
Effecten van maatregelen in het zevende Actieprogramma Nitraatrichtlijn

Milieueffectrapportage op planniveau

Van Boekel, E., P. Groenendijk, J. Kros, L. Renaud, J.C. Voogd, G. Ros, Y. Fujita, G.J. Noij en W. van Dijk

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research en gesubsidieerd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (in het kader van Beleidsondersteunend onderzoek, projectnummer BO-43-101.012).

Wageningen Environmental Research
Wageningen, Augustus 2021

Rapport 3108
ISSN xxxx-xxxx

Van Boekel, E., P. Groenendijk, J. Kros, L. Renaud, J.C. Voogd, G. Ros, Y. Fujita, G.J. Noij en W. van Dijk, 2021. *Effecten van maatregelen in het zevende Actieprogramma Nitraatrichtlijn. Milieueffectrapportage op planniveau*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3108, 217 blz. 101 Ref.

Abstract

Ter voorbereiding op de invoering van het Zevende Actieprogramma Nitraatrichtlijn (2022-2025) is een milieueffectrapportage op planniveau opgesteld (PlanMER), waarbij vooral effecten van maatregelen op de waterkwaliteit zijn beoordeeld. Speciale aandacht gaat uit naar nitraatconcentraties in het zuidelijke zand- en lössgebied omdat daar gebiedsgemiddeld de grenswaarde van 50 mg L⁻¹ voor nitraat wordt overschreden.

Een eerste stap in de berekening van effecten is een prognose van de waterkwaliteit in 2027 uitgaande van geïnstrumenteerd beleid en de voorziene ontwikkeling van de veestapel. Volgens deze prognose zal de nitraatconcentratie in het zuidelijke zandgebied tot 2027 met ca 10 mg L⁻¹ dalen als gevolg van in het 6^e Actieprogramma genomen maatregelen. De effecten van verminderde mestgiften, ruimere bouwplannen, een maximale inzet van vanggewassen en de aanleg van bemestingsvrije perceelsranden zijn met drie verschillende modellen berekend.

De vermindering van de nitraatconcentratie wordt berekend op enkele milligrammen nitraat per liter tot ca 15 mg L⁻¹ bij extreme aannamen. Berekend wordt dat met de maatregelen van het meest vergaande scenario in 2027 de grenswaarde van 50 mg L⁻¹ voor nitraat niet meer overschreden wordt in het zuidelijke zandgebied, maar in het lössgebied nog wel.

Verder is berekend dat de landelijk gemiddelde stikstofbelasting van het oppervlaktewater door landbouwgronden met 6 – 13% daalt en de fosforbelasting met 1,2 – 4,4%. In een scenario "Maximaal Milieuvriendelijk Alternatief" voldoet in 2027 iets meer dan 60% van de KRW-waterlichamen aan de normen voor stikstof- en fosforconcentraties. In 2027 resteert in een aanzienlijk deel van de wateren nog een opgave om te voldoen aan normen voor nutriëntenconcentraties in oppervlaktewater. De daling van de uit- en afspoeling leidt tot een minder dan evenredige toename van het aantal waterlichamen met een goede kwaliteitsstatus.

Duurzame bouwplannen voor de open teelten op zand- en lössgronden dragen bij aan het verbeteren van de waterkwaliteit. De invoering ervan heeft grote implicaties voor de praktijk.

Effecten van de maatregelen op de emissies van ammoniak (NH₃), lachgas (N₂O), koolstofdioxide (CO₂), methaan (CH₄), en op biodiversiteit, verdroging en wateroverlast zijn geschat op basis van expert-beoordelingen. Naar verwachting zullen de effecten van de mogelijke maatregelen (op nationale schaal) gering zijn.

Trefwoorden: Nitraatrichtlijn, Kaderrichtlijn Water, bemesting, milieueffecten, emissies, landbouw, 7^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn, grondwaterkwaliteit, oppervlaktewaterkwaliteit, luchtkwaliteit

Abstract

In preparation of the Seventh Action Programme Nitrates Directive (2022-2025), an Environmental Impact Assessment at plan level (EIA) has been prepared, primarily assessing effects of measures on water quality. Special attention is paid to nitrate concentrations in the southern sand and loess area because the limit value of 50 mg L⁻¹ for nitrate is exceeded in these areas on average.

A first step in the calculation of effects is an assessment of the water quality in 2027 based on implemented policy measures and the expected development of the livestock population. According to this projection, the nitrate concentration in the southern sandy area will decrease by about 10 mg L⁻¹ until 2027 as a result of measures taken in the 6th Action Programme. The effects of a reduction of fertilizer application, a broader crop rotation, the maximum application of catch crops and the establishment of fertilizer-free field margins were calculated with three different models.


The reduction in nitrate concentration is calculated to be a few milligrams up to about 15 mg nitrate per liter under extreme assumptions. It is calculated that with the measures of the most far-reaching scenario the nitrate concentration in the southern sand area in 2027 will not exceed the limit value of 50 mg L⁻¹, but is still exceeded in the loess area.

Furthermore, it is calculated that on national average the nitrogen load on surface water from agricultural soils decreases by 6 - 13% and the phosphorus load by 1.2 - 4.4%. In a "Maximum Environmentally friendly Alternative" scenario, just over 60% of WFD water bodies meet the nitrogen and phosphorus concentration standards in 2027. In 2027, a significant proportion of water bodies does not fully comply with standards for nutrient concentrations in surface water. The reduction in nutrient transport to surface water leads to a less than proportionate increase in the number of water bodies with a good quality status.

Sustainable crop rotation schemes for arable crops on sandy and loess soils contribute to improving water quality. Their implementation has major implications for practice.

Effects of the measures on emissions of ammonia (NH₃), nitrous oxide (N₂O), carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄), and on improving biodiversity, the counteraction of desiccation and the reduction of flooding have been estimated based on expert judgement. The impacts of the possible measures are expected to be small (on a national scale).

Keywords: Nitrates Directive, Water Framework Directive, fertilization, environmental impacts, emissions, agriculture, 7th Action Programme Nitrates Directive, groundwater quality, surface water quality, air quality

 2021 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, E info.alterra@wur.nl, 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 Rapport 3108

20 Augustus 2021

Inhoud

	Woord vooraf	8
	Samenvatting	9
	Summary	19
1	Inleiding	29
	1.1 Aanleiding	29
	1.2 Doel 7 ^e Actieprogramma en reikwijdte PlanMER	29
	1.3 Instrumenten van het Actieprogramma	30
	1.4 Afbakening	32
2	Uitgangspunten en methode voor bepalen milieueffecten	33
	2.1 Maatregelen en hun uitgangssituatie	33
	2.1.1 Enkelvoudige maatregelen en pakketten van maatregelen	33
	2.1.2 DAW-maatregelen	35
	2.2 Methode van bepalen milieueffecten	36
	2.3 Data en modellen	39
3	Effecten op waterkwaliteit van enkelvoudige maatregelen	42
	3.1 Nitraat in uitspoelingswater	42
	3.2 Belasting van oppervlaktewater en concentraties van uitspoelingswater	44
	3.3 Mitigatie van effecten van droge zomers op waterkwaliteit	45
4	Effecten van pakketten maatregelen	49
	4.1 Nitraat in uitspoelingswater in het zand- en lössgebied	49
	4.2 Nitraat in drainwater in de kleiregio	51
	4.3 Nitraat in ondiep grondwater in grondwaterbeschermingsgebieden	52
	4.4 Belasting van oppervlaktewater en concentraties van uitspoelingswater	54
	4.5 Effecten op doelbereik waterkwaliteit	56
	4.5.1 Nitraatconcentraties	57
	4.5.2 Oppervlaktewater	58
5	Effecten op klimaat en biodiversiteit van enkelvoudige maatregelen	63
	5.1 Klimaat	63
	5.1.1 Lachgas, stikstofdioxide en methaan	63
	5.1.2 Methaan (CH ₄)	65
	5.1.3 Koolstof	65
	5.2 Biodiversiteit	66
	5.2.1 Ammoniak	66
	5.2.2 Flora en fauna	68
	5.3 Verdroging en wateroverlast	68
6	Effecten duurzame bouwplannen (CDM-advies)	70
7	Discussie	72
	7.1 Overeenkomsten en verschillen met eerdere rapportages	72
	7.2 Uitgangspunten bemestingsberekeningen	73
	7.3 Uitgangssituatie en Referentie 2027	75

	7.3.1 Vergelijking met metingen	75
	7.3.2 Na-ijling	77
7.4	Maatregelen	78
	7.4.1 Goede landbouwpraktijk	78
	7.4.2 Bouwplan/rotatie	79
	7.4.3 Vanggewassen	81
7.5	Effecten van droge zomers	81
7.6	Uitspoelingsberekeningen	83
8	Conclusies	88
	Literatuur	92
	Bijlage 1 Mestbeleid en actieprogramma's	97
	B1.1 Nitraatrichtlijn en Kaderrichtlijn Water	97
	B1.2 Mest en ammoniakbeleid	97
	B1.3 Maatregelen in het Vijfde Actieprogramma Nitraatrichtlijn (2014-2017)	98
	B1.4 Maatregelen in het Zesde Actieprogramma Nitraatrichtlijn (2018-2021)	99
	B1.5 Derogatie	100
	Bijlage 2 Maatregelen 7^e NAP (2022-2025)	101
	Bijlage 3 Modellen	105
	B3.1 INITIATOR: mestproductie, mesttoediening en emissies	105
	B3.2 ANIMO/LWKM: Bodemprocessen en uit- en afspoeling van stikstof en fosfor	107
	B3.3 WOG-WOD: nitraatconcentraties in relatie tot gebruiksnormen	109
	B3.4 Nitraatmodel DSG-project	110
	B3.5 Rekenresolutie	112
	Bijlage 4 Resultaten Mest- en ammoniak berekeningen	113
	B4.1 Effecten op berekende mesttoediening	113
	B4.2 Effecten op berekende ammoniakemissie	117
	Bijlage 5 Historie en referentie van bemesting en uitspoeling	119
	B5.1 Effect van overbemesting in het verleden	119
	B5.2 Vaststellen Referentie 2027	124
	B5.3 Effect van na-ijling	127
	Bijlage 6 Landelijke maatregelen	129
	B6.1 Mestvrije perceelsranden langs waterlopen	129
	B6.2 Vermindering mestgift in en na droge zomers	143
	B6.3 Verlagen stikstofgebruiksnormen op zand- en lössgronden	160
	Bijlage 7 Perceelsmaatregelen	164
	B7.1 Verruiming fosfaatgebruiksnorm bij toepassing compost en organische stofrijke mestsoorten	164
	B7.2 Verruiming vruchtwisseling akker- en tuinbouw op uitspoelingsgevoelige gronden	175
	B7.3 Vanggewassen: jaarrond groen, c.q. wintergewassen	177
	B7.4 Verlaging stikstofgebruiksnormen akker- en tuinbouw bij intensief bouwplan	179
	B7.5 Preventie afspoeling door tijdelijke aanpassing maaiveld met blokkerend effect (greppels, drempels, kuiltjes)	182
	Bijlage 8 Gevoeligheidsanalyse mestverdeling en ammoniakemissie	188
	B8.2 Resultaten berekende mesttoediening	190
	B8.3 Resultaten berekende ammoniakemissie	198
	Bijlage 9 Grondwaterbeschermingsgebieden	201

B9.1 Inleiding	201
B9.2 Aanpak	201
B9.3 Resultaten	202
B9.4 Discussie	205
Bijlage 10 DAW-maatregelen	207
B10.1 Aanpak	207
B10.2 Effecten brongerichte maatregelen	209
Bijlage 11 Effecten biodiversiteit	213

Woord vooraf

In opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) en in samenspraak met het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (I&W) heeft Wageningen Universiteit & Research (WUR) een milieueffectrapportage op planniveau van het zevende Actieprogramma Nitraatrichtlijn (7^e AP) uitgevoerd. In de PlanMER zijn effecten van verschillende maatregelen op de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater inzichtelijk gemaakt. Ook zijn een aantal mogelijke neveneffecten onderzocht; het gaat hierbij om de emissies van ammoniak (NH₃), lachgas (N₂O), stikstofdioxide (NO_x) en methaan (CH₄), en om de gevolgen voor het klimaat, bodemkwaliteit, biodiversiteit, verdroging en wateroverlast.

Parallel aan deze PlanMER studie is door Royal Haskoning een ex-ante analyse van de derde Stroomgebiedbeheerplannen (3^e SGBP) uitgevoerd, waarin de effecten van de door waterbeheerders aangegeven maatregelen zijn beoordeeld, alsmede de effecten van het pakket maatregelen uit het 7^e AP op de realisatie van het doelbereik van nutriënten voor de Kaderrichtlijn Water. Daar waar mogelijk is de onderhavige PlanMER op de genoemde ex-ante analyse afgestemd door gelijke uitgangspunten te nemen en resultaten uit te wisselen.

De inrichting van deze studie voor wat betreft de maatregelen en de scenario's is tot stand gekomen op aangeven van het Ministerie van LNV. Het betreft hier een studie naar de effecten van mogelijke maatregelen in het 7^e AP, zoals deze door het Ministerie van LNV in samenspraak met het Ministerie van I&W zijn geformuleerd. Eventuele wijzigingen in het 7^e AP die kunnen plaatsvinden naar aanleiding van de besprekingen met de Tweede Kamer, de Europese Commissie, decentrale overheden en gesprekken met de sector, zijn niet in deze PlanMER verwerkt. Tijdens de uitvoering van PlanMER zijn door het ministerie van LNV kaders voor 'duurzame bouwplannen' geformuleerd. Binnen de context van PlanMER zijn ook enkele maatregelen geanalyseerd die onderdeel zijn van de kaders voor 'duurzame bouwplannen' van het ministerie van LNV. De samenvatting van het conceptadvies van de Commissie Deskundigen Meststoffenwet over de kaders van 'duurzame bouwplannen' is in dit rapport opgenomen.

Het onderzoek is in de periode januari tot augustus 2021 uitgevoerd door Wageningen Environmental Research (WENR), Wageningen Plant Research (WPR) en het Nutriënten Management Instituut (NMI) en begeleid door Eke Buis en Coen de Vos van het Ministerie van LNV.

De auteurs willen de betrokken ministeries en de reviewers Gert Jan Reinds, Gerard Velthof en Albert Bleeker bedanken voor de suggesties en kritisch becommentariëren van het conceptrapport.

