,73	3,29	70%

* Voor rwzi Ede hebben de effluentconcentraties voor stikstof in scenario 1 en 2 betrekking op de uitgangspunten die in de Tauw-studie zijn aangehouden voor de situatie '2040 + 1%'.

De stikstofbelasting is in de basisprognose ca. 0,80 ton lager dan in de referentiesituatie, in de basisprognose met aangepast beheer neemt de stikstofvracht t.o.v. de referentiesituatie met 1,20 ton N af. Voor de basisprognose met 4^e trap (scenario 3) neemt de stikstofbelasting fors af met ca. 27 ton jaar⁻¹, waardoor de relatieve bijdrage aan de totale stikstofvracht afneemt van 90 naar 80%. De rwzi blijft hierdoor nog steeds de belangrijkste bron voor de stikstofbelasting van het oppervlaktewater in het vanggebied Zijdewetering (Figuur 6.2).



Figuur 6.2 Absolute bijdrage van rwzi Ede aan de stikstofbelasting (boven) en fosforbelasting (onder) in ton/jaar voor de verschillende scenario's voor het vanggebied Zijdewetering.

De fosforbelasting neemt in scenario 1 en scenario 2 af met bijna 3 ton P in het zomerhalfjaar t.o.v. de referentie. De relatieve bijdrage neemt hierdoor af van 90 naar 75%. Voor scenario 3 neemt de fosforbelasting af met 3,29 ton jaar⁻¹ P en draagt dan 70% bij aan de totale fosforbelasting van het oppervlaktewater in het zomerhalfjaar.

6.4 Effecten rwzi-scenario's Woudenbergse Grift

In het vanggebied Woudenbergse Grift liggen twee rwzi's (Woudenberg en Veenendaal) die in de referentiesituatie respectievelijk 9,1% en 23,6% bijdragen aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater (Tabel 6.5).

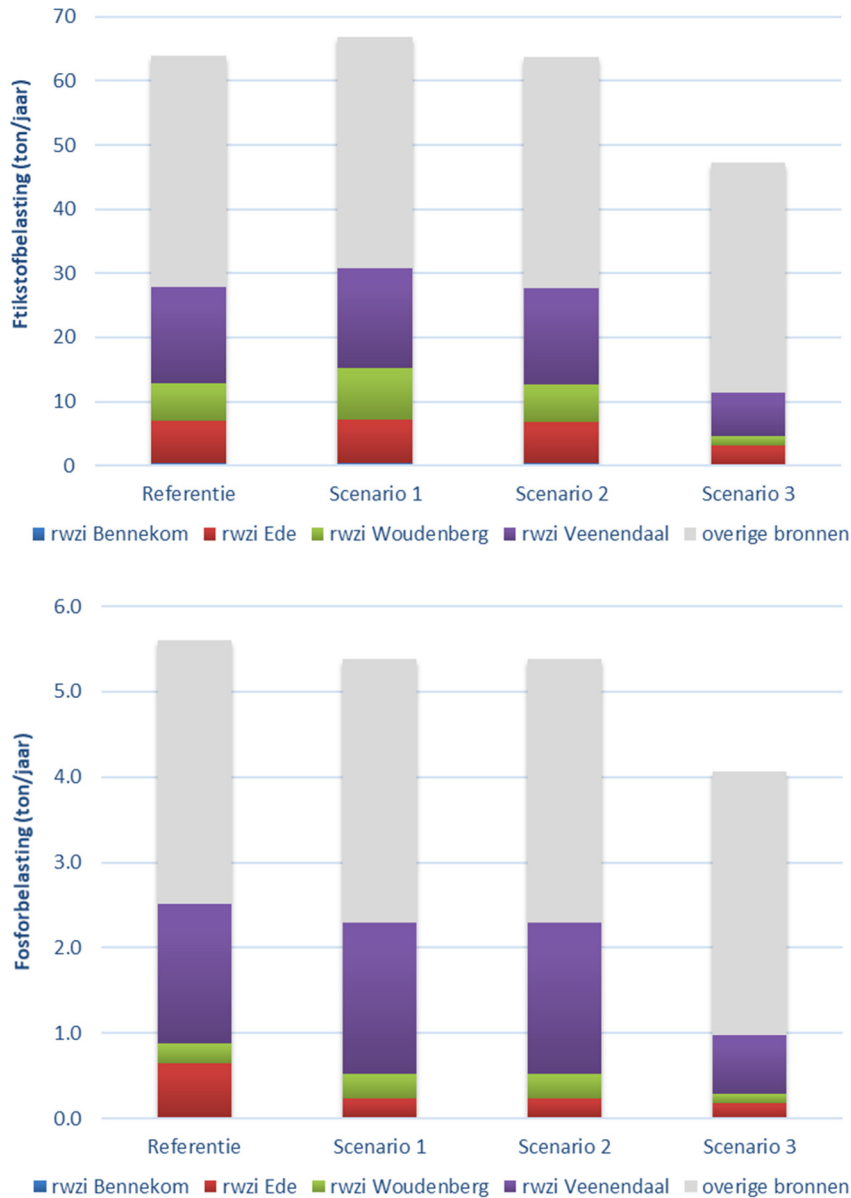
Tabel 6.5 N- en P-belasting (ton zomerhalfjaar⁻¹) van het oppervlaktewater van de vier rwzi's, de totale N- en P-belasting naar het oppervlaktewater voor vanggebied Woudenbergse Grift, de afname van N- en P-belasting naar het oppervlaktewater (ton zomerhalfjaar⁻¹) en de relatieve bijdrage van de verschillende rwzi's.

Rwzi	N-vracht	N-vracht	Afname	Rwzi-	P-vracht	P-vracht	Afname	Rwzi-
	rwzi	(totaal)	N-vracht	bijdrage N	rwzi	(totaal)	P-vracht	bijdrage P
	Ton/jaar	Ton/jaar	t.o.v. referentie	aan totaal	Ton/jaar	Ton/jaar	t.o.v. referentie	aan totaal
			Ton/jaar	%			Ton/jaar	%
Referentie								
Woudenberg	5,83			9,1	0,24			4,4
Veenendaal	15,11			23,6	1,62			29,0
Ede	6,66	63,93		10,4	0,61	5,60		10,9
Bennekom	0,31			0,49	0,02			0,29
Totaal	27.9			44%	2,51			45%
Scenario 1								
Woudenberg	8,14		-2,31	12,2	0,29		-0,05	5,4
Veenendaal	15,53		-0,42	23,2	1,77		-0,15	32,8
Ede*	6,76	66,80	-0,11	10,1	0,21	5,39	0,41	3,9
Bennekom	0,33		-0,02	0,50	0,02		0,00	0,32
Totaal	30.77			46%	2,29		0,22	43%
Scenario 2								
Woudenberg	5,80		0,03	9,1	0,29		-0,05	5,4
Veenendaal	15,12		-0,01	23,7	1,77		-0,15	32,8
Ede *	6,49	63,76	-0,16	10,2	0,21	5,39	0,40	3,9
Bennekom	0,31		0,00	0,49	0,02		0,00	0,32
Totaal	27.73			43%	2,29		0,22	43%
Scenario 3								
Woudenberg	1,62		4,20	3,4	0,11		0,13	2,8
Veenendaal	6,60		8,51	13,9	0,69		0,93	17,0
Ede	2,99	47,33	3,68	6,3	0,16	4,08	0,45	4,0
Bennekom	0,09		0,23	0,18	0,01		0,01	0,15
Totaal	11.30			24%	0,98		1,53	24%

* Voor rwzi Ede hebben de effluentconcentraties voor stikstof in scenario 1 en 2 betrekking op de uitgangspunten die in de Tauw-studie zijn aangehouden voor de situatie '2040 + 1%'.

Naast de directe input van beide rwzi's dragen ook de rwzi's Ede en Bennekom bij aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater via het inlaatwater uit het Valleikanaal. Op basis van de modelberekeningen wordt ingeschat dat ca. 6,6 ton jaar⁻¹ afkomstig is van rwzi Ede en 0,31 ton jaar⁻¹ van rwzi Bennekom. De totale bijdrage van rwzi's komt dan uit op ca. 44% van de totale stikstofbelasting van het oppervlaktewater.

De rwzi's Woudenberg en Veenendaal dragen respectievelijk 4,4% en 29,0% bij aan de fosforbelasting van het oppervlaktewater. De rwzi's Ede en Bennekom dragen via het inlaatwater ca. 11,1% en 0,32% bij aan de fosforbelasting. De totale bijdrage van de rwzi's komt hierbij uit op 45% van de P-belasting. De relatieve bijdrage van de verschillende rwzi's aan de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater voor het vanggebied Woudenbergse Grift voor de verschillende scenario's zijn weergegeven in Figuur 6.3.



Figuur 6.3 Absolute bijdrage van de verschillende rwzi's aan de stikstofbelasting (boven) en fosforbelasting (onder) in ton/zomerhalfjaar voor de verschillende scenario's voor het vanggebied Woudenbergse Grift.

De stikstofbelasting van het oppervlaktewater neemt in scenario 1 toe t.o.v. de referentiesituatie en wordt met name veroorzaakt door hogere effluentconcentraties voor rwzi Woudenberg. De stikstofbelasting neemt voor deze rwzi toe met 2,31 ton N jaar⁻¹. De stikstofbelasting voor scenario 2 heeft dezelfde orde van grootte als de referentiesituatie. Voor scenario 3 wordt een afname van de totale stikstofvracht voorzien van bijna 17 ton N jaar⁻¹. De grootste reductie is berekend voor rwzi Veenendaal (ca. 8,5 ton N jaar⁻¹). Rwzi Woudenberg draagt ca. 4,2 ton bij aan de reductie, rwzi Ede ca. 3,7 ton en rwzi Bennekom 1.7 ton.

De fosforbelasting in de referentiesituatie voor het vanggebied Woudenbergse Grift is ca. 5,6 ton P jaar⁻¹ en neemt in de basisprognose (exclusief en inclusief beheermaatregelen) af met 0,22 ton P jaar⁻¹. De afname wordt volledig bepaald door een afname van de hoeveelheid fosfor dat via inlaatwater afkomstig is van rwzi Ede. Voor de rwzi's Veenendaal en Woudenberg wordt een lichte toename berekend. De fosforvrucht voor de basisprognose inclusief een 4^e trap is ca. 4,1 ton P jaar⁻¹ en is daarmee ca. 28% lager dan in de referentiesituatie. De afname wordt met name bepaald door een afname van de fosforvrucht van rwzi Veenendaal (0,93 ton P jaar⁻¹) en rwzi Ede (0,45 ton P jaar⁻¹).

6.5 Effecten rwzi-scenario's Heiligenbergerbeek

Het vanggebied Liniesloot (bovenstrooms) en het vanggebied van de Woudenbergse Grift wateren af op het vanggebied van de Heiligenbergerbeek en bepalen daarom voor het grootste gedeelte de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in dit vanggebied (84%, zie Tabel 24). Dit betekent dat de rwzi's Bennekom, Ede, Woudenberg en Veenendaal mede de kwaliteit van het oppervlaktewater in dit gebied bepalen. Op basis van modelberekeningen is de bijdrage van deze rwzi's aan de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater bepaald voor de verschillende scenario's (Tabel 6.6).

Tabel 6.6 N- en P-belasting (ton zomerhalfjaar⁻¹) van het oppervlaktewater van de vier rwzi's, de totale N- en P-belasting naar het oppervlaktewater voor het vanggebied Heiligenbergerbeek, de afname van de N- en P-belasting naar het oppervlaktewater (ton zomerhalfjaar⁻¹) en de relatieve bijdrage van de verschillende rwzi's.

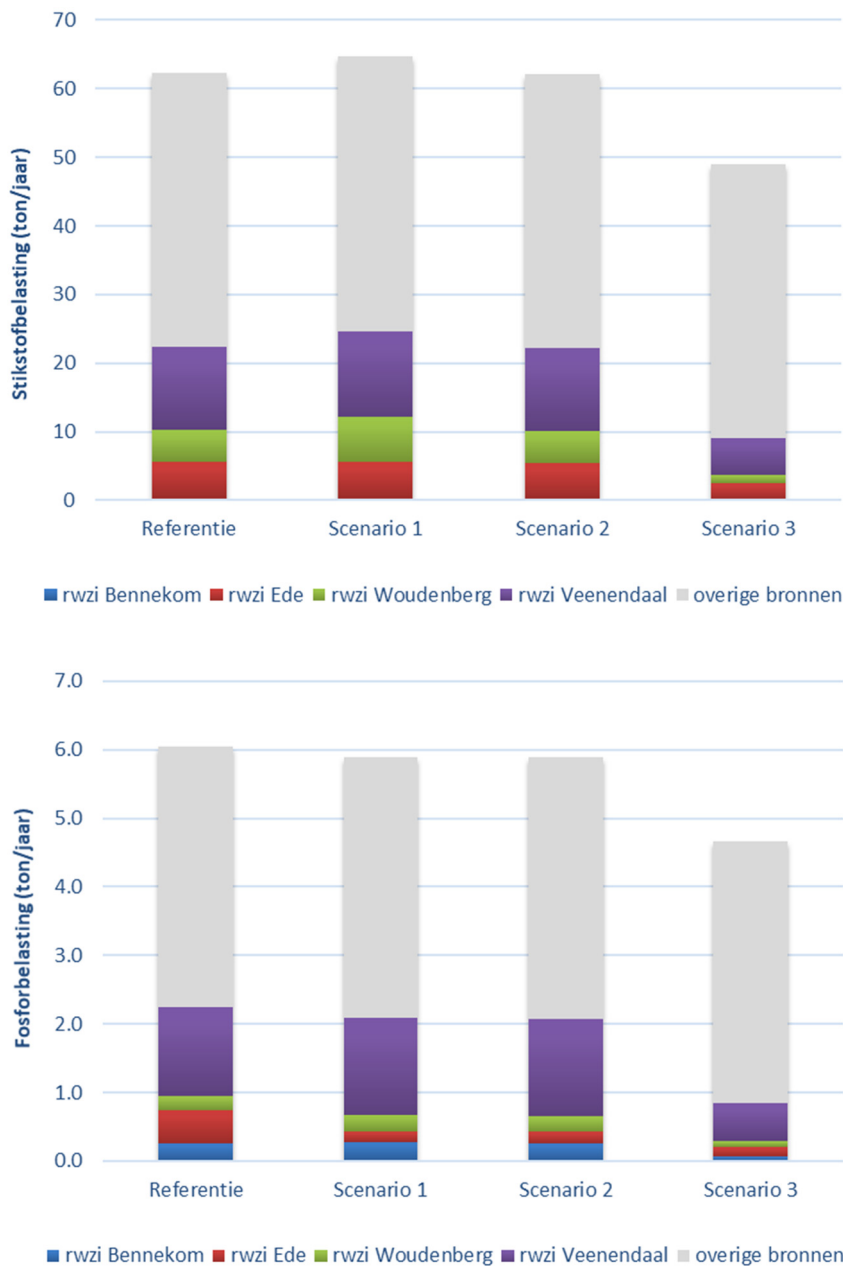
Rwzi	N-vracht rwzi	N-vracht (totaal)	Afname N-vracht t.o.v. referentie	Rwzi- bijdrage N aan totaal	P-vracht rwzi	P-vracht (totaal)	Afname P-vracht t.o.v. referentie	Rwzi- bijdrage P aan totaal
	Ton/jaar	Ton/jaar	Ton/jaar	%	Ton/jaar	Ton/jaar	Ton/jaar	%
Referentie								
Woudenberg	4,66			7,5	0,20			3,4
Veenendaal	12,09			19,4	1,30			22,3
Ede	5,32	62,34		8,5	0,49	5,81		8,4
Bennekom	0,25			0,40	0,01			0,22
Totaal	22,3			36%	2,01			34%
Scenario 1								
Woudenberg	6,51		-1,85	10,1	0,23		-0,03	4,2
Veenendaal	12,42		-0,34	19,2	1,41		-0,11	25,0
Ede*	5,41	64,63	-0,09	8,4	0,17	5,65	0,32	3,0
Bennekom	0,27		-0,02	0,41	0,01		0,00	0,25
Totaal	24,6		-2,29	38%	1,83		0,17	32%
Scenario 2								
Woudenberg	4,64		0,02	7,5	0,23		-0,03	4,2
Veenendaal	12,10		-0,01	19,4	1,41		-0,11	25,0
Ede *	5,20	62,20	0,13	8,4	0,17	5,65	0,32	3,0
Bennekom	0,25		0,00	0,40	0,01		0,00	0,25
Totaal	22,1		0,14	36%	1,83		0,17	32%
Scenario 3								
Woudenberg	1,30		3,36	2,6	0,09		0,11	2,0
Veenendaal	5,28		6,81	10,8	0,55		0,75	12,0
Ede	2,39	49,06	2,93	4,9	0,13	4,60	0,36	2,9
Bennekom	0,07		0,18	0,14	0,01		0,00	0,11
Totaal	9,0		13,28	18	0,78		1,22	17%

De stikstofbelasting van het oppervlaktewater neemt in scenario 1 toe t.o.v. de referentiesituatie en wordt met name veroorzaakt door hogere effluentconcentraties voor rwzi Woudenberg. De stikstofbelasting neemt voor deze rwzi toe met 1,85 ton N in het zomerhalfjaar. De stikstofbelasting voor scenario 2 heeft dezelfde orde van grootte als de referentiesituatie. Voor scenario 3 wordt een afname van de totale stikstofvrucht voorzien van ruim 13 ton N per zomerhalfjaar. De grootste

reductie is berekend voor rwzi Veenendaal (ca. 6,8 ton N jaar⁻¹). De andere helft van de reductie wordt in scenario 3 geleverd door rwzi Woudenberg (ca 3,4 ton N jaar⁻¹) en rwzi Ede (ca. 2,9 ton jaar⁻¹). Rwzi Bennekom draagt weinig bij aan de reductie (0,2 ton jaar⁻¹).

De fosforbelasting in de referentiesituatie voor het vanggebied Heiligenbergerbeek is ca. 5,8 ton P in het zomerhalfjaar en neemt in scenario 1 en scenario 2 af met 0,16 ton P in het zomerhalfjaar. De afname wordt volledig bepaald door een afname van de hoeveelheid fosfor dat via inlaatwater afkomstig is van rwzi Ede. Voor de rwzi's Veenendaal en Woudenberg wordt een lichte toename berekend. De fosforvrucht voor scenario 3 is ca. 4,6 ton P voor het zomerhalfjaar en is daarmee ca. 21% lager dan in de referentiesituatie. De afname wordt met name bepaald door een afname van de fosforvrucht van rwzi Veenendaal (0,75 ton P jaar⁻¹) en rwzi Ede (0,36 ton P jaar⁻¹).

De relatieve bijdrage van de verschillende rwzi's aan de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater voor het vanggebied Heiligenbergerbeek voor de verschillende scenario's voor het zomerhalfjaar zijn weergegeven in Figuur 6.4.



Figuur 6.4 Absolute bijdrage van de verschillende rwzi's aan de stikstofbelasting (boven) en fosforbelasting (onder) in tonzomerhalfjaar voor de verschillende scenario's voor het vanggebied Heiligenbergerbeek.

6.6 Effecten rwzi-scenario's Valleikanaal

Zoals eerder is aangegeven, wordt de Valleikanaal door bijna alle vanggebieden die in de studie zijn meegenomen, beïnvloed. De bronnen uit deze vanggebieden bepalen daarom voor het grootste gedeelte de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in het Valleikanaal (89%, zie Tabel 28), het overige deel is inlaat vanuit de Nederrijn. Dit betekent dat de rwzi's Bennekom en Ede via de vanggebieden Binnenveld en Zijdewetering mede de kwaliteit van het oppervlaktewater in dit gebied bepalen. De rwzi's Veenendaal en Woudenberg hebben geen invloed op de kwaliteit van het Valleikanaal (op basis van de gehanteerde gebiedsindeling). Op basis van modelberekeningen is de bijdrage van deze rwzi's aan de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater bepaald voor de verschillende scenario's (Tabel 6.7).

Tabel 6.7 De totale stikstof- en fosforbelasting (vrachten in ton zomerhalfjaar⁻¹) van het oppervlaktewater in het vanggebied Valleikanaal, de belasting door rwzi's, de afname en relatieve bijdrage van de rwzi's aan de totale belasting voor de verschillende scenario's.

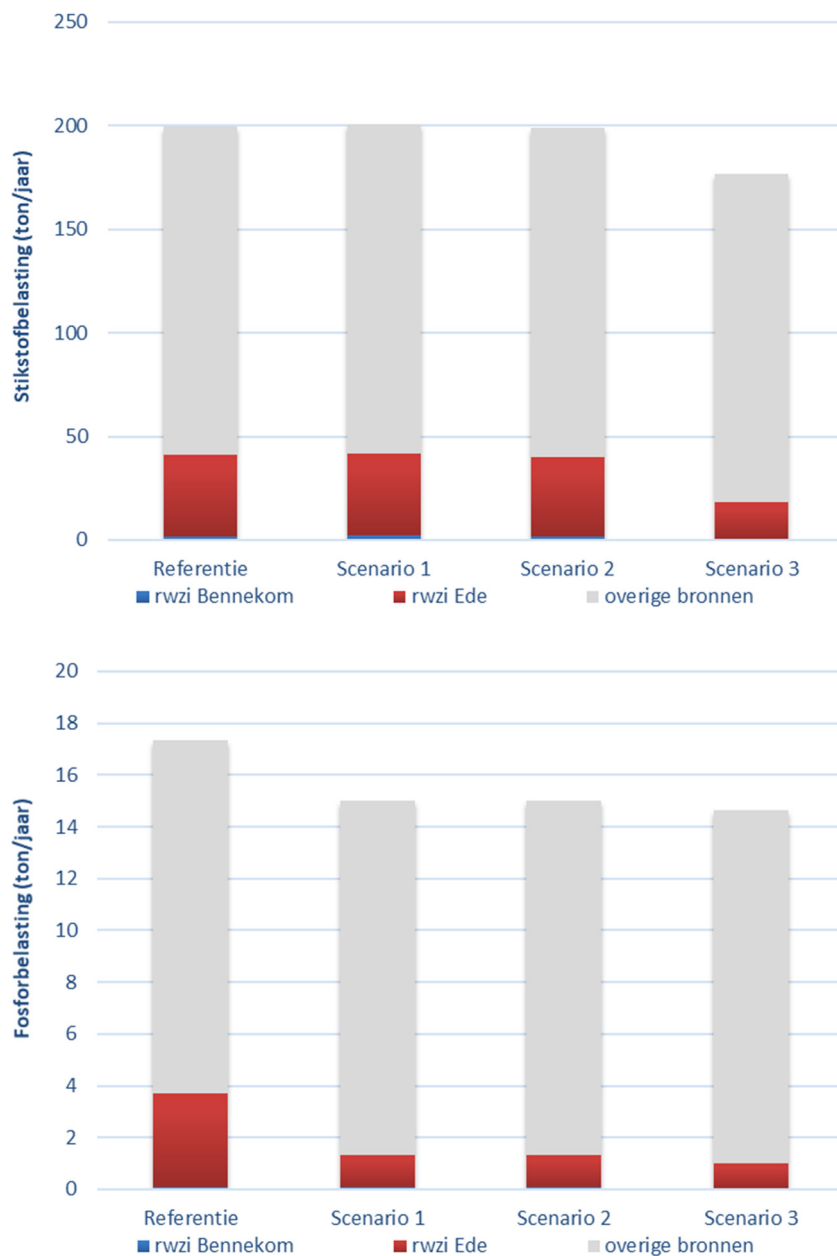
	Rwzi	N/P-vracht (totaal)	N/P-vracht (rwzi)	Afname t.o.v. Referentie	Relatieve bijdrage t.o.v. Totaal
Stikstof		Ton/jaar	Ton/jaar	Ton/jaar	%
Referentie	Ede	199,8	39,4		19,70
	Bennekom		1,8		0,92
Scenario 1	Ede *	200,5	40,0	-0,64	10,94
	Bennekom		2,0	-0,12	0,98
Scenario 2	Ede*	198,8	38,4	0,96	19,31
	Bennekom		1,9	-0,01	0,94
Scenario 3	Ede	176,8	17,7	21,68	10,00
	Bennekom		0,5	1,33	0,29
Fosfor		Ton/jaar	Ton/jaar	Ton/jaar	%
Referentie	Ede	17,4	3,61		20,8
	Bennekom		0,09		0,54
Scenario 1	Ede	15,0	1,23	2,38	8,2
	Bennekom		0,10	-0,01	0,69
Scenario 2	Ede	15,0	1,23	2,38	8,2
	Bennekom		0,10	-0,01	0,69
Scenario 3	Ede	14,7	0,97	2,64	6,6
	Bennekom		0,04	0,06	0,25

* Voor rwzi Ede hebben de effluentconcentraties voor stikstof in scenario 1 en 2 betrekking op de uitgangspunten die in de Tauw-studie zijn aangehouden voor de situatie '2040 + 1%'.

De relatieve bijdrage van de verschillende rwzi's aan de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater voor het vanggebied Valleikanaal voor de verschillende scenario's in het zomerhalfjaar zijn weergegeven in Figuur 6.5.

De totale stikstofbelasting van het oppervlaktewater blijft in scenario 1 en scenario 2 min of meer gelijk t.o.v. de referentiesituatie. De veranderingen in kwaliteit van het effluent voor de rwzi's Bennekom en Ede zijn beperkt t.o.v. de totale stikstofbelasting van het vanggebied Valleikanaal. Voor scenario 3 wordt een afname van de totale stikstofvracht voorzien van ruim 20 ton N jaar⁻¹ en komt met name door de lagere stikstofvracht van rwzi Ede.

De fosforbelasting in de referentiesituatie voor het vanggebied Valleikanaal is ca. 17,4 ton P in het zomerhalfjaar en neemt in scenario 1 en scenario 2 af met 2,4 ton P in het zomerhalfjaar⁻¹. De afname wordt volledig bepaald door een afname van de hoeveelheid fosfor dat via inlaatwater afkomstig is van rwzi Ede. De fosforvracht voor scenario 3 is ca. 14,7 ton P in het zomerhalfjaar en is daarmee ca. 16% lager dan in de referentiesituatie. De afname wordt met name bepaald door een afname van de fosforvracht van rwzi Ede (2,70 ton P in het zomerhalfjaar).



Figuur 6.5 Absolute bijdrage van de verschillende rwzi's aan de stikstofbelasting (boven) en fosforbelasting (onder) in ton/zomerhalfjaar voor de verschillende scenario's voor het vanggebied Valleikanaal.

6.7 Effecten rwzi-maatregelen op de KRW-opgave

Voor ieder vanggebied is een KRW-opgave berekend en toebedeeld aan sectoren. Met de berekende effecten van ontwikkelingen en maatregelen verandert de resterende opgave voor de KRW.

Door de rwzi-scenario's verandert de opgave die is toebedeeld aan het waterschap. Tabel 6.8 (stikstof) en 6.9 (fosfor) geven een overzicht van deze opgave zoals die is berekend voor het referentie- (situatie 2014-2017) en de drie rwzi-scenario's.

Alleen in Zijdewetering en Valleikanaal wordt het KRW-doel voor stikstof overschreden. De opgave zoals toebedeeld aan het waterschap neemt daar af in het scenario met de verregaande zuivering. In het Valleikanaal wordt de opgave van variant A (bovengrens) geheel ingevuld en voor Zijdewetering voor circa 90%. Met de andere rwzi scenario's neemt de opgave een halve tot een paar procent toe als

gevolg van de prognoses voor autonome bevolkingstoename in 2040 en daarmee de inkomende vracht op de zuiveringen. Voor de Woudenbergse Grift is er in de referentie geen stikstof opgave, maar door de toename van de vrachten in scenario 1 ontstaat in theorie een opgave van 1.6 ton.

Voor fosfor geldt naast Zijdewetering en Valleikanaal ook een opgave in Binnenveld, Woudenbergse Grift en Heiligenbergerbeek. In Zijdewetering, Woudenbergse Grift, Heiligenbergerbeek en Valleikanaal neemt de opgave voor fosfor in alle 3 scenario's af. In het scenario met de verreгаande zuivering (scenario 3) neemt de opgave die is toebedeeld aan het waterschap met 65 tot 90% af. In het Binnenveld neemt de opgave in scenario 1 en 2 met 10% toe.

Tabel 6.8 *KRW-opgave stikstof (ton zomerhalfjaar) voor het waterschap zoals toebedeeld volgens variant A (bovengrens) en variant B (ondergrens) en de opgave die volgens variant A overblijft (restopgave) bij de drie rwzi-scenario's.*

Vanggebied	Totale KRW-opgave Stikstof	Stikstof opgave Waterschap		Restopgave Stikstof Waterschap volgens variant A bij de rwzi-scenario's		
		Variant A	Variant B	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Binnenveld	Geen	Geen	Geen	-	-	-
Zijdewetering	32.75	31.06	29.53	31.86	29.86	3.96
Woudenbergse Grift	Geen	Geen	Geen	1.6*	-	-
Heiligenbergerbeek	Geen	Geen	Geen	-	-	-
Valleikanaal	23.10	5.96	4.74	6.72	5.02	0

Tabel 6.9 *KRW-opgave fosfor (ton zomerhalfjaar) voor het waterschap zoals toebedeeld volgens variant A (bovengrens) en variant B (ondergrens) en de opgave die volgens variant A overblijft (restopgave) bij de drie rwzi-scenario's.*

Vanggebied	Totale KRW-opgave Stikstof	Stikstof opgave Waterschap		Restopgave Fosfor Waterschap volgens variant A bij de rwzi-scenario's		
		Variant A	Variant B	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Binnenveld	0.94	0.11	0.03	0.12	0.12	0.04
Zijdewetering	3.83	3.68	3.44	0.71	0.71	0.39
Woudenbergse Grift	2.48	1.73	1.11	1.52	1.52	0.21
Heiligenbergerbeek	3.13	2.00	1.13	1.82	1.82	0.78
Valleikanaal	9.65	3.55	2.07	1.18	1.18	0.86

7 Landbouwmaatregelen

7.1 Algemene beschouwing en uitgangspunten

Het mestbeleid in Nederland was tot 2016 vooral gericht op verlaging van de aanvoer van stikstof en fosfor via mest naar de bodem, dat wil zeggen een reductie van het stikstof- en fosforoverschot. Dit gebeurde via gewas-specifieke gebruiksnormen voor werkzame stikstof, fosfaatnormen afhankelijk van de bodemtoestand en gebruiksvoorschriften wanneer mest wel of niet toegediend mag worden. In het huidige mestbeleid (zesde Nitraatactieprogramma) wordt echter meer dan voorheen aandacht besteed aan maatregelen die ingrijpen op de transportroutes richting het oppervlaktewater (route-maatregelen). Uit eerdere studies blijkt dat deze aanvullende acties essentieel zijn om de doelen van de KRW te bereiken (Grinsven & Bleeker, 2017). Anno nu krijgt dat vooral vorm via het bovenwettelijke spoor binnen het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer (DAW). Het grootste deel van deze maatregelen focust op kringloopmaatregelen en bodemkwaliteit. Voor stikstof geldt hierbij dat het handelingsperspectief om uitspoeling van stikstof uit landbouwgronden te verminderen beter is dan het verminderen van de uitspoeling van fosfor. Dit omdat het aandeel van actuele bemesting in de uitspoeling voor fosfor beduidend kleiner is en in de mestwetgeving voor fosfor al richting evenwichtsbemesting wordt voorgeschreven.

De BOOT-lijst⁷ vermeldt groene en rijpe maatregelen zonder onderscheid te maken. Voor de maatregelen op deze lijst geldt overwegend dat een positief effect op de waterkwaliteit wordt verwacht op basis van logisch redeneren, soms ondersteund met modelberekeningen. Slechts van een klein aantal maatregelen zijn de effecten werkelijk onderzocht in veldonderzoek. Daarbij komt dat de daadwerkelijke effectiviteit afhangt van de manier waarop de maatregelen worden ingezet⁸. De meeste maatregelen zijn namelijk alleen effectief in specifieke bodems of bouwplannen of gelden alleen voor N of voor P. Of bij het combineren van maatregelen versterking of uitdoving van effecten verwacht mag worden, is niet bekend. De link tussen maatregelen en effecten op de ecologische waterkwaliteit zijn daarbij vaak indirect en vaak alleen op langere termijn zichtbaar.

Op basis van expertkennis is geconcludeerd dat met combinaties van de geselecteerde maatregelen, boven op de maatregelen van bestaand beleid, een substantiële daling van de stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater kan worden gerealiseerd (Groenendijk, 2016). De toepassing, effectiviteit, de kosteneffectiviteit en termijn waarop effecten op de waterkwaliteit zichtbaar zijn, zijn echter sterk afhankelijk van regionale omstandigheden. Of deze reductie ook daadwerkelijk gerealiseerd kan worden, hangt in sterke mate samen met de implementatiegraad van de maatregelen.

7.2 Uitgangspunten en rekenmethode

Op basis van de beschikbare kennis is de kwantificering uitgevoerd voor het huidige mestbeleid (verandering uitspoeling rond zichtjaar 2027 ten opzichte van referentie) en 4 type geclusterde DAW-maatregelen:

- Verlaging stikstofbodemoverschot melkveebedrijven Kringloopwijzer-plus
- Bodemverbetering
- Precisiebemesting
- Bufferstroken

⁷ In het Bestuurlijk Overleg Open Teelten en Veehouderij (BOOT) van 7 juni 2017 is een herziene lijst met maatregelen vastgesteld om waterkwaliteit, waterkwantiteit en/of bodemkwaliteit te verbeteren.

⁸ Een aantal voorbeelden:

- Maatregelen voor goed slootkantbeheer/bufferstroken zijn alleen effectief bij een goede uitvoering.
- Maatregelen voor verhoging van het organische stofgehalte werken alleen bij schrale bodems (ca. < 2% organisch stofgehalte) en bovendien ingepast zijn binnen een voor bodembeheer doordacht bouwplan. Zonder deze inbedding kan een verhoging van organische stof via aanvoer van reststromen (die deels buiten de mestboekhouding vallen) zelfs zorgen voor negatieve effecten op waterkwaliteit.

In het studiegebied is voor de aanwezige landbouwpercelen een database in Excel opgezet met relevante karteerbare kenmerken. Dit betreft het areaal, het gewas (BRP 2017), bodemtype (pawneenheden), kwel, grondwatertrap, GLG en GHG. Met deze kenmerken is met het regionaliseren van STONE (herschikken) voor ieder perceel de meest representatieve SWAP-ANIMO-rekenplot van het modelinstrumentarium STONE gezocht. Aan deze database zijn uit- en afspoeling voor het zichtjaar rond 2027 toegevoegd (huidig mestbeleid) en de effecten door afname van het stikstofbodemoverschot bij melkveehouders ('kringloopwijzer-plus'), precisiebemesting en bodemverbetering welke eerder met de STONE-rekenplots zijn berekend (Groenendijk et al., 2016). Los van de database is voor bufferstroken het effect bepaald met een nieuwe rekenmethode.

Om inzicht te bieden waar welke maatregelen mogelijk zijn, is met de methodiek 'maatregelen op de kaart' (Gerven et al., 2020) nagegaan waar diverse maatregelen die onder de beschouwde categorieën vallen mogelijk en beloftevol zijn, gelet op de perceelskenmerken en het landgebruik. De resultaten van deze analyse zijn op kaart weergegeven in Bijlage 7.

De implementatiegraad is een belangrijke factor voor de effectiviteit van landbouwmaatregelen. Voor de Nationale Analyse Waterkwaliteit die door PBL voor de 3^e planperiode van de KRW wordt uitgevoerd (rapport verwacht april 2020), is op aangeven van het landelijke DAW-kernteam een minimum aangehouden van 5% en een maximum van 50%. Echter, uit een uitgebreide inventarisatie bij agrarische bedrijven in zeven pilotgebieden van het Maasstroomgebied (Schipper et al., 2019b) blijkt dat onder huidige condities⁹ een implementatiegraad van enkele tot maximaal 10% wordt verwacht voor bodemverbetering, precisiebemesting en het verminderen oppervlakkige afstroming. Voor verbetering van de nutriëntenefficiëntie (verlaging N-bodemoverschot melkveebedrijven) wordt – afhankelijk van het gebied – een mogelijke implementatiegraad van circa 40% verwacht.

Om aan te sluiten bij de Nationale Analyse Waterkwaliteit van PBL is in deze studie het effect van landbouwmaatregelen op de opgave wel berekend bij een implementatiegraad van 5% en 50%. Deze percentages zijn toegepast op het landbouwareaal waar de maatregel(categorie) mogelijk is conform de methodiek 'maatregelen op de kaart'. In de volgende paragrafen wordt nader ingegaan op de effecten van het huidige mestbeleid en de DAW-maatregelen.

7.3 Effecten huidig mestbeleid

De nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfor, herkomst en de daaraan gerelateerde opgave zijn afgeleid van de berekende gemiddelde belasting over periode 2011-2017. De uit- en afspoeling is daarin een resultante van het mestbeleid dat is vastgelegd in het 5^e en daaraan voorgaande Nitraat Actie Programma's (NAP). Momenteel is het 6^e NAP van kracht.

De effecten van het huidige mestbeleid op de uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater aan het eind van de KRW-planperiode 2027 zijn afgeleid op basis van berekeningen (het NP-scherp scenario) die zijn uitgevoerd voor de Ex-ante-evaluatie van de meststoffenwet 2016 (Schoumans et al 2017). Dit was toen de meest actuele inschatting van de mestniveaus in het zesde NAP. Op het moment van het onderhavige onderzoek is meer bekend over de invulling van het 6^e NAP, maar het genoemde scenario is de modelberekening die hiermee het meest overeenkomt. In die modelberekeningen zijn veranderingen in gebruiksnormen en werkingscoëfficiënten meegenomen, maar geen andere ontwikkelingen (o.a. groei melkveestapel, minder derogatie aanvragen) en/of beleid (o.a. Wet verantwoorde Groei Melkveehouderij).

Het voorgenomen mestbeleid grijpt voornamelijk aan op de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater via uit- en afspoeling vanuit landbouwgronden. Het voorgenomen mestbeleid heeft waarschijnlijk ook enige invloed op de emissies vanuit overige agrarische bronnen (meemesten sloten, erfafspoeling, glastuinbouw). Het effect van het voorgenomen mestbeleid op de bijdrage van deze bronnen is niet bekend en derhalve niet meegenomen.

⁹ Met huidige condities wordt hierbij bedoeld op de huidige situatie ten aanzien van mestbeleid, mestmarkt/mestoverschotten, prijzen agrarische producten, GLB en andere landbouwsubsidies.

De effecten van het huidige mestbeleid op de uit- en afspoeling zijn berekend door een link te leggen tussen de rekeneenheden die bij de herschikking voor de hier beschouwde vanggebieden zijn geselecteerd en de rekeneenheden waarmee met de landelijke modelstudie het effect van het huidige mestbeleid (5^e NAP) is berekend. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Tabel 7.1.

Uit Tabel 7.1 komt naar voren dat de uit- en afspoeling van stikstof door het huidige mestbeleid aan het einde van de KRW-planperiode afneemt met ongeveer 9,5% (7,7-11,4%). De uit- en afspoeling met fosfor daalt met circa 7,5%; de effectiviteit verschilt sterk per vanggebied (3-11%). De verschillen tussen de vanggebieden worden deels veroorzaakt doordat de daling in bovenstrooms gelegen vanggebieden doorwerken in (benedenstroomse) vanggebieden waarop wordt afgewenteld.

Tabel 7.1 *Uit- en afspoeling huidige situatie (2010-2017) en de afname daarvan aan het eind van de KRW-planperiode uitgaande van het huidige mestbeleid.*

Vanggebied	Uitspoeling stikstof zomer (ton)	Effect mestbeleid 2027 stikstof	Effect mestbeleid stikstof (ton)	Uitspoeling fosfor zomer (ton)	Effect mestbeleid 2027 fosfor	effect mestbeleid fosfor (ton)
Binnenveld	20.9	-5%	-1.04	1.98	-6%	-0.12
Zijdewetering	1.9	-8%	-0.14	0.15	-5%	-0.01
Emminkhuizerbeek	0.9	-6%	-0.05	0.09	-8%	-0.01
Groepersloot	2.8	-3%	-0.09	0.22	-11%	-0.02
Munikkebeek	5.6	-7%	-0.37	0.54	-9%	-0.05
Bovenloop Lunterse Beek	10.5	-7%	-0.70	0.94	-9%	-0.08
Benedenloop Lunterse Beek	15.5	-8%	-1.18	1.50	-11%	-0.17
Vlastuinerbeek	0.8	-7%	-0.06	0.07	-9%	-0.01
Nattegatsloot	2.7	-6%	-0.17	0.25	-9%	-0.02
Voskuilerbeek	1.4	-6%	-0.08	0.18	-6%	-0.01
Moorsterbeek	5.3	-7%	-0.35	0.50	-9%	-0.05
Lapeerse Beek	1.3	-5%	-0.06	0.13	-4%	-0.01
Modderbeek	5.8	-6%	-0.35	0.55	-8%	-0.04
Stoutenburg/Musschendorp	0.7	-4%	-0.03	0.07	-5%	0.00
Grote Valkse Beek	6.6	-7%	-0.49	0.54	-11%	-0.06
Kleine Valkse Beek	5.2	-8%	-0.40	0.44	-10%	-0.04
Middenloop Barneveldse Beek	16.0	-7%	-1.08	1.42	-10%	-0.14
Kleine Barneveldse Beek	2.5	-6%	-0.16	0.22	-10%	-0.02
Esvelderbeek	14.7	-7%	-1.09	1.16	-10%	-0.12
Benedenloop Barneveldse beek	34.6	-5%	-1.79	3.15	-6%	-0.18
Hoewelakense beek	8.1	-6%	-0.46	0.69	-8%	-0.05
Woudenbergse Grift	16.8	-5%	-0.87	1.72	-6%	-0.11
Liniesloot (bovenstrooms)	2.1	-6%	-0.13	0.19	-8%	-0.01
Heiligenbergerbeek	19.1	-4%	-0.79	2.07	-3%	-0.06
Valleikanaal	76.9	-2%	-1.81	7.52	-5%	-0.40

* Afname in de deelstroomgebieden inclusief de doorwerking (afwenteling) van de afgenomen uit- en afspoeling in bovenstroomse deelstroomgebieden.

7.4 Verlaging stikstofbodemoverschot melkveebedrijven

Melkveehouders kunnen diverse maatregelen nemen om de kringloop van stikstof op het bedrijf zodanig te verbeteren dat de stikstofbodemoverschotten afnemen. Daling van het stikstofbodemoverschot is in de praktijk vaak rendabel gebleken voor melkveehouders (Verloop, 2018), maar kan ook haalbaar zijn voor diverse akkerbouwgewasrotaties, met name als daar binnen de rotatie slimme vanggewassen worden ingezet. Zinvol is ook om de mest slim te verdelen over de percelen van een bedrijf: percelen met een hoge benutting zouden meer mest moeten krijgen dan percelen met een lage benutting. Indirecte parameters voor een hoge bodemvruchtbaarheid zijn zowel de fosfaatbuffer-index als het N-leverend vermogen.

Op basis van berekeningen die in een eerdere studie werden uitgevoerd (Groenendijk, 2016), is per rekeneenheid van SWAP-ANIMO berekend hoeveel de uit- en afspoeling van N afneemt bij daling van het bodemoverschot met 1 kg N/ha. Door een link te leggen tussen de rekeneenheden die onderdeel uitmaken van de schematisering van gras- en maispercelen in het studiegebied en de rekeneenheden van de landelijke studie, is de vermindering van de stikstof-uit- en afspoeling berekend. Hierbij is aangenomen dat het voor de melkveehouders mogelijk is om met maatregelen het N-bodemoverschot te verlagen met gemiddeld 20 kg N/ha. Dit op basis van het verschil tussen de N-bodemoverschotten (circa 140-150 kg N/ha in de afgelopen jaren) en de doelstelling (128 kg N/ha) van proefboerderij de Marke¹⁰ en landelijke overzichten van stikstofbodemoverschotten op melkveebedrijven.¹¹ Opgemerkt kan worden dat een verlaging van 20 kgN/ha waarschijnlijk een overschatting is voor bedrijven die al veel maatregelen voor verbetering van de mineralenefficiëntie hebben genomen, terwijl andere bedrijven wellicht nog een grotere verlaging kunnen realiseren.

Gegeven de huidige bemestingspraktijk, bodemtoestand en de mestmarkt (met negatieve prijs), is het waarschijnlijk dat de P-voorraden op grasland verder zullen afnemen. Wel gaat deze ontwikkeling langzaam. Op bouwland mag nog relatief veel P worden aangevoerd en die ruimte wordt binnen de huidige mestwetgeving maximaal benut. Conform eerdere modelstudies heeft een verlaging van de P-bemesting weinig tot geen effect op de uit- en afspoeling van fosfaat naar het milieu.

7.5 Bodemverbetering

Voor een optimale gewasopbrengst en bijbehorende goede benutting van nutriënten is het belangrijk dat de bodem van voldoende kwaliteit is. Dat betekent dat de bodem bij voorkeur een goede structuur heeft, voldoende organische stof bevat en niet verdicht is, zodat er een goede beschikbaarheid is van voedingsstoffen, water en zuurstof.

De maatregel 'bodemverbetering' berekent het gecombineerde effect van de volgende maatregelen:

- Tegengaan bodemverdichting: verdichte grond loswoelen of diepploegen en geen grondbewerkingen meer uitvoeren in ongunstige (natte) perioden (op minerale gronden);
- Organisch stofgehalte (in schrale gronden met minder dan 2% organische stof) verhogen;
- Gewassen en rassen kiezen die dieper wortelen.

Deze maatregel is landelijk doorgerekend met STONE (Groenendijk, 2016). De in die studie berekende maatregel heeft betrekking op zand, zavel en kleigronden met risico op ondergrondverdichting. Hiervoor is gebruikgemaakt van de bodemverdichtingskaart die is gemaakt voor het PRISMA-project 'Gevoeligheid voor ondergrondverdichting in het landelijk gebied' (Van den Akker, 2012).

De met STONE berekende effecten op de uit- en afspoeling van nutriënten zijn geschaald met een factor voor de mate van het risico voor ondergrondverdichting. Bij het berekenen van het effect is ervan uitgegaan dat de gewasopname stijgt door het nemen van maatregelen die de bodemstructuur verbeteren: 10% hogere benutting bij akker- en tuinbouwgewassen en 5% hogere benutting bij grasland en snijmais. Daarnaast is aangenomen dat de waterhuishouding verbetert door het tegengaan van verdichting: door de betere doorlatendheid van de bodem neemt de kans op oppervlakkige afstroming af en verbetert de capillaire nalevering van grondwater met minder kans op droogteschade tot gevolg. Meer details over de gekozen modelaanpak bij het doorrekenen van deze maatregel is te vinden in Groenendijk (2016).

In de aannames in die modelberekening wordt ervan uitgegaan dat de verdichte bodems door bodemverbeterende maatregelen geheel worden hersteld. Dit geeft derhalve een maximale inschatting van het effect.

¹⁰ <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksinstituten/livestock-research/Innovatiecentra-en-faciliteiten/de-marke/Over-De-Marke/Onderzoek.htm>

¹¹ <https://www.agrimatie.nl/PublicatiePage.aspx?subpubID=2523§orID=2245&themaID=2759&indicatorID=2774>

7.6 Precisiebemesting

De uit- en afspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater kan worden verminderd door het beter timen en plaatsen van de mestgift, zodat het gewas de nutriënten in de mest beter benut. Ook het telen van een vanggewas na de oogst zorgt voor een betere nutriëntenbenutting. De maatregel 'precisiebemesting' berekent het gecombineerde effect van de volgende maatregelen:

- Stel voorjaarstoediening van dierlijke mest met vier weken uit t.o.v. wat nu is toegestaan.
- Geef iets minder N-kunstmest, want de werkzaamheid van dierlijke mest is door latere toediening iets groter.
- Pas op zandgronden rijenbemesting toe bij maisteelt.
- Teel een vanggewas na (vroeg rijpe) snijmais op zandgrond (dit is met het 6^e NAP verplicht).
- Teel een vanggewas op 40% van het areaal aan akker- en tuinbouwgewassen (granen en helft consumptieaardappelen).

Bij het met het STONE-model berekende effect van 'precisiebemesting' is aangenomen dat de N-kunstmestgift daalt met 5% voor zangronden en 2% voor kleigronden. Daarnaast is aangenomen dat het vanggewas na akker- en tuinbouwgewassen 90 kg N/ha opneemt vanaf medio augustus; dit vereist overigens wel vakmanschap, omdat dit in de praktijk niet vaak gerealiseerd wordt. Omdat de maatregel geldt voor 40% van het akker- en tuinbouwareaal, komt dit neer op gemiddeld 36 kg N/ha. Meer details over de gekozen modelaanpak bij het doorrekenen van deze maatregel is te vinden in Groenendijk (2016). In de berekening is aangenomen dat de maatregel van toepassing is op de percelen met akkerbouw en mais.

7.7 Bufferstroken

Toelichting maatregel

Bufferstroken zijn niet-bemeste stroken op de overgang van perceel naar sloot, vaak met een natuurlijke begroeiing (zie Figuur 7.1). Bufferstroken hebben een positief effect op de biodiversiteit en zorgen er tevens voor dat er minder nutriënten vanuit het perceel naar het oppervlaktewater gaan. Dat laatste komt enerzijds doordat de bufferstrook niet bemest wordt, anderzijds doordat de bufferstrook een zuiverend effect heeft op het water en de stoffen die de bufferstrook doorstromen. Het gaat dan vooral om oppervlakkig en ondiep afstromend water.



Figuur 7.1 Voorbeeld van een bufferstrook.

Uitgangspunten

Er is al redelijk veel praktijkervaring en onderzoek gedaan naar het effect van bufferstroken, zowel in Nederland als daarbuiten. Met deze inzichten is door de WUR een methodiek ontwikkeld om het effect van bufferstroken op de uit- en afspoeling naar oppervlaktewater te kwantificeren (Groenendijk et al., in press). In die methode wordt eerst gekeken waar bufferstroken toepasbaar zijn met de volgende criteria:

- Percelen (BRP) met grasland, bouwland of overige open teelten (geen natuur);
- Percelen > 2500 m²;
- Percelen die voor minstens 10% aan waterlopen grenzen;
- Percelen zonder buisdrainage of met minder dan 10% buisdrainage;
- Voldoende brede percelen, zodat het perceelsareaal niet alleen bestaat uit bufferstrook (bij minimale bufferstrookbreedte van 2 m).

Voor de breedte wordt uitgegaan van maximaal 5 m. Deze breedte wordt verminderd tot een minimum van 2 m als het areaal van de strook meer dan 5% van het perceel inneemt. Voor natte graslanden wordt sowieso uitgegaan van 2 m breedte.

De zuiverende werking hangt vooral af de volgende factoren (Verloop 2018):

- Bodemtype
- Helling perceel, maaiveldreliëf
- Breedte van de bufferstrook
- Wijze waarop de strook wordt beheerd: gras of ruige vegetatie, wel/geen beweiding
- Aanwezigheid buisdrainage
- Oppervlaktewaterpeil
- Bemesting totale perceel (wordt de gift lager met het relatieve oppervlak van de strook)

Effectberekening bufferstroken

De effecten van bufferstroken zijn specifiek voor het onderhavige onderzoek berekend. De gehanteerde methode voor deze berekening is beschreven in Bijlage 8. In de methode wordt voor stikstof gerekend met zowel een bemestingseffect door de onbemeste stroken als een onderscheppingseffect op nutriënten die de strook passeren. Hierbij wordt het zuiveringspercentage van de bufferstrook gerelateerd aan het oppervlaktepercentage van de bufferstrook. Voor fosfor gaat de methode ervan uit dat een bufferstrook vooral effect heeft op het onderscheppen (afvangen) van het oppervlakkige transport via surface run-off. Hierbij wordt er rekening mee gehouden dat een bufferstrook met een breedte van 5 m meer surface run-off afvangt dan een smallere strook. Ook wordt rekening gehouden met de lengte van de strook ten opzichte van de omtrek van het perceel.

Gemiddeld voor het studiegebied is hiermee berekend dat, uitgaande van maximale implementatie, de uit- en afspoeling van stikstof op de percelen met bufferstroken 12% afneemt en de uit- en afspoeling van fosfor met 17%. De resultaten van met name fosfor hangen sterk af van de aannames voor oppervlakkige afstroming (omvang en concentratie).