Wageningen, Augustus 2021

De auteurs

Samenvatting

I. Aanleiding en doel

In dit milieueffectrapport op planniveau (PlanMER) worden de effecten van het zevende Actieprogramma Nitraatrichtlijn (7^e AP) op de waterkwaliteit in Nederland in beeld gebracht. Ook zijn mogelijke neveneffecten op lucht- en bodemkwaliteit, klimaat en biodiversiteit beoordeeld. Het 7^e AP is erop gericht stappen te nemen in het mestbeleid die ervoor zorgen dat goede landbouwpraktijk wordt bedreven, de waterkwaliteit in Nederland verbetert, en de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater onder de 50 mg L⁻¹ komt. Hiermee dient ook eutrofiëring van het oppervlaktewater te worden tegengegaan. Daarmee wordt bijgedragen aan het halen van de doelen van de Kaderrichtlijn Water, waar het de landbouw betreft¹. Het 7^e AP beschrijft een concrete uitwerking van wet- en regelgeving voor een periode van vier jaar gericht op het realiseren van de doelstellingen van de Nitraatrichtlijn.

In deze PlanMER is ook een kwalitatieve beoordeling uitgevoerd van de effecten van de voorgenomen maatregelen op de emissies naar de lucht van ammoniak (NH₃), lachgas (N₂O), methaan (CH₄) en CO₂, en van de gevolgen voor biodiversiteit, de bijdrage aan de vastlegging van koolstof in de bodem, het tegengaan van verdroging en het verminderen van wateroverlast.

II. Aanpak

II.1 Scenario's

Voor de beoordeling van de milieueffecten zijn drie scenario's opgesteld. Scenario A gaat uit van een voorzetting van de huidige regelgeving en autonome ontwikkelingen. De milieutoestand in 2027 in scenario A is beschouwd als de referentie (Referentie 2027). Voor het beschrijven van de toestand in 2027 zijn de geïnstrumenteerde beleidsmaatregelen van het 6^e Actieprogramma geïmplementeerd en zijn voorziene ontwikkelingen in veestapel en landgebruik in de rekenmodellen verwerkt.

Scenario B bevat een regulerend en stimulerend pakket aan maatregelen dat verder gaat dan de huidige maatregelen in scenario A. Scenario C is het Meest Milieuvriendelijke Alternatief (MMA). Scenario's B en C houden ook rekening met de autonome ontwikkelingen tot aan 2027.

Resultaten voor het jaar 2019 zijn gebruikt voor de beschrijving van de Uitgangssituatie.

II.2 Maatregelen

Per scenario is een aantal maatregelen geformuleerd (Tabel S1). Voor het berekenen van effecten met modellen is een vertaling van de maatregelen in modelformuleringen en naar modelparameters nodig. Voor een aantal maatregelen was dit lastig en is een 'vervangende' maatregel geformuleerd met een verwacht gelijk effect.

¹ Brief van de minister van LNV aan de Tweede Kamer over de opgave en voortgang van het zeven actieprogramma nitraatrichtlijn, dd. 13 april 2021.

Tabel S1. Overzicht van de maatregelen voor de referentiesituatie 2027, scenario B en scenario C. Benaderingen en vervangende maatregelen met verwacht gelijk effect zijn met schuinschrift aangegeven.

Maatregelen	Scenario's	Omschrijving
Gebruiksnormen		
Korting N-gebruiksnorm bij intensief bouwplan	Referentie 2027	Conform 6 ^e AP
	Scenario B	Bij de teelt van twee uitspoelingsgevoelige gewassen in opeenvolgende jaren: korting van 10% op N-gebruiksnorm 2e teelt <i>(benaderd met korting naar rato van aandeel uitspoelingsgevoelige gewassen (minimum-effect) en met korting op alle uitspoelings-gevoelige gewassen (maximum effect))</i>
	Scenario C	Verbod op het telen van twee uitspoelingsgevoelige gewassen in opeenvolgende jaren elkaar op één perceel <i>(benaderd door te veronderstellen dat een dergelijk verbod leidt tot een lager N-bodemoverschot op bouwplanniveau. Effect beoordeeld aan de hand een 20% verminderde N-gebruiksnorm op bouwplanniveau).</i>
Korting N-gebruiksnorm niet-rustgewassen	Referentie 2027	Conform 6 ^e AP
	Scenario B	Conform 6 ^e AP
	Scenario C	Korting van 15% in Zand Noord en Zand Midden t.o.v. stikstofgebruiksnormen in 2020, korting in Zand Zuid en Löss 30% t.o.v. de gebruiksnormen van het 4 ^e Actieprogramma. Uitspoelings-gevoelige gewassen (deel van de groep niet-rustgewassen) in Zand zuid en Löss hebben met ingang van het 5 ^e Actieprogramma een korting van 20%. Voor die groep is de korting dus 12,5% ten opzichte van de huidige situatie.
Gebruiksvoorschriften		
Mestvrije perceelsranden (Stroken worden niet bemest en tellen niet mee in mestplaatsingsruimte op veebedrijven)	Referentie 2027	KRW-waterlichamen en andere watergangen: huidige teeltvrije zone vanuit het Activiteiten-besluit als bufferstrook behouden: afhankelijk van type gewas 50 of 150 cm.
	Scenario B	KRW oppervlaktewaterlichamen en kwetsbare ecologische waterlopen: stroken van minimaal 5m. Andere watergangen: minimaal 2m brede teeltvrije zone voor alle teelten en gronden.
	Scenario C	KRW oppervlaktewaterlichamen en kwetsbare ecologische waterlopen: stroken van minimaal 7,5m. Andere watergangen: minimaal 3m brede teeltvrije zone voor alle teelten en gronden.
Drempels in ruggenteelt	Referentie 2027	Stimulans, geen verplichting
	Scenario B	Verplichtende maatregelen ruggenteelten voor klei- en lössgrond
	Scenario C	Verplichtende maatregelen ruggenteelten voor alle grondsoorten
Vanggewassen	Referentie 2027	Stimulans, geen verplichting
	Scenario B	Stimulans, geen verplichting <i>(verkend met een berekening van het effect waarbij de extra bemestende waarde van het vanggewas niet wordt verrekend met de mestgift).</i>
	Scenario C	Verplichting van teelt van een wintergewas of vanggewas op alle grondsoorten en bij alle teelten waar dit mogelijk bij is <i>(verkend met een berekening van het effect waarbij de extra bemestende waarde van het vanggewas <u>wel</u> wordt verrekend met de mestgift).</i>
Verruiming vruchtwisseling	Referentie 2027	Conform 6 ^e AP; geen aanvullende maatregelen
	Scenario B	Conform 6 ^e AP; geen aanvullende maatregelen
	Scenario C	Voorschriften voor maximum aandeel uitspoelingsgevoelige gewassen in het bouwplan voor zand- en lössgrond. <i>(benaderd met een verkenning van effecten door een veronderstelling van het vervangen van consumptieaardappelen door wintertarwe (maximaal effect))</i>

Maatregelen	Scenario's	Omschrijving
Aanvullende maatregelen		
Organisch stofrijke meststoffen	Referentie 2027	Tot aan 3,5 kg fosfaat per ton (groen)compost of vergelijkbaar telt de fosfaat in deze meststof voor 50% mee in de gebruikruimte van fosfaat. Het deel boven 3,5 kg fosfaat per ton telt voor 100% mee.
	Scenario B	Tot aan 3,5 kg fosfaat per ton (groen)compost of vergelijkbaar telt de fosfaat in deze meststof voor 25% mee in de gebruikruimte van fosfaat. Het deel boven 3,5 kg fosfaat per ton telt voor 100% mee. Tot aan 3,5 kg fosfaat per ton storrijke vast mest, champost, vaste rundermest en bokashi telt de fosfaat in deze meststof voor 60% mee in de gebruikruimte van fosfaat. Het deel daarboven telt voor 100% mee. <i>(beschikbaarheid van betreffende meststoffen en kosten voor agrariër zijn leidend voor het toepassen van de maatregel, benaderd met een literatuurstudie en scenario's met onderscheid in bodemverbeteraars en organische stofrijke mestsoorten en onderscheid in fosfaattoestandsklassen)</i>
	Scenario C	Tot aan 3,5 kg fosfaat per ton (groen)compost of vergelijkbaar telt de fosfaat in deze meststof voor 40% mee in de gebruikruimte van fosfaat. Het deel boven 3,5 kg fosfaat per ton telt voor 100% mee. Extra fosfaatgebruikruimte van 5 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅ geldt voor zowel klasse hoog als ruim mits 20 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅ in de vorm van organische stofrijke meststoffen wordt opgebracht. <i>(benaderd met: zie scenario B)</i>
Aanpak effecten droogte <i>(Advies van Commissie Deskundigen Meststoffenwet wordt nog verwacht)</i>	Referentie 2027	Landelijke droogte-monitor grasland <i>(in ontwikkeling, nog geen effectbeoordeling mogelijk)</i>
	Scenario B	Bij structureel droogte-effect, wordt met ingang van het 8e AP de N-mineraal voorraad in de bodem in het voorjaar bij akkerbouw- en tuinbouwteelten op zand- en löss voor 25% afgetrokken van de stikstofgebruiksnorm. <i>(verkenning van een mogelijke aanpak door kortingen op de mestgift, vervanging teelten en extra vanggewas)</i> Landelijke droogte-monitor grasland <i>(geen effectbeoordeling)</i>
	Scenario C	Verplichten N _{min} meting in voorjaar op zand- en löss bij akkerbouw en tuinbouwteelten, waarbij met ingang van het 7e AP de N _{min} voorraad in de bodem in het voorjaar voor 50% wordt afgetrokken van de stikstofgebruiksnorm <i>(benadering: zie Scenario B)</i> Generieke korting op N-gebruiksnorm in gebieden waar droogte tot groter stikstofbodemoverschot leidt <i>(geen effectbeoordeling, maatregel behoeft nadere precisering)</i>

II.3 Vrijwillige maatregelen

In 7^e Actieprogramma worden evenals in het 6^e Actieprogramma effecten van het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer (DAW) verwacht. In het DAW is een aantal vrijwillige maatregelen geformuleerd. Agrariërs zullen worden gestimuleerd om deze maatregelen in te voeren, maar vanwege het vrijwillige karakter is op voorhand niet duidelijk in welke mate deze maatregelen zullen worden doorgevoerd. De effecten van deze vrijwillige maatregelen op de waterkwaliteit zijn in beeld gebracht met een aanname voor de implementatiegraad. Mogelijke neveneffecten zijn niet beoordeeld. Bij deze DAW-maatregelen wordt onderscheid gemaakt tussen melkveehouderij en akkerbouw, en tussen brongerichte maatregelen, routegerichte maatregelen en end-of-pipe maatregelen. De brongerichte DAW-maatregelen zijn gericht op een maximale benuttingsefficiëntie van nutriënten en betreffen onder andere een aanpassing van de uitrijtijdstippen van mest, een verlenging van de leeftijd van grasland, rijenbemesting in open teelten, de teelt van diep wortelende rustgewassen en een maximale inzet van vanggewassen. De routegerichte maatregelen hebben betrekking op drempels in ruggenteelten, daar waar dit nog niet verplicht is in scenario's B of C. De 'end-of-pipe' maatregel betreft het aanbrengen van met ijzerzand omhulde drains in gronden die extreem gevoelig zijn voor P-uitspoeling.

II.4 Beoordelingsmethoden

Effecten van maatregelen en maatregelpakketten zijn bepaald met vier verschillende modellen: INITIATOR-model, het Landelijk Waterkwaliteitsmodel (LWKM 1.2), het WOGWOD-model en het Nitraatmodel van het project 'Duurzaam Schoon Grondwater' (DSG), waarin de metingen van Waterleiding Maatschappij Limburg zijn verwerkt. De modellen zijn gebruikt voor:

- met het INITIATOR-model is de mestverdeling berekend en de effecten van maatregelen op de emissies van NH₃, N₂O en CH₄.
- met het LWKM1.2 zijn gebiedsdekkend de nitraatconcentraties in uitspoelend water uit de wortelzone en de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater door uit- en afspoeling van landbouw- en natuurgronden berekend alsmede de zomerconcentraties in water dat uitspoelt naar het oppervlaktewater.
- met het WOGWOD-model zijn effecten van maatregelen op de nitraatconcentratie berekend voor regionaal gemiddelde bouwplannen.
- met het Nitraatmodel DSG-project zijn uitgaande van bedrijfsgemiddelde bouwplannen in het lössgebied de effecten van maatregelen op de nitraatconcentratie berekend.

De effecten van maatregelen op de emissies van NH₃, N₂O, NO, CH₄ en CO₂ naar de lucht zijn in aanvulling op de berekeningen met INITIATOR ook beoordeeld met een expertbeoordeling. Als zichtjaar voor de beoordeling is gekozen voor 2027. Dit is twee jaar na afloop van het 7^e Actieprogramma. De tijd tussen een maatregel en het effect op de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater kan enkele jaren bedragen en in 2027 zullen de effecten van de maatregelen die tot en met 2025 worden genomen zichtbaar moeten zijn. Dit zichtjaar is tevens het laatste jaar van de planperiode van de 3^e Stroomgebiedsbeheersplannen.

II.5 Ex-ante analyse 3^e Stroomgebiedsbeheersplannen

Tegelijkertijd met het opstellen van de PlanMER is een ex-ante analyse van de 3^e Stroomgebiedsbeheersplannen (ex-ante 3^e SGBP) uitgevoerd. Gestreefd is om de uitgangspunten in beide analyses op elkaar af te stemmen door informatie uit te wisselen. Modelresultaten verkregen in het PlanMER-onderzoek ten aanzien van de nutriëntenbelasting van oppervlaktewater zijn gebruikt in het ex-ante 3^e SGBP-onderzoek. Resultaten van de ex-ante 3^e SGBP over de mate van doelbereik voor de KRW ten aanzien van nutriëntengehalten in het oppervlaktewater zijn verwerkt in de beoordeling van milieueffecten van het 7^e AP.

Voor de berekening van nutriëntenconcentraties in de ex-ante 3^e SGBP zijn vanuit het PlanMER-onderzoek drie sets aan gegevens samengesteld:

- Set A bevat de informatie over uit- en afspoeling uit landbouw- en natuurgronden in 2027 volgens scenario A.
- Set B gaat uit van scenario A waarin de effecten zijn verwerkt van een korting van de N-gebruiksnorm bij intensieve bouwplannen, mestvrije perceelsranden en drempels in ruggenteelten volgens scenario B en het volledige pakket aan DAW-maatregelen met een implementatiegraad conform het scenario 'voorzien' in de Nationale Analyse Waterkwaliteit.
- Set C gaat uit van scenario A waarin de effecten zijn verwerkt van een korting van de N-gebruiksnorm voor niet-rustgewassen, mestvrije perceelsranden en drempels in ruggenteelten volgens scenario C en het volledige pakket aan DAW-maatregelen met een implementatiegraad conform het scenario 'maximaal' in de Nationale Analyse Waterkwaliteit.