7.8 Effecten huidig beleid en DAW-maatregelen

De berekende effecten van het huidig beleid en de beschouwde maatregelen zijn weergegeven in Tabel 7.2. De verandering van de uit- en afspoeling voor het einde van de planperiode is uitgedrukt in percentages van de huidige uit- en afspoeling. De berekeningen zijn uitgevoerd voor 3 scenario's: maximale toepasbaarheid (ofwel 100% implementatie), een implementatie graad van 5% en een implementatiegraad van 50%.

De berekeningen zijn uitgevoerd per vanggebied, maar omdat de berekende effecten indicatief zijn en het studiegebied vrij homogeen is qua type landbouw en bodemtype, zijn de effecten alleen voor het totale gebied uitgedrukt.

Tabel 7.2 Berekende effecten van DAW-maatregelen: KringloopWijzer+, Bodemverbetering, precisiebemesting en bufferstroken. De effecten zijn weergegeven als percentage waarmee de uit- en afspoeling zoals berekend voor het zomerhalfjaar (2010-2017) verandert. Afname is negatief uitgedrukt.

Scenario	Kringloop-Wijzer- Plus		Bodem- verbetering		Precisie- bemesting		Bufferstroken	
	Stikstof	Fosfor	Stikstof	Fosfor	Stikstof	Fosfor	Stikstof	Fosfor
	Toepasbaarheid maximaal	-16%	0%	-27%	-0.8%	-7%	3%	-12%
Implementatiegraad 5%	-1%	0%	-1%	0.0%	0%	0.1%	-1%	-0.9%
Implementatiegraad 50%	-8%	0%	-14%	-0.4%	-3%	1.5%	-6%	-9%

Door alle type maatregelen neemt de uit- en afspoeling af. Het effect voor stikstof is het grootst bij bodemverbetering. Voor fosfor neemt de uit- en afspoeling vooral af door bufferstroken, de andere type maatregelen lijken veel minder effectief. Voor bodemverbetering en bufferstroken heeft de kwantificering van het effect voor fosfor een grotere onzekerheid dan het effect op stikstof. De maatregel Kringloopwijzer-plus is alleen gericht op afname van de stikstofoverschotten in de melkveehouderij.

Effecten van combinaties aan maatregelen

De hierboven beschreven effecten gelden voor afzonderlijke maatregelen. Bij het combineren van de DAW-maatregelen valt het gecombineerde effect hoogstwaarschijnlijk lager uit dan de som van de afzonderlijke effecten. Dat is zeker het geval wanneer de maatregelen overlap vertonen en/of op hetzelfde deelsysteem/gebied worden toegepast. Voor de Nationale Analyse Waterkwaliteit wordt de volgende formule gebruikt om het gecombineerde effect van de DAW-maatregelen te berekenen:

$$\text{Totaaleffect} = 1 - (1 - \text{deeleffect bronmaatregelen}) \times (1 - \text{deeleffect routemaatregelen}) \times (1 - \text{deeleffect effectgerichte maatregelen})$$

Het deeleffect van een bepaald type maatregelen (bron, route of effectgericht) is hierbij als volgt gedefinieerd, waarbij het maatreegeffect is uitgedrukt in een fractie in plaats van een percentage:

$$\text{Deeleffect} = 1 \times \text{effect beste maatregel} + 0.5 \times \text{effect op een na beste maatregel} + 0.25 \times \text{effect op twee na beste maatregel} + 0.125 \times \dots$$

De landbouwmaatregelen KringloopWijzer+, bodemverbetering en precisiebemesting zijn te typeren als bronmaatregelen. Bufferstroken zijn voor stikstof vooral een bronmaatregel en voor fosfor vooral een routemaatregel. Het toepassen van bovenstaande methode leidt tot de gecombineerde effecten die zijn weergegeven in Tabel 7.3. In deze tabel is ook de referentie (huidige situatie) van de uit- en afspoeling opgenomen en de afname daarvan rond het einde van de KRW-planperiode (rond 2027) door het huidige mestbeleid.

Tabel 7.3 Berekende effecten van DAW-maatregelen: KringloopWijzer+, Bodemverbetering, precisiebemesting en bufferstroken. De effecten zijn het berekende gemiddelde, weergegeven als percentage waarmee de uit- en afspoeling zoals berekend voor het zomerhalfjaar (2010-2017) verandert. Afname is negatief uitgedrukt.

Scenario's	Effect uit- en afspoeling (%)	
	stikstof	fosfor
Huidig mestbeleid zichtjaar 2027 (gemiddeld)	-6%	-8%
DAW-scenario minimum (5%) implementatie	-2%	-1%
DAW-scenario maximum (50%) implementatie	-20%	-9%

De uit- en afspoeling voor N neemt met 5% implementatiegraad af met circa 2% en met 50% implementatiegraad met circa 20%. Voor fosfor is deze afname respectievelijk 1 en 9%.

De effecten bij het scenario 50%-implementatie kunnen gezien worden als een optimistische inschatting. Ingeschat wordt dat de implementatiegraad bij de huidige condities eerder 5% zal zijn (de ondergrens) dan 50%. Daarbij is er ook overlap tussen bepaalde maatregelen en niet alle maatregelen zijn te combineren op hetzelfde perceel.

7.9 Effecten maatregelen voor KRW-opgave landbouw

Door de effecten van het huidige mestbeleid en de beschouwde scenario's voor DAW-maatregelen neemt de opgave die aan landbouw is toebedeeld af. Tabel 7.4 (stikstof) en 7.5 (fosfor) geven de opgaven die resteren bij het huidige mestbeleid (zichtjaar 2027) en de twee DAW-scenario's (DAW-implementatiegraad 5% en 50%). Voor stikstof is een KRW-opgave in twaalf vanggebieden. Per areaal landbouw is de KRW-opgave van stikstof het grootst in de Zijdewetering (2,4 kgN/ha) en het Lunterse beekstelsysteem (bovenloop, Munnikenbeek en Benedeloop tezamen 1,7 kgN/ha). Voor fosfor is in achttien vanggebieden een opgave. Deze opgave is, per areaal landbouw gerekend, duidelijk het grootst in de Lunterse beek (0,41 kgP/ha).

Tabel 7.4 KRW-opgave stikstof (ton zomerhalfjaar) voor landbouw zoals toebedeeld volgens variant A (bovengrens) en B (ondergrens) en de opgave die volgens variant A overblijft (restopgave) in het zichtjaar 2027, uitgaande van huidig mestbeleid en twee DAW-scenario's (implementatiegraad 5% en 50%).

Vanggebied	Stikstof opgave landbouw variant A	Stikstof opgave landbouw variant B	Restopgave stikstof variant A (ton zomerhalfjaar)		
			Huidig mestbeleid	Huidig mestbeleid + DAW 5%	Huidig mestbeleid + DAW 50%
Binnenveld	geen	Geen			
Zijdewetering	0.82	0.78	0.7	0.6	0
Munikkebeek	1.77	1.18	1.4	1.3	0.2
Bovenloop Lunterse Beek	3.04	2.18	2.3	2.1	0
Benedenloop Lunterse Beek	2.82	1.94	0.8	0.2	0
Nattegatsloot	0.41	0.28	0.2	0.2	0
Moorsterbeek	0.04	0.03	0	0	0
Modderbeek	geen	Geen			
Grote Valkse Beek	2.65	1.89	2.2	2.0	1.1
Kleine Valkse Beek	2.20	1.48	1.8	1.7	0.6
Middenloop Barneveldse Beek	4.67	3.16	3.5	3.2	0
Kleine Barneveldse Beek	0.44	0.26	0.3	0.2	0
Esvelderbeek	0.61	0.37	0	0	0
Benedenloop Barneveldse Beek	geen	Geen			
Hoevelakense beek	geen	Geen			
Woudenbergse Grift	geen	Geen			
Heiligenbergerbeek	geen	Geen			
Valleikanaal	8.31	6.61	3.6	2.1	0
Totaal:	27.8	20.2	16.8	13.7	1.9

Tabel 7.5 KRW-opgave fosfor (ton zomerhalfjaar) voor landbouw zoals toebedeeld volgens variant A (bovengrens) en B (ondergrens) en de opgave die volgens variant A overblijft (restopgave) in het zichtjaar 2027, uitgaande van huidig mestbeleid en twee DAW-scenario's (implementatiegraad 5% en 50%).

Vanggebied	KRW-opgave Fosfor	Fosfor opgave Landbouw	Restopgave fosfor variant A (ton zomerhalfjaar)		
			Huidig mestbeleid	Huidig mestbeleid + DAW 5%	Huidig mestbeleid + DAW 50%
Binnenveld	0.43	0.13	0.3	0.3	0.1
Zijdewetering	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02
Munikkenbeek	0.33	0.10	0.3	0.3	0.2
Bovenloop Lunterse Beek	0.59	0.20	0.5	0.5	0.4
Benedenloop Lunterse Beek	0.94	0.31	0.8	0.8	0.7
Nattegatsloot	0.24	0.10	0.2	0.2	0.2
Moorsterbeek	0.37	0.16	0.3	0.3	0.3
Modderbeek	0.27	0.10	0.2	0.2	0.2
Grote Valkse Beek	0.16	0.06	0.1	0.1	0.1
Kleine Valkse Beek	0.21	0.09	0.2	0.2	0.1
Middenloop Barneveldse Beek	0.42	0.15	0.3	0.3	0.2
Kleine Barneveldse Beek	0.10	0.03	0.1	0.1	0.1
Esvelderbeek	0.36	0.10	0.2	0.2	0.1
Benedenloop Barneveldse Beek	1.49	0.50	1.2	1.2	0.9
Hoewelakense beek	0.40	0.19	0.4	0.3	0.3
Woudenbergse Grift	0.22	0.14	0.1	0.1	0.0
Heiligenbergerbeek	0.38	0.22	0.3	0.2	0.1
Valleikanaal	2.33	1.36	1.7	1.7	1.1
totaal	9.3	4.0	7.2	7.0	5.0

Voor diverse vanggebieden werkt het effect van de maatregelen via afwenteling door op de benedenstroomse vanggebieden, waardoor het effect van de maatregelen daar relatief groot is. Dit geldt voor de benedenloop Lunterse Beek, middenloop Barneveldse Beek, benedenloop Barneveldse Beek, Woudenbergse Grift, Heiligenberger Beek en het Valleikanaal.

Met het huidige mestbeleid neemt de met variant A aan landbouw toebedeelde opgave voor stikstof in het zichtjaar 2027 af met 40% (afname van 9.3 naar 7.2 ton zomerhalfjaar). Als daarbij de beschouwde DAW-maatregelen worden genomen met een implementatiegraad van 5%, halveert de opgave. Met een DAW-implementatiegraad van 50% neemt de opgave voor stikstof met meer dan 90% af en blijft er in nog drie vanggebieden een opgave voor stikstof over.

Voor fosfor neemt de met variant A aan landbouw toebedeelde opgave door het mestbeleid in het zichtjaar 2027 af met circa 22% af (afname van 9.3 naar 7.2 ton zomerhalfjaar). De opgave neemt met 3% verder af als daarbij de beschouwde DAW-maatregelen met 5% implementatiegraad worden genomen. Met een DAW-implementatiegraad van 50% neemt de opgave voor fosfor af met 46%. Alleen in het vanggebied van de Woudenbergse Grift wordt dan de aan landbouw toebedeelde opgave voor fosfor geheel ingevuld.

De doorgerekende DAW-maatregelen kunnen dus alleen een belangrijke bijdrage leveren wanneer ze breed (door het grote peloton) worden geïmplementeerd. Vooral bodemverbeterende maatregelen en efficiënter mineralenmanagement in melkveehouderij lijken beloftevol, omdat deze vaak ook gepaard gaan met een positiever bedrijfsresultaat. Voor het stimuleren van deze maatregelen kan gebruik worden gemaakt van de GIS-tool 'Maatregel op de kaart' en de geschiktheidskaarten die hiermee in Bijlage 7 zijn gemaakt.

Bedacht moet worden dat de modelmatig berekende effecten op de uit- en afspoeling naar water gezien moeten worden als een globale indicatie. De effecten die met de modellering zijn gekwantificeerd, worden niet alleen worden bepaald door aannames over de implementatiegraad maar ook door diverse aannames en uitgangspunten in de modelaanpak.

8 Conclusies en aanbevelingen

8.1 Conclusies

Voor de beken die bovenstrooms van Amersfoort afwateren op het Valleikanaal is met de methode KRW-ECHO de nutriëntenbelasting en herkomst berekend voor de periode 2010-2017. Het gebied is hierbij ingedeeld in 25 afwateringsgebieden (aangeduid als vanggebieden) rond de KRW-oppervlaktewaterlichamen.

Herkomst stikstof jaargemiddelde

Jaargemiddeld is een groot deel van de stikstofbelasting afkomstig van uit- en afspoeling uit landbouwgronden (gemiddeld 75%), hetgeen samenhangt met het overwegend agrarische landgebruik. De uit- en afspoeling van stikstof uit landbouwgronden komt vooral door actuele bemesting. De andere oorzaken van de uitspoeling zijn hoofdzakelijk nalevering van de bodem, en, hoewel in mindere mate, historische bemesting, kwel en depositie. In de vanggebieden Woudenbergse Grift, Heiligenbergerbeek en Valleikanaal is de bijdrage van de uit- en afspoeling minder groot en komt 17 tot 38% van de stikstof ook door rwzi's en 6 tot 14% door inlaat van rijkswater uit de Nederrijn. De bijdrage van rwzi Bennekom die loost in het Binnenveld is vrij gering (6%). In Zijdewetering wordt de belasting gedomineerd (bijdrage 88%) door effluent van rwzi Ede. De bijdrage van industriële lozingen en directe kwel is in alle vanggebieden gering (<1%). In enkele gebieden levert diffuse belasting vanuit stedelijk gebied (uitspoeling stedelijk groen, bladval, eendenvoer en afstroming hondenpoep) ook een belangrijke bijdrage aan de stikstofbelasting (tot 16%).

Herkomst fosfor jaargemiddelde

Ook voor fosfor is een groot deel van de belasting afkomstig van uit- en afspoeling uit landbouwgronden (gemiddeld 72%). Dit komt vooral door historische bemesting en nalevering vanuit de landbouwbodem (gemiddeld samen 65%). In diverse vanggebieden leveren overige agrarische emissies een belangrijke bijdrage (tot 21%). Dit komt vooral door de emissies die voor erfafspoeling worden berekend. Glastuinbouw is nauwelijks aanwezig en emissieschattingen van meemesten van sloten zijn relatief klein. In de vanggebieden Woudenbergse Grift, Heiligenbergerbeek en Valleikanaal is de bijdrage van de uit- en afspoeling minder groot en komt 14 tot 38% van de stikstof door rwzi's en 3 tot 6% door de inlaat van rijkswater. Ook voor fosfor geldt dat de belasting in Zijdewetering door de rwzi van Ede wordt gedomineerd en is de bijdrage van rwzi Bennekom in het Binnenveld gering (3%). In enkele gebieden levert diffuse belasting vanuit stedelijk gebied (uitspoeling stedelijk groen, bladval, eendenvoer en afstroming hondenpoep) ook een belangrijke bijdrage aan de fosforbelasting (tot 17%).

Herkomst stikstof en fosfor zomerhalfjaar

Ook in het zomerhalfjaar komt het merendeel van stikstof door uit- en afspoeling uit landbouwgronden (gemiddeld 67%). De bijdrage van rwzi's en inlaat van rijkswater is dan wel groter dan jaargemiddeld door een verminderde natuurlijke waterafvoer in de beken: in de vanggebieden Woudenbergse Grift, Heiligenbergerbeek en Valleikanaal komt in het zomerhalfjaar 31 tot 45% door rwzi's en 11 tot 25% door inlaat van rijkswater.

Ook voor fosfor is in het zomerhalfjaar uit- en afspoeling uit landbouwgronden de belangrijkste bron (gemiddeld 60%) en is de bijdrage van rwzi's en inlaat van rijkswater groter dan jaargemiddeld. In de vanggebieden Woudenbergse Grift, Heiligenbergerbeek en Valleikanaal komt in het zomerhalfjaar 21 tot 45% van de stikstof door rwzi's en 5 tot 11% door de inlaat van rijkswater.

Validatie

De water- en nutriëntenbalansen konden op slechts een drietal belangrijke overdrachtspunten (zogenaamde 'blauwe knopen') gevalideerd worden aan beschikbare metingen. Dit betreft het meetpunt in de benedenloop van de Barneveldse Beek (vlak voor de uitmonding in het Valleikanaal),

het meetpunt in het Valleikanaal net bovenstrooms van de uitmonding van de Heiligenbergerbeek en het debietmeetpunt in de Lunterse Beek. De resultaten hiervan geven vertrouwen in de plausibiliteit van de berekende herkomst en onderliggende hydrologie (waterafvoeren), maar hierbij moet wel worden bedacht dat het aantal gebieden om de balansen aan te valideren dus beperkt is. In de kwantificering kunnen afwijkingen in debietmetingen, mogelijke overbemesting en ad- en desorptieprocessen in de waterbodems invloed hebben op de modelresultaten.

KRW-doelgat en opgave

De waterkwaliteit wordt voor de KRW in 18 van de 25 vanggebieden regulier bemeten. De gehalten in het zomerhalfjaar zijn bepalend voor de beoordeling van de Goede Ecologische Toestand. Het stikstofgehalte in de vanggebieden is gemiddeld 2,8 mgN/l en varieert van 1,6 mgN/l tot 5,8 mg/l. Het KRW-doel voor stikstof is in alle vanggebieden 2,3 mg/l. In elf vanggebieden wordt dit KRW-doel overschreden. De maximale overschrijding is 150%.

Het fosforgehalte van de achttien vanggebieden is zomers gemiddeld 0,26 mgP/l en varieert van 0,15 tot 0,46 mgP/l. Het KRW-doel voor fosfor is 0,11 mgP/l. In alle vanggebieden wordt aldus het KRW-doel overschreden, in vier daarvan zelfs meer dan 200%.

Op basis van de zomerhalfjaargemiddelde concentraties is de opgave berekend. Ervan uitgaande dat de stikstof- en fosforvrucht in het zomerhalfjaar de zomergemiddelde concentraties bepalen, levert de berekende opgave een zodanige vermindering van de nutriëntenvrucht dat de concentraties dalen tot het KRW-doel van 2,3 mgN/l en 0,11 mgP/l. Deze opgave is toebedeeld aan de sectoren landbouw, waterschap, Rijk, gemeenten en industrie. Voor de bovengrens wordt deze belasting niet in de opgave verdisconteerd. De opgave ligt voornamelijk bij landbouw en voor de wateren die worden beïnvloed door rwzi's en inlaat vanuit Nederrijn ook bij het waterschap en het Rijk. De opgaven voor industrie en gemeenten zijn ten opzichte van de andere sectoren zeer gering.

In de methodiek is een bovengrens (variant A) en ondergrens (variant B) voor het berekenen van de opgave aangehouden. Voor de bovengrens wordt de belasting van bronnen waaraan geen eigenaar is toegekend (natuur, depositie) meegerekend in de opgave, terwijl deze voor de ondergrens niet wordt meegerekend. Als de opgaven volgens variant B geheel worden ingevuld, is de belasting nog zodanig verlaagd dat de KRW-doelen worden bereikt. Daarom zijn de effecten van maatregelen (rwzi's en landbouw) vergeleken met de opgaven die aan variant A zijn toebedeeld.

Maatregelen rwzi's

In het gebied zijn vier rwzi's aanwezig van het waterschap (Bennekom, Ede, Woudenberg en Veenendaal). De belasting van de Zijdewetering wordt hoofdzakelijk (90%) bepaald door de lozing van het effluent van rwzi Ede. Ook in andere vanggebieden (Woudenbergse Grift, Heiligenbergerbeek en Valleikanaal) is een belangrijk deel van de stikstof- en fosforbelasting afkomstig van de rwzi's (20 à 45%). De lozing van rwzi Bennekom op het vanggebied Binnenveld levert een geringe bijdrage aan de stikstof- en fosforbelasting (respectievelijk 6 en 4%). In de Zijdewetering en het Valleikanaal wordt het KRW-doel voor stikstof en fosfor overschreden en is hier op basis van de rwzi-lozingen een opgave aan het waterschap toebedeeld. In de Woudenbergse Grift en Heiligenbergerbeek wordt ook het KRW-doel voor fosfor overschreden, zodat er voor het waterschap in deze gebieden ook een opgave voor fosfor is.

Voor de rwzi's zijn scenario's doorgerekend, uitgaande van de kwaliteit van het effluent zoals die in een studie van Tauw (2019) is berekend voor het zichtjaar 2040. In scenario 1 is voor die kwaliteit rekening gehouden met bevolkingsgroei en toename van deelstromen, maar zonder iets in de bedrijfsvoering van de rwzi aan te passen (ook wel aangeduid als basisprognose). In scenario 2 is voor de kwaliteit wel uitgegaan van aangepaste bedrijfsvoering en in scenario 3 is uitgegaan van een verregaande zuivering (4^e trap).

In scenario 1 neemt de stikstofbelasting van de rwzi's toe, vooral die van Woudenberg (40%). Hierdoor ontstaat een opgave voor het waterschap in het vanggebied Woudenbergse Grift (1.6 ton zomerhalfjaar). In scenario 2 is de stikstofbelasting ongeveer gelijk aan de huidige situatie. Scenario 3 geeft een aanzienlijke daling van de stikstofbelasting (55 tot 72%). Hierdoor neemt de opgave die

volgens variant A is toebedeeld aan het waterschap in het Valleikanaal geheel af en in de Zijdewetering voor het grootste deel (87%).

In scenario 1 en 2 stijgt de fosforbelasting van de rwzi's Bennekom (11%), Woudenberg 20%), Veenendaal (9%) en daarmee wordt ook de aan het waterschap toebedeelde opgave groter. De belasting van rwzi Ede daalt in scenario 1 en 2 met zelfs 66%, waardoor de opgave van het waterschap in de Zijdewetering afneemt van 3.7 ton naar 0.7 ton. Via afwenteling daalt daardoor ook de opgave in de Woudenbergse Grift (afname 24%), Heiligenbergerbeek (afname 16%) en Valleikanaal (afname 67%). In scenario 3 daalt de belasting van alle vier rwzi's aanzienlijk (Bennekom 60%, Ede 73%, Woudenberg 53% en Veenendaal 57%). Hierdoor neemt de opgave toebedeeld aan het waterschap sterk af, van 11.1 ton (referentie) tot 2.3 ton. Wel is in alle vijf gebieden (Binnenveld, Zijdewetering, Woudenbergse Grift, Heiligenbergerbeek en Valleikanaal) de aan het waterschap toebedeelde opgave voor fosfor nog niet geheel weggenomen.

Maatregelen landbouw

Voor landbouw is doorgerekend hoeveel de uit- en afspoeling ten opzichte van de referentieperiode (2010-2017) afneemt door het huidige mestbeleid in het zichtjaar rond 2027. Berekend is dat de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor afneemt met respectievelijk 6% en 8%.

Verder zijn voor de landbouw de effecten van DAW-maatregelen indicatief berekend. Hierbij zijn de volgende categorieën maatregelen beschouwd: Kringloopwijzer-plus (afname stikstofoverschot in melkveehouderij), bodemverbetering, precisiebemesting en bufferstroken.

Door alle type maatregelen neemt de uit- en afspoeling van stikstof af. Het effect is het grootst bij bodemverbetering. Om de uit- en afspoeling van fosfor te verminderen, zijn alleen bufferstroken effectief. Het effect op gebiedsniveau wordt sterk bepaald door de implementatiegraad. In aansluiting op de Nationale Analyse waterkwaliteit die door het PBL voor de KRW is uitgevoerd, is een implementatiegraad aangehouden van minimaal 5% en maximaal 50%. Uitgaande van de maximale implementatiegraad neemt de uit- en afspoeling van stikstof af met 20% en fosfor met 9%. Met de minimale implementatiegraad is deze afname respectievelijk 2% en 1%.

Ruim de helft (55%) van de stikstofbelasting kan in het zomerhalfjaar direct aan landbouwactiviteit worden toegeschreven; 47% door bemesting (historisch en actueel) en 8% door overige agrarische activiteiten (vooral erfafspoeling). Met het huidige mestbeleid zal de aan landbouw toebedeelde opgave voor stikstof afnemen met circa 40%. Als daarbij de beschouwde DAW-maatregelen worden genomen met een implementatiegraad van 5%, zal de opgave met circa 5% verder afnemen. Met DAW 50%-implementatiegraad neemt de opgave aanzienlijk verder af (gemiddeld circa 85%) en wordt in de helft van de vanggebieden de landbouwopgave voor stikstof geheel ingevuld.

Voor fosfor kan ruim 40% van de belasting in het zomerhalfjaar aan landbouwactiviteit worden toegeschreven: 22% door bemesting (historische en actueel) en 19% door overige agrarische activiteiten (vooral erfafspoeling). De aan landbouw toebedeelde opgave voor fosfor neemt door het huidige mestbeleid in het zichtjaar 2027 circa 20% af. Deze opgave neemt met een paar procent verder af als daarbij de beschouwde DAW-maatregelen met 5% implementatiegraad worden genomen. Met DAW-50% neemt de opgave af met gemiddeld circa 45%. Alleen in het vanggebied van de Woudenbergse Grift wordt dan de aan landbouw toebedeelde opgave voor fosfor geheel ingevuld.

8.2 Aanbevelingen

Met het onderhavige onderzoek zijn op catchment niveau de nutriëntenbelasting, herkomst, retentie en effecten van maatregelen berekend met het nutriëntenbalansmodel KRW-ECHO. Aanbevolen wordt om met gerichte monitoring meer inzicht te verwerven in de water- en stromen door op meer belangrijke overdrachtspunten hoogfrequent de debieten en bijhorende concentraties te meten. Hiermee kunnen onzekerheden die altijd met modelberekeningen gepaard gaan worden verkleind en kunnen effecten van maatregelen beter worden gevolgd en onderbouwd. Extra meetlocaties hebben vooral meerwaarde bij de uitstroom van de Heiligenbergerbeek (debiet en concentraties), nabij het

uitstroompunt van Lunterse beek (concentraties, debieten worden daar al gemeten) en bij de waterinlaat van de Woudenbergse Grift.

Er zijn aanwijzingen zijn dat er gedurende meerdere jaren in het oosten en zuiden van Nederland meer dierlijke mest is toegepast dan wettelijk is toegestaan, ook in de Gelderse Vallei. Omdat dat uit- en afspoeling van landbouwgronden in de Gelderse Vallei een grote bijdrage levert aan de nutriëntenbelasting, kan deze overbemesting een belangrijke invloed hebben op de nutriëntenbelasting. Mogelijk is deze invloed groter dan de effecten die voor de DAW-maatregelen zijn berekend. Daarom wordt aanbevolen om, analoog aan lopend onderzoek in het Maasstroomgebied (Schipper et al, 2020), de omvang en bandbreedte van mogelijke overbenutting in de Gelderse Vallei nader in beeld te brengen en de effecten daarvan op de uit- en afspoeling en de in dit onderzoek opgestelde nutriëntenbalansen te kwantificeren.

Voor de invulling van DAW-maatregelen lijken vooral bodemverbeterende maatregelen en efficiënter mineralenmanagement in de melkveehouderij beloftevol om de stikstofuitspoeling te verminderen. Om de belasting van fosfor te verminderen, lijken vooral bufferstroken (randenbeheer) effectief. Voor het stimuleren van deze maatregelen kan gebruik worden gemaakt van de GIS-tool 'Maatregel op de kaart' en van de geschiktheidskaarten die hiermee in Bijlage 7 zijn gemaakt.

Om beter inzicht te hebben in waar DAW-maatregelen effectief zijn, kan het ook meerwaarde bieden om Eurofins-data over de bodemkwaliteit van de bouwvoor te verzamelen. Hiermee kan de berekening van afspoeling gebiedsspecifieker worden afgestemd op de actuele veldsituatie, waardoor hotspots voor P-afspoeling beter zijn aan te wijzen en effecten van maatregelen die daarop ingrijpen, zoals bodem-verbetering en bufferstroken, beter kunnen worden ingeschat.

In het gebied is veel pluimvee aanwezig en neemt het aantal sterk toe. De mest uit de kippenstallen wordt hoofdzakelijk verwerkt (verbrand) en heeft daarom nauwelijks effect op de waterkwaliteit. Echter, als in toenemende mate op grote schaal kippen vrij buiten lopen en de kippenmest daardoor meer op de percelen terecht komt, zal dit bijdragen aan de uit- en afspoeling van de meststoffen naar water. In huidige berekeningen en in Emissieregistratie is deze bron niet meegenomen. Daarom wordt aanbevolen om via Emissieregistratie landelijk onderzoek in gang te zetten om deze bron te kwantificeren.

Om de invloed van de rwzi's op de waterkwaliteit te verminderen, kan naast verbetering van het zuiveringsrendement in theorie ook gekeken worden naar aanpassing van de lozingslocaties. Als namelijk het effluent van rwzi Ede en Woudenberg met een pijpleiding op het Valleikanaal geloosd zou kunnen worden, (net) benedenstrooms van de inlaat bij de Woudenbergse Grift, is er geen rwzi- invloed meer op de Zijdewetering en worden de Woudenbergse Grift en Heiligenbergerbeek nagenoeg alleen nog door rwzi Veenendaal belast.

Literatuur

- Akker, J.J.H. van den, F. de Vries, G.D. Vermeulen, M.J.D. Hack-ten Broeke en T. Schouten, 2012. *Risico op ondergrondverdichting in het landelijk gebied in kaart*. Wageningen, Alterra, Alterra-Rapport 2409
- Berg, R. van den, A. Vergnes, H. Niele en P. Verdonk (Tauf) 2019. Stroomgebiedbeheerplannen 3e fase, Maatregelenprogramma KRW waterschap Vallei en Veluwe ten behoeve van voldoen KRW-richtwaarden oppervlaktewater. Tauf rapport R001-1270212BWP-V01-kzo-NL.
- Boekel, E.M.P.M. van, P. Groenendijk en L.V. Renaud, 2016. *Bronnen van nutriënten in het oppervlaktewater in het beheergebied van Wetterskip Fryslân; studie naar de herkomst en beïnvloedbaarheid van stikstof en fosfor in het oppervlaktewater voor zes polders in het beheergebied van Wetterskip Fryslân*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2727.
- Boekel, E.M.P.M. van, J. Roelsma, H.T.L. Massop, H.M. Mulder, P.C. Jansen, L.V. Renaud, R.F.A. Hendriks en P.N.M. Schipper, 2015. *Achtergrondconcentraties in het oppervlaktewater van HHNK: Hoofdrapport; Analyse achtergrondconcentraties voor stikstof en fosfor op basis van water- en nutriëntenbalansen voor het beheergebied van HHNK*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2475.
- Boekel, E.M.P.M., Smit, A.A.M.F.R., Mulder, H.M., Groenendijk P., 2013. *Procedure afleiden regionale uit- en afspoelingscijfers voor stikstof en fosfor (herschikkingsprocedure)*. Wageningen, Alterra.
- Boekel, E.M.P.M. van, P.N.M. Schipper, R.F.A. Hendriks, H.T.L. Massop, H.M. Mulder en J. Roelsma, 2013. *Herkomst nutriëntenbelasting afvoergebieden HDSR, pilotstudie ECHO: regionale bronnenanalyse nutriëntenbelasting: Keulevaart, Eiland van Schalkwijk, Langbroekerwetering en Zegveld*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2408.
- Boekel, E.M.P.M. van, P. Bogaart, L.P.A. van Gerven, T. van Hattum, R.A.L. Kselik, H.T.L. Massop, H.M. Mulder, P.E.V. van Walsum en F.J.E. van der Bolt, 2012. *Evaluatie Landbouw en KRW. Evaluatie meststoffenwet 2012: deelrapport ex post*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2326.
- Gaalen, Frank van, Aldrik Tiktak, Ron Franken, Erwin van Boekel, Peter van Puijenbroek, Hanneke Muilwijk 2016. *'Waterkwaliteit nu en in de toekomst, Eindrapport ex ante evaluatie van de Nederlandse plannen voor de Kaderrichtlijn Water, beleidstudie'*. Planbureau voor de Leefomgeving.
- Gerven, L.P.A. van; Smit, A.A.M.F.R.; Groenendijk, P.; Bolt, F.J.E. van der; Klein, J.J.M. de. 2009. *'Retentieschatting van N en P in het oppervlaktewater op verschillende schaalniveaus'*. Wageningen, Alterra-rapport 1848.
- Gerven, L., S. Jansen. A. van Loon, S. Lukacs, F. Verhoeven, D. van Rotterdam en P. Groenendijk 2020. *Maatregel op de Kaart: Kansrijke landbouwmaatregelen per perceel voor schoner grond- en oppervlaktewater*. H2O-online 8 januari 2020.
- Van Gerven, L.P.A., (2020, in prep.). *Zuiveringstool oppervlaktewaterkwaliteit. Een rekeninstrument ter voorspelling van het effect van zuiveringsmaatregelen op de N- en P-concentraties in het oppervlaktewater*.
- Gerven, L., S. Jansen en P. Groenendijk mei 2020. *Maatregel op de Kaart: Identificeren van kansrijke landbouwmaatregelen per perceel voor schoner grond- en oppervlaktewater*. Kennisimpuls Waterkwaliteit notitie over de opzet, de uitleg en het gebruik van de Webtool <https://maatregelen-op-de-kaart.nmi-agro.nl/>.
- Groenendijk, P., L. Renaud, H. Luesink, P.W. Blokland & T. de Koeijer (2015), *Gevolgen van mestnormen volgens het 5^e Actieprogramma voor nitraat en N- en P-belasting van het oppervlaktewater*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2647.
- Groenendijk, P., R.F.A. Hendriks, F.J.E. van der Bolt, H.M. Mulder, 2012. *Bronnen van diffuse nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater. Evaluatie Meststoffenwet 2012: deelrapport ex post*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2328.
- Groenendijk, Piet; Boekel, Erwin van; Renaud, Leo; Greijdanus, Auke; Michels, Rolf; Koeijer, Tanja de 2016. *'Landbouw en de KRW-opgave voor nutriënten in regionale wateren: het aandeel van landbouw in de KRW-opgave, de kosten van enkele maatregelen en de effecten ervan op de uit- en afspoeling uit landbouwgronden'*, Wageningen, WENR-rapport 2749.

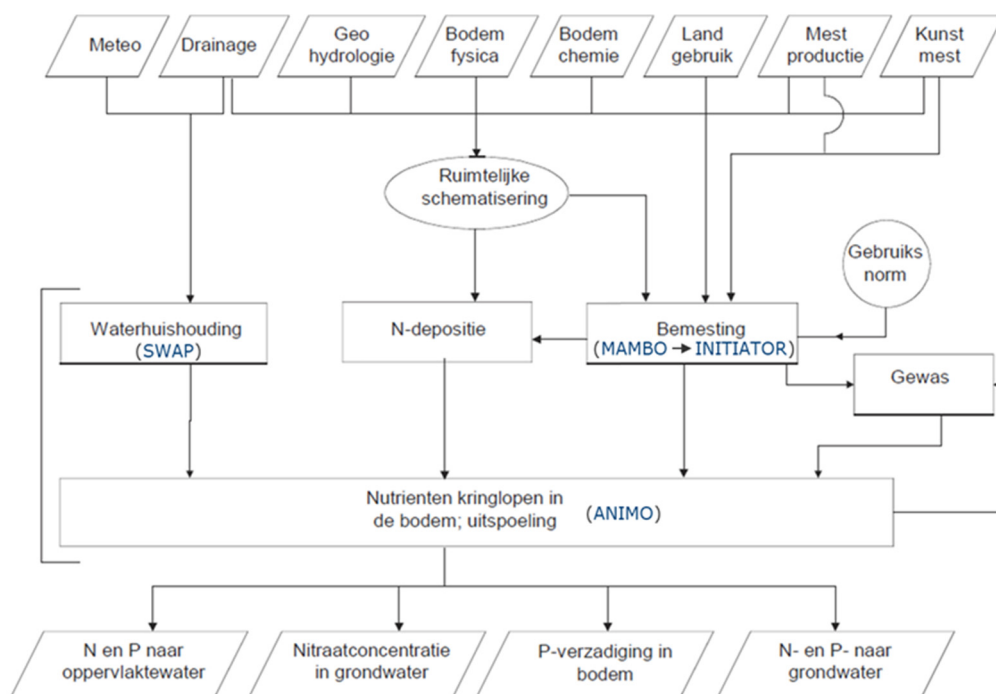
- Groenendijk, P., Schipper, P., Hendriks, R., Akker, J. van den, Heinen, M. (2017). Effecten van verbetering bodemkwaliteit op waterhuishouding en waterkwaliteit. Wageningen Environmental Research rapport 2811.
- Hazeu, G.W., C.Schuiling, G.J. Dorland, G.J. Roerink, H.S.D. Naeff en R.A. Smidt, 2014. *Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland versie 7 (LGN7); Vervaardiging, nauwkeurigheid en gebruik*. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2548.
- Kroes, J.G., E.M.P.M. van Boekel, F.J.E. van der Bolt, L.V. Renaud en J. Roelsma, 2011. *ECHO, een methodiek ter ondersteuning van waterbeleid; methodiekb beschrijving en toepassing Drentse Aa*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1913.
- Kroes, J.P., P. Groenendijk, J. Huygen, 1999. *Hydrologie voor STONE: berekeningen met SWAP 2.0. Technical Document 57*. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen.
- Klijn, 1997. *Vertaaltabellen bodem voor MOZART-SMART-DEMNAT, T2178*. Delft, Waterloopkundig Laboratorium.
- Kronvang B., Hezlar J., Boers P., Jensen J.P., Behrendt H., Anderson T., Arheimer B., Venohr M. & Hoffman C.C., 2004. *Nutrient Retention Handbook. Software Manual for EUROHARP NUTRET and Scientific review on nutrient retention., 103 pp. Oslo, Norway: NIVA*.
- Kroon, T., P. Finke, I. Peerenboom en A. Beuzen, 2001. *Redesign STONE. De nieuwe schematisatie voor STONE; de ruimtelijke indeling en de toekenning van hydrologische en bodemchemische parameters*. Lelystad, RIZA, rapport 2001.017.
- Liefting, E., en H. de Man, 2017. 'EmissieRegistratie Afvalwaterketen', *Achtergrondrapport bij de in 2017 geactualiseerde factsheet 'Effluenten rwzi's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's'*. Partners4urbanwater en Deltares, 15 juni 2017.
- Linden, W. van der, e.a. 2008. *Grondwatermodellering Rivierenland (MORIA)*. Deltares / TNO-rapport 2008-U-R0827/A, Utrecht.
- Mulder, Martin, Peter Schipper, Edwin Jongman en Joost Heijkers. *Onzekere Debietschattingen*. Artikel in *Stromingen* 16 (2011), nummer 3.
- Rozemeijer, J. 2015. Nutriëntenvrachten vanuit zes stroomgebieden in Wetterskip Fryslân voor 2011 t/m 2013. Deltares rapport 1209597-000-BGS-0003.
- Salm, C. van der, P. Groenendijk, R. Hendriks, L. Renaud & H. Massop (2015), *Opties voor benutten van de bodem voor schoon oppervlaktewater*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2588.
- Schipper, P. en J. Rozemeijer 2018. *Toedelen KRW-opgave nutriënten stroomgebied Maas aan broneigenaren*. Notitie RBOM-DHZ 7 december 2018.
- Schipper, P., R. Hendriks, H. Massop, E. van Boekel, 2016. *Belasting van waterlichamen in de Krimpenerwaard met stikstof en fosfor*. Wageningen, Wageningen Environmental Research rapport 2738.
- Schipper, P, Oscar Schoumans, Piet Groenendijk, Erwin van Boekel, 2012. *Nutriëntenbelasting oppervlaktewater; Herkomst en bijdrage landelijke gebied. Notitie ter ondersteuning KRW-Rijn West aanpak Nutriënten*. 11 mei 2012. Alterra, Wageningen 19 pag.
- Schipper, P., E. van Boekel, L.V. Renaud Van Boekel 2019. Bronnenanalyse nutriënten Maasstroomgebied. Wageningen, WENR-rapport 2931, januari 2019.
- Schipper, P., E. van Boekel, E. Gies, P. Groenendijk, L. Jeurissen, H. Kros, L. Renaud en J.C. Voogd 2020. Landbouw en de KRW-opgave voor nutriënten in stroomgebied Maas, Opgave voor landbouw en de potentie van maatregelen voor het behalen van doelen. WENR-rapport in prep.
- Schoumans, O. F., Blokland, P. W., Cleij, P., Groenendijk, P., de Koeijer, T. J., Luesink, H.H., Renaud, L.V.; Roovaart, J. van den (2017). Ex-ante-evaluatie van de mestmarkt en milieukwaliteit: evaluatie van de meststoffenwet 2016. (Wageningen Environmental Research rapport; No. 2785). Wageningen: Wageningen Environmental Research. <https://doi.org/10.18174/406103>
- Van Bruggen, C., A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk, 2019. Emissies naar lucht uit de landbouw in 2017: berekeningen met het model NEMA. WOt-technical report 147, Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu. <https://doi.org/10.18174/499382>.
- Verloop, Koos; Agtmaal, Maaike van; Busink, Wim; Eekeren, Nick van; Groenendijk, Piet; Jansen, Stefan; Noij, Gert-Jan; Zanen, Marleen, 2018. Achtergronden bij informatie in de BOOT-lijst factsheets. Wageningen Plant Research, Business unit Agrosysteemkunde, Rapport WPR 842.

-
- Vries, F. de, W.J.M. de Groot, T. Hoogland, J. Denneboom, 2003. De bodemkaart van Nederland digitaal; Toelichting bij inhoud, actualiteit en methodiek en korte beschrijving van additionele informatie. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 811.
- WiBo, 2015. *Watersysteemstudie Krimpen aan den IJssel*. Witteveen+Bos-rapport in opdracht van Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard.
- Woestenburg, M. en T.P. van Tol-Leenders, 2011. *Sturen op schoon water: eindrapportage project Monitoring Stroomgebieden*.
- Wolf J., A.H.W.Beusen, P. Groenendijk, T. Kroon, R. Rötter, H. van Zeijts, 2003. *The integrated modelling system STONE for calculating emissions from agriculture in the Netherlands*. Environmental Modelling & Software 18: 597-617
- Wösten, J.H.M., F. de Vries, J. Denneboom en A.F. van Holst, 1988. *Generalisatie en bodemfysische vertaling van de Bodemkaart van Nederland, 1: 250 000, ten behoeve van de Pawn-studie*. Stiboka, Wageningen. Rapport 2055.

Bijlage 1 Achtergrondinformatie STONE

STONE is een simulatiemodel dat wordt gebruikt om nitraatconcentraties in het grondwater en de uit- en afspoling van stikstof en fosfor uit landbouw- en natuurgronden te berekenen. Het is een consensusmodel dat in samenwerking met RIVM en RIZA is ontwikkeld voor landelijke beleidsevaluaties van het mestbeleid en het waterbeleid. Daarnaast berekent STONE de fosfaat-accumulatie en de posten van de N- en P-balans van de bodem. Door de koppeling aan INITIATOR kan STONE de effecten van diverse scenario's ten aanzien van de intensiteit van de veestapel, de aanwending van dierlijke mest en kunstmest en de verandering van landgebruik doorrekenen.

De keten van deelmodellen van het modelinstrumentarium is weergegeven in onderstaande figuur. De hydrologische informatie voor STONE wordt berekend met het gekoppelde SWAP/NAGROM-model waarin op basis van informatie over meteo, drainage en geohydrologie de vochthuishouding wordt gesimuleerd.



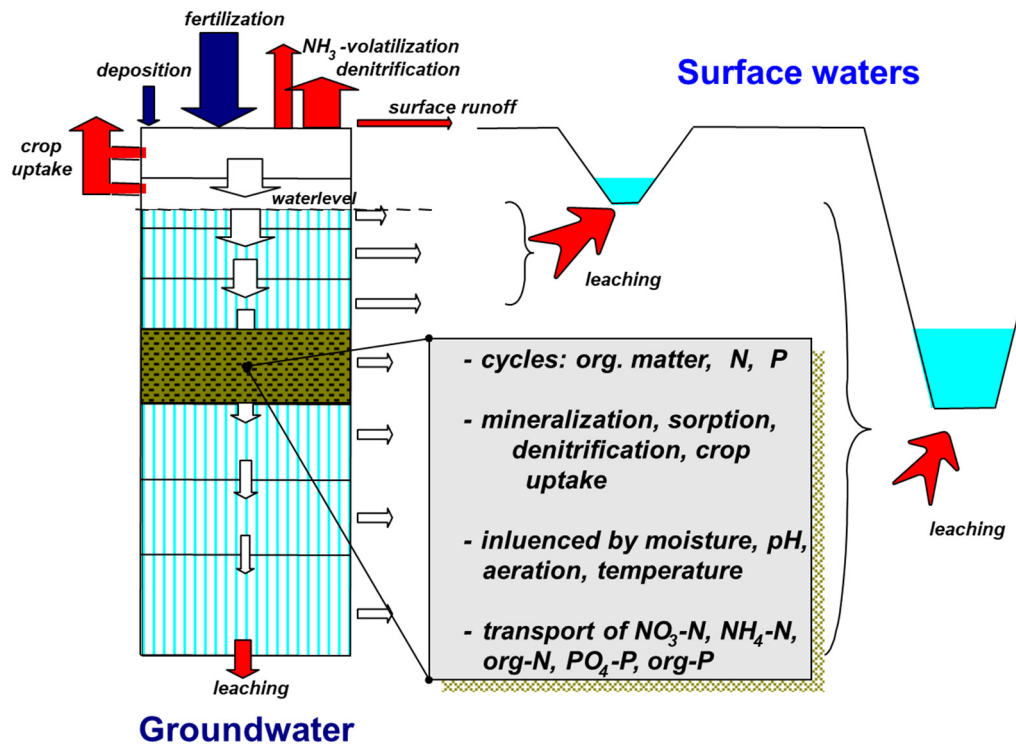
Figuur B1.1 Schema van rekenmodules en datastromen in STONE2.4.

De module ANIMO simuleert in STONE de nutriëntenhuishouding in de bodem en de resulterende uit- en afspoling naar water. ANIMO is een procesgericht model voor het simuleren van de kringloop van koolstof, stikstof en fosfor in de bodem dat aanvankelijk is ontwikkeld voor toepassing op perceelniveau, maar ook geschikt is voor regionale toepassingen. Binnen STONE voert ANIMO de berekeningen uit voor clusters van rastercellen met een grootte van 250 x 250 m en met een tijdsstap van 10 dagen. Gerekend wordt in tijdseries van 15 jaar, waarbij de periode 1941-1970 wordt gebruikt om de modelkolommen te initialiseren. STONE omvat 6405 clusters (rekeneenheden) die verschillen in hydrologische en drainagekenmerken, landgebruik, bodemtype, bodemchemie en klimaat (meteodistrict).

De opzet van die ANIMO-rekeneenheden is weergegeven in de Figuur B1.2. Deze module simuleert de stikstof- en fosforprocessen in de grond en ondiep grondwater tot een diepte van 13 m en berekent de oppervlakkige afstroming en de N- en P-vrachten naar greppels, sloten en grotere wateren. Daarnaast wordt de uitspoeling van N en P naar dieper grondwater berekend en de nitraatconcentraties in de

eerste meter van het grondwater. Geochemische processen in dieper grondwater en stromingsprocessen en biologische en chemische processen in oppervlaktewateren zijn niet inbegrepen.

Het model en toepassingen van het model zijn gepubliceerd in diverse [rapporten en wetenschappelijke literatuur](#).



Figuur B1.2 Schematisch overzicht van de beschreven processen in het ANIMO-model

Bijlage 2 Achtergrondinformatie KRW-ECHO

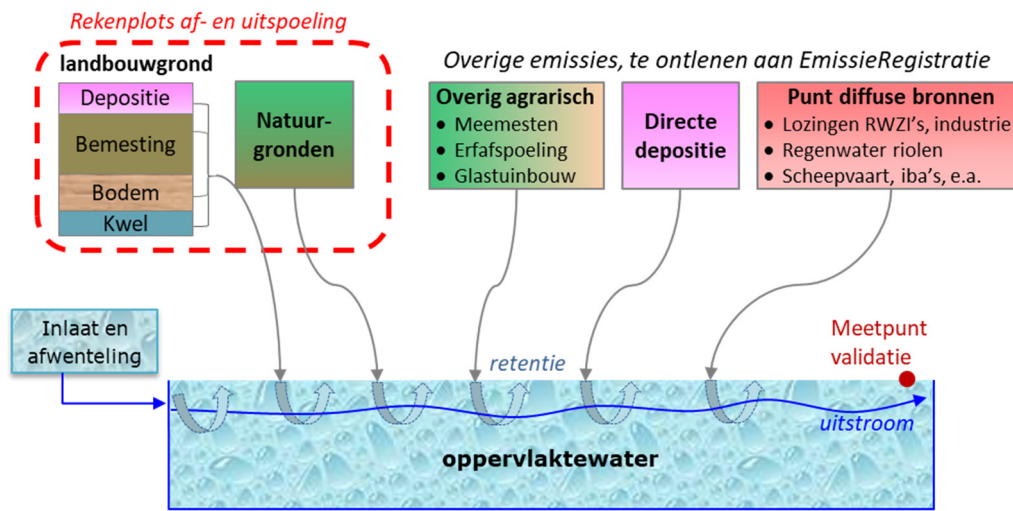
KRW-ECHO-methode

De KRW-ECHO-methodiek is ontwikkeld door de WUR (Kroes et al., 2011) om voor regionale oppervlaktewaterlichamen de nutriëntenbelasting, herkomst en effecten van mitigerende maatregelen te kwantificeren. De methode combineert model- en data analysetechnieken die zijn ontwikkeld voor de ex- ante-evaluatie van de KRW, de Evaluatie van de Meststoffenwet en monitoring- en modelstudies op regionaal niveau. Een belangrijke basis voor toepassing van KRW-ECHO is een actieve inbreng van de regionale waterbeheerders (datamonitoring, gebieds- en expertkennis over de werking van het watersysteem).

De ECHO-methodiek bestaat uit verschillende onderdelen die, afhankelijk van de kennisvragen, uitgevoerd kunnen worden:

1. Stoffenbalansen: Opstellen van stofbalansen voor waterlichamen/afvoergebieden waarin transparant inzicht wordt gegeven in:
 - Uit- en afspoeling vanuit landbouw- en natuurbodems;
 - In- en uitgaande nutriëntenvrachten op basis van metingen (debieten en concentraties);
 - Overige punt- en diffuse bronnen uit de EmissieRegistratie, aangevuld met regionale gegevens;
 - Retentie van nutriënten in het oppervlaktewater, inclusief waterbodem.
2. Uit- en afspoeling landelijk gebied
 - a. Herschikkingsprocedure: STONE-model voor simulatie van de uit- en afspoeling uit landbouw- en natuurgronden regionaal toepasbaar maken door de landelijke geschematiseerde SWAP-ANIMO-rekenplots van STONE met regionale informatie te herschikken.
 - b. SWAP-ANIMO-berekeningen (optioneel): verbeteren uit- en afspoeling uit landbouw- en natuurgronden door nieuwe SWAP-ANIMO-berekeningen uit te voeren met regionale informatie.
3. Plausibiliteitstoel:
 - a. Toetsing: Vergelijking van de berekende en uit metingen afgeleide N- en P-vrachten naar het oppervlaktewater om inzicht te krijgen in de plausibiliteit van de modeluitkomsten/meetgegevens
 - b. Onzekerheidsanalyse: hiermee wordt inzicht verkregen in de betrouwbaarheid (onzekerheden) van de met ECHO berekende nutriëntenvrachten en meetgegevens.
4. Herkomstanalyse: ontrafelen van de herkomst en beïnvloedbaarheid van de nutriëntenbronnen van de uit- en afspoeling (actuele en historische bemesting, kwel, atmosferische depositie op landbouwgronden, nalevering landbouwgronden, uit- en afspoeling natuurgronden).
5. Effecten maatregelen
 - a. Kwantificeren van de effecten van voorgenomen beleid (Mestbeleid, Stroomgebiedbeheerplannen) op de N- en P-belasting van het oppervlaktewater.
 - b. Kwantificeren van de effecten van aanvullende (landbouwkundige) maatregelen op de N- en P-belasting van het oppervlaktewater.