II.6 Grondwaterbeschermingsgebieden

De nitraatconcentratie in 34 grondwaterbeschermingsgebieden bepaald met het meetprotocol van het Landelijke Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) heeft aandacht in het Actieprogramma Nitraatrichtlijn. Hiervoor zijn voorsnog geen afzonderlijke of aanvullende maatregelen geformuleerd. Aan de hand van de kenmerken van de landbouwpercelen in de grondwaterbeschermingsgebieden zijn de met het LWKM berekende nitraatconcentraties naar de grondwaterbeschermingsgebieden. Omdat de resultaten van het LWKM alleen op een grovere ruimtelijke schaal betrouwbaar zijn, zijn de effecten per provincie geaggregeerd.

III. Resultaten

III.1 Uitgangssituatie 2019 en referentiesituatie 2027

Voor de berekening van de uitgangssituatie in 2019 is aangenomen dat er in de praktijk overbesteding (een hogere bemesting dan de gebruiksnormen aangeven) plaatsvindt. In de scenario's

voor 2027 is ervan uitgegaan dat op alle landbedrijven een Goede Landbouwpraktijk wordt bedreven en niet boven de gebruiksnormen wordt bemest. De beoordeling van het effect van maatregelen gericht op het naleven van gebruiksnormen en gebruiksvorschriften valt buiten het bestek van deze Milieueffectrapportage. Een vergelijking van modelberekeningen met metingen geeft aan dat in het zuidelijk zandgebied een daling van de nitraatconcentratie verwacht kan worden van ruim 10 mg L⁻¹ bij bemesting conform de gebruiksnormen.

Daarenboven geven de modelberekeningen nog een effect van 'na-ijling' aan van reeds genomen maatregelen van het 6^e AP. Effecten van de aanscherping van de fosfaatgebruiksnorm voor bouwland en van de uiterste zaaidatum van een veggewas na mais op zand- en lössgrond zijn in 2019 nog niet zichtbaar in de berekende nitraatconcentraties. De tijd tussen een maatregel en het effect kan enkele jaren bedragen door na-ijling.

Ondanks een daling van de nitraatconcentratie door bemesting conform de gebruiksnormen en door de na-ijling van effecten van reeds genomen maatregelen wordt het nitraatdoel in het zuidelijk zandgebied en lössgebied in 2027 niet gerealiseerd (Tabel S2). Voor akker- en tuinbouw wordt in geen van de zandgebieden en het lössgebied voldaan aan het nitraatdoel.

Tabel S2. Berekende gebiedsgemiddelde nitraatconcentraties voor de Referentiesituatie 2027

	Zand noord	Zand midden	Zand zuid	Löss
Landbouw gemiddeld	40	38	55	66
Akker- en tuinbouw	60	70	85	73
Melkveehouderij	29	36	44	61

III.2 Effecten van de maatregelen van scenario's B en C op nitraatconcentraties

Effecten van de maatregelen op de nitraatconcentraties zijn afzonderlijk bepaald met één of meerdere van de bovengenoemde modellen of met expert-schatting (Tabel S.2).

Tabel S3. Berekende en geschatte effecten van maatregelen van scenario's B en C op de nitraatconcentratie in het uitspoelingswater in 2027.

Maatregelen	Scenario's	Effect op nitraatconcentratie (mg L ⁻¹)
Gebruiksnormen		
Korting N-gebruiksnorm bij intensief bouwplan	Scenario B	Vermindering van resp. 1 – 8, 1 – 6, 1 – 6 en 0 – 6 mg L ⁻¹ voor AT-gewassen in Zand noord, Zand midden, Zand zuid en Löss afhankelijk van de aannamen. Maximum berekend bij korting N-gebruiksnorm alle uitspoelingsgevoelige akker- en tuinbouwgewassen (AT)
	Scenario C	Maximale vermindering van resp. 16, 12, 11 en 7 mg L ⁻¹ in voor AT-gewassen in Zand noord, Zand midden, Zand zuid en Löss, berekend met extreme aannamen
Korting N-gebruiksnorm niet-rustgewassen	Scenario B	n.v.t.
	Scenario C	Vermindering van resp. 4, 5, 5 en 2 mg L ⁻¹ voor AT-gewassen in Zand noord, Zand midden, Zand zuid en Löss,
Gebruiksvorschriften		
Mestvrije perceelsranden	Scenario B	Vermindering minder dan 1 mg L ⁻¹ in de zandgebieden en het lössgebied
	Scenario C	Vermindering minder dan 1 mg L ⁻¹ in de zandgebieden en het lössgebied
Drempels in ruggenteelt	Scenario B	Verwaarloosbaar effect
	Scenario C	Verwaarloosbaar effect
Vanggewassen	Scenario B	Maximale vermindering van resp. 4, 4, 4 en 6 mg L ⁻¹ in Zand noord, Zand midden, Zand zuid en Löss.
	Scenario C	Maximale vermindering van resp. 12, 13, 11 en 16 mg L ⁻¹ in Zand noord, Zand midden, Zand zuid en Löss. Bij inpassing in bouwplan van en akker- en tuinbouwbedrijf in het lössgebied wordt een vermindering van 4 mg L ⁻¹ berekend
Verruiming vruchtwisseling	Scenario B	n.v.t.
	Scenario C	Maximale vermindering van resp. 15, 11, 4 en 0 – 11 mg L ⁻¹ voor AT-gewassen in Zand noord, Zand midden, Zand zuid en Löss, bij berekend met de extreme aanname dat aardappelen worden vervangen door wintertarwe

Maatregelen	Scenario's	Effect op nitraatconcentratie (mg L ⁻¹)
Aanvullende maatregelen		
Organisch stofrijke meststoffen	Scenario B	Gering effect, afhankelijk van specifieke omstandigheden eventueel toename of afname
	Scenario C	Zie Scenario B
Aanpak effecten droogte	Scenario B	Scenario's zoals gedefinieerd in tabel S1 vragen nog om nadere uitwerking en zijn niet doorgerekend. Verkennende modelberekeningen geven aan dat een verhoogde nitraatconcentratie als gevolg van droogte alleen voor een deel te mitigeren is.
	Scenario C	Zie Scenario B. Nadere uitwerking van "Generieke korting op N-gebruiksnorm" is gewenst. Voorafgaande vragen die eerst beantwoord moeten worden: Welk reductie percentage moet worden opgelegd? Betreft het een tijdelijke of permanente korting?

Bij de berekening van de effecten van vanggewassen is geen rekening gehouden met praktische beperkingen zoals ongunstige weersomstandigheden en het ongeschikt zijn van een aantal vanggewassen na teelten van knol- en rooigewassen in verband met aaltjesverspreiding. In de praktijk zullen de effecten daardoor waarschijnlijk kleiner zijn dan in Tabel S3 is aangegeven.

In de jaren 2018 en 2019 zijn hogere nitraatconcentraties gemeten dan in de voorafgaande jaren. Het beeld bestaat dat de droge zomers van 2018 en 2019 een belangrijke invloed heeft gehad op de stijging van de nitraatconcentraties in 2019 en 2020. Voor een aantal gebieden heeft dit ertoe geleid dat de gemiddelde nitraatconcentratie onder landbouwgronden weer hoger is dan 50 mg L⁻¹. Een verkennende modelberekening geeft aan dat nitraatconcentraties tot aan 2018 relatief laag waren vanwege milde weersomstandigheden. Bij klimaatrepresentatieve weersomstandigheden zouden de nitraatconcentraties enkele milligrammen per liter hoger geweest zijn.

Maatregelen om een stijging van nitraatconcentraties als gevolg van droogte tegen te gaan kunnen in de praktijk de stijging nooit helemaal te niet doen. Bij grasland wordt de bemesting tijdens een droge zomer al verminderd, omdat er minder grassnedes kunnen worden geoogst. Aanvullend kan een eventuele graslandvernieuwing worden aangepast evenals beweiding van grasland in het najaar. Voor bouwland zijn er mogelijkheden om na de oogst maatregelen te nemen, zoals aanpassing van de bemesting van het volgende hoofdgewas, aanpassing van het bouwplan, door bijvoorbeeld een diepwortelend volggewas te telen, een door droogte mislukt gewas alsnog van het veld te halen en de teelt van een vanggewas. Door deze maatregelen wordt het effect van droogte op nitraatconcentraties voor maximaal de helft teniet gedaan.

III.3 Effecten van vrijwillige maatregelen op nitraatconcentraties

Het volledige pakket aan vrijwillige maatregelen (DAW) uitgevoerd op alle landbouwbedrijven zou in een verlaging van gemiddeld 5 – 10 mg L⁻¹ resulteren voor de zandgebieden en het lössgebied. Voor akker- en tuinbouwbedrijven is de daling met 8 – 14 mg L⁻¹ wat sterker dan voor de melkveehouderijbedrijven (3 – 9 mg L⁻¹). De onzekerheid in de effecten van vrijwillige maatregelen is relatief groot, omdat niet duidelijk is hoeveel bedrijven deze maatregelen invoeren.

III.4 Effecten op gebiedsgemiddelde nitraatconcentraties

De combinatie van maatregelen leidt in het zuidelijk zandgebied nog niet tot het voldoen aan het nitraatdoel in scenario B, maar wel in scenario C. Voor het lössgebied blijft de nitraatconcentratie echter hoger dan 50 mg L⁻¹ in scenario's B en C (Tabel S4).

Tabel S4. Gebiedsgemiddelde nitraatconcentraties voor de Referentie 2027, en voor scenario B en scenario C voor de combinatie van maatregelen

	Referentie 2027	Scenario B	Scenario C
Zand noord	40	38	35
Zand midden	38	37	35
Zand zuid	55	53	48
Löss	66	64	60

In de regio's met een relatief groot aandeel bouwland neemt de nitraatconcentratie sterker af dan in de gebieden met een relatief groot aandeel melkveehouderij (Zand midden). De gebiedsgemiddelde afname van de nitraatconcentratie onder akker- en tuinbouwgewassen is het grootst in zuid (11 mg L⁻¹) en het kleinst in het lössgebied (6 mg L⁻¹).

III.5 Effecten op nitraatconcentraties in grondwaterbeschermingsgebieden

De vermindering van de nitraatuitspoeling in grondwaterbeschermingsgebieden is een aandachtspunt in het Nitraat Actieprogramma. De afname van de nitraatconcentraties onder landbouwgronden in de 34 grondwaterbeschermingsgebieden bij een maximale inzet van de brongerichte DAW-maatregelen is op termijn 10 en 25 mg L⁻¹. Voor 9 van de 34 grondwaterbeschermingsgebieden resulteert dit in een concentratie onder landbouwgronden lager of gelijk aan 50 mg L⁻¹. Hierbij is uitgegaan van het landgebruik in 2019 en is verondersteld dat geen intensivering van het bouwplan plaatsvindt. Landbouwgronden beslaan een deel van het oppervlak van de grondwaterbeschermingsgebieden. De gebiedsgemiddelde nitraatconcentraties zijn lager dan de concentraties in landbouwgronden. Uitgaande van gebiedsgemiddelde nitraatconcentraties kan een groter aantal dan 9 aan de grenswaarde van 50 mg L⁻¹ voldoen.

III.6 Effecten op de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater

Effecten van de maatregelen op de gebiedsgemiddelde uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouwgronden zijn voor een aantal maatregelen berekend met het Landelijk Waterkwaliteitsmodel (Tabel S5).

Tabel S5. Berekende effecten van maatregelen op de stikstof- en fosforbelasting van oppervlaktewater in 2027.

Maatregel	Scenario	Effect stikstof- en fosforbelasting van oppervlaktewater (t.o.v. Referentie)
Gebruiksnormen		
Korting N-gebruiksnorm bij intensief bouwplan	Scenario B	Vermindering gebiedsgemiddelde stikstofuitspoeling met resp. 0,6%, 0,1% en 0,3% in Zand noord, Zand midden en Zand zuid. Voor Löss geen effect. Voor fosforuitspoeling een verwaarloosbaar effect.
	Scenario C	Niet bepaald
Korting N-gebruiksnorm niet-rustgewassen	Scenario B	n.v.t.
	Scenario C	Vermindering gebiedsgemiddelde stikstofuitspoeling met resp. 2,6%, 1,6%, 2,8% en 1,23% in Zand noord, Zand midden, Zand zuid en Löss. Voor fosforuitspoeling een verwaarloosbaar effect.
Gebruiksvoorschriften		
Mestvrije perceelsranden	Scenario B	Vermindering gebiedsgemiddelde stikstofuitspoeling met resp. 4%, 6%, 6%, 14% en 1% in de zand-, rivierklei-, zeeklei-, veen- en lössregio Vermindering gebiedsgemiddelde fosforuitspoeling met resp. 3%, 5%, 3%, 7% en 2% in de zand-, rivierklei-, zeeklei-, veen- en lössregio
	Scenario C	Vermindering gebiedsgemiddelde stikstofuitspoeling met resp. 6%, 9%, 9%, 20% en 2% in de zand-, rivierklei-, zeeklei-, veen- en lössregio Vermindering gebiedsgemiddelde fosforuitspoeling met resp. 4%, 6%, 6%, 14% en 1% in de zand-, rivierklei-, zeeklei-, veen- en lössregio
Drempels in ruggenteelt	Scenario B	Effect op de stikstofbelasting van oppervlaktewater is gering. Schatting van effect op fosforbelasting van oppervlaktewater: vermindering van ≤0,02 kg ha ⁻¹ jr ⁻¹ P, gebiedsgemiddeld voor de zeeklei- en lössregio (enkele procenten). Lokale effecten kunnen groter zijn.
	Scenario C	Zie Scenario B. vermindering van P-belasting oppervlaktewater minder dan 0,01 kg ha ⁻¹ jr ⁻¹ gebiedsgemiddeld voor de zand-, rivierklei- en veenregio (enkele procenten).

De effecten van drempels in ruggenteelten op de belasting van oppervlaktewater zijn lastig te kwantificeren. Het effect van drempels in ruggenteelten wordt bepaald door het risico op oppervlakkige afspoeling en de hevigheid van regenbuien, waarop de grondsoort, de oriëntatie van ruggen op het perceel, het gewas en het groeistadium van invloed zijn.

De maatregelen vanggewassen, verruiming vruchtwisseling, organische stofrijke meststoffen en aanpak effecten droogte leiden tot een geringe vermindering van de nutriëntenbelasting van oppervlaktewater (Tabel S5).