Met KRW-ECHO worden de bemalingsgebieden of afwateringsgebieden (verder aangeduid als vanggebieden) van de oppervlaktewaterlichamen bepaald en wordt per vanggebied nagegaan hoeveel water wordt ingelaten, uitgemalen of afgevoerd. Om de verschillende punt- en diffuse bronnen te kunnen kwantificeren, wordt gebruikgemaakt van modellen. De uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouw en natuurgronden naar water wordt per decade gemodelleerd en de belasting van overige bronnen wordt ontleend aan de landelijke EmissieRegistratie-database. Samen met het waterschap wordt vastgesteld voor welke punten (inlaat en uitlaat) metingen beschikbaar zijn, waar afvalwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) via afwenteling invloed hebben en welke informatiebronnen aanvullend aan de EmissieRegistratie kunnen worden gebruikt.



Figuur B2.1 Schema van de nutriëntenbronnen en bron-afhankelijke retentie in KRW-ECHO.

Een belangrijk fundament in de methode is het gebruik van rekeneenheden van STONE. Dit is het modelinstrumentarium waarmee voor de evaluatie van het mestbeleid de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor vanuit landbouw- en natuurgronden naar bodem en water dynamisch in de tijd wordt gesimuleerd. Om dit landelijke model toepasbaar te maken op regionale schaal, zijn hieruit rekeneenheden geselecteerd die in een fijnere regionale schematisering (25 x 25 m) goed passen bij het landgebruik (LGN7), de bodemkaart en de grondwatertrappenkaart. Deze selectie wordt aangeduid als herschikken. Ook kunnen rekeneenheden worden aangepast om beter aan te sluiten bij actuele regio-specifieke kenmerken. Met de geselecteerde en/of aangepaste rekeneenheden wordt de uit- en afspoeling opnieuw berekend en wordt per vanggebied de gemiddelde herkomst van de bronnen achter de uitspoeling bepaald (actuele en historische mestgift, nalevering, kwel, depositie, geïnfiltreerd oppervlaktewater).

Zowel landelijk (Groenendijk et al, 2016) als daarna in veel regio's¹² heeft de WUR nauw met waterschappen samengewerkt om in co-creatie de omvang en de verdeling van nutriëntenbronnen te kwantificeren. Hierbij zijn de indeling en begrenzing van de vanggebieden rond de waterlichamen bepaald en is per vanggebied kennis en informatie verzameld hoeveel water wordt ingelaten, uitgemalen of afgevoerd. Daarnaast is vastgesteld voor welke belangrijke uitwisselpunten (toestroom buitenland, in- en uitlaat) metingen beschikbaar zijn, waar rwzi's via afwenteling invloed hebben en welke informatiebronnen aanvullend aan de EmissieRegistratie kunnen worden gebruikt. In enkele studies zijn op basis van regionale informatie concentraties in het kwelwater en/of andere invoerparameters van de SWAP-ANIMO-rekeneenheden van STONE aangepast. In diverse studies zijn op basis van de herkomst de opgaven voor het verminderen van de nutriëntenbelasting bepaald en toegekend aan sectoren en zijn diverse type maatregelen doorgerekend (schonere rwzi's, schonere buitenlandwater, perceelsmaatregelen).

¹² Schipper, P. L. Renaud en E. van Boekel 2019. Bronnenanalyse nutriënten stroomgebied Maas. Wageningen Environmental Research, Rapport 2931.
 Boekel, E. van, L. Renaud en P. Schipper 2020. Analyse herkomst en achtergrondbelasting nutriënten oppervlaktewateren Hollandse Delta. Wageningen Environmental Research rapport 2995.
 Schipper, P. L. Jeurissen, R. Hendriks, L. Renaud en E. van Boekel 2020. Water- en nutriënten-balansen oppervlaktewater Zuiderzeeland. Wageningen Environmental Research rapport 3009
 Schipper, P., L. Renaud, L. van Gerven en E. van Boekel 2020. Analyse herkomst en KRW-opgave nutriënten oppervlaktewater Gelderse Vallei. Wageningen Environmental Research rapport 3041)
 Boekel, E., L. Renaud en P. Schipper 2020. Herkomst nutriënten waterschap Drents Overijsselse Delta. Wageningen Environmental Research, rapport 2096.
 Schipper, P.; L. van Gerven, E. van Boekel, L. Renaud en G. Ros 2019. Herkomst nutriënten in het landelijk gebied van Schieland. Wageningen Environmental Research rapport 2969
 Schipper, P., R. Hendriks, H. Massop en E. van Boekel 2016. Belasting van waterlichamen in de Krimpenerwaard met stikstof en fosfor. Wageningen Environmental Research rapport 2738
 Boekel, E., R. Hendriks en P. Schipper 2018. Herkomst nutriënten Alblasserwaard en Vijfheerenlanden. Wageningen Environmental Research rapport 2891.
 Boekel, E. van; Roelsma, J, H. Massop, M. Mulder, P. Jansen, L. Renaud, R. Hendriks en P. Schipper 2015. Achtergrondconcentraties in het oppervlaktewater van HHNK. WUR-Alterra-rapport 2475.

Herschikkingsprocedure

De ruimtelijke indeling voor STONE is opgesteld door Kroon et al. (2001) en is gemaakt op basis van hydrologische en bodemchemische eigenschappen. Nederland is hierbij ingedeeld in 6405 ruimtelijke eenheden (plots) voor het landelijk gebied, één plot voor het bebouwde gebied en één plot voor water. Een plot bestaat uit meerdere gridcellen van 250*250 meter die dezelfde unieke combinatie van eigenschappen hebben. De gridcellen kunnen verspreid liggen in een gebied.

De ruimtelijke verdeling is gebaseerd op vijf basiselementen:

- Hydrologische hoofdindeling (hydrotypen, drainage-groepen, grondwatertrappen, kwel/wegzijgingsflux);
- Indeling in landgebruik (gras, mais, overig landbouw, natuur, water en bebouwing);
- Indeling in bodemtype (zand, klei, veen);
- Indeling in chemische eigenschappen van de bodem (fosfaatbindend vermogen, mineralisatiecapaciteit, kationen capaciteit);
- Indeling naar overige kenmerken (o.a. meteorologische kenmerken).

Omdat de huidige STONE-schematisering dateert uit 2000 en omdat het een landelijke schematisering betreft, is het mogelijk dat, indien STONE wordt ingezet voor een regionale studie, de schematisering in STONE onvoldoende overeenkomt met de regionale of lokale situatie van het betreffende studiegebied. Daarom is met KRW-ECHO een herschikkingsprocedure ontwikkeld. De herschikkingsprocedure bestaat uit verschillende onderdelen:

1. Gebiedsanalyse
 - Vervaardigen nieuwe geclassificeerde kaarten (landgebruik, bodemfysische eenheid, grondwatertrappen-klassen en metoedistrict)
 - Overlay van kaarten en afleiden van MLBG¹³-combinaties
2. Afleiden nieuwe N- en P-uitspoelingscijfers
 - Selectie van representatieve STONE-plots die passen bij MLBG-combinaties
 - Aggregeren van N- en P-belasting op ERC-niveau
 - Neerschalen van N- en P-belasting naar het studiegebied (LSW-niveau)
3. Validatie (vergelijking met eerdere studies)

Nadat nieuwe MLBG-eenheden zijn bepaald, zijn representatieve STONE-plots gezocht voor het berekenen van de uit- en afspoeling naar grond- en oppervlaktewater. Hierbij kunnen de volgende drie situaties ontstaan:

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

Situatie 1

Indien in de herschikking voor een MLBG-eenheid gekozen zou worden om één 'meest representatieve' STONE-plot te nemen, zou dit handmatig door een expert uitgevoerd moeten worden. Hierdoor zou de einduitkomst voor een deel afhankelijk zijn van de expert die de herschikking uitvoert. Dit verdient niet de voorkeur, omdat het problemen geeft bij het reproduceren van de resultaten en moeilijk qua argumentatie te verantwoorden is. Wanneer voor een MLBG-eenheid meerdere STONE-plots in aanmerking komen, worden daarom in een geautomatiseerde selectieprocedure de STONE-plots geselecteerd die voldoen aan de betreffende MLBG-eenheid en hiervan wordt dan de gemiddelde uit- en afspoeling bepaald. Ook wordt voor de herkomst van de bronnen achter de uit- en afspoeling het gemiddelde van die STONE-plots genomen. Hierdoor zal dit, ongeacht wie het script toepast, altijd tot dezelfde resultaten leiden.

In Tabel B2.1 is een (willekeurig) voorbeeld gegeven voor MLBG-eenheid 111073 (metoedistrict 11, grasland op stuifzandgrond met Gt-klasse III). Er worden in totaal drie STONE-plots met deze combinatie gevonden.

¹³ MLBG is een afkorting voor **M**eteo **L**andgebruik **B**odemfysische eenheid en **G**rondwatertrap.

Tabel B2.1 Gemiddelde stikstofbelasting van het oppervlaktewater voor de STONE-plots voor MLBG-eenheid 111073.

STONE-plots	Stikstofuitspoeling (kg/ha)
1710	76,7
1499	85,1
1111	112,1
Gemiddeld	91,3

Situatie 2

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

Situatie 3

Indien er geen representatieve STONE-plots gevonden worden, omdat de gewenste combinatie landgebruik, bodemfysische eenheid en Gt-klasse binnen een meteodistrict niet voorkomt, is ervoor gekozen om stapsgewijs steeds meer informatie van de MLBG-eenheden los te laten, net zolang tot alle eenheden zijn voorzien van een koppeling naar STONE-plots. In Tabel B2.2 is het stappenplan weergegeven voor toekenning van STONE-plots aan MLBG-eenheden.

Tabel B2.2 Overzicht van de stappen die doorlopen worden voor het afleiden van N- en P-belasting opp. water per MLBG-eenheid.

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

Hieronder worden de stappen 1, 2 en 4 nader toegelicht. De overige stappen zijn combinaties van voorgaande stappen (stap 3, 5, 7 en 8) of liggen voor de hand (stap 6 en 9).

Stap 1: aanpassing bodemfysische eenheden met restrictie

De eerste stap is een trapsgewijze aanpassing van bodemtypes met restrictie. Er worden in totaal 21 relevante bodemtypen onderscheiden (nr. 22 en 23 is respectievelijk open water en stedelijk gebied). In Tabel B2.3 is een overzicht gegeven van mogelijke uitwisselingen. Voor een aantal bodemfysische eenheden (BFE) is het niet mogelijk om een andere BFE te selecteren; de andere BFE's kunnen met één of meerdere BFE's uitgewisseld worden. Indien er sprake is van meerdere opties, is een trapsgewijze aanpassing voorzien (opgelegde volgorde).

Tabel B2.3 Overzicht van de mogelijke 'uitwisseling' tussen de verschillende bodemfysische eenheden.

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

Stap 2: aanpassing Gt-klasse

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

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

- Nat: Gt-klasse I, II, III en V
- Matig droog: Gt-klasse IV en VI
- Droog: Gt-klasse VII en VIII

Ook hierbij geldt dat er een voorkeursvolgorde is vastgelegd.

Stap 4: aanpassing bodemfysische eenheden met beperkte restrictie

In de eerste stap is een aanpassing van de bodemfysische eenheden voorzien waarbij tien groepen onderscheiden worden. In stap 4 wordt een aantal groepen geclusterd op basis van de grondsoort (Tabel B2.4).

Tabel B2.4 Overzicht van de mogelijke 'uitwisseling' tussen de verschillende bodemfysische eenheden op basis van de grondsoort.

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

Nadat alle negen stappen zijn doorlopen, is het mogelijk om voor iedere MLBG-eenheid (rekeneenheid) een stikstof- of fosforbelasting toe te kennen (zie voorbeeld in Figuur B2.2).



Figuur B2.2 Voorbeeld van de stikstofbelasting per MLBG-eenheid per rekeneenheid.

Bijlage 3 Bronnen in de Emissieregistratie

In het onderhavige onderzoek is gebruik gemaakt van emissies van punt- en diffuse bronnen die zijn opgenomen in Emissieregistratie. Tabel B3.1 geeft een overzicht van de bronnen van nutriënten die in Emissieregistratie zijn opgenomen. De uit- en afspoeling uit het landelijk gebied en de lozingen van rwzi's zijn niet ontleend aan Emissieregistratie maar voor het onderhavige onderzoek gebied specifiek berekend.

Tabel B3.1 Indeling van de bronnen in de Emissieregistratie aan de doelgroep, subdoelgroep en de indeling die in de ECHO-methodiek wordt gehanteerd.

Subdoelgroep		Bijdrage N of P	ECHO- indeling
Landbouw	Glastuinbouw afvalwater	>1%	LO
	Landbouwbedrijven (o.a. erfafspoeling)	>1%	
	Meemesten sloten	0,1 - 1%	
	Productgebruik landbouw (NMI3 emissies vanuit kassen)	0 (geen)	
	Uit- en afspoeling landelijk gebied (landbouw + natuur)	>1%	
Overige industrie	Basismetaal	0,1 - 1%	IND
	Bouwmaterialen industrie	<0,1%	
	Grafische industrie	0 (geen)	
	Industrie overig	0 (geen)	
	Metaalelektro	<0,1%	
	Papier(waren)	0,1 - 1%	
	Rubber- en kunststofverwerkende industrie	<0,1%	
	Textiel- en tapijtindustrie	0 (geen)	
	Voedings- en genotmiddelenindustrie	>1%	
Chemische industrie	Chemische industrie basisproducten	0,1 - 1%	
	Chemische industrie bestrijdingsmiddelen	<0,1%	
	Chemische industrie kunstmeststoffen	0,1 - 1%	
	Chemische industrie overig	0,1 - 1%	
Raffinaderijen	Raffinage en verwerking	0,1 - 1%	
Energiesector	Olie- gaswinning land	0 (geen)	
	Opwekking elektriciteit	0,1 - 1%	
	Transport en distributie olie en gas	0 (geen)	
Verkeer en Vervoer	Binnenscheepvaart	0,1 - 1%	OV
Consumenten	Huishoudelijk afvalwater	0,1 - 1%	
Bouw	Overige bouw	0 (geen)	
Afvalverwijdering	AVI's	0,1 - 1%	
	Overige afvalbedrijven	<0,1%	
	Storten	<0,1%	
Drinkwatervoorziening	Overig drinkwater	0 (geen)	
Riolering en waterzuiveringsinstallaties	Energiegebruik en processen	<0,1%	
	Ongezuiverd rioolwater (regenwaterriolen + overstorten)	0,1 - 1%	
	Effluenten lozingen	>1%	
Handel, Diensten en Overheid	Energiegebruik en processen handel	<0,1%	OV
Overig	Atmosferische depositie (open water)	>1%	DW

In Tabel B3.2 is voor de nutriëntenbronnen het betrouwbaarheidspercentage (%) weergegeven zoals die door Emissieregistratie worden ingeschat (bron: www.emissieregistratie.nl). De volgende betrouwbaarheidspercentages worden gehanteerd: 1%, 5%, 10%, 25%, 50%, 100%, 200% en 400%. Een betrouwbaarheid van 1% wil zeggen dat het desbetreffende onderdeel zeer betrouwbaar is; een betrouwbaarheid van 400% betekent een grote onzekerheid in het desbetreffende onderdeel (voor verder toelichting zie www.emissieregistratie.nl).

Tabel B3.2 Betrouwbaarheid (%) van een aantal bronnen uit de Emissieregistratie voor verschillende doelgroepen/subdoelgroepen.

Bron	Betrouwbaarheid					
	Vracht ¹⁾	EVV ²⁾	EF ³⁾	VC ⁴⁾	Riool ⁵⁾	Reg ⁶⁾
Glastuinbouw afvalwater	-	5	25-50	25	10	100
Erfafspoeling	-	50	50	25	-	25
Landbouwbedrijven	50-200	-	-	1	10	1-5
Meemesten sloten	-	10	100	1	-	100
Overige industrie ⁷⁾	50-200	5	25	1	10	1-10
Chemische industrie ⁷⁾	50-200	5	25	1	10	1-10
Raffinaderijen	50-200	-	-	1	10	1-5
Energiesector	50-200	-	-	1	10	1-5
Binnenscheepvaart	-	10	25	50	-	50
Huishoudelijk afvalwater	-	1	25	-	10-100	10
Bouw	50-200	-	-	1	10	1-5
Afvalverwijdering ⁷⁾	50-200	5	25	1	10	1-10
Drinkwatervoorziening	50-200	-	-	1	10	1-5
Energiegebruik en processen riolering en rwzi's	50-200	-	-	1	10	1-5
Regenwaterriolen	10	-	-	-	25	200
Overstorten	10	-	-	-	50	200
IBA en niet aangesloten huishoudens	10	-	-	-	100	200
Effluënten lozingen	5	n.v.t.	n.v.t.	1	1	1
Handel, Diensten en Overheid	50-200	-	-	1	10	1-5
Atmosferische depositie	25	-	-	5-200	10	50

1 Vracht: Berekening jaarvrachten.

2 EVV: Emissie-verklarende variabelen.

3 EF: Emissiefactor.

4 VC:Verdeling compartimenten.

5 Riool: Emissieroutes via riool naar water.

6 Reg: Regionalisatie.

7 Betrouwbaarheid afgeleid uit meerdere factsheets.

Bijlage 4 Retentie

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

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

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

Retentie van stikstof in polders door denitrificatie

Voor het PLONS-project (www.plons.wur.nl) is in een aantal sloten verspreid over Nederland de denitrificatie gemeten. De gemeten denitrificatiesnelheden in poldersloten en de watertemperatuur tijdens het meten, ingedeeld naar het bodemtype klei of veen, zijn weergegeven in Tabel B4.1.

Tabel B4.1 Gemeten denitrificatiesnelheden in veen- en kleigebieden en de watertemperatuur op het moment van meten (Veraart et al., in voorbereiding). *n*=aantal waarnemingen, *std*=standaarddeviatie.

Bodemtype	N	Denitrificatie	Denitrificatie	Denitrificatie	Temperatuur	
		($\mu\text{mol N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$)	($\mu\text{mol N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$)	($\mu\text{mol N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$)	($^{\circ}\text{C}$)	
		Gemiddeld	Minimum	Maximum	Gemiddeld	Std
Klei	4	180,2	31,0	496,8	16,8	0,9
Veen	7	62,9	5,9	166,6	21,3	0,8

Deze denitrificatiesnelheden zijn omgezet naar een gemiddelde denitrificatiesnelheid in het zomer- en het winterhalfjaar door aan te nemen dat de denitrificatiesnelheid (*D*) afhangt van de watertemperatuur (*T*) volgens een aangepaste Arrhenius-vergelijking:

$$D_T = D_{20} \cdot \theta_s^{(T-20)} \quad (1)$$

Waarin *D*₂₀ de denitrificatiesnelheid is bij 20°C en θ_s de temperatuurcoëfficiënt die de waarde 1,07 is toegekend; een waarde die kenmerkend is voor veel biochemische reacties. Echter zijn voor de denitrificatie ook hogere waarden voor de temperatuurcoëfficiënt gevonden: van 1,24 en 1,28 (Veraart et al., 2011b). Met formule 1 zijn maandgemiddelde denitrificatiesnelheden berekend voor de klei- en veenpolders, uitgaande van maandgemiddelde luchttemperaturen gemeten in de Bilt in de jaren 1990-2009. De maandgemiddelde denitrificatiesnelheden zijn opgeschaald naar zomer- en winterhalfjaargemiddelden (Tabel B4.2).

Tabel B4.2 Afgeleide denitrificatiesnelheden voor klei- en veenpolders in het winter- en zomerhalfjaar.

Bodemtype	Denitrificatie (g N m ⁻²)	
	Zomerhalfjaar	Winterhalfjaar
Klei	9,9	5,3
Veen	2,5	1,4

Retentie van stikstof door groei van waterplanten

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

Tabel B4.3 Gemiddelde hoeveelheid waterplanten aan het einde van het groeiseizoen, volgend uit verschillende databronnen.

Bodemtype	Waterplanten (g droge stof m ⁻²)		
	Waterpest	Kroos	Ondergedoken
Klei	8	43	12
Veen	29	14	25

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

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

Tabel B4.4 Hoeveelheid N die naar schatting is gemoeid met de nettogroei (zomerhalfjaar) en netto-sterfte (winterhalfjaar) van waterplanten in klei- en veenpolders. (NB Aangenomen is dat 80% van de waterplanten in de waterlopen aan het einde van de zomer wordt gemaaid; deze planten sterven niet meer af in de waterlopen, waardoor alleen de resterende 20% van de waterplanten bijdraagt aan de nalevering van N door sterfte.)

Bodemtype	Groei (g N m ⁻²)	Sterfte (g N m ⁻²)
Klei	1,92	0,38
Veen	1,85	0,37

Totale stikstofretentie in poldersystemen

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

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

Tabel B4.5 Geschatte hoeveelheid stikstofretentie in klei- en veenpolders.

Bodemtype	Zomerhalfjaar (g N m ⁻²)	Winterhalfjaar (g N m ⁻²)
Klei	11,8	5,0
Veen	4,4	1,0

Vanwege deze eerste ordebenadering voor de stikstofdynamiek kan naar analogie van de methodiek voor de vrij afwaterende gebieden ook hier een retentie optreden die de 100% overschrijdt. Derhalve wordt een limitering toegepast van maximaal 90% retentie op de inkomende stikstofvracht.

Retentie van fosfor in poldersystemen

Voor fosfor is het niet mogelijk gebleken om relaties af te leiden op basis van het areaal waterbodem. Op basis van diverse studies wordt voor fosfor in poldersystemen een retentie van 20% aangenomen voor puntbronnen en van 50% voor diffuse bronnen.

Retentie in vrij afwaterende gebieden

In de relevante literatuur voor vrij afwaterende gebieden wordt vaak een verband gelegd tussen de retentie voor N en P en de 'specifieke afvoer' (o.a. Klein et al., 2011; Seitzinger et al., 2002). De 'specifieke afvoer' is gedefinieerd als de afvoer bij het uitstroompunt van het stroomgebied, gedeeld door het bovenstroomse wateroppervlak (zie Vergelijking 2).

De eerder in Van Boekel et al. (2011) gebruikte relaties gingen uit van 'hydraulische verblijftijd', die van de 'specifieke afvoer' verschilt door in plaats van wateroppervlak het bovenstroomse watervolume in de noemer mee te nemen. Het verschil tussen wateroppervlak en watervolume is de waterdiepte die in vrij afwaterende stroomgebieden erg variabel is in zowel tijd als ruimte. De hypothese is dat vanwege deze variabiliteit de retentie van N en P voor de grotere (deel)stroomgebieden minder goed is te relateren aan de 'hydraulische verblijftijd'. Daar komt bovendien nog bij dat de waterdiepte aanzienlijk slechter karteerbaar is dan het wateroppervlak.

$$Q_{\text{specifiek}} = \frac{Q_{\text{afvoerpunt}}}{A_{\text{water}}} \quad (2)$$

waarin:

$Q_{\text{specifiek}}$ = specifieke afvoer ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{ha}^{-1}$)

Q_{afvoer} = afvoer bij uitstroompunt stroomgebied ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)

A_{water} = open wateroppervlak in het deelstroomgebied (ha)

Voor deze studie zijn deze verbanden bepaald voor een aantal vrij afwaterende stroomgebieden. De hiervoor geselecteerde stroomgebieden voldoen aan de volgende criteria:

- De uitspoeling van nutriënten vanuit het landsysteem is verreweg de belangrijkste nutriëntenbron voor het oppervlaktewater.
- Het stroomgebied is niet aangesloten op bovenstrooms gelegen stroomgebieden.
- De uitgaande nutriëntenvracht bij het uitstroompunt moet goed te bepalen zijn op basis van metingen.

Het eerste criterium is van belang, omdat de af te leiden retentie alleen betrekking heeft op de diffuse nutriëntenuitspoeling vanuit het landsysteem. Het tweede criterium is hieraan gerelateerd en eveneens bedoeld om onbekende overige bronnen te elimineren. Uiteindelijk bleken er vier vrij afwaterende stroomgebieden te voldoen aan bovenstaande criteria:

- Drentsche Aa
- Schuitenbeek
- Hoevelakense, Barneveldse en Esvelderbeek (HBE-beek)
- Wapserveensche en Vledder Aa (WV Aa)

De Drentsche Aa en de Schuitenbeek zijn intensief bemeten in het project Monitoring Stroomgebieden (Roelsma et al., 2011; Roelsma et al., 2011b) en voor de overige twee stroomgebieden zijn in het kader van het ex-ante-KRW-project meetdata aangeleverd. De nutriëntenretentie (R_a) is per gebied als volgt bepaald:

$$R_a = L_{\text{uitspoeling}} - L^*_{\text{uitstroom}} \quad (3)$$

waarin:

R_a = absolute nutriëntenretentie in het oppervlaktewater (g)

$L_{uitspoeling}$ = uitspoeling van nutriënten vanuit het landsysteem (g)

$L_{uitstroom}^*$ = uitstromende nutriënten bij uitstroompunt, gecorrigeerd voor andere bronnen dan de nutriëntenuitspoeling (g)

De nutriëntenuitspoeling vanuit het landsysteem ($L_{uitspoeling}$) is voor de Drentsche Aa en Schuitenbeek bepaald op basis van een gekalibreerd SWAP-ANIMO-modelinstrumentarium (Siderius et al., 2011). Voor de andere twee stroomgebieden is hiervoor het model STONE, versie 2.4, gebruikt (Wolf et al., 2003).

Bij de correctie van de uitstromende nutriëntenvracht ($L_{uitstroom}^*$) voor de nutriëntenbronnen buiten de uitspoeling (zoals rwzi's en industriële lozingen) is rekening gehouden met de retentie die aangrijpt op deze nutriëntenbronnen (volgens de Emissieregistratie), zoals eerder bepaald in Van Boekel et al. (2011). Tabel B4.6 geeft aan welke data per stroomgebied zijn gebruikt om de uitstromende nutriëntenvracht te bepalen.

De uitstromende nutriëntenvracht is per dag bepaald. Hiervoor zijn dagelijkse nutriëntenconcentraties nodig die zijn verkregen door lineair te interpoleren tussen de gemeten concentraties met maandelijks steekmonsters (in HBE-beek en WV Aa). Ook is lineaire interpolatie gebruikt om ontbrekende debietdata en ontbrekende debietsproportioneel gemeten nutriëntenconcentraties aan te vullen.

Tabel B4.6 Data per stroomgebied ter bepaling van de uitgaande nutriëntenvracht (=debiet * concentratie) bij het uitstroompunt.

	Debiet		Nutriëntenconcentraties		
	Meetlocatie	Meetfrequentie	Meetlocatie	Meetfrequentie	Meetmethode
Drentsche Aa	*	Dagelijks	1114	Wekelijks	debietsproportioneel
Schuitenbeek	25210	Dagelijks/elk uur	25210	Wekelijks	debietsproportioneel
HBE-beek	4070	Dagelijks	29738	Maandelijks	Steekmonster
WV Aa	Stuw Wulpen	dagelijks	1STEABRO	maandelijks	steekmonster

* op basis van modelresultaten van het hydraulische model SWQN (Smit et al., 2009).

Verband tussen retentie en specifieke afvoer

De retentiefraction (R_f), het deel van de totale nutriëntenbelasting dat in het stroomgebied wordt vastgelegd, kan als volgt worden gerelateerd aan de 'specifieke afvoer' $Q_{specifiek}$ (Klein et al., 2011; Seitzinger et al., 2002):

$$R_f = a \cdot Q_{specifiek}^b \quad (4)$$

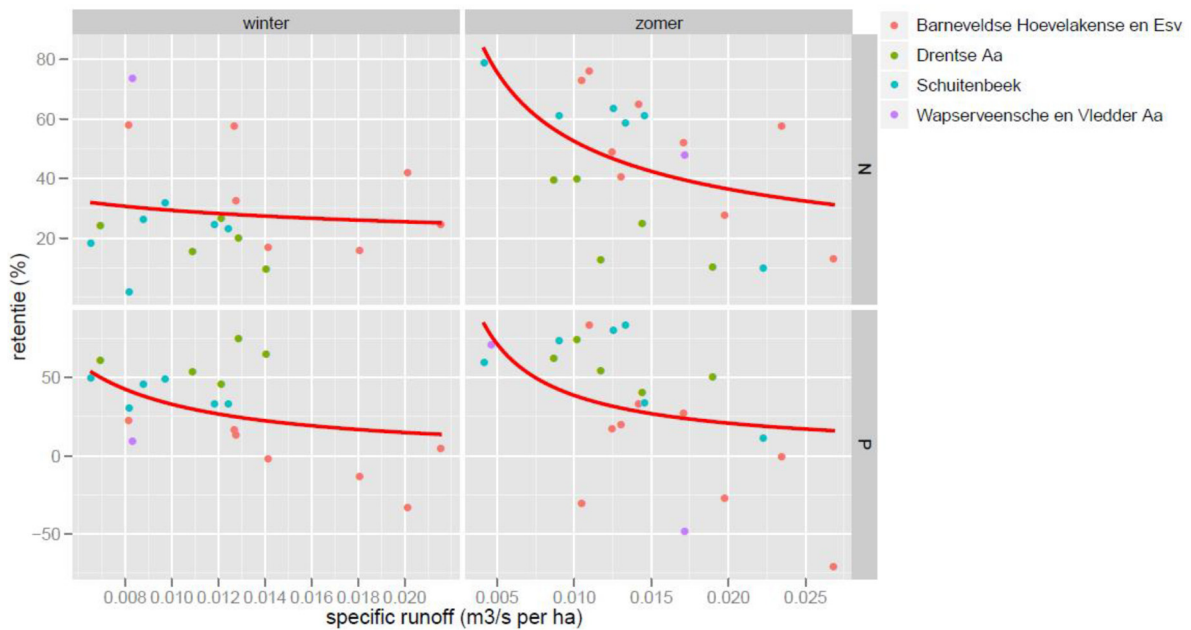
waarbij a en b nader te bepalen coëfficiënten zijn.

Voor de vier stroomgebieden zijn deze coëfficiënten bepaald voor het winter- en het zomerhalfjaar, omdat dit de temporele resolutie is van zowel het KRW-Echo-model als de KRW-Verkenner. In elk stroomgebied zijn voor elk zomer- en winterhalfjaar met voldoende meetdata de retentie en de 'specifieke afvoer' bepaald, wat resulteert in de puntenwolken in Figuur B4.1. De specifieke afvoer is hierbij berekend met het gemeten uitgaande debiet en met het openwateroppervlak op basis van de TOP10 waterlopen, waarvan de geometrie is afgeleid van het hydrotype waarin de waterlopen liggen (Massop et al., 2007).

De puntenwolken in Figuur B4.1 zijn gefit met Vergelijking 3, wat resulteert in waarden voor de coëfficiënten a en b (Tabel B4.7). Te zien is dat de fit in alle gevallen matig is. Dit suggereert dat de specifieke afvoer niet de enige verklarende variabele is voor de retentie, uitgaande van juiste metingen en modeldata. Het gevonden verband voor N is in Figuur B4.2 vergeleken met verbanden

afgeleid in andere studies (Klein et al., 2011; Venohr et al., 2005; Seitzinger et al., 2002), waaraan overigens wel andere temporele en ruimtelijke schaalniveaus ten grondslag liggen.

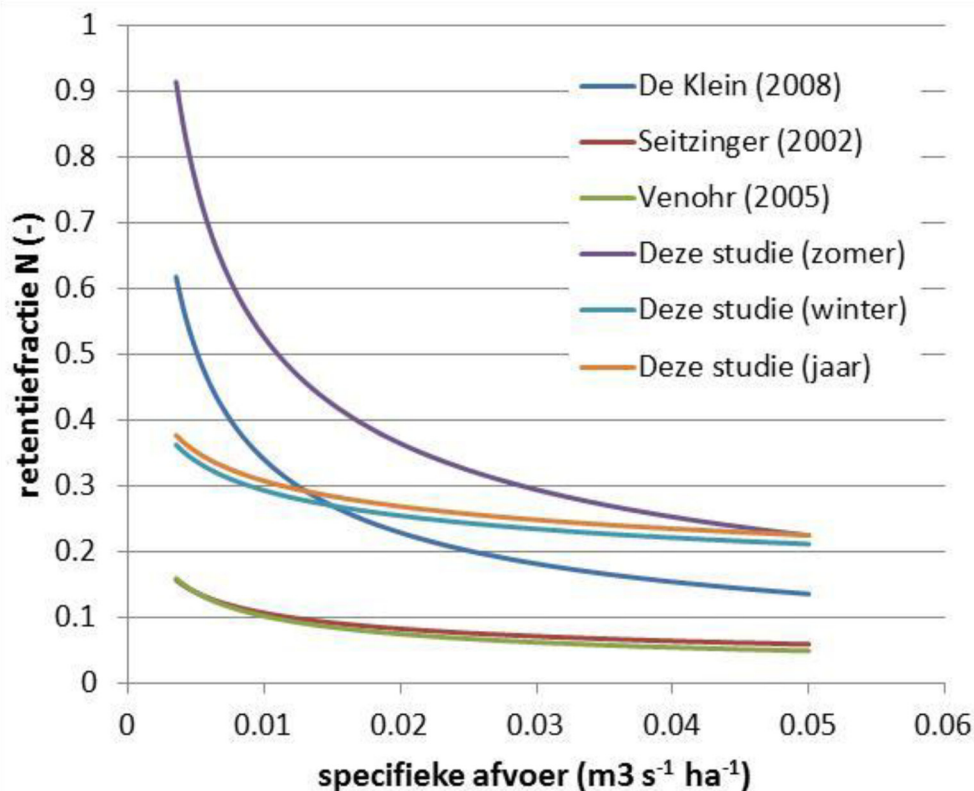
Een bekend nadeel van de machtsbenadering (Vergelijking 3) is dat de retentiefractione groter dan 1 kan worden bij kleine waarden voor de specifieke afvoer. In deze gevallen is de retentiefractione afgekapte tot 90% van de inkomende vracht, omdat grotere retentiewaarden onrealistisch worden geacht.



Figuur B4.1 Verband tussen het retentiepercentage (op de uitspoelende nutriënten vanuit het landsysteem) en de 'specifieke afvoer' voor de vier stroomgebieden, per stof en per halfjaar. De rode lijn geeft de gefitte curve (Vergelijking 4).

Tabel B4.7 Gevonden coëfficiënten voor de 4 stroomgebieden op basis van 'specifieke afvoer' in $m^3 s^{-1} ha^{-1}$.

	Stikstof		Fosfor	
	a	b	a	b
Winterhalfjaar	0.1153	-0.2025	0.0017	-1.1449
zomerhalfjaar	0.0462	-0.5277	0.0065	-0.8884



Figuur B4.2 Verband tussen de retentiefractie voor stikstof en de 'specifieke afvoer', gevonden in verschillende studies naar laaglandstroomgebieden in Europa en Amerika. (NB De ruimtelijke en temporele schaal waarop de verbanden zijn afgeleid, verschillen sterk per studie: van grote stroomgebieden (860-14.000 km²) op jaarbasis (Venohr et al., 2005) naar kleinere stroomgebieden (20-400 km²) op jaarbasis (Seitzinger et al., 2002), winter- en zomerhalfjaar (deze studie) en maandbasis (Klein et al., 2011). Daarbij heeft de in deze studie berekende retentiefractie alleen betrekking op de nutriëntenuitspoeling vanuit het landsysteem, in tegenstelling tot de andere studies die de overige nutriëntenbronnen ook meenemen.)

Referenties

- Boekel, E.M.P.M. van, L.P.A. van Gerven, T. van Hattum, V.G.M. Linderhof, H.T.L. Massop, H.M. Mulder, N.B.P. Polman, L.V. Renaud en D.J.J. Walvoort, 2011. Ex-ante evaluatie landbouw en KRW. Alterra rapport 2121, Alterra, Wageningen.
- Gerven, L.P.A. van, A.A.M.F.R. Smit, P. Groenendijk, F.J.E. van der Bolt en J.J.M. de Klein, 2009. Retentieschatting van N en P in het oppervlaktewater op verschillende schaalniveau's. Alterra rapport 1848, Alterra, Wageningen.
- Klein, J. M. de, A. Koelmans, 2011. Quantifying seasonal export and retention of nutrients in West European lowland rivers at catchment scale. *Hydrological Processes* 25 (13), 2102-2111.
- Massop H.Th.L, J.W.J. van der Gaast & A.G.M. Hermans; Kenmerken van het ontwateringsstelsel in Nederland. Alterra rapport 1397, gepubliceerd: 28 feb 2007; 94 pp.
- Muhammetoglu, A. and S. Soyupak, 2000. A three-dimensional water quality-macrophyte interaction model for shallow lakes. *Ecological Modelling*, Vol. 133, pp. 161-180.
- Roelsma, J., B. van der Grift, H.M. Mulder en T.P. van Tol-Leenders, 2011a. Nutriëntenhuishouding in de bodem en het oppervlaktewater van de Drentsche Aa. Bronnen, routes en sturingsmogelijkheden. Reeks Monitoring Stroomgebieden 25-I. Alterra rapport 2218.
- Roelsma, J., B. van der Grift, H.M. Mulder en T.P. van Tol-Leenders, 2011b. Nutriëntenhuishouding in de bodem en het oppervlaktewater van de Schuitenbeek. Bronnen, routes en sturingsmogelijkheden. Reeks Monitoring Stroomgebieden 25-II. Wageningen, Alterra, rapportnummer 2219.
- Roijackers, R., Szabó, S., and Scheffer, M., 2004. Experimental analysis of the competition between algae and duckweed. *Hydrobiologie* 160, 401-412.

-
- Seitzinger S.P., Styles R.V., Boyer E.W., Alexander R.B., Billen G., Howarth, R.W., Mayer B., Van Breemen N. 2002. Nitrogen retention in rivers: model development and application to watersheds in the northeastern USA. *Biogeochemistry* 57: 199–237.
- Siderius C., P. Groenendijk, L.P.A. van Gerven, M.H.J.L. Jeuken, A.A.M.F.R Smit, 2008. Process description of NuswaLite; a simplified model for the fate of nutrients in surface waters. Alterra Report 1226.2, Alterra, Wageningen.
- Siderius, C., J. Roelsma, H.M. Mulder, L.P.A. van Gerven, R.F.A. Hendriks en T.P. van Tol-Leenders, 2011. Kalibratie Modelsysteem Monitoring Stroomgebieden. Reeks Monitoring Stroomgebieden 22. Alterra rapport 2216, Alterra, Wageningen.
- Smit A.A.M.F.R, C. Siderius, L.P.A. van Gerven, 2009. Process description of SWQN; A simplified hydraulic model. Alterra Report 1226.1, Alterra, Wageningen.
- Venohr M., Donohue I., Fogelberg S., Arheimer B., Irvine K. & Behrendt H. (2005) Nitrogen retention in a river system and the effects of river morphology and lakes. *Water Science and Technology*, 51, 19-29.
- Veraart, A.J., W. J. J. de Bruijne, J. M. de Klein, T. H. M. Peeters, M. Scheffer, 2011a. Effects of aquatic vegetation type on denitrification. *Biogeochemistry* 104:267–274.
- Veraart, A.J., de Klein, J.J.M., Scheffer, M., 2011b. Warming Can Boost Denitrification Disproportionately Due to Altered Oxygen Dynamics. *PLoS ONE* 6(3): e18508. doi:10.1371/journal.pone.0018508
- Veraart, A.J., M. Rocha Dimitrov, A. Schrier-Uijl, F. Gillissen, H. Smidt, J.J.M. de Klein, Denitrification in Dutch drainage ditches, relations with nitrate and nirK abundance. (tentative title)
- Wolf, J., A.H.W. Beusen, P. Groenendijk, T. Kroon, R. Rötter en H. van Zeijts, 2003. The integrated modelling system STONE for calculating nutrient emissions from agriculture in the Netherlands, *Environ. Modelling & Software*, 18, pp. 397-417.

Bijlage 5 Stikstof- en fosforbalansen jaar- en zomerhalfjaargemiddeld

Tabel B5.1 Totale belasting **Stikstof** jaargemiddelde over de periode 2010-2017 (ton N per jaar).

Deelstroomgebied	Binnenveld	Zijdewetering	Emminkhuizerbeek	Groepersloot	Munikkenbeek	Bovenloop Lunterse Beek	Benedenloop Lunterse Beek	Vlaatuinerbeek	Nattegatsloot	Voskuilerbeek	Moorsterbeek	Lapeerse Beek	Modderbeek	Stoutenburg / Musschendorp	Grote Valkse Beek	Kleine Valkse Beek	Middenloop Barneveldse Beek	Kleine Barneveldse Beek	Esvelderbeek	Benedenloop Barneveldse beek	Hoewelakense beek	Woudenbergse Grift	Liniesloot (bovenstroms)	Heiligenbergerbeek	Valleikanaal
Totaal oppervlak (ha)	6846	1294	310	418	1725	3735	483	455	956	263	1600	244	1583	208	2616	1701	1334	1269	5135	753	3403	4532	478	1877	113
Areaal landbouw (ha)	3665	336	264	328	1314	2860	340	193	710	231	1282	195	1288	183	1884	1299	903	682	3610	488	1914	2451	414	573	28
Areaal natuur (ha)	447	32	24	41	70	192	56	40	171	17	188	33	63	4	151	108	43	180	334	57	495	1047	30	235	9
Areaal stedelijk (ha)	2624	879	21	47	332	661	79	217	69	14	125	16	213	22	568	247	371	398	1112	157	935	960	33	1020	19
Actuele bemesting	46.77	4.74	2.59	3.28	17.32	39.22	4.54	2.80	10.06	3.47	17.45	3.00	17.93	2.06	23.42	15.82	11.64	9.18	47.57	7.01	22.39	33.0	5.48	8.63	0.24
Historische bemesting	4.04	0.54	0.27	0.27	1.72	3.97	0.53	0.31	1.05	0.34	1.96	0.28	1.76	0.14	2.83	2.19	1.25	1.06	6.09	0.59	2.90	2.96	0.52	0.80	0.02
Nalevering bodem	13.94	1.20	0.80	1.47	3.65	7.37	1.06	0.53	1.84	0.65	3.53	0.63	3.68	0.45	4.35	3.67	2.29	1.76	8.98	1.23	6.08	6.98	1.21	1.86	0.08
Atm. depositie	4.45	0.55	0.28	0.28	1.89	4.41	0.56	0.33	1.12	0.37	2.02	0.30	1.91	0.18	2.90	2.06	1.34	1.09	6.05	0.69	2.61	3.31	0.58	0.85	0.02
Kwel	8.35	0.95	0.12	3.04	1.41	1.55	0.53	0.08	0.28	0.50	0.76	0.56	0.95	0.36	0.82	1.68	0.37	0.38	2.78	1.24	4.35	8.38	0.85	2.25	0.10
Infiltratie	0.97	0.01	0.01	0.20	0.05	0.10	0.04	0.01	0.04	0.01	0.05	0.01	0.05	0.03	0.04	0.04	0.04	0.02	0.07	0.03	0.08	0.40	0.07	0.04	0.01
Uit & afspoeling natuur	6.91	0.42	0.41	0.45	1.03	1.87	0.57	0.34	1.58	0.15	1.80	0.53	0.51	0.09	0.49	0.30	0.65	1.78	2.80	1.07	4.45	11.8	0.39	3.60	0.18
Uit & afspoeling sted.groen	12.2	5.27	0.01	0.01	0.94	1.45	0.39	1.01	0.16	0.00	0.21	0.04	0.51	0.06	1.14	0.35	1.45	1.87	4.38	0.98	3.78	4.97	0.06	5.87	0.17
Overige agrarisch emissies	2.7	0.31	0.32	0.41	1.12	2.46	0.37	0.51	1.06	0.30	1.84	0.28	1.78	0.20	1.25	0.80	0.79	0.73	2.11	0.46	2.49	1.77	0.19	0.73	0.06
Atmosferische depositie	2.0	0.43	0.13	0.17	0.29	0.61	0.11	0.20	0.41	0.12	0.72	0.11	0.70	0.08	0.59	0.38	0.32	0.32	3.05	0.21	0.63	1.54	0.17	0.71	0.05
Industriële lozingen	0.1	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0	0	0	0.00
Overige emissies	9.6	2.53	0.12	0.24	0.26	0.42	0.08	0.11	0.25	0.06	0.32	0.05	0.34	0.06	0.54	0.35	0.43	0.39	0.54	0.71	0.61	4.98	0.55	2.92	0.30
Rwzi	7.2	126.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51.1	0	0	0
Inlaat rijkswater	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86.8
Directe kwel open water	0.2	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.05	0.03	0.02	0.09	0.00	0.06	0.06
Afwenteling	0	0	0	0	0	0	81.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	0	0	189.2	0	43.0	0	147.9	541.7
Totaal IN	119.4	143.7	5.1	9.8	29.7	63.4	90.0	6.2	17.9	6.0	30.7	5.8	30.1	3.7	38.4	27.6	94.0	18.6	84.5	203.4	50.4	174	10.1	176.2	629.7
Retentie	23.7	29.6	0.6	1.3	3.1	8.9	17.7	1.7	3.6	0.9	4.8	0.6	4.0	0.7	3.7	1.9	20.3	5.6	13.4	40.8	5.9	33.9	2.6	37.4	126.4
Totaal uit	96	114	4	9	27	55	72	5	14	5	26	5	26	3	35	26	74	13	71	163	44	140	7	139	503

Tabel B5.2 Totale belasting **Fosfor** jaargemiddelde over de periode 2010-2017 (ton N per jaar).

Deelstroomgebied	Binnenveld	Zijdewetering	Emminkhuizerbeek	Groepersloot	Munikkenbeek	Bovenloop Lunterse Beek	Benedenloop Lunterse Beek	Vlaatuinerbeek	Nattegatsloot	Voskuillerbeek	Moorsterbeek	Lapeerse Beek	Modderbeek	Stoutenburg / Musschendorp	Grote Valkse Beek	Kleine Valkse Beek	Middenloop Barneveldse Beek	Kleine Barneveldse Beek	Esvelderbeek	Benedenloop Barneveldse beek	Hoewelakense beek	Woudenbergse Grift	Liniesloot (bovenstroms)	Heiligenbergerbeek	Valleikanaal
Totaal oppervlak (ha)	6846	1294	310	418	1725	3735	483	455	956	263	1600	244	1583	208	2616	1701	1334	1269	5135	753	3403	4532	478	1877	113
Areaal landbouw (ha)	3665	336	264	328	1314	2860	340	193	710	231	1282	195	1288	183	1884	1299	903	682	3610	488	1914	2451	414	573	28
Areaal natuur (ha)	447	32	24	41	70	192	56	40	171	17	188	33	63	4	151	108	43	180	334	57	495	1047	30	235	9
Areaal stedelijk (ha)	2624	879	21	47	332	661	79	217	69	14	125	16	213	22	568	247	371	398	1112	157	935	960	33	1020	19
Actuele bemesting	0.57	0.07	0.02	0.00	0.07	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.02	0.01	0.00	0.02	0.13	0.01	0.01	0.13	0.00	0.34	0.08	0.01	0.10	0.00
Historische bemesting	1.81	0.25	0.13	0.08	0.82	1.65	0.25	0.13	0.43	0.19	0.87	0.09	0.70	0.03	1.24	1.06	0.56	0.44	2.59	0.26	1.33	1.07	0.19	0.36	0.01
Nalevering bodem	4.22	0.25	0.24	0.57	1.29	2.52	0.32	0.20	0.75	0.36	1.29	0.28	1.46	0.25	1.20	0.74	0.87	0.53	2.34	0.69	1.28	3.18	0.53	0.88	0.03
Atm. depositie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kwel	0.43	0.05	0.01	0.04	0.13	0.22	0.01	0.01	0.02	0.10	0.04	0.08	0.22	0.02	0.13	0.08	0.03	0.05	0.24	0.21	0.10	0.76	0.02	0.27	0.00
Infiltratie	0.07	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.03	0.01	0.02	0.01	0.04	0.01	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00
Uit & afspoeling natuur	0.62	0.04	0.04	0.04	0.09	0.14	0.05	0.03	0.12	0.01	0.15	0.05	0.04	0.01	0.03	0.02	0.06	0.14	0.23	0.10	0.34	0.89	0.03	0.32	0.01
Uit & afspoeling sted.groen	1.14	0.59	0.00	0.00	0.13	0.12	0.04	0.11	0.02	0.00	0.02	0.00	0.04	0.01	0.08	0.02	0.12	0.20	0.50	0.11	0.29	0.49	0.01	0.52	0.01
Overige agrarisch emissies	0.61	0.06	0.08	0.10	0.27	0.60	0.09	0.13	0.27	0.08	0.47	0.07	0.45	0.05	0.30	0.19	0.19	0.18	0.47	0.11	0.61	0.42	0.05	0.17	0.02
Atmosferische depositie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Industriële lozingen	0.01	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
Overige emissies	0.56	0.15	0.01	0.02	0.04	0.07	0.01	0.01	0.03	0.01	0.04	0.01	0.04	0.01	0.05	0.03	0.04	0.03	0.06	0.05	0.07	0.29	0.03	0.17	0.02
Rwzi	0.33	8.92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.56	0	0	0
Inlaat rijkswater	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.93
Directe kwel open water	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.04	0.00	0.03	0.02
Afwenteling	0	0	0	0	0	0	7.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.4	0	0	16.9	0	2.84	0	13.3	49.9
Totaal IN	10.4	10.4	0.5	0.9	2.9	5.4	8.5	0.6	1.7	0.7	2.9	0.6	3.0	0.4	3.1	2.3	8.3	1.6	6.6	18.5	4.4	14.6	0.9	16.1	53.0
Retentie	1.12	2.05	0.03	0.05	0.14	0.34	1.61	0.10	0.17	0.05	0.22	0.03	0.19	0.04	0.14	0.07	1.57	0.28	0.48	3.55	0.28	2.13	0.11	3.16	10.6
Totaal uit	9.3	8.4	0.5	0.8	2.7	5.0	6.9	0.5	1.5	0.7	2.7	0.6	2.8	0.3	2.9	2.2	6.7	1.3	6.1	14.9	4.1	12.5	0.8	12.9	42.3

Tabel B5.3 Totale belasting **Stikstof** zomerhalfjaar gemiddelde over de 2010-2017 (ton zomerhalfjaar).