III.7 Effecten van vrijwillige maatregelen op nutriëntenbelasting van oppervlaktewater

Het volledige pakket met brongerichte vrijwillige maatregelen (DAW) uitgevoerd op alle landbouwbedrijven vermindert de N-belasting van oppervlaktewater in de zandgebieden met een hoge nitraatconcentratie met maximaal met 19% en in de klei- en veengebieden met ca 10%. De brongerichte DAW-maatregelen hebben een gering effect op de fosforbelasting van oppervlaktewater. Daar waar fosfaatzuivering wordt toegepast door middel van de maatregel "aanbrengen van met ijzerzand omhulde drains" kan lokaal het effect op de fosforbelasting van oppervlaktewater groot zijn.

III.8 Effecten van maatregelpakketten op de nutriëntenbelasting van oppervlaktewater

Met de modelresultaten van het Landelijke Waterkwaliteitsmodel zijn ten behoeve van de ex-ante 3^e SGBP drie sets aan gegevens samengesteld, met in set A de informatie over de uit- en afspoeling van Referentie 2027. De sets B en C corresponderen met scenario's B en C, waarin ook de effecten van vrijwillige maatregelen (DAW) zijn verwerkt. De belangrijkste bevindingen voor de nutriëntenbelasting van oppervlaktewater zijn:

- De stikstofbelasting van oppervlaktewater door landbouwgronden neemt in scenario B af met 2,2 – 5,5% t.o.v. de referentiesituatie. De grootste afname wordt berekend voor delen van het zandgebied met hoge nitraatconcentraties in het bovenste grondwater en de kleinste afname voor zeeleigebieden. De afname van de fosforbelasting van oppervlaktewater wordt berekend op 1,0 – 3,3% met de grootste procentuele afname in de zandgebieden en de kleinste afname in de klei- en veengebieden. De absolute afname is echter groter in de klei- en veengebieden dan in de zandgebieden.
- De stikstofbelasting van oppervlaktewater neemt in scenario C af met 6 – 13% t.o.v. de referentiesituatie, met de grootste afname in het zandgebied en de kleinste afname in de zeeleigebieden. De vermindering van de fosforbelasting van oppervlaktewater is 1,2 – 4,4% t.o.v. de referentiesituatie. De procentuele afname van de zomerwaarden van de fosforconcentraties in het uitspoelingswater is ongeveer even groot.

III.9 Effecten maatregelpakketten op het doelbereik voor de KRW

Met deelmodel van het LWKM1.2 voor de berekening van nutriëntenconcentraties in de KRW-waterlichamen is in de ex-ante 3^e SGBP het doelbereik voor de zomerwaarden van de stikstof- en fosforconcentraties in de regionale KRW-waterlichamen bepaald. Daartoe is in de ex-ante analyse van de 3^e SGBP een extra scenario toegevoegd waarin rekening gehouden wordt met verhoogde zuivering door RWZI's. Resultaten van dit scenario geven aan dat de effecten beperkt zijn:

- Voor het merendeel van de KRW-waterlichamen (meer dan 75%) wordt een verlaging van de stikstofconcentraties berekend van minder dan 5% voor scenario B en van minder dan 10% voor scenario C (met de meest vergaande maatregelen). Voor de fosforconcentraties zijn de verminderingen ongeveer even groot.
- Van de regionale waterlichamen voldoet in de uitgangssituatie (2019) ongeveer de helft van de waterlichamen aan de normen voor stikstof of fosfor (goede toestand). In het meest vergaande scenario (Meest Milieuvriendelijke Alternatief) voldoet in 2027 iets meer dan 60% van de KRW-waterlichamen aan de stikstof- en fosfornormen voor een goede kwaliteitsstatus.

III.10 Effecten van de kaders van duurzame bouwplannen op waterkwaliteit

De Commissie Deskundigen Meststoffenwet (CDM) concludeert op basis van een verkenning dat het sturen op duurzame bouwplannen, conform de door het ministerie van LNV opgestelde kaders, een positief effect heeft op de waterkwaliteit en bodemkwaliteit van openteeltbedrijven, omdat de arealen rustgewassen en vanggewassen toenemen. Verwacht wordt dat de effecten van de kaders voor duurzame bouwplannen gemiddeld groter zijn voor de zand- en lössgronden dan voor de klei- en veengronden.

Voor melkveebedrijven wordt verwacht dat de derogatie bepalend is voor het bouwplan. Mocht de derogatie in de toekomst veranderen of vervallen, waardoor de eis van minimaal 80% van het areaal in grasland vervalt, dan wordt verwacht dat dat areaal grasland krimpt omdat meer snijmaïs zal worden geteeld. De nitraatuitspoeling zou hierdoor kunnen toenemen ten opzichte van de huidige situatie met minimaal 80% in grasland op derogatiebedrijven.

In het CDM-advies zijn de resultaten van indicatieve berekeningen van de effecten van de kaders van duurzame bouwplannen voor openteeltbedrijven opgenomen. Een bouwplan met 33% van het areaal in rustgewassen leidt tot een daling van de nitraatconcentratie onder de openteelten van 4 mg L⁻¹ in Zand noord, 6 mg L⁻¹ in Zand midden en 8 mg L⁻¹ in Zand zuid, ten opzichte van de nitraatmetingen in 2018 van het Landelijk Meetnet Mestbeleid. In het lössgebied is het aandeel rustgewassen in het bouwplan gemiddeld genomen nu reeds groter dan 33%, waardoor hier geen effect van 33% van het areaal in rustgewassen wordt verwacht.

Bij de aanname dat op alle openteeltbedrijven een bouwplan met 33% rustgewassen wordt toegepast en dat op alle openteeltbedrijven voor 1 oktober een vanggewas is ingezaaid, verwacht de CDM dat de nitraatconcentratie met gemiddeld 20 – 30 mg L⁻¹ daalt. Een tijdig gezaaid vanggewas kan de nitraatconcentratie in het uitspoelingswater sterk verminderen, mits de stikstofbemesting van het volggewas wordt verminderd met de hoeveelheid stikstof die wordt opgenomen bij de teelt van een vanggewas. Volgens de CDM zou het doel van een maximum nitraatconcentratie van 50 mg L⁻¹ daarmee waarschijnlijk gerealiseerd kunnen worden bij de openteelten in alle zand- en lössgebieden. De onzekerheid in de uiteindelijke effecten is echter groot, vanwege praktische omstandigheden waardoor een tijdige inzaai van een vanggewas niet altijd mogelijk is.

Effecten van de door het ministerie van LNV opgestelde kaders voor duurzame bouwplannen zijn afhankelijk van de wijze waarop ze in de praktijk worden geïmplementeerd. De CDM constateert dat de invoering van de kaders voor duurzame bouwplannen grote implicaties heeft voor de praktijk en dat het wenselijk is in pilots eerst kwantitatieve onderzoeksgegevens te verzamelen om de maatregel effectief in te kunnen zetten.

III.11 Effecten van maatregelen op emissies naar de lucht

Voor de bepaling van de effecten van de maatregelen op de emissies van ammoniak (NH₃), lachgas (N₂O), stikstofoxiden (NO), methaan (CH₄) en koolstof (CO₂) naar de atmosfeer zijn de mestvolumes per mestsoort en het gebruik van stikstofkunstmest voor de verschillende maatregelen vergeleken met die in de Referentiesituatie 2027. Verondersteld is dat de omvang van de veestapel, de stalsystemen en de mestopslag niet wijzigen als gevolg van de maatregelen.

Door kortingen op de stikstofgebruiksnormen en/of de vermindering van de mestgebruiksruimte door het inrichten van mestvrije perceelsranden neemt de aanwendingsemismissie van ammoniak (NH₃) en de emissie van lachgas (N₂O) af. Door de aanvoer van organische stof naar de bodem met de teelt van vanggewassen of door de extra aanvoer van organische stofrijke mestsoorten neemt de emissie van lachgas in geringe mate toe. Het effect van de maatregelen op CO₂ emissie wordt neutraal ingeschat, met uitzondering voor de aanvoer van extra organische stof dat binnen een bedrijf extra CO₂ emissie veroorzaakt.

Door de aanname dat de omvang en de samenstelling van de veestapel niet wijzigt ten opzichte van de referentiesituatie in 2027 wordt het effect van de maatregelen op de methaanemissie als "neutraal" beoordeeld.

III.12 Effecten maatregelen op klimaat, biodiversiteit, verdroging en wateroverlast

Doordat de emissies naar de lucht slechts in zeer beperkte mate zullen veranderen, zullen ook de veranderingen in de effecten voor het klimaat gering zijn. Het verlagen van de mestgiften kan in theorie bijdragen aan een verbetering van de biodiversiteit. Door mestvrije perceelsranden met bloemrijke of kruidenrijke vegetaties in te richten en het bodemleven te stimuleren met vanggewassen

en organisch stofrijke meststoffen worden de kansen voor de biodiversiteit verhoogd. Het effect van de beschouwde maatregelen op verdroging is zeer gering, echter door de extra teelt van wintergewassen kan de grondwateraanvulling in droge gebieden iets verminderen met mogelijk een gering negatief effect op verdroging. Voor de bestrijding van wateroverlast wordt een gering positief effect verwacht.

IV. Conclusies

Een doel van de Nitraatrichtlijn is om gebiedsgemiddeld onder alle landbouwgronden een nitraatconcentratie van maximaal 50 mg L⁻¹ te realiseren. In scenario's A en B wordt het realiseren van dat doel bestemdigd voor het noordelijk en midden zandgebied, maar het doel wordt niet bereikt in het zuidelijk zandgebied en het lössgebied. In scenario C wordt ook in het zuidelijk zandgebied aan het nitraatdoel voldaan, maar in het lössgebied nog niet. Aan het doel om geen stijging van nitraatconcentraties te bewerkstelligen wordt overal voldaan. Aan het doel van de Nitraatrichtlijn om de eutrofiëring van het oppervlaktewater door de landbouw te verminderen, wordt in alle scenario's voldaan, zij het in beperkte mate.

De door het ministerie van LNV opgestelde kaders voor duurzame bouwplannen hebben volgens de CDM een positief effect hebben op de waterkwaliteit en bodemkwaliteit van openteeltbedrijven. De effecten van duurzame bouwplannen zijn gemiddeld groter voor de zand- en lössgronden dan voor de klei- en veengronden. Door 1 op 3 rustgewassen te telen op alle bouwland (inclusief maisland) en door op alle bouwland voor 1 oktober een vanggewas te zaaien (volgens de kaders voor duurzame bouwplannen), zou het nitraatdoel waarschijnlijk gerealiseerd kunnen worden in de zand- en lössgebieden. De onzekerheid in de berekende effecten is echter groot; de effecten van duurzame bouwplannen zijn afhankelijk van de wijze waarop ze in de praktijk worden geïmplementeerd. De invoering van duurzame bouwplannen heeft grote implicaties voor de praktijk. Daarom adviseert de CDM de effecten van de kaders van duurzame bouwplannen eerst te verkennen in pilots.

De onderzochte maatregelen leiden slechts tot geringe verbetering van de kwaliteit van het oppervlaktewater. Ook als de effecten van de maatregelen van het 7^e AP worden gecombineerd met de door waterbeheerders opgegeven maatregelen in het 3^e Stroomgebiedsbeheersplan zal het aantal oppervlaktewaterlichamen met de status "goed" slechts in geringe mate toenemen. De procentuele daling van de uit- en afspoeling uit landbouwgronden leidt tot een minder dan evenredige toename van het aantal waterlichamen met een goede kwaliteitsstatus.

In 2027 resteert voor een aanzienlijk deel van de wateren nog een opgave voor de verbetering van waterkwaliteit ten aanzien van nutriëntenconcentraties. Om de doelen te halen zijn voor een deel van de wateren verdergaande en/of andere maatregelen nodig.

De onderzochte maatregelen hebben een gering effect op de emissies van ammoniak (NH₃), lachgas (N₂O), stikstofoxiden (NO), methaan (CH₄) en koolstof (CO₂). Met de maatregelen worden de kansen voor het verbeteren van de biodiversiteit vergroot. Het effect van de maatregelen op verdroging is in het algemeen gering en voor de bestrijding van wateroverlast wordt een gering positief effect verwacht.

Summary

I. Motive and purpose

This Environmental Impact Assessment report at plan level (EIA) depicts the effects of the Seventh Action Programme Nitrates Directive (7th AP) on water quality in the Netherlands. Possible side-effects on air and soil quality, climate and biodiversity are also assessed. The 7th AP aims to take steps in fertiliser policy that ensures a good agricultural practice, improves water quality in the Netherlands and leads to nitrate concentrations in the upper groundwater that do not exceed a level of 50 mg L⁻¹. This should also counteract eutrophication of surface water and should contribute to the achievement of the objectives of the Water Framework Directive, as far as agriculture is concerned². The 7th AP describes a concrete elaboration of laws and regulations for a four-year period aimed at realising the objectives of the Nitrates Directive.

In this EIA, a qualitative assessment is also made of the effects of the proposed measures on emissions to air of ammonia (NH₃), nitrous oxide (N₂O), methane (CH₄) and CO₂, as well as the effects on biodiversity, the contribution to soil carbon sequestration, the counteraction of a decrease of groundwater recharge which could lead to undesirable effects on groundwater dependent ecosystems and the reduction of flooding.

II. Approach

II.1 Scenarios and baseline

Three scenarios were developed for the assessment of the environmental impacts. Scenario A assumes a continuation of current regulations and takes autonomous developments into consideration. The environmental status in 2027 in scenario A has been considered as the reference (Reference 2027). To describe the situation in 2027, the implemented policy measures of the 6th Action Programme and foreseen developments in livestock and land use were incorporated in the used simulation models.

Scenarios B and C were developed on top of the autonomous developments up to 2027. Scenario B contains a regulatory and stimulating package of measures that goes beyond the current measures in scenario A. Scenario C is the Most Environmentally-friendly Alternative.

The year 2019 was used as baseline depicting to the current situation.

II.2 Measures

For each scenario, a number of measures have been formulated (Table S1). The modelled evaluation of the scenario effects requires a translation of the measures into model formulations and model parameters. For a number of measures this was not possible. For those a substitute measure was formulated having an expected equal effect.

² Letter of the minister of Agriculture to the parliament on the assignment and progress of the Seventh Programme Nitrate Directive, dd 13th April 2021.

Table S1. Overview of the measures for the Reference situation 2027, scenario B and scenario C. Approaches and replacement measures with expected equal effect are indicated in italics.

Measures	Scenarios	Description
<i>Usage standards</i>		
Reduction of N-use standard in case of intensive cultivation plan	Reference 2027	In accordance with 6 th AP
	Scenario B	If two leaching-sensitive crops are grown in consecutive years: 10% reduction of N-use standard of 2 nd crop <i>(approached by a reduction proportionally applied to the share of leaching sensitive crops in crop rotation scheme at regional scale (minimum effect) and by a reduction applied to all leaching-sensitive crops (maximum effect))</i>
	Scenario C	Prohibition to grow two leaching sensitive crops in consecutive years on one field <i>(approximated by assuming that such a prohibition would lead to a lower N-surplus at field level. Impact assessed using a 20% reduced N use standard at field level).</i>
Reduction N-use standard for non-break crops	Reference 2027	In accordance with 6 th AP
	Scenario B	In accordance with 6 th AP
	Scenario C	Reduction of 15% in regions Sand North and Sand Central compared to nitrogen user standards in 2020, reduction in Sand South and Loess 30% compared to the N-use standards of the 4 th Action Programme. In Sand South and Loess a reduction of 20% is already applied to the leaching sensitive crops (part of the group of non-break crops) since the 5 th Action Programme. For this group, the reduction is thus 12.5% compared with the current situation.
<i>Instructions for use</i>		
Non fertilized field edges (Field edges do not count in the permissible fertiliser dosage on livestock farms)	Reference 2027	WFD water bodies and other watercourses: retain the current cultivation-free zone from the Activities Decree as a buffer strip: depending on crop type: 50 or 150 cm.
	Scenario B	WFD surface water bodies and vulnerable ecological water courses: strips of at least 5m. Other watercourses: minimum 2m wide cultivation-free zone for all crops and soils.
	Scenario C	WFD surface water bodies and vulnerable ecological water courses: strips of at least 7.5m. Other watercourses: minimum 3m wide cultivation-free zone for all crops and soils.
Thresholds in ridge cultivation	Reference 2027	Encouragement, not an obligation
	Scenario B	Obligatory measures for ridge cultivation on clay soil and loess soil
	Scenario C	Obligatory measures for ridge cultivation for all soil types
Catch crops	Reference 2027	Encouragement, not an obligation
	Scenario B	Encouragement, not an obligation <i>(explored by calculating the effect whereby the additional fertilising value of the catch crop is not subtracted from the fertiliser application of the consecutive crop).</i>
	Scenario C	Obligation to grow a winter crop or catch crop on all soils and crops where this is possible <i>(explored by calculating the effect whereby the additional fertilising value of the catch crop is subtracted from the fertiliser application of the consecutive crop).</i>
Extended crop rotation	Reference 2027	In accordance with 6 th AP; no additional measures
	Scenario B	In accordance with 6 th AP; no additional measures

Measures	Scenarios	Description
	Scenario C	Requirements for maximum proportion of leaching sensitive crops in the crop rotation scheme for sandy soils and loess soil. <i>(approached with an exploration of effects by assuming the replacement of ware potatoes with winter wheat (maximum effect))</i>
Additional measures		
Organic matter rich fertilisers	Reference 2027	Up to 3.5 kg phosphate per ton of (green) compost or comparable, the phosphate in this fertilizer counts for 50% in the permissible phosphate dosage. The part above 3.5 kg phosphate per ton counts for 100%.
	Scenario B	Up to 3,5 kg phosphate per ton (green) compost or comparable, the phosphate in this fertilizer counts for 25% in the permissible phosphate dosage. The part above 3,5 kg phosphate per ton counts for 100%. Up to 3,5 kg phosphate per ton of organic rich solid manure, mushroom substrate, solid cattle manure and bokashi the phosphate in this fertilizer counts for 60% in the permissible phosphate dosage. The part above that counts for 100%. <i>(Availability of relevant fertilisers and costs for farmer determine the implementation of the measure; approached with a literature study and scenarios with a distinction in soil improvers and organic matter-rich manure and a distinction in soil phosphate classes)</i>
	Scenario C	Up to 3.5 kg phosphate per ton (green) compost or comparable the phosphate in this fertilizer counts for 40% in the permissible phosphate dosage. The part above 3,5 kg phosphate per ton counts for 100%. Extra permissible phosphate dosage of 5 kg ha ⁻¹ phosphate applied to both 'high' and 'ample' soil phosphate class, provided that 20 kg ha ⁻¹ phosphate is applied as organic matter rich fertilizer. <i>(approached with: see scenario B)</i>
Addressing the effects of drought (Opinion of the Expert Committee on the Fertiliser Act is still being expected)	Reference 2027	National drought monitor grassland <i>(under construction, no impact assessment possible yet)</i>
	Scenario B	In case of a structural drought effects, starting from the 8th AP, 25% of the N-mineral stock in soil during spring time will be subtracted from the nitrogen use standard for arable and horticultural crops on sandy soils and loess soil. <i>(exploration of a possible approaches by reductions of fertiliser applications, crop replacement and cultivation of additional catch crops)</i> National drought monitor grassland <i>(under construction, no impact assessment possible yet)</i>
	Scenario C	Obligatory Nmin measurement in spring on sandy and loess soils for arable and horticultural crops, whereby as from the 7 th AP 50% of the Nmin stock in soil will be subtracted from the nitrogen use standard <i>(approach: see Scenario B)</i> Generic reduction of N-use standard in areas where drought leads to higher nitrogen soil surplus <i>(No impact assessment, measure needs further clarification)</i>

II.3 Voluntary measures

In the 7th Action Programme, as in the 6th Action Programme, effects of the Delta Plan for Agricultural Water Management (DAW) are expected. A number of voluntary measures have been formulated in the DAW. Farmers will be stimulated to implement these measures but due to their voluntary nature it is not clear in advance to what extent these measures will be implemented. The effects of these voluntary measures on water quality have been assessed with an assumption for the degree of implementation. Possible side effects have not been assessed. These DAW measures can be distinguished in dairy farming and arable farming. Another distinction is between source-oriented measures, route-oriented measures and end-of-pipe measures. The source-oriented DAW measures are aimed at the maximum use efficiency of nutrients and include an adjustment in the manure application times, an extension of the grassland age, row fertilisation in open cultivation, the cultivation of deep-rooting break crops and the maximum use of catch crops. The route-oriented measures concern thresholds in ridge cultivation, where this is not yet obligatory in Scenarios B or C.

The 'end-of-pipe' measure concerns the installation of iron sand enveloped drains in soil that are extremely sensitive for P-leaching.

II.4 Assessment methods

Impacts of measures and measure ensembles have been assessed by the results of four different models: the INITIATOR-model, the National Water Quality Model (LWKM 1.2), the WOGWOD-model and the Nitrate Model of the project 'Duurzaam Schoon Grondwater' (DSG), in which the measurements of Waterleiding Maatschappij Limburg are incorporated. The models have been used for:

- With the INITIATOR model, the manure distribution and the effects of measures on the emissions of NH₃, N₂O and CH₄ were calculated.
- The LWKM1.2 was used to calculate area-wide nitrate concentrations in water leaching from the root zone and the nitrogen and phosphorus load on surface water from agricultural and natural land, as well as the summer concentrations in water that leaches into surface water.
- With the WOGWOD model, effects of measures on nitrate concentration were calculated for regionally averaged crop rotation schemes.
- With the Nitrate Model DSG project, the effects of measures on nitrate concentrations were calculated assuming farm level-crop rotation schemes in the loess area.

The impacts of measures on the emissions of NH₃, N₂O, NO, CH₄ and CO₂ to air have been assessed with an expert evaluation in addition to the calculations with INITIATOR. The year 2027 was chosen as the reference year for the assessment. This is two years after the end of the 7th Action Programme. The time between a measure and its effect on the nitrate concentration in the upper groundwater can be several years, and in 2027 the effects of the measures taken up to and including 2025 should be visible. This vision year is also the last year of the planning period of the 3rd River Basin Management Plans.

II.5 Ex-ante analysis 3rd River Basin Management Plans

An ex-ante analysis of the 3rd River Basin Management Plans (ex-ante 3rd RBMP) was carried out simultaneously with the drafting the EIA. The aim was to harmonise the starting points in both analyses by exchanging information. Model results obtained in the EIA study on the nutrient load on surface water were used in the ex-ante 3rd RBMP study. Results from the ex-ante 3rd RBMP on the degree of WFD target achievement with regard to nutrient levels in surface water have been incorporated into the assessment of environmental effects of the 7th AP. For the calculation of nutrient concentrations in the ex-ante 3rd RBMP three sets of data were compiled from the EIA study:

- A. Set A contains the information on the leaching to surface waters from agriculture and nature land in 2027 according to Scenario A.
- B. Set B is based on Scenario A and includes the effects of a reduction of the N-use standard in intensive cropping plans, non-fertilized field edges and thresholds in ridge cultivation according to Scenario B and the full ensemble of DAW measures with an implementation level according to the scenario 'foreseen' in the National Water Quality Analysis.
- C. Set C is based on Scenario A and includes the effects of a reduction of the N-use standard for non-break crops, non-fertilized field edges and thresholds in ridge cultivation according to Scenario C and the full ensemble of DAW measures with an implementation level according to the 'maximum' scenario in the National Water Quality Analysis.

II.6 Groundwater protection areas

The nitrate concentration in 34 groundwater protection areas as measured by the protocol of the National Monitoring Network effects of Manure Policy (LMM) is one of the focal points of 7th Action Programme. As yet, no separate or supplementary measures have been formulated for this in the 7th AP. Based on the characteristics of the agricultural fields in the groundwater protection areas, the nitrate concentrations calculated with the LWKM have been down scaled to the groundwater protection areas. As the results of the LWKM are only reliable on a coarser spatial scale, the final effects have been aggregated per province.

III. Results

III.1 Baseline 2019 and Reference 2027

For the calculation of the baseline in 2019, it is assumed that in practice there is 'overfertilisation' (a higher fertilisation than the fertilisation standard indicate). The scenarios for 2027 assume that on all farms Good Agricultural Practice is practiced and fertilisation does not exceed the fertiliser use standards. The assessment of the effect of measures aimed at complying with use standards and use regulations is beyond the scope of this Environmental Impact Assessment. A comparison of model results with measurements shows that in the southern sand area a decrease in nitrate concentration of more than 10 mg L⁻¹ can be expected when fertilizer applications are in accordance with the application standards.

In addition, the model results indicate an effect of 'lagging' of measures already taken in the 6th EAP. Effects of the reductions of the phosphate use standard for maize and arable land and of setting the final date for sowing a catch crop subsequent to maize on sandy and loess soil are not yet visible in the simulated nitrate concentrations in 2019. The time between a measure and its effect can be several years due to lagging.

Despite a decrease in nitrate concentration due to fertilisation in accordance with the application standards and due to the lagging effects of measures already taken, the nitrate target will not be achieved in the southern sand and loess areas by 2027 (Table S2). For group of arable crops and horticulture crops, the nitrate target is not met in any of the sand and loess areas.

Table S2. Calculated area averaged nitrate concentrations (mg L⁻¹ nitrate) for the Reference 2027 for four regions.

Farming type	Sand North	Sand central	Sand South	Loess
Agriculture average	40	38	55	66
Arable and horticulture	60	70	85	73
Dairy farming	29	36	44	61

III.2 Effects of Scenarios B and C measures on nitrate concentrations

Effects of the measures on nitrate concentrations were assessed separately with one or more of the above models or by expert judgement (Table S.2).

Table S3. Calculated and estimated effects of measures of Scenarios B and C on nitrate concentration in leaching water in 2027.

Measures	Scenarios	Effect on nitrate concentration (mg L ⁻¹)
Usage standards		
Reduction of N-use standard in case of intensive cultivation plan	Scenario B	Reduction of resp. 1 – 8, 1 – 6, 1 – 6 and 0 – 6 mg L ⁻¹ for the arable and horticultural crops in regions Sand North, Sand Central, Sand South and Loess depending on assumptions. Maximum effect calculated for the reduction of N-use standard applied to all leaching sensitive arable and horticultural crops
	Scenario C	Maximum reduction of 16, 12, 11 and 7 mg L ⁻¹ in for arable and horticultural crops in regions Sand North, Sand Central, Sand South and Loess, respectively, calculated with extreme assumptions
Reduction N-use standard for non-break crops	Scenario B	n.a.
	Scenario C	Reduction of 4, 5, 5 and 2 mg L ⁻¹ respectively for arable and horticultural crops in regions Sand North, Sand Central, Sand South and Loess
Instructions for use		
Non fertilized field edges	Scenario B	Reduction less than 1 mg L ⁻¹ in sand and loess areas
	Scenario C	Reduction less than 1 mg L ⁻¹ in sand and loess areas
Thresholds in ridge cultivation	Scenario B	Negligible effect
	Scenario C	Negligible effect
Catch crops	Scenario B	Maximum reduction of 4, 4, 4 and 6 mg L ⁻¹ in regions Sand North, Sand Central, Sand South and Loess, respectively.
	Scenario C	Maximum reductions of 12, 13, 11 and 16 mg L ⁻¹ in regions Sand North,

Measures	Scenarios	Effect on nitrate concentration (mg L ⁻¹)
		Sand Central, Sand South and Loess respectively. If the crop is incorporated into the crop rotation scheme of an arable farm in the loess region, a reduction of 4 mg L ⁻¹ is calculated
Extended crop rotation	Scenario B	n.a.
	Scenario C	Maximum reduction of 15, 11, 4 and 0 – 11 mg L ⁻¹ respectively for arable and horticultural crops in regions Sand North, Sand Central, Sand South and Loess, calculated under the extreme assumption of substitution of potatoes by winter wheat
Additional measures		
Organic matter rich fertilisers	Scenario B	Low impact, depending on specific conditions possibly increase or Decrease
	Scenario C	See Scenario B
Addressing the effects of drought	Scenario B	Scenarios as defined in table S1 require further elaboration and have not been calculated. Exploratory model calculations indicate that an increased nitrate concentration as a result of drought can only be partially mitigated.
	Scenario C	See Scenario B. Further elaboration of "Generic reduction of N-use standard" is desirable. Prior questions to be answered: "Which percentage should be imposed for the reduction?", "Temporary or permanent reduction?"

The assessment of the effects of catch crops does not take into account the practical limitations such as unfavourable weather conditions and the unsuitability of some catch crops subsequent to tuber and root crops because of nematode spreading. In practice, therefore, the effects will probably be smaller than indicated in Table S3.