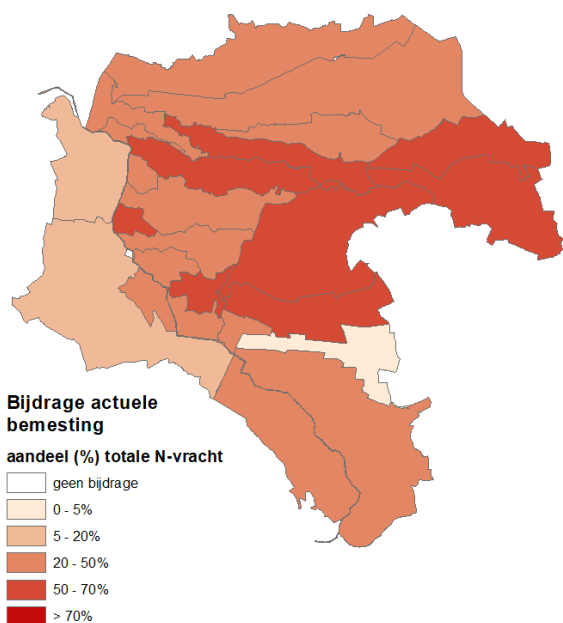
Deelstroomgebied	Binnenveld	Zijdewetering	Emminkhuiserbeek	Groepersloot	Munikkenbeek	Bovenloop Lunterse Beek	Benedenloop Lunterse Beek	Vlaatuinerbeek	Nattegatsloot	Voskuilerbeek	Moorsterbeek	Lapeerse Beek	Modderbeek	Stoutenburg / Musschendorp	Grote Valkse Beek	Kleine Valkse Beek	Middenloop Barneveldse Beek	Kleine Barneveldse Beek	Esvelderbeek	Benedenloop Barneveldse beek	Hoewelakense beek	Woudenbergse Grift	Liniesloot (bovenstroms)	Heiligenbergerbeek	Valleikanaal
Totaal oppervlak (ha)	6846	1294	310	418	1725	3735	483	455	956	263	1600	244	1583	208	2616	1701	1334	1269	5135	753	3403	4532	478	1877	113
Areaal landbouw (ha)	3665	336	264	328	1314	2860	340	193	710	231	1282	195	1288	183	1884	1299	903	682	3610	488	1914	2451	414	573	28
Areaal natuur (ha)	447	32	24	41	70	192	56	40	171	17	188	33	63	4	151	108	43	180	334	57	495	1047	30	235	9
Areaal stedelijk (ha)	2624	879	21	47	332	661	79	217	69	14	125	16	213	22	568	247	371	398	1112	157	935	960	33	1020	19
Actuele bemesting	12.47	1.14	0.56	1.08	3.70	7.24	1.04	0.56	1.90	0.93	3.57	0.81	3.98	0.48	4.51	3.25	2.38	1.71	9.75	1.78	4.69	8.12	1.35	2.38	0.07
Historische bemesting	1.08	0.13	0.06	0.09	0.37	0.73	0.12	0.06	0.20	0.09	0.40	0.08	0.39	0.03	0.55	0.45	0.26	0.20	1.25	0.15	0.61	0.73	0.13	0.22	0.01
Nalevering bodem	3.72	0.29	0.17	0.48	0.78	1.36	0.24	0.11	0.35	0.17	0.72	0.17	0.82	0.10	0.84	0.75	0.47	0.33	1.84	0.31	1.27	1.72	0.30	0.51	0.02
Atm. depositie	1.19	0.13	0.06	0.09	0.40	0.81	0.13	0.07	0.21	0.10	0.41	0.08	0.42	0.04	0.56	0.42	0.27	0.20	1.24	0.18	0.55	0.82	0.14	0.23	0.01
Kwel	2.23	0.23	0.03	1.00	0.30	0.29	0.12	0.02	0.05	0.13	0.15	0.15	0.21	0.08	0.16	0.35	0.08	0.07	0.57	0.31	0.91	2.06	0.21	0.62	0.03
Infiltratie	0.26	0.00	0.00	0.07	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.02	0.10	0.02	0.01	0.00
Uit & afspoeling natuur	1.84	0.10	0.09	0.15	0.22	0.34	0.13	0.07	0.30	0.04	0.37	0.14	0.11	0.02	0.09	0.06	0.13	0.33	0.57	0.27	0.93	2.91	0.10	0.99	0.05
Uit & afspoeling sted.groen	3.95	1.61	0.00	0.00	0.33	0.29	0.10	0.24	0.05	0.00	0.04	0.01	0.09	0.02	0.20	0.05	0.34	0.47	1.20	0.31	0.76	1.44	0.02	1.67	0.05
Overige agrarisch emissies	1.36	0.15	0.16	0.21	0.56	1.23	0.19	0.25	0.53	0.15	0.92	0.14	0.89	0.10	0.63	0.40	0.40	0.37	1.06	0.23	1.25	0.89	0.10	0.37	0.03
Atmosferische depositie	1.02	0.22	0.07	0.08	0.15	0.31	0.06	0.10	0.21	0.06	0.36	0.06	0.35	0.04	0.29	0.19	0.16	0.16	1.53	0.10	0.31	0.77	0.08	0.36	0.02
Industriële lozingen	0.03	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0	0	0	0.00
Overige emissies	4.81	1.27	0.06	0.12	0.13	0.21	0.04	0.06	0.12	0.03	0.16	0.02	0.17	0.03	0.27	0.17	0.21	0.20	0.27	0.35	0.30	2.49	0.27	1.46	0.15
Rwzi	2.3	49.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20.9	0	0	0
Inlaat rijkswater	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49.4
Directe kwel open water	0.25	0.09	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.06	0.03	0.04	0.12	0.00	0.08	0.12
Afwenteling	0	0	0	0	0	0	17.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15.8	0	0	42.5	0	20.8	0	53.4	149.8
Totaal IN	36.5	54.6	1.3	3.4	6.9	12.9	19.3	1.5	3.9	1.7	7.1	1.7	7.5	1.0	8.1	6.1	20.5	4.0	19.4	46.5	11.6	63.9	2.7	62.3	199.8
Retentie	7.3	11.1	0.2	0.5	0.8	1.9	3.8	0.4	0.8	0.3	1.1	0.2	1.0	0.2	0.9	0.5	4.4	1.2	3.2	9.3	1.5	12.5	0.7	13.1	40.1
Totaal uit	29.3	43.4	1.1	2.9	6.2	11.0	15.5	1.1	3.1	1.4	6.0	1.5	6.4	0.8	7.3	5.6	16.1	2.9	16.2	37.2	10.2	51.4	2.0	49.3	159.7

Tabel B5.4 Totale belasting **Fosfor** zomerhalfjaar gemiddelde over de 2010-2017 (ton zomerhalfjaar).

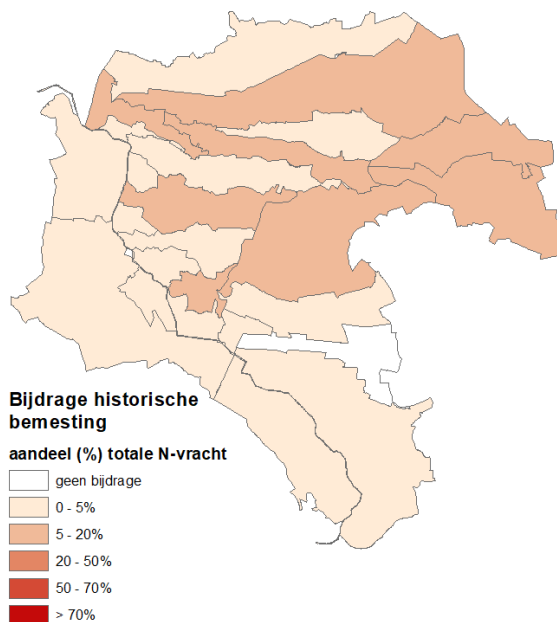
Deelstroomgebied	Binnenveld	Zijdewetering	Emminhuizerbeek	Groepersloot	Munikkenbeek	Bovenloop Lunterse Beek	Benedenloop Lunterse Beek	Vlaatuinerbeek	Nattegatsloot	Voskuillerbeek	Moorsterbeek	Lapeerse Beek	Modderbeek	Stoutenburg / Musschendorp	Grote Valkse Beek	Kleine Valkse Beek	Middenloop Barneveldse Beek	Kleine Barneveldse Beek	Esvelderbeek	Benedenloop Barneveldse beek	Hoewelakense beek	Woudenbergse Grift	Liniesloot (bovenstrooms)	Heiligenbergerbeek	Valleikanaal
Totaal oppervlak (ha)	6846	1294	310	418	1725	3735	483	455	956	263	1600	244	1583	208	2616	1701	1334	1269	5135	753	3403	4532	478	1877	113
Areaal landbouw (ha)	3665	336	264	328	1314	2860	340	193	710	231	1282	195	1288	183	1884	1299	903	682	3610	488	1914	2451	414	573	28
Areaal natuur (ha)	447	32	24	41	70	192	56	40	171	17	188	33	63	4	151	108	43	180	334	57	495	1047	30	235	9
Areaal stedelijk (ha)	2624	879	21	47	332	661	79	217	69	14	125	16	213	22	568	247	371	398	1112	157	935	960	33	1020	19
actuele bemesting	0.16	0.02	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.08	0.02	0.00	0.03	0.00
historische bemesting	0.50	0.06	0.03	0.03	0.19	0.35	0.06	0.03	0.09	0.05	0.19	0.03	0.16	0.01	0.26	0.23	0.12	0.09	0.56	0.07	0.30	0.29	0.05	0.11	0.00
nalevering bodem	1.18	0.06	0.05	0.18	0.30	0.53	0.07	0.04	0.16	0.10	0.29	0.08	0.34	0.06	0.25	0.16	0.19	0.11	0.51	0.19	0.29	0.86	0.13	0.25	0.01
atm. depositie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
kwel	0.12	0.01	0.00	0.01	0.03	0.05	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.02	0.05	0.00	0.03	0.02	0.01	0.01	0.05	0.06	0.02	0.21	0.01	0.08	0.00
infiltratie	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Uit & afspoeling natuur		0.23	0.00	0.00	0.05	0.04	0.02	0.04	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.03	0.01	0.04	0.08	0.20	0.04	0.08	0.18	0.00	0.18	0.00
Uit & afspoeling sted.groen		0.03	0.04	0.05	0.14	0.30	0.05	0.06	0.13	0.04	0.23	0.04	0.23	0.03	0.15	0.10	0.10	0.09	0.23	0.06	0.31	0.21	0.02	0.09	0.01
overige agrarisch emissies	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
atmosferische depositie	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0	0	0	0.00
industriële lozingen	0.28	0.08	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.14	0.02	0.08	0.01
overige emissies	0.12	4.51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.87	0	0	0
rwzi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.86
inlaat rijkswater	0.42	0.23	0.00	0.00	0.05	0.04	0.02	0.04	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.03	0.01	0.04	0.08	0.20	0.04	0.08	0.18	0.00	0.18	0.00
directe kwel open water	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01
afwenteling	0	0	0	0	0	0	2.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.6	0	0	4.3	0	1.5	0	4.9	15.4
Totaal IN	3.31	5.02	0.14	0.29	0.77	1.35	2.17	0.19	0.44	0.22	0.79	0.19	0.82	0.11	0.75	0.56	2.08	0.43	1.68	4.77	1.20	5.60	0.24	5.81	17.35
Retentie	0.39	1.00	0.01	0.02	0.05	0.11	0.41	0.03	0.05	0.02	0.08	0.01	0.07	0.01	0.05	0.03	0.40	0.08	0.15	0.91	0.11	0.90	0.03	1.15	3.48
Totaal uit	2.91	4.02	0.13	0.27	0.72	1.24	1.75	0.15	0.39	0.21	0.71	0.18	0.75	0.09	0.70	0.54	1.68	0.35	1.53	3.86	1.10	4.69	0.20	4.67	13.87

Bijlage 6 Ruimtelijke weergave bijdrage nutriënten bronnen zomerhalfjaar

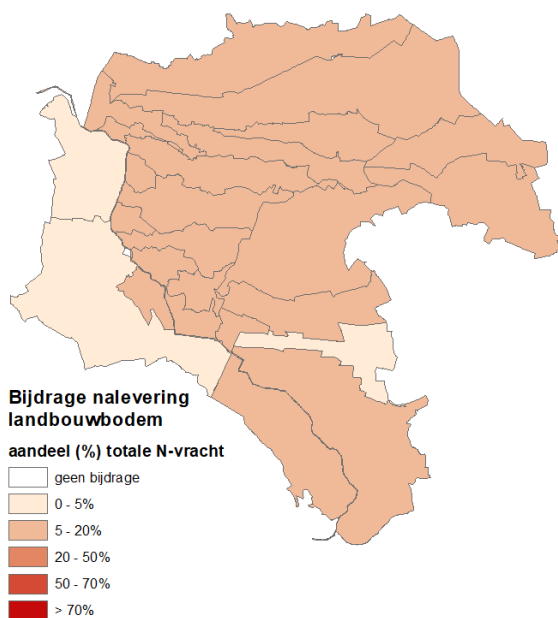
Stikstof: bronnenverhouding zomerhalfjaar



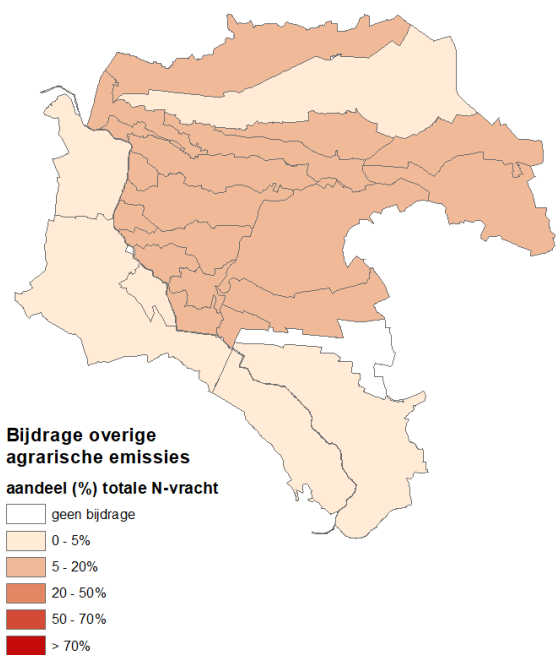
Stikstof: bronnenverhouding zomerhalfjaar



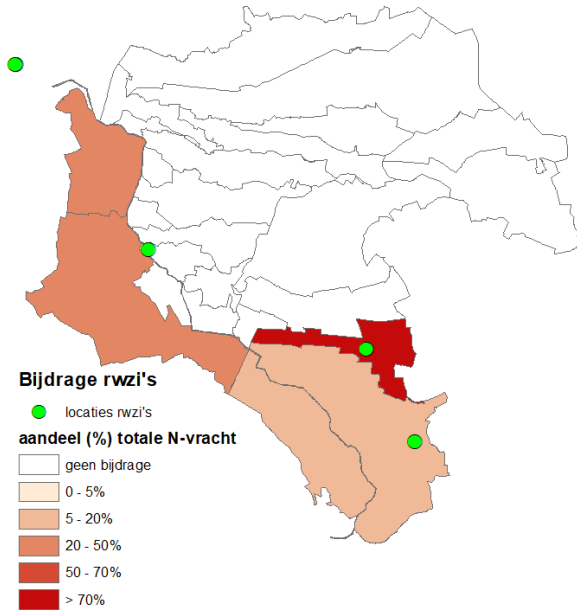
Stikstof: bronnenverhouding zomerhalfjaar



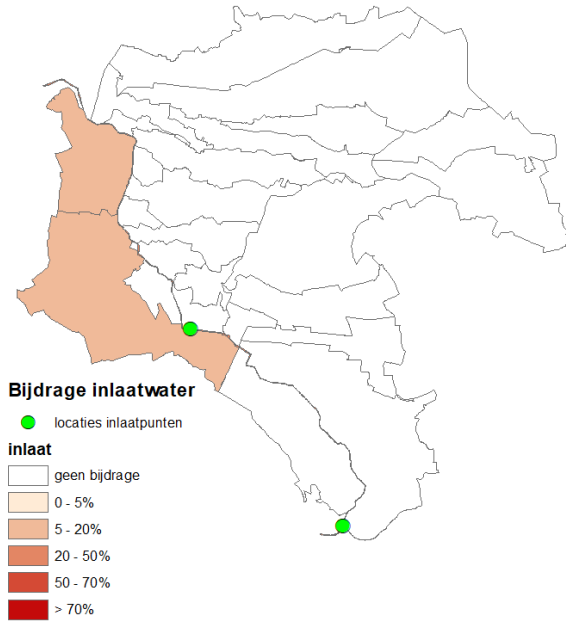
Stikstof: bronnenverhouding zomerhalfjaar



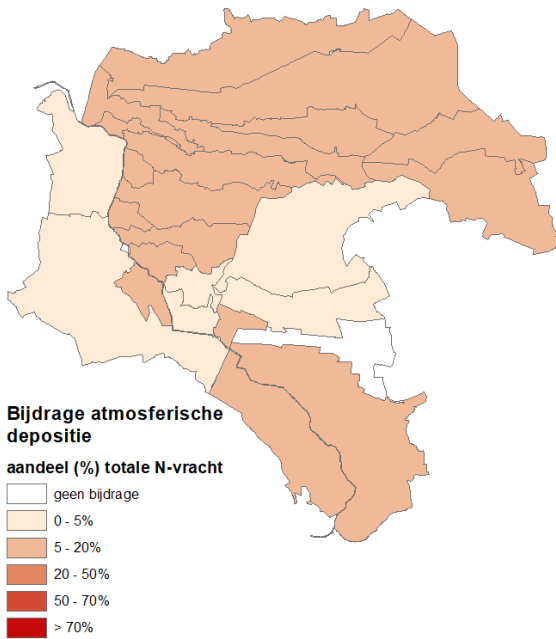
Stikstof: bronnenverhouding zomerhalfjaar



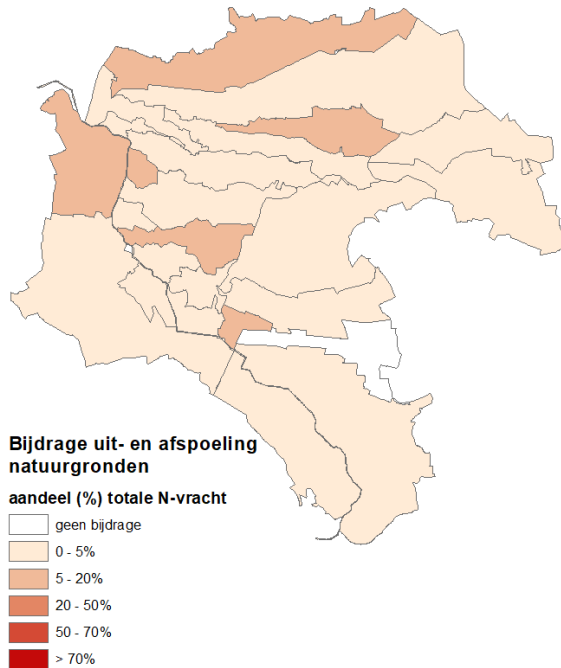
Stikstof: bronnenverhouding zomerhalfjaar



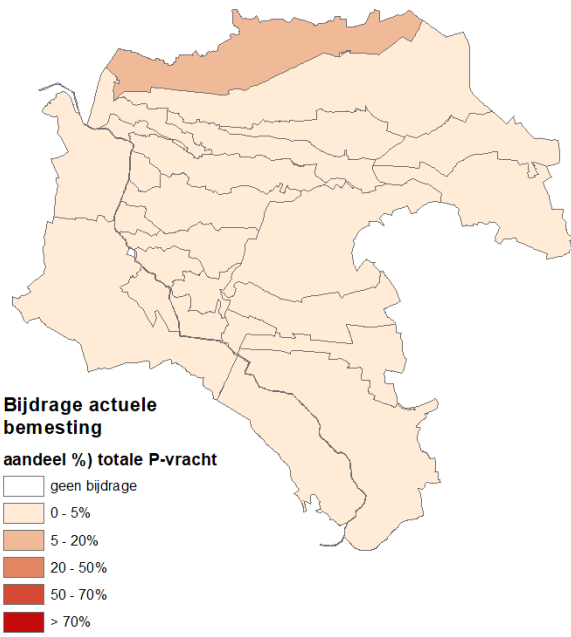
Stikstof: bronnenverhouding zomerhalfjaar



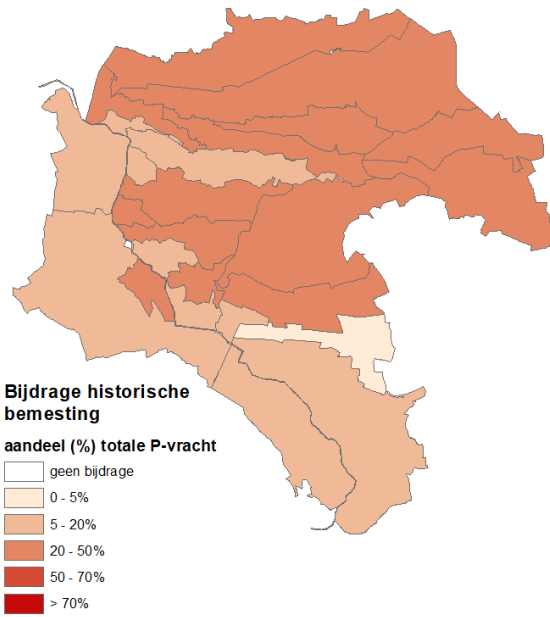
Stikstof: bronnenverhouding zomerhalfjaar