In the years 2018 and 2019, higher nitrate concentrations were measured than in the previous years. It is believed that the dry summers of 2018 and 2019 had a significant influence on the increase in nitrate concentrations in 2019 and 2020. For a number of areas, this has led to average concentrations exceeding the limit 50 mg L⁻¹ for nitrate. An exploratory model calculation indicates that nitrate concentrations were relatively low until 2018 due to mild weather conditions. Under climate-representative weather conditions, nitrate concentrations would have been a few milligrams per litre higher.

Measures to counteract an increase in nitrate concentrations due to drought can, in practice, never completely cancel out the increase. For grassland, fertilisation is already reduced during a dry summer because fewer grass cuts can be harvested. As a measure, a possible grassland renewal can be adapted as well as grazing of grassland in autumn. For arable land, there are possibilities to take measures after the harvest, such as adjusting the fertilisation of the subsequent main crop, adjusting the crop rotation schema, for example, by growing a deep rooting succeeding crop, removing a crop that failed due to drought and growing a catch crop. These measures cancel out at most half of the effect of drought on nitrate concentrations.

III.3 Effects of voluntary measures on nitrate concentrations

The full ensemble of voluntary measures (DAW) implemented on all farms would result in an average reduction of the nitrate concentration of 5 - 10 mg L⁻¹ in the sand and loess areas. For arable and horticultural farms, the reduction is somewhat larger with 8 - 14 mg L⁻¹ than for dairy farms (3 - 9 mg L⁻¹). The uncertainty in the effects of voluntary measures is relatively large, because it is not clear how many farms implement these measures.

III.4 Effects on area-averaged nitrate concentrations

The combination of measures in the southern sand area does not yet lead to compliance with the nitrate target in scenario B, but does in scenario C. For the loess area, however, nitrate concentrations remain higher than 50 mg L⁻¹ in scenarios B and C (Table S4).

Table S4. Area averaged nitrate concentrations for the Reference 2027, Scenario B and Scenario C for the combined measures

Region	Nitrate concentration (mg L ⁻¹)		
	Reference 2027	Scenario B	Scenario C
Sand North	40	38	35
Sand Central	38	37	35
Sand South	55	53	48
Loess	66	64	60

In the regions with a relatively large share of arable land, nitrate concentration decreases more sharply than in the areas with a relatively large share of dairy land (Sand Central). The area-averaged decrease in nitrate concentration among arable and horticultural crops is greatest in the Sand South (11 mg L⁻¹) and smallest in the Loess area (6 mg L⁻¹)

III.5 Effects on nitrate concentrations in groundwater protection areas

The reduction of nitrate leaching in groundwater protection areas is a point of attention in the Nitrate Action Programme. The decrease of nitrate concentrations in agricultural soils in the 34 groundwater protection areas at maximum deployment of the source-oriented DAW measures amounts to 10 and 25 mg L⁻¹ in the long term. For 9 of the 34 groundwater protection areas, this results in a concentration below or equal to 50 mg L⁻¹. The prediction is based on the land use of 2019 and it is assumed that there will be no intensification of crop cultivation. Agricultural land covers part of the surface of the groundwater protection areas. The area-averaged nitrate concentrations are lower than the concentrations for agricultural land. Based on area-averaged nitrate concentrations, more than 9 areas can comply with the limit value of 50 mg L⁻¹ for nitrate.

III.6 Effects on nutrient load on surface waters

Effects of the measures on the area-averaged loads of nitrogen and phosphorus on surface waters by leaching from agricultural soils were calculated for a number of measures with the National Water Quality Model (Table S5).

Table S5 Effects of the measures on the area-averaged loads of nitrogen and phosphorus on surface waters in 2027.

Measure	Scenario	Impact on nitrogen and phosphorus leaching to surface waters from agricultural soils (compared to Reference)
<i>Usage standards</i>		
Reduction of N-use standard in case of intensive cultivation plan	Scenario B	Reduction of area averaged nitrogen leaching by 0.6%, 0.1% and 0.3% in Sand North, Sand Middle and Sand South respectively. No effect for loess. Negligible effect on phosphorus leaching.
	Scenario C	Not determined
Reduction N-use standard for non-break crops	Scenario B	n.a.
	Scenario C	Reduction of area averaged nitrogen leaching by 2.6%, 1.6%, 2.8% and 1.23% in Sand North, Sand Central, Sand South and Loess respectively. Negligible effect on phosphorus leaching.
<i>Instructions for use</i>		
Non fertilized field edges	Scenario B	Reduction of area-average nitrogen leaching by 4%, 6%, 6%, 14% and 1% respectively in the sand, river clay, marine clay, peat and loess region Reduction of area-average phosphorus leaching by 3%, 5%, 3%, 7% and 2% respectively in the sand, river clay, marine clay, peat and loess region
	Scenario C	Reduction of area-average nitrogen leaching by 6%, 9%, 20% and 2% respectively in the sand, river clay, marine clay, peat and loess region Reduction of area-average phosphorus leaching by 4%, 6%, 6%, 14% and 1% respectively in the sand, river clay, marine clay, peat and loess region
Thresholds in ridge cultivation	Scenario B	Impact on the nitrogen load of surface water is minor. Estimation of effect on phosphorus load in surface water: reduction of $\leq 0.02 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1} \text{ P}$, area averaged for the marine clay and loess region (some percent). Local effects may be larger.

Measure	Scenario	Impact on nitrogen and phosphorus leaching to surface waters from agricultural soils (compared to Reference)
	Scenario C	See Scenario B. Reduction of P load on surface water less than 0.01 kg ha ⁻¹ yr ⁻¹ area averaged for the sand, river clay and peat region (a few percent)

The effects of thresholds in ridge cultivation on the nutrient loads on surface water are difficult to quantify. The effect is determined by the risk of surface runoff and the intensity of rainfall, which is influenced by the soil type, the orientation of ridges on the field, the crop and the growth stage.

The measures catch crops, extended crop rotation, organic matter-rich fertilisers and counteracting the effects of drought lead only to small reductions in the nutrient load on surface water (Table S5).

III.7 Effects of voluntary measures on nutrient loads on surface waters

The full ensemble of source-oriented voluntary measures (DAW) implemented on all farms reduces the N load on surface water by up to 19% in sandy areas with high nitrate concentration and by about 10% in clay and peatland areas. The source-oriented DAW measures have a minor effect on the phosphorous load on surface water. Where phosphate treatment is applied by means of the measure "installing tile drains enveloped with iron sand", the reduction of the phosphorus load to surface water can be locally significant.

III.8 Effects of measure ensembles on nutrient loads in surface waters

With the results of the National Water Quality Model, three data sets have been compiled for the ex-ante 3rd RBMP, with in set A the information on the nutrient leaching of the Reference situation 2027. The sets B and C correspond to scenarios B and C, in which the effects of voluntary measures (DAW) have also been incorporated. The main findings for the nutrient load on surface water are:

- The nitrogen load on surface water from agricultural soils decreases in scenario B by 2,2 - 5,5% compared to the reference situation. The largest decrease is calculated for parts of the sandy area with high nitrate concentrations in the upper groundwater and the smallest decrease for marine clay areas. The decrease in phosphorus load on surface water amounts to 1.0 - 3.3% with the largest percentage for the sandy areas and the smallest percentage for the clay and peat areas. However, the absolute decrease is higher for the clay and peat soils than for the sandy soils.
- The nitrogen load on surface water in Scenario C decreases by 6 - 13% compared to the reference situation, with the greatest decrease in the sandy areas and the smallest decrease in the marine clay areas. The reduction in phosphorus load on surface water is 1.2 - 4.4% compared to the reference situation. The percentage decrease of summer values of phosphorus concentrations in the leaching water is about the same.

III.9 Effects of measure ensembles on the WFD target achievement

The target achievement of the summer values of the nitrogen and phosphorous concentrations in the regional WFD water bodies has been determined as part of the ex-ante 3rd RBMP, using a LWKM1.2 sub model for the simulation of nutrient concentrations in WFD water bodies. To this end, an additional scenario has been added in the ex-ante analysis of the 3rd RBMP taking account for improvement of sewage treatment plants. Results from this scenario indicate that the effects are limited:

- For the majority of WFD water bodies (more than 75%), reductions in nitrogen concentrations are calculated below 5% for scenario B and below 10% for scenario C (with the most far-reaching measures). For phosphorus concentrations, the reductions are similar.
- In the baseline situation (2019), about half of the regional water bodies meets the standards for nitrogen or phosphorus (good status). In the most far-reaching scenario for 2027 (Most Environmentally friendly Alternative), just over 60% of the WFD water bodies meet the nitrogen and phosphorus standards for a good quality status.

III.10 Effects of sustainable cropping plans on water quality

The Committee of Experts on Fertilizers Act (CDM) concludes on the basis of an exploratory study that steering towards sustainable cropping plans, in accordance with the frameworks established by the Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries, has a positive effect on the water quality and soil quality of open-field farms, because the areas of break crops and catch crops increase. It is expected that the effects of the frameworks for sustainable cropping plans will, on average, be greater for sand and loess soils than for clay and peat soils.

For dairy farms, it is expected that the derogation is decisive for the crop rotation plan. If the derogation changes or expires in the future, whereby the requirement of at least 80% of the area in grassland expires, it is expected that the area of grassland will decrease because more silage maize will be cultivated. Nitrate leaching could therefore increase compared to the current situation for which at least 80% of the area of derogated farms consists of grassland.

The CDM advisory report contains the results of indicative calculations of the effects of sustainable cropping plans for open-field farms. A cropping plan with 33% of the area in break crops leads to a decrease in the nitrate concentration under arable land of 4 mg L⁻¹ in Sand North, 6 mg L⁻¹ in Sand Central and 8 mg L⁻¹ in Sand South compared to the measured nitrate concentrations in 2018 by the National Monitoring Network effects of Manure Policy (LMM). In the loess area, the share of break crops in the crop rotation scheme is already higher than 33% on average, so no effect of 33% rule for break crops is expected here.

Assuming that on all open field farms a cropping plan with 33% break crops is applied and that on all open field farms a catch crop is sown before 1 October, the CDM expects the nitrate concentration to decrease on average by 20 - 30 mg L⁻¹. A catch crop sown in time can strongly reduce the nitrate concentration in the leaching water, provided that the nitrogen fertilisation of the succeeding crop is reduced by the amount of nitrogen taken up by the catch crop. According to the CDM, the target of a maximum nitrate concentration of 50 mg L⁻¹ could thus probably be achieved on open field farms in all sand and loess areas. However, the uncertainty in the final effects is high, due to practical circumstances that do not always allow for a timely sowing of a catch crop.

The effects of the frameworks for sustainable cropping plans drawn up by the Ministry of LNV depend on how they are implemented in practice. The CDM notes that the introduction of the frameworks for sustainable building plans has major implications for agricultural practice and that it is desirable to first gather quantitative research data in pilots in order to be able to effectively implement the measure.

III.11 Effects of measures on emissions to air

The impacts of the measures on the emissions of ammonia (NH₃), nitrous oxide (N₂O), nitrogen oxides (NO), methane (CH₄) and carbon (CO₂) to the atmosphere were determined by comparing the total manure per manure type and by the application of nitrogen fertilisers as a result of the different measures relative to those of the Reference situation 2027. It is assumed that the livestock numbers, the housing systems and manure storage capacity do not change as a result of the measures.

Reductions in nitrogen application standards and/or the reduction of the manure application area by the establishment of non-fertilised field edges reduce the emission of ammonia (NH₃) during manure application and the emission of nitrous oxide (N₂O). The supply of organic matter to the soil by the cultivation of catch crops or by an additional supply of organic matter-rich manure causes a slight increase of the emission of nitrous oxide. The effect of the measures on CO₂ emissions is estimated to be neutral, with an exception of the supply of additional organic matter by (green) compost or organic rich manure applications causing an increase of CO₂ emissions at the fields where they are applied.

Due to the assumption of no changes in size and composition of the livestock population in 2027, the impact of the measures on methane emissions is assessed as "neutral".

III.12 Effects of measures on climate, biodiversity, groundwater recharge and risk of flooding

As the emissions to the air will only change to a very limited extent, the changes in the effects on the climate will also be small. The reduction of manure applications can, in theory, contribute to an improvement in biodiversity. Establishing non-fertilized edges with a flowery or herb-rich vegetation contribute to a larger biodiversity as well as the stimulation soil life by catch crops and by the application of organic matter-rich fertilisers. The effect of the measures counteracting desiccation is considered to be very small, but the additional cultivation of winter crops can slightly reduce the groundwater recharge in dry areas. A slight positive effect is expected with respect to the prevention of flooding.

IV. Conclusions

An objective of the Nitrates Directive is to achieve an area-averaged nitrate concentration below or at maximum 50 mg L⁻¹ for all agricultural land. In scenarios A and B, this target is met in the northern and central sand areas, but not in the southern sand and loess area. In scenario C, the nitrate target is also met in the southern sand area but not yet in the loess area. The objective of no increase of nitrate concentrations is met everywhere. The objective of the Nitrates Directive to reduce the eutrophication of surface water caused by agriculture is met in all scenarios, albeit to a limited extent.

According to the Committee of Experts on Fertilizers Act (CDM), the frameworks for sustainable cropping plans drafted by the Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries have a positive effect on the water quality and soil quality of open field farms. The effects of sustainable cropping plans are, on average, greater for sand and loess soil than for clay and peat soil. By growing 1 out of 3 break crops on all arable land (including maize land) and by sowing a catch crop on all arable land before 1st October (according to the frameworks for sustainable cropping plans), the nitrate target could probably be realised in all sand and loess areas. However, the uncertainty in the calculated effects is large; the effects of sustainable cropping plans depend on how they are implemented in practice. It has major implications for agricultural practice and that is why the CDM advises to first explore the effects of the frameworks for sustainable building plans in pilots.

The measures investigated lead to only minor improvements in the quality of surface water. Even if the effects of the measures of the 7th AP are combined with the measures planned by water boards in the 3rd River Basin Management Plan, the number of surface water bodies with "good" status concerning nutrient concentrations will only slightly increase. The decrease in nutrient leaching from agricultural land leads to a less than proportionate increase in the number of water bodies achieving with good quality status.

In 2027, a significant part of the water bodies still has to meet water quality targets for nutrient concentrations. To achieve the targets, further and/or different measures are required for some of the waters.

The measures investigated have a minor effect on emissions of ammonia (NH₃), nitrous oxide (N₂O), nitrogen oxides (NO), methane (CH₄) and carbon (CO₂). The measures will increase the opportunities for the improvement of biodiversity. The effect of the measures on counteracting the decrease of groundwater recharge which could possibly result in undesirable effects on groundwater dependent ecosystems is generally very small and a minor positive effect is expected for the prevention of flooding.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De Rijksoverheid stelt eenmaal in de vier jaar een Actieprogramma voor de Nitraatrichtlijn (AP) op. In 2021 wordt het 7e Actieprogramma (7^e AP) opgesteld dat betrekking heeft op de periode 2022-2025. Voor de Actieprogramma's wordt een milieueffectrapportage op Planniveau opgesteld (PlanMER).

Ter voorbereiding van de invoering van het Vijfde Actieprogramma Nitraatrichtlijn (2014-2017) is een beknopte milieueffectrapportage (PlanMER) op planniveau samengesteld door Schoumans et al (2013). Die PlanMER richtte zich vooral op het bodem- en watercompartiment, en met name op de verbetering van de nitraatconcentratie in het grondwater en de vermindering van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater die behaald kon worden met beleidsvoornemens van 2017. Voor het Zesde Actieprogramma Nitraatrichtlijn (2018-2021) is een milieueffectrapport samengesteld door Groenendijk et al (2017). Ook in dat rapport lag de nadruk op de nitraatconcentratie in het grondwater op de diepte waarop toetsing van het mestbeleid plaatsvindt, en op de vermindering van de nutriëntenbelasting van oppervlaktewater. Daarnaast werden aspecten zoals luchtkwaliteit en bodemkwaliteit kwalitatief beoordeeld. Een synthese van de effecten van individuele maatregelen tot een totaal effect van een pakket maatregelen was gezien de toenmalige stand van kennis niet te geven. Hoofdstuk 7.1 geeft een overzicht van de behandelde thema's in een aantal recente beleidsondersteunende rapportages over de relatie tussen landbouw en waterkwaliteit.

Gedeeltelijk gelijktijdig en gedeeltelijk volgtijdig aan de PlanMER voor het 7e Actieprogramma wordt een ex-ante analyse van de 3e Stroomgebieds-beheersplannen uitgevoerd (3^e SGBP). Hierin wordt de effecten van de door waterbeheerders aangegeven maatregelen in combinatie met de maatregelen van het 7e Actieprogramma beoordeeld. De berekende effecten van het 7e Actieprogramma zijn input voor de ex-ante analyse 3e SGBP en anderzijds wordt informatie over berekende stikstof- en fosforconcentraties van het oppervlaktewater gebruikt in de milieueffectrapportage van het 7e AP.

1.2 Doel 7^e Actieprogramma en reikwijdte PlanMER

Alle lidstaten van de Europese Unie moeten voldoen aan de doelstellingen van de EU-nitraatrichtlijn (EEC, 1991). Het doel van het Nederlands Actieprogramma is om de doelstellingen van de Nitraatrichtlijn in Nederland te realiseren. De nitraatrichtlijn heeft tot doel om het water te beschermen tegen verontreinigingen door nitraten uit agrarische bronnen en tevens de eutrofiëring van oppervlaktewater te voorkomen. Het Actieprogramma is gericht op het verminderen en voorkomen van verontreiniging van grond- en oppervlaktewater die samenhangt met het mest- en meststoffengebruik in de landbouw. De maatregelen die daarvoor ingezet worden grijpen dan ook aan op de bemestingspraktijk. De maatregelen hebben ook effect op andere milieuaspecten dan water namelijk:

- Bodemkwaliteit: fosfaattoestand, gehalte aan organische stof, zuurgraad, bodemverdichting, bodemleven;
- Luchtkwaliteit (klimaat): emissies van ammoniak (NH₃), lachgas (N₂O) en overige gasvormige stikstofoxiden (NO_x), methaan (CH₄), koolstofdioxide (CO₂), fijnstof en geur;
- Menselijk gezondheid: fijnstof, pathogenen;
- Natuurkwaliteit: emissies van stikstof en fosfaat naar grond- en oppervlaktewater en ammoniakemissies naar de lucht;
- Grondstoffenverbruik: kunstmestgebruik;
- Vervoer: vervoerbewegingen door verplaatsing van mest.

Omdat de Nitraatrichtlijn zich vooral richt op de verbetering van de nitraatconcentratie van het grondwater en de vermindering van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater is de evaluatie primair gericht op effecten van de scenario's (maatregelen) op de nitraatconcentraties van het grondwater en wordt het effect op de emissies naar de lucht en de gevolgen voor de biodiversiteit, verdroging en wateroverlast kwalitatief beoordeeld. De andere onderdelen (grondstoffenverbruik, vervoer en bodemkwaliteit) worden in dit rapport niet behandeld.

1.3 Instrumenten van het Actieprogramma

De instrumenten die in het kader van een Actieprogramma Nitraatrichtlijn ingezet worden, zijn in de eerste plaats de instrumenten die zijn opgesomd in bijlage II en bijlage III van de Nitraatrichtlijn (EEC, 1991). Nederland heeft vrijwel al deze instrumenten al op enige wijze ingezet waarbij wel verschillende invullingen van deze instrumenten mogelijk zijn. In de diverse Actieprogramma's (o.a. vijfde en zesde AP) is een aantal keuzes gemaakt t.a.v. het beleid dat op dat moment gevoerd wordt. Deze worden hieronder kort behandeld.

Gebruiksnormen werkzame stikstof

De Nederlandse gebruiksnormen voor stikstof zijn gebaseerd op een bodembalans, zoals is toegelicht in het Derde Actieprogramma (Anonymus, 2004). De gebruiksnormen voor stikstof zijn aanvankelijk vastgesteld op of rond het optimum uit oogpunt van gewasproductie en zijn in de loop van jaren aangepast. Gedurende het vierde en vijfde Actieprogramma zijn de gebruiksnormen verder aangescherpt. Voor de zand- en lössgronden in het zuiden van Nederland zijn per 2015 de stikstofgebruiksnormen van uitspoelingsgevoelige akkerbouw- en tuinbouwgewassen (inclusief snijmaïs) met 20% verlaagd om de gewenste nitraatconcentratie van maximaal 50 mg L⁻¹ grondwater na te streven. De stikstofgebruiksnormen in dat gebied liggen daarmee onder het landbouwkundige optimum. Omdat in het kleigebied de gebiedsgemiddelde nitraatconcentratie in normale tot matig droge jaren in uitspoelend water uit de wortelzone ruim onder de grenswaarde van 50 mg L⁻¹ lag, is in het vijfde actieprogramma de stikstofgebruiksnorm voor de teelt van gras op klei in overeenstemming gebracht met het bemestingsadvies, door de stikstofgebruiksnorm te verhogen. Gedurende het zesde Actieprogramma zijn de gebruiksnormen voor de teelt van mais op gescheurd grasland aangepast en is de stikstofgebruiksnorm in de graszaadteelt van veldbeemd op kleigrond verhoogd van 110 naar 130 kg ha⁻¹ N.

Gebruiksnormen fosfaat

Nederland kent fosfaatgebruiksnormen die zijn gedifferentieerd naar grondgebruik (grasland of bouwland) en naar fosfaattoestand van de bodem. Tot en met het vijfde Actieprogramma werden de klassen hoog, neutraal, laag, fosfaatarm of -fixerend onderscheiden. De gebruiksnormen voor fosfaat hebben tot doel evenwicht te bereiken tussen de fosfaatbeschikbaarheid en de fosfaatbehoefte van gewassen.

In 2021 is de onderliggende beoordelingsmethode aangepast op basis van een P-beschikbaarheidsindex waarmee strakker gestuurd kan worden op de actuele P-buffering van landbouwbodems. De oude klasse 'neutraal' is gesplitst in een klasse 'neutraal' en een klasse 'ruim voldoende'. De gebruiksnorm voor de klasse 'hoog' is vanaf 2020 verlaagd en die van 'laag' en 'neutraal' zijn verhoogd (Tabel B1.2.1).

De gebruiksnormen voor landbouwpercelen met de fosfaattoestand 'laag' of 'arm' zijn hoger om het gewas te voorzien van voldoende fosfaat én om de fosfaattoestand van de bodem geleidelijk te laten toenemen tot de landbouwkundig gewenste toestand 'neutraal'. Voor landbouwpercelen met fosfaattoestand 'hoog' kan met een lagere fosfaatgebruiksnorm worden volstaan dan de gewassen aan fosfaat onttrekken, omdat de bodem voldoende vermogen heeft om fosfaat te leveren. Hierdoor zal een geleidelijke verlaging van de fosfaattoestand van de betreffende percelen richting 'neutraal' plaatsvinden, een verlaging die ondersteund wordt door metingen uit het agrarisch meetnet.

Tabel 1.1. Fosfaatgebruiksnorm in kg fosfaat (P_2O_5) per ha in de periode 2006-2020 voor grasland en bouwland per fosfaattoestandsklasse van de bodem (Fraters et al., 2020 en Ministerie van LNV & Ministerie van IenW, 2017)¹

Gewas	Toestands- klasse	2006	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015//19	2020
Grasland	Laag	110	100	100	100	100	100	100	100	105
	Neutraal	110	100	95	95	95	95	95	90	95
	Ruim voldoende									90
	Hoog	110	100	90	90	85	85	85	80	75
Akkerland	Laag	95	85	85	85	85	85	80	75	80
	Neutraal	95	85	80	75	70	65	65	60	70
	Ruim voldoende									60
	Hoog	95	85	75	70	65	55	55	50	40

¹ De fosfaattoestand voor grasland is uitgedrukt in de PAL-waarde, voor akkerland in de Pw-waarde. De klassenindeling van P-toestanden is vanaf 2020 aangepast (Bron: Zesde Actieprogramma Nitraatrichtlijn).

Gebruiksnorm dierlijke mest

Nederland hanteert voor de jaarlijkse gift aan dierlijke mest een norm van 170 kg stikstof per hectare per jaar, conform de Nitraatrichtlijn. Daar is geen afwijking van mogelijk, anders dan via een derogatie. Op basis van de zogenaamde derogatie kunnen landbouwbedrijven gebruik maken van de mogelijkheid om onder voorwaarden (onder meer de voorwaarde dat 80% of meer van de oppervlakte landbouwgrond van het landbouwbedrijf grasland is; het opstellen, bijhouden en beschikbaar hebben van een bemestingsplan; geen gebruik van fosfaatkunstmest) een gebruiksnorm voor stikstof uit dierlijke mest van 230 kg ha⁻¹ jr⁻¹ op zand- en lössgrond in centraal en zuidelijk Nederland (de provincies Overijssel, Gelderland en Utrecht respectievelijk Noord-Brabant en Limburg) en 250 kg ha⁻¹ jr⁻¹ in overig Nederland toe te passen. Deze derogatie mag alleen worden toegepast met graasdiermest.

Gebruiksvoorschriften

De gebruiksvoorschriften zijn erop gericht verliezen van de nutriënten stikstof en fosfaat zo veel mogelijk te minimaliseren door goede landbouwpraktijk te bevorderen. In de uitgebreide gebruiksvoorschriften wordt o.a. voorzien in de beperking van de periodes waarin mest mag worden uitgereden, de methoden om mest op of in de bodem te brengen en de omstandigheden waarmee daarbij rekening moet worden gehouden en de verplichting op zandgrond voor het telen van vanggewassen na de maïsteelt. Daarnaast zijn er voorschriften en normen ten aanzien van teeltvrije zones, de capaciteit van mestopslagen bij veehouderijbedrijven (verplichte opslagcapaciteit van zeven maanden) en, met het oog op een adequate uitvoering en handhaving, de verplichting tot het bijhouden van een meststoffenboekhouding.

Grondwaterbeschermingsgebieden

De Drinkwaterwet legt aan alle bestuursorganen een zorgplicht op voor de duurzame veiligstelling van de openbare drinkwatervoorziening in de volle breedte. Deze duurzame veiligstelling van de openbare drinkwatervoorziening geldt als een dwingende reden van groot openbaar belang. De Wet milieubeheer verplicht sinds 1994 elke provincie om in de provinciale milieuverordening (PMV) regels te stellen ter bescherming van de kwaliteit van het grondwater met het oog op drinkwatervoorziening. Voor grondwaterbeschermingsgebieden kunnen in de PMV aanvullende regels worden opgesteld.

Als onderdeel van het Nitraatactieprogramma wordt sinds 2017 uitvoering gegeven aan de 'Bestuursovereenkomst aanvullende aanpak nitraatuitspoeling uit agrarische bedrijfsvoering in specifieke grondwaterbeschermingsgebieden' door LTO Nederland, Vereniging van drinkwaterbedrijven in Nederland (Vewin), Interprovinciaal Overleg (IPO) en de ministeries van I&W en LNV samengewerkt, met als doel het terugdringen van de nitraatuitspoeling in de 34 kwetsbaarste grondwaterbeschermingsgebieden.

De milieucompartimenten die beïnvloed worden door het mestbeleid, worden ook door enkele aanpalende beleidsdossiers beïnvloed. Het gaat hier om dossiers en trajecten die nauw verwant zijn aan het mestbeleid en het zevende Actieprogramma, maar daar geen onderdeel van uitmaken en daarom ook niet of in beperkte mate beschouwd worden in deze PlanMER. Eén van de aanpalende beleidsdossiers die nauw verwant is met de Nitraatrichtlijn is de Kaderrichtlijn Water (EEC, 2000). Zowel de Nitraatrichtlijn als de Kaderrichtlijn Water richten zich op de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater. De nitraatrichtlijn heeft als doel de uitspoeling van nitraat uit de landbouw naar grond- en oppervlaktewater en eutrofiëring van oppervlaktewater te verminderen. Een belangrijk doel van de Kaderrichtlijn Water is het realiseren van een goede chemische toestand en, voor sterk veranderende wateren, goed ecologische potentieel van landoppervlaktewater, overgangswater, kustwateren en grondwater. In deze studie wordt daarom ook een doorkijk gegeven wat het effect is van mogelijke maatregelen in het zevende Actieprogramma zijn maatregelen gericht op het realiseren van de doelen voor de Kaderrichtlijn Water ten aanzien van de stikstof- en fosforconcentraties van het oppervlaktewater.

Een ander aanpalend beleidsdossier is de Stikstofaanpak. Om de stikstofuitstoot te verminderen en de natuurkwaliteit te verbeteren wordt beleid geformuleerd. Een aantal van de beleidsmaatregelen zouden kunnen leiden tot een afwenteling op waterkwaliteit en andere maatregelen tot een verbetering van de waterkwaliteit. In de onderhavige PlanMER is uitgegaan van de maatregelen zoals deze zijn geformuleerd voor het zevende Actieprogramma en van reeds geïnstrumenteerde maatregelen. Extra effecten voortvloeiend uit de Stikstofaanpak zijn hierin niet meegenomen. Bij de beoordeling van effecten van maatregelen is ervan uitgegaan dat op alle landbedrijven een Goede Landbouwpraktijk wordt bedreven en dat niet boven de gebruiksnormen wordt bemest. De beoordeling van het effect van maatregelen gericht op het naleven van gebruiksnormen en gebruiksvorschriften valt buiten het bestek van deze Milieueffectrapportage.