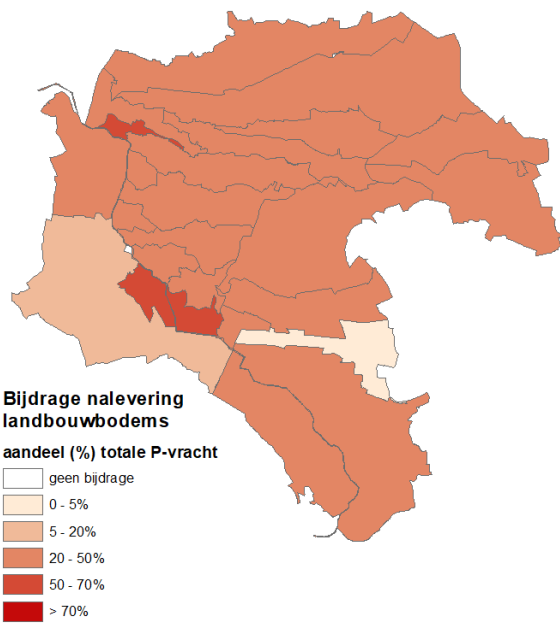
Fosfor: bronnenverhouding zomerhalfjaar



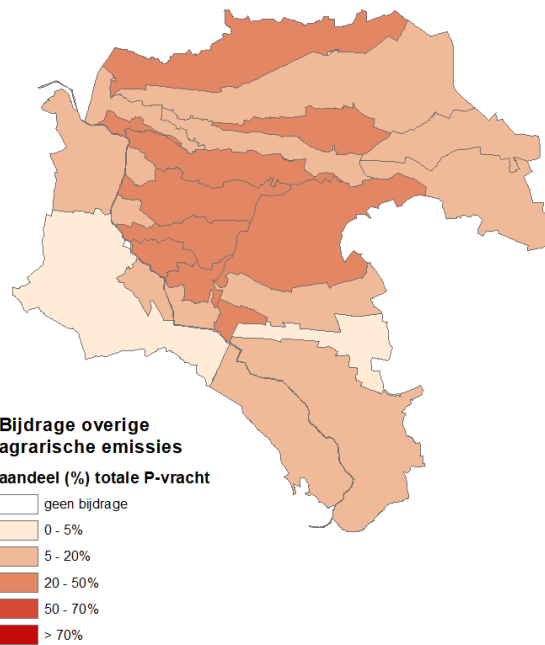
Fosfor: bronnenverhouding zomerhalfjaar



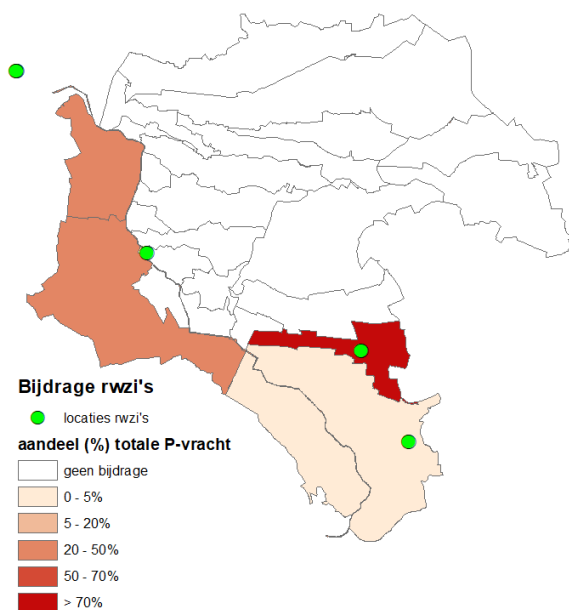
Fosfor: bronnenverhouding zomerhalfjaar



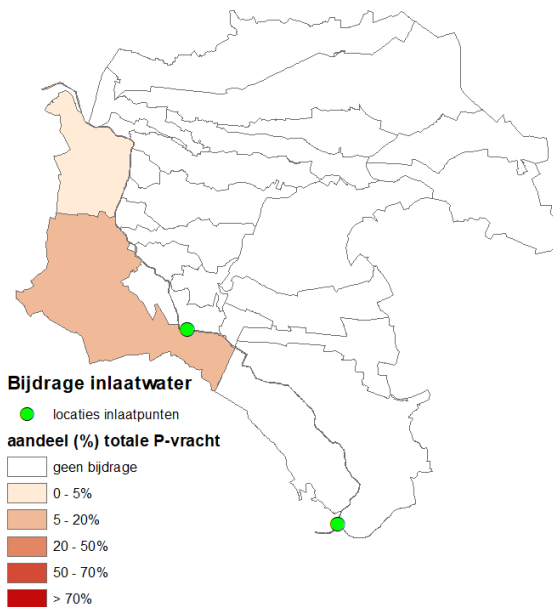
Fosfor: bronnenverhouding zomerhalfjaar



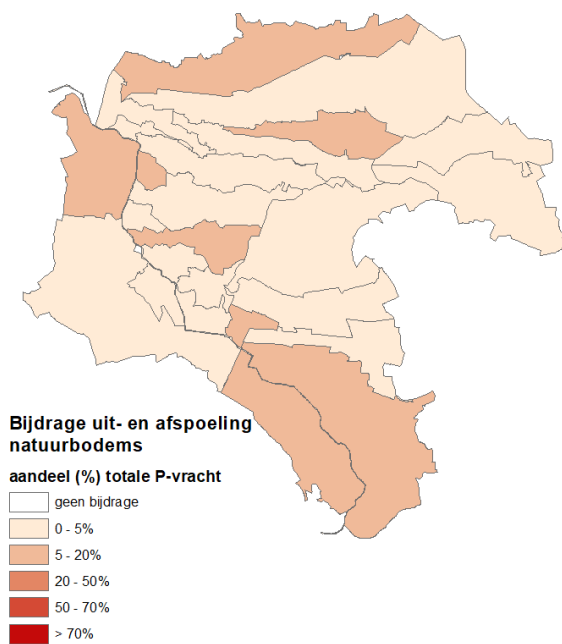
Fosfor: bronnenverhouding zomerhalfjaar



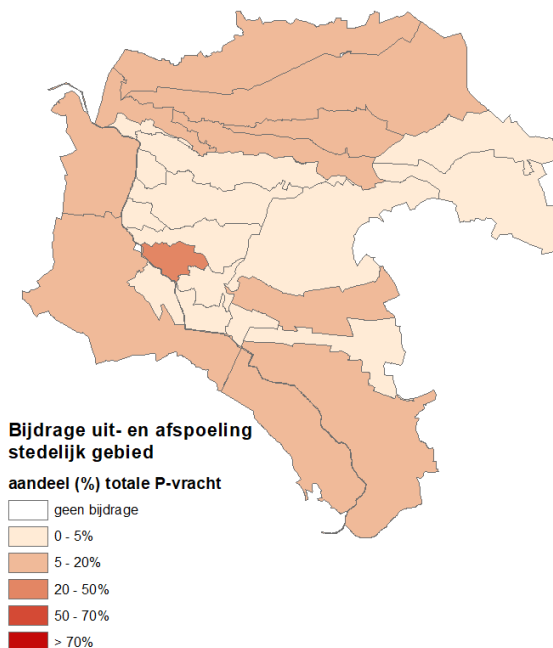
Fosfor: bronnenverhouding zomerhalfjaar



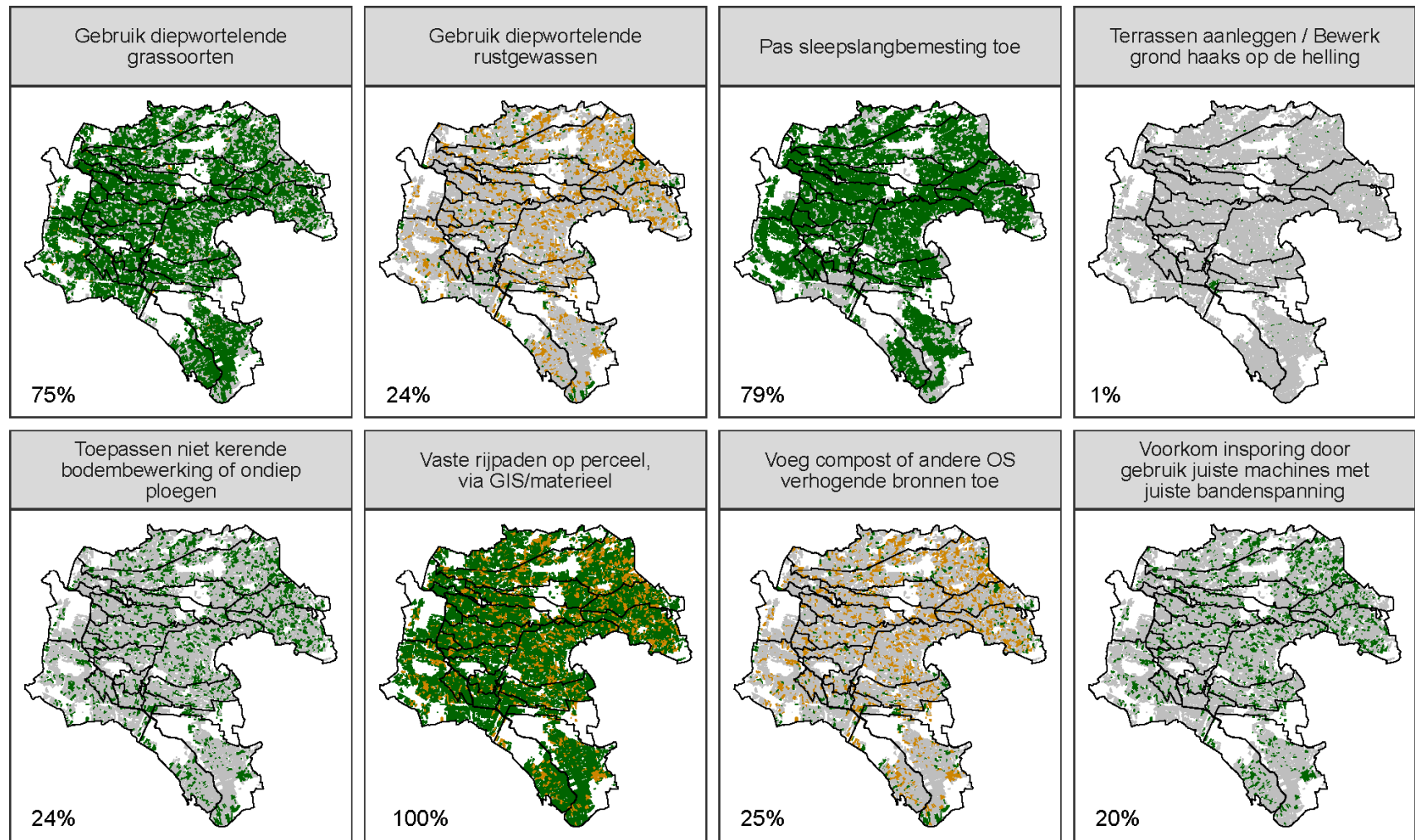
Fosfor: bronnenverhouding zomerhalfjaar



Fosfor: bronnenverhouding zomerhalfjaar

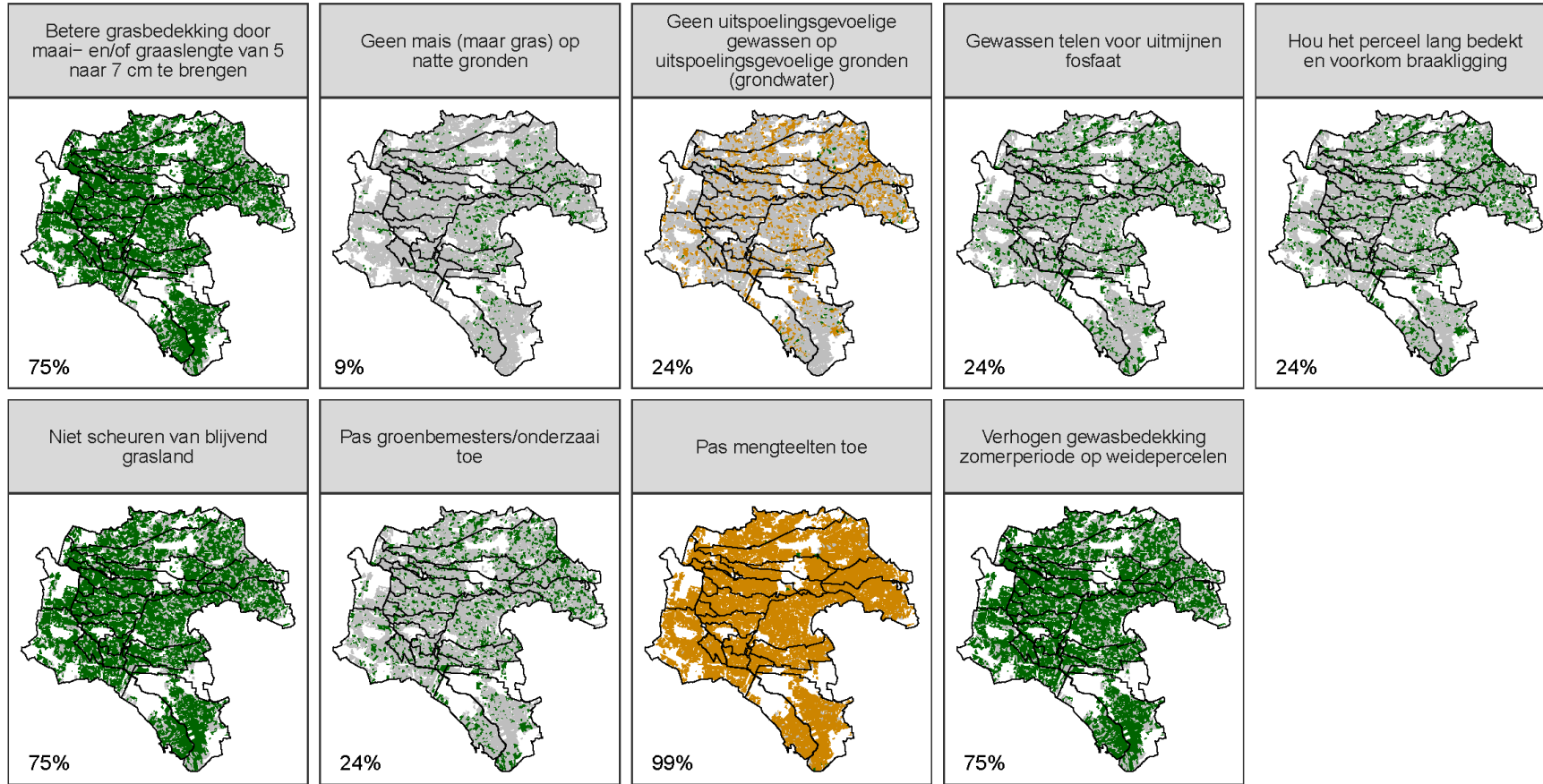


Bijlage 7 Geschiktheid DAW-maatregelen



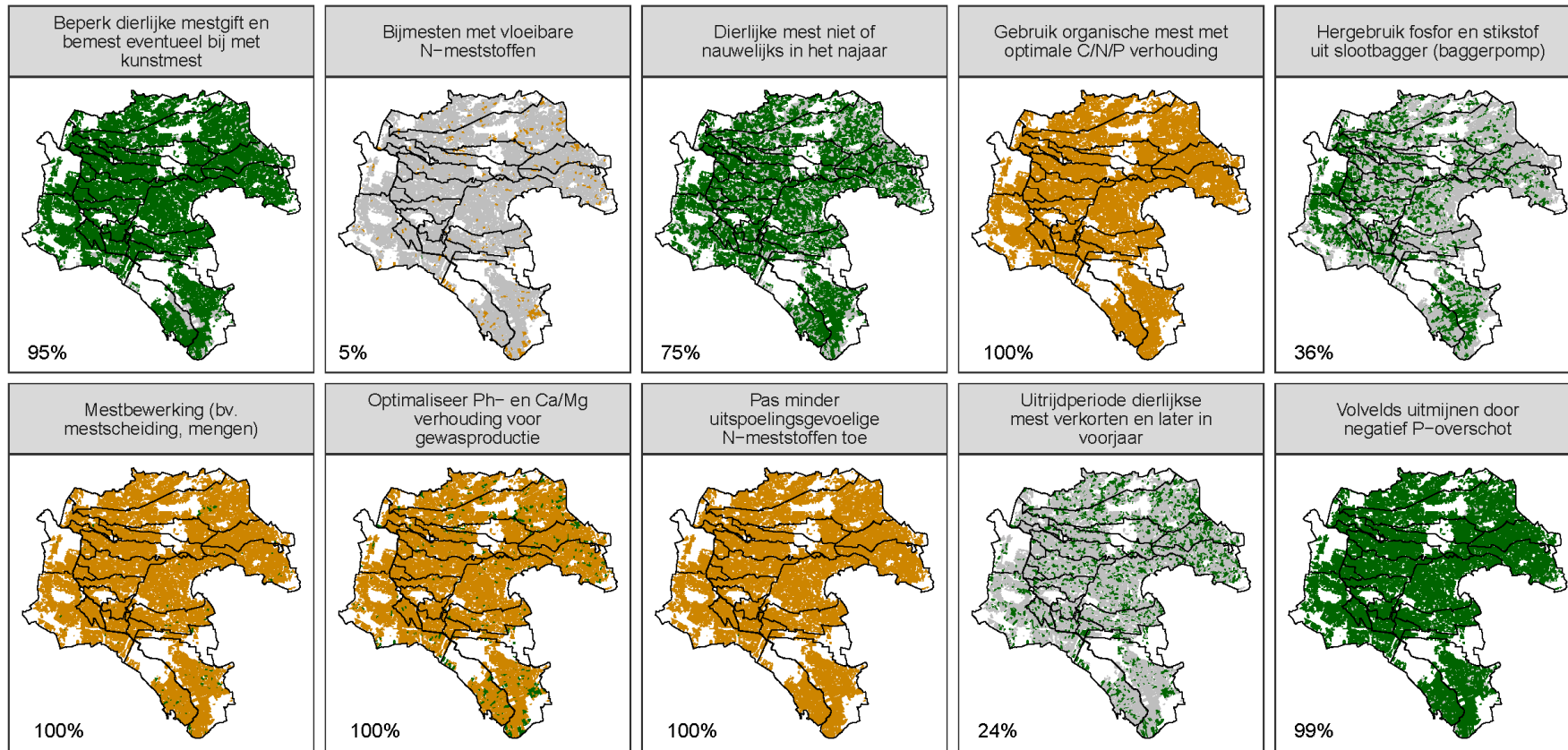
toepasbaar

- ja (in top3)
- ja (buiten top3)
- nee



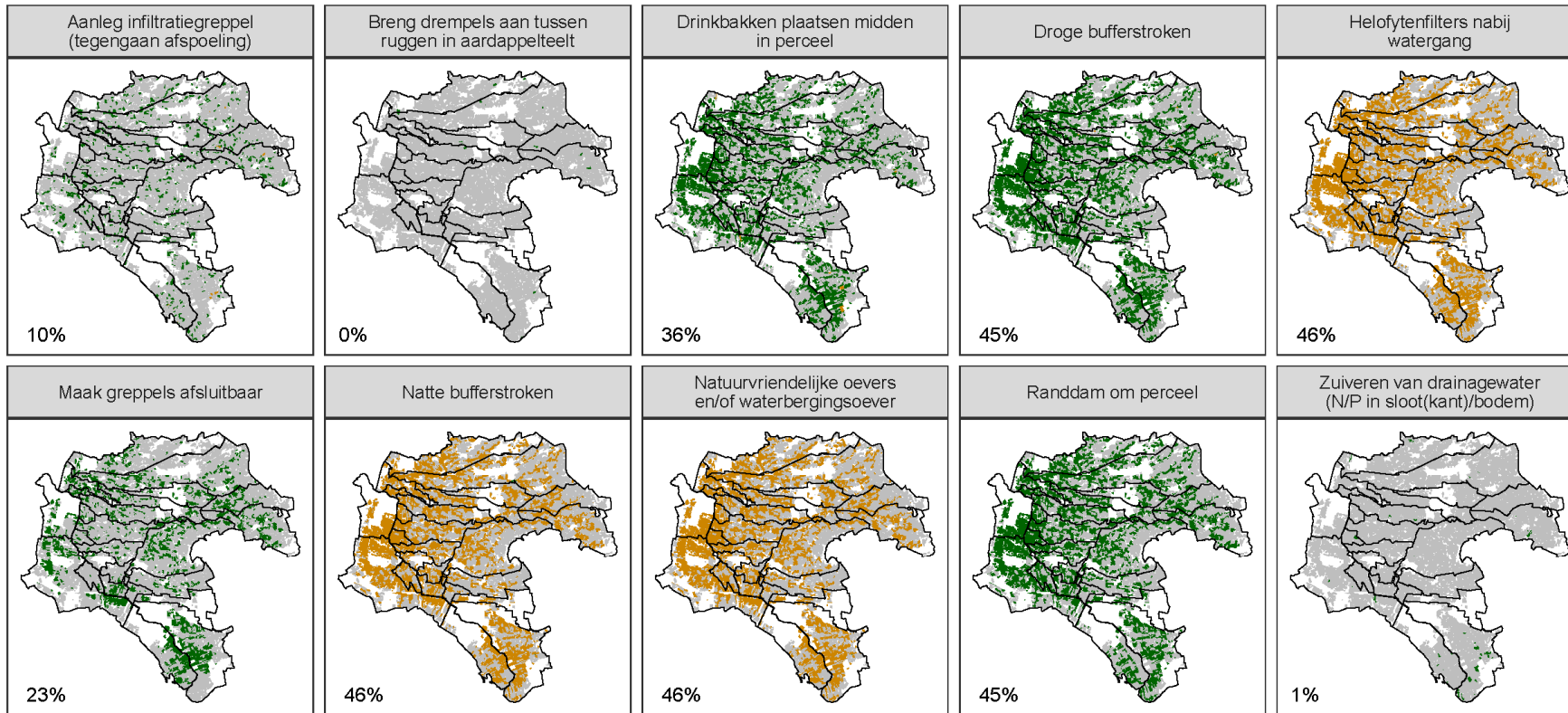
toepasbaar

- ja (in top3)
- ja (buiten top3)
- nee



toepasbaar

- ja (in top3)
- ja (buiten top3)
- nee



toepasbaar

- ja (in top3)
- ja (buiten top3)
- nee

Bijlage 8 Effect berekening bufferstroken

Inleiding

Bufferstroken zijn niet-bemeste stroken op de overgang van perceel naar sloot, vaak met een natuurlijke begroeiing. Bufferstroken hebben een positief effect op de biodiversiteit en zorgen er tevens voor dat er minder nutriënten vanuit het perceel naar het oppervlaktewater gaan. Dat laatste komt enerzijds doordat de bufferstrook niet bemest wordt, anderzijds doordat de bufferstrook een zuiverend effect heeft op het water en de stoffen die de bufferstrook doorstromen. Het gaat dan vooral om oppervlakkig en ondiep afstromend water.

Er is al redelijk veel praktijkervaring en onderzoek gedaan naar het effect van bufferstroken, zowel in Nederland als daarbuiten. Met deze inzichten is door de WUR een methodiek ontwikkeld om het effect van bufferstroken op de uit- en afspoeling naar oppervlaktewater te kwantificeren (Groenendijk et al., in press). In die methode wordt eerst gekeken waar bufferstroken toepasbaar zijn met de volgende criteria:

- Percelen (BRP) met grasland, bouwland of overige open teelten (geen natuur)
- Percelen > 2500 m²
- Percelen die voor minstens 10% aan waterlopen grenzen
- Percelen zonder buisdrainage of met minder dan 10% buisdrainage
- Voldoende brede percelen, zodat het perceelsareaal niet alleen bestaat uit bufferstrook (bij minimale bufferstrookbreedte van 2m)

Voor de breedte wordt uitgegaan van maximaal 5 m. Deze breedte wordt verminderd tot een minimum van 2 m als het areaal van de strook meer dan 5% van het perceel inneemt. Voor natte graslanden wordt sowieso uitgegaan van 2 m breedte.

De zuiverende werking hangt vooral af de volgende factoren (Verloop, 2018):

- Bodemtype
- Helling perceel, maaiveldrelief
- Breedte van de bufferstrook
- Wijze waarop de strook wordt beheerd: gras of ruige vegetatie, wel/geen beweiding
- Aanwezigheid buisdrainage
- Oppervlaktewaterpeil
- Bemesting totale perceel (wordt de gift lager met het relatieve oppervlak van de strook)

Effectberekening uit- en afspoeling stikstof

Voor stikstof is het zuiveringspercentage van de bufferstrook (NBS in %) gerelateerd aan het oppervlaktepercentage van de bufferstrook (ABS) via

$$NBS = 2 \times ABS \quad (1)$$

waarbij NBS is afgekapt op maximaal 75% voor percelen met een zeer groot bufferstrookareaal. De factor 2 in de formule representeert een bemestingseffect (factor 1: stikstofuitspoeling is lager, omdat de bufferstrook niet wordt bemest) en een onderscheppingseffect (factor 1: een deel van het uit- en afspoelende stikstof wordt door de bufferstrook gezuiverd). Het zo berekende zuiveringspercentage varieert tussen de 0 en de 75%, en bedraagt 10 tot 20% voor de meeste percelen in Nederland. Deze getallen komen aardig overeen met experimentele resultaten, die een grote spreiding vertonen en gemiddeld rond de 15% uitkomen voor een bufferstrookbreedte van 5 m.

Effectberekening uit- en afspoeling fosfor

Voor fosfaat wordt verondersteld dat een bufferstrook vooral effect heeft op het oppervlakkige transport via surface run-off. Surface run-off wordt beïnvloed door een aantal factoren, waaronder de ruwheid van

het maaiveld, de grondsoort, de teeltwijze, de helling en de omvang van het perceel. Aangenomen is dat de hoeveelheid fosfor die wordt gezuiverd door een bufferstrook (P_{BS} in $\text{kg ha}^{-1} \text{jaar}^{-1}$) afhangt van de surface run-off (q_{runoff} in mm/jaar), de P-concentratie in het run-off water (C_{runoff} in mgP/l) en het vermogen van de bufferstrook om fosfaat in run-off water te zuiveren (P_{eff} als fractie [-]):

$$P_{BS} = \frac{1}{100} \times q_{runoff} \times C_{runoff} \times P_{eff} \quad (2)$$

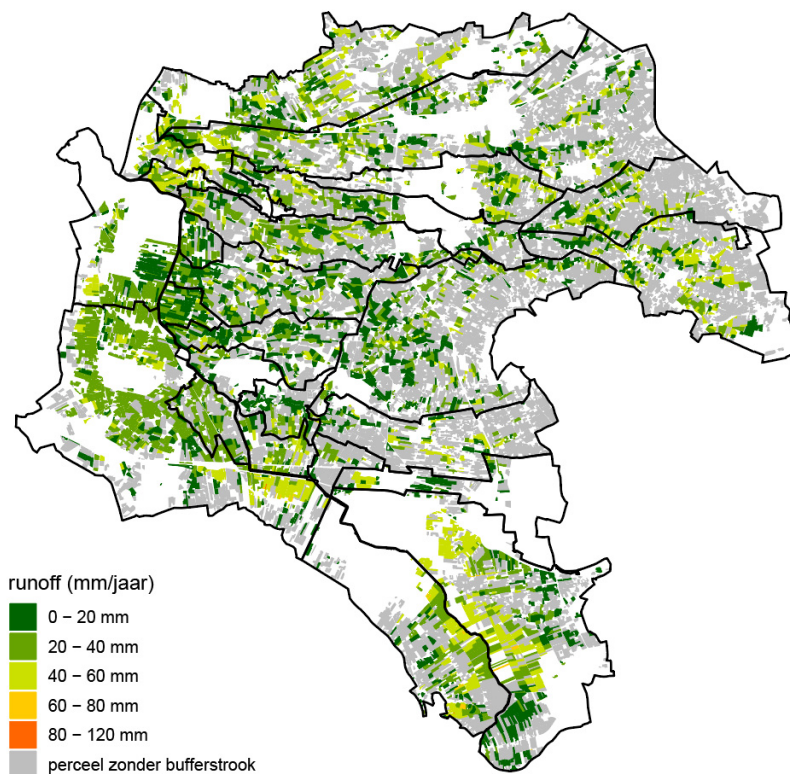
waarin:

$$q_{runoff} = q_{Horton,ref} \times \left(\frac{24}{afstand\ tot\ waterloop} \right)^{0.5} \left(\frac{helling}{0.89} \right)^{0.5} + q_{Dunne} \quad (3)$$

$$P_{eff} = 0.895(1 - e^{-0.16 \times bufferstrookbreedte}) \times \left(\frac{perceelomtrek}{bufferstrooklengte} \right)^{0.5} \quad (4)$$

waarbij de factor 1/100 voortkomt uit conversie naar de juiste eenheden.

De run-off (q_{runoff}) bestaat uit 'Horton overland flow' (q_{Horton}) die ontstaat als grond dichtslaat en uit 'Dunne overland flow' (q_{Dunne}) die ontstaat als de onderliggende bodem verzadigd is. Aangenomen is dat de gemiddelde Horton flow ($q_{Horton,ref}$) 20 mm/jaar bedraagt voor een standaard perceel op veen, klei of löss en 10 mm/jaar voor een standaard zandperceel. Zo'n standaardperceel heeft een mediane afstand tot de waterloop (*afstand tot waterloop*) van 24 meter en een mediane helling (*helling*) van 0,89%, zoals blijkt uit een dataset van alle Nederlandse percelen. De Horton-flow neemt toe naarmate het perceel dichterbij de waterloop ligt en een steilere helling heeft. De Dunne-flow hangt af van de grondwaterstand en is geschat op 30 mm/jaar voor natte percelen (GT Ia, IIa, IIIa, Vao en Vad), 15 mm/jaar voor redelijk natte percelen (GT Ic, IIb, IIIb, Vbo en Vbd), 5 mm/jaar voor percelen met GT IIc en 0 mm/jaar voor droge percelen ($G \geq VI$). De resulterende totale run-off (q_{runoff}) voor de Gelderse Vallei is te zien in Figuur B8.1.



Figuur B8.1 Berekende jaargemiddelde maaiveldafvoer in de Gelderse Vallei.

De P-concentratie in run-off water (C_{runoff}) is afhankelijk van veel factoren. Het tijdstip van mesttoediening in relatie tot het meettijdstip speelt een rol, evenals de fosfaattoestand van de bodem. Verschillende onderzoeken geven aan dat er een grote spreiding bestaat in gemeten P-gehalten in run-off water en in water op het maaiveld. In kleigebieden lijken de P-gehalten wat hoger te zijn dan in zand- en veengebieden. Voor de berekeningen is de concentratie van het run-off water (C_{runoff}) afgeleid uit landsdekkende schattingen van het fosfaatgehalte (Pw-getal) in de bovenste 25 cm van de bodem. De hieruit volgende fosfaatconcentratie van het run-off water varieert tussen de 0.5 en 2.5 mgP/l in Nederland, met een gemiddelde waarde van 1.4 mgP/l. Deze waarde komt overeen met gegevens in een aantal literatuurbronnen over P-concentraties in plassen op het maaiveld en bodemvochtconcentraties in de laag 0-10 cm-mv.

In een volgende stap is de afstromende P-vracht berekend ($q_{runoff} \times C_{runoff}$). Deze is vergeleken met de totale uit- en afspoelende nutriëntenvracht van het perceel, zoals berekend met STONE (Wolf et al. 2003). Als de afstromende vracht groter is dan de uit- en afspoeling, dan is de afstromende vracht gecorrigeerd tot 100% van de uit- en afspoeling.

Als laatste stap is bepaald welk deel van de berekende afstromende P-vracht ($q_{runoff} \times C_{runoff}$) wordt afgevangen door de bufferstrook (P_{eff}). Het eerste deel van de gehanteerde formule voor de zuiveringsfractie P_{eff} volgt uit een meta-analyse naar de zuivering van bufferstroken door Zhang et al. (2010). Bufferstroken van 5 m breedte hebben volgens deze formule een zuiverend vermogen van ongeveer 50%, stroken van 2 m breed zuiveren circa 25%. Dit zuiverend vermogen is gecorrigeerd voor de lengte aan bufferstrook t.o.v. de perceelsomtrek (tweede deel van formule voor P_{eff}), waarbij is aangenomen dat een kortere strook een hoger zuiverend vermogen heeft, omdat deze strook naar verhouding meer run-off water te verstouwen krijgt. Deze berekening houdt geen rekening met het hogere zuiverende vermogen van de bufferstrook in de zomer t.o.v. de winter. Daarom is P_{eff} verhoogd met 50% voor water dat afspoelt via Horton-flow, omdat Horton-flow vaak in de zomer optreedt in tegenstelling tot Dunne-flow, die vooral in de winter plaatsvindt. P_{eff} is in alle gevallen afgekapt op 75% zodat de zuiverende werking van de bufferstrook nooit groter is dan 75%.

Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl/environmental-research

Wageningen Environmental Research
Rapport 3041
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers (5.500 fte) en 12.500 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.



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



Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AB Wageningen
T 317 48 07 00
www.wur.nl/environmental-research

Rapport 3041
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers (5.000 fte) en 12.500 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