Naast het doelbereik van de Nitraatrichtlijn en de Kaderrichtlijn Water, wordt in deze studie ook beperkte aandacht gegeven aan effecten op de ammoniakemissie, emissie broeikasgassen, bijdrage aan behalen klimaatdoelen door koolstofopslag, behoud en verbetering bodemkwaliteit en verbetering biodiversiteit.

2 Uitgangspunten en methode voor bepalen milieueffecten

2.1 Maatregelen en hun uitgangssituatie

Voor het zevende actieprogramma is door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV), in samenspraak met het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (I&W) een pakket aan maatregelen opgesteld met als doel om per regio te voldoen aan de grenswaarde van 50 mg L⁻¹ nitraat in grondwater onder landbouwgronden en het verminderen van de verontreiniging van grond- en oppervlaktewater met meststoffen. Naast het vaststellen van effecten van verschillende scenario's op kwaliteit van grondwater en oppervlaktewater is inzicht gewenst in de effecten op de emissies naar de lucht van ammoniak (NH₃), lachgas (N₂O), stikstofoxide (NO_x), methaan (CH₄), CO₂ en de gevolgen voor het klimaat, bodemkwaliteit en biodiversiteit.

Gedeeltelijk gelijktijdig en gedeeltelijk volgtijdig is een ex-ante analyse van de 3^e Stroomgebiedbeheerplannen (SGBP3) uitgevoerd (Knoben et al., in prep.). Het doel van deze ex-ante analyse is het verschaffen van een actueel beeld van de waterkwaliteit voor de KRW en een zo goed mogelijke prognose van de toestand in 2027 zodat dit kan worden gerapporteerd aan de Tweede Kamer en de Europese Commissie. Onderdeel van de ex-ante analyse is een beoordeling van de effecten van door waterbeheerders aangegeven maatregelen op de waterkwaliteit in combinatie met de maatregelen in het 7^e Actieprogramma Nitraat.

Voor de milieueffectrapportage (PlanMER) van het 7^e Actieprogramma Nitraat is een lijst opgesteld met mogelijke maatregelen en is een aantal scenario's onderscheiden:

- Scenario A: Referenties 2027; een stimulerend pakket met maatregelen;
- Scenario B: een regulerend en stimulerend pakket met maatregelen;
- Scenario C: Meest Milieuvriendelijk Alternatief (MMA).

In deze milieueffectrapportage wordt eerst het effect van de afzonderlijke maatregelen op de nitraatconcentraties in het grondwater en de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater in beeld gebracht (hoofdstuk 3). In hoofdstuk 4 wordt het effect van de verschillende scenario's besproken. In het hoofdrapport ligt de focus op de effecten van scenario B en scenario C ten opzichte van scenario A. Scenario A wordt in de rapportage verder aangeduid als Referentie 2027.

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van mogelijke maatregelen in het 7^e Actieprogramma Nitraat (paragraaf 2.1.1), de maatregelen die in de verschillende scenario's zijn opgenomen (paragraaf 2.1.2) en een overzicht van maatregelen uit het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer (DAW, paragraaf 2.1.3). De wijze waarop de maatregelen zijn vertaald om de effecten van scenario's op de nitraatconcentraties in het grondwater en de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater te berekenen is in paragraaf 2.2 beschreven. In paragraaf 2.3 wordt vervolgens aangegeven welke data en modellen gebruikt zijn voor het bepalen van het effect van de maatregelen op de nitraatconcentraties in het grondwater en de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater.

2.1.1 Enkelvoudige maatregelen en pakketten van maatregelen

Een overzicht van de maatregelen die zijn meegenomen in deze PlanMER staat in Tabel 2.1. Een overzicht van alle maatregelen die onderdeel uit kunnen maken van het 7^e Actieprogramma Nitraat staat in bijlage 2. Combinaties van maatregelen in de vorm van pakketten zijn doorgerekend ten behoeve van de ex-ante analyse van de 3^e Stroomgebiedsbeheerplannen.

Tabel 2.1. Overzicht van mogelijke maatregelen in het 7^e Actieprogramma Nitraat voor de referentiesituatie 2027, scenario B en scenario C. Maatregelen opgenomen in de pakketten voor de ex-ante analyse 3^e Stroomgebiedsbeheersplannen zijn met een lichtgekleurde achtergrond aangegeven.

Maatregel	Referentie 2027	Scenario B	Scenario C
Reguleren – Gebruiksnormen			
Korting N-gebruiksnorm bij intensief bouwplan: Uitspoelingsgevoelige teelten in zand- en lössgronden	n.v.t.	Bij teelt van twee uitspoelingsgevoelige gewassen na elkaar – korting van 10% op N-gebruiksnorm 2e teelt	Verbod op telen twee uitspoelingsgevoelige teelten na elkaar op 1 perceel.
Korting N-gebruiksnorm niet-rustgewassen: Niet-rustgewassen in zand- en lössgronden	n.v.t.	n.v.t.	Korting van 15% in Zand Noord en Zand Midden t.o.v. stikstofgebruiksnormen in 2020, korting in Zand Zuid en Löss 30% t.o.v. de gebruiksnormen van het 4 ^e Actieprogramma. ¹
Reguleren – Gebruiksvoorschriften			
Mestvrije perceelsranden: Bufferstroken (begroeide zone, waar geen bemesting plaatsvindt, maar gewas wel wordt afgevoerd).	Kwetsbare ecologische waterlopen die KRW-oppervlaktewaterlichamen zijn: waterbeheerders kunnen nieuwe plekken aanwijzen voor 5m brede stroken	Tenzij waterbeheerder aangeeft dat deze maatregel op specifieke percelen niet effectief is geldt voor alle grondsoorten:	Tenzij waterbeheerder aangeeft dat deze maatregel op specifieke percelen niet effectief is geldt voor alle grondsoorten:
	KRW-waterlichamen en andere watergangen: huidige teeltvrije zone vanuit het Activiteitenbesluit als bufferstrook behouden: afhankelijk van type gewas 50 of 150 cm (zie bijlage 6.1)	KRW oppervlaktewaterlichamen en kwetsbare ecologische waterlopen: stroken van minimaal 5m. Andere watergangen: minimaal 2m brede teeltvrije zone voor alle teelten en gronden.	KRW oppervlaktewaterlichamen en kwetsbare ecologische waterlopen: stroken van minimaal 7,5m. Andere watergangen: minimaal 3m brede teeltvrije zone voor alle teelten en gronden.
	In GLB/subsidie beschikbaar voor bredere bufferstroken en stroken die biodiversiteit stimuleren.		
	Stroken worden niet bemest en tellen niet mee in mestplaatsingsruimte op veebedrijven.		
Borging emissiearme uitrijmethode: mestverdunding met water bij sleepvoet	Bij toepassen sleepvoet verplicht verdunden met water.	Zie referentie 2027	Zie referentie 2027
Drempels in ruggenteelt: Maatregelen ruggenteelten	Vanuit aanname dat boeren deze maatregelen vrijwillig nemen, wordt geen verplichting bij ruggenteelten opgelegd.	Verplichtende maatregelen ruggenteelten voor klei en löss.	Verplichtende maatregelen ruggenteelten voor alle grondsoorten.
Vanggewassen: Jaarrond groen, c.q. wintergewassen	Vanggewas verplicht bij teelt mais op zand- en löss. Stimulans via GLB voor andere grondsoorten en teelten.	Vanggewas verplicht bij teelt mais op zand- en löss. Stimulans via GLB voor andere grondsoorten en teelten.	Verplichting van teelt van een wintergewas of vanggewas ter voorkoming van braakliggende grond in de winter op alle grondsoorten en bij alle teelten waar dit mogelijk bij is.

Maatregel	Referentie 2027	Scenario B	Scenario C
Aanvullende maatregelen			
Organisch stofrijke meststoffen:	Tot aan 3,5 kg fosfaat per ton (groen)compost of vergelijkbaar telt de fosfaat in deze meststof voor 50% mee in de gebruiksruijnte van fosfaat. Het deel boven 3,5 kg fosfaat per ton telt voor 100% mee.	Tot aan 3,5 kg fosfaat per ton (groen)compost of vergelijkbaar telt de fosfaat in deze meststof voor 25% mee in de gebruiksruijnte van fosfaat. Het deel boven 3,5 kg fosfaat per ton telt voor 100% mee.	Tot aan 3,5 kg fosfaat per ton (groen)compost of vergelijkbaar telt de fosfaat in deze meststof voor 40% mee in de gebruiksruijnte van fosfaat. Het deel boven 3,5 kg fosfaat per ton telt voor 100% mee.
		Tot aan 3,5 kg fosfaat per ton stroprijke vast mest, champost, vaste rundermest en bokashi telt de fosfaat in deze meststof voor 60% mee in de gebruiksruijnte van fosfaat. Het deel daarboven telt voor 100% mee.	Extra fosfaatgebruiksruijnte van 5 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅ geldt voor zowel klasse hoog als ruim mits 20 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅ in de vorm van organische stof rijke meststoffen wordt opgebracht.
	Werkingscoëfficiënten worden niet gewijzigd	Werkingscoëfficiënten worden niet gewijzigd	
Aanpak effect droogte	Subsidie meten Nmin in voorjaar op zand- en löss bij akkerbouw en tuinbouwteelten.	Indien droogte komende jaren een structureel probleem blijkt te worden, wordt met ingang van het 8e AP de N-mineraal als maat voor beschikbaar stikstof in de bodem in het voorjaar op akkerbouw- en tuinbouwteelten op zand- en löss voor 25% afgetrokken van de toegestane totaal stikstofgebruiksnorm.	Verplichten meten Nmin in voorjaar op zand- en löss bij akker- en tuinbouwteelten, waarbij N-mineraal voorraad voor 50% wordt afgetrokken van de toegestane stikstofgebruiksnorm met ingang 7e AP.
	Opstellen landelijke droogtemonitor voor grasland welke boeren kunnen gebruiken om inzicht te krijgen in bemestingsadvies door het jaar heen.	Opstellen landelijke droogtemonitor voor grasland welke boeren kunnen gebruiken om inzicht te krijgen in bemestingsadvies door het jaar heen.	Generieke korting op N-gebruiksnorm in gebieden waar droogte tot groter stikstofbodemoverschot leidt.
DAW, vrijwillig maar niet vrijblijvend			
Zie Par. 2.1.2			
	n.v.t	Implementatiegraad volgens pakket "Voorzien" van Nationale Analyse Waterkwaliteit	Implementatiegraad volgens pakket "Maximaal" van Nationale Analyse Waterkwaliteit

¹ Uitspoelingsgevoelige gewassen (deel van de groep niet-rustgewassen) in Zand zuid en Löss hebben met ingang van het 5^e Actieprogramma een korting van 20%. Voor die groep is de korting dus 12,5% ten opzichte van de huidige situatie

2.1.2 DAW-maatregelen

Verwacht wordt dat het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer (DAW) mede kan bijdragen aan de verbetering van de waterkwaliteit. In het DAW worden agrariërs gestimuleerd tot het nemen van maatregelen die leiden tot een vermindering van uit- en afspoeling. Deelname aan het DAW is vrijwillig maar niet vrijblijvend. Aanvullend op de maatregelen uit het 7^e Actieprogramma Nitraat is in

zowel scenario B als scenario C een pakket DAW-maatregelen toegevoegd met een bepaalde implementatiegraad. De maatregelen zijn ontleend aan de zgn. BOOT-lijst zoals deze is vastgesteld in het Bestuurlijk Overleg Open Teelten en veehouderij (BOOT, 2017)³. Omdat de maatregelen op vrijwillige basis worden genomen is het nodig een schatting te maken van het aantal agrariërs dat een groot deel van de maatregel zal implementeren. Het DAW-supportteam heeft in het kader van de Nationale Analyse Waterkwaliteit (Van Gaalen et al, 2020) hiervoor een expertbeoordeling uitgevoerd.

Voor het DAW-deel van scenario B is een implementatiegraad toegekend conform het scenario 'voorzien' in de Nationale Analyse Waterkwaliteit en voor scenario C is de implementatiegraad toegekend van het scenario 'maximaal' uit die studie. Tabel 2.3 geeft een overzicht van de DAW-maatregelen waarin onderscheid is gemaakt in DAW-maatregelen voor de melkveehouderij en akkerbouw.

Tabel 2.3. Overzicht van maatregelen in scenario B en scenario C zoals die zijn opgenomen in de ex-ante analyse van de 3^e Stroomgebiedbeheerplannen.

Type maatregel	Melkveehouderij	Akkerbouw
Brongerichte maatregel	Uitrijden drijfmest op grasland na half maart	Optimale stikstofwerking van mest
	Uitrijden drijfmest op maisland 1 ^e week april	Diep wortelende (rust)gewassen in plaats van uitspoelingsgevoelige gewassen
	Optimale stikstofwerking van mest door betere timing, met maximale inzet van bijmestsystemen. Mestopslag heeft voldoende volume voor uitstel uitrijden i.v.m. weersomstandigheden	Goed vanggewas daar waar mogelijk
	Verlenging leeftijd gras	Vervanging van NO ₃ door NH ₄ in kunstmest in vollegrondsgroenteteelt
	Verdun drijfmest bij uitrijden	Vanggewas na aardappelen op zand in het Zuidelijke zandgebied ¹
	Geen drijfmest of kunstmest op mais na scheuren grasland	
	Rijenbemesting in mais op zand en lössgrond ¹	
Routegerichte maatregelen		Drempels in ruggenteelt op klei- en lössgrond ¹
End-of-pipe		IJzerzand omhulde drains in extreem uitspoelende gronden

1) dit was in het zesde Actieprogramma aanvankelijk verplicht, maar nu vrijwillig

2.2 Methode van bepalen milieueffecten

In de scenario's voor 2027 is ervan uitgegaan dat op alle landbedrijven een Goede Landbouwpraktijk wordt bedreven en niet boven de gebruiksnormen wordt bemest. De beoordeling van het effect van maatregelen gericht op het naleven van gebruiksnormen en gebruiksvorschriften valt buiten het bestek van deze Milieueffectrapportage.

De effecten van de maatregelen zijn bepaald voor een aantal milieuaspecten. De aspecten die direct gerelateerd zijn aan het doel van het Actieprogramma (nitraatconcentraties in het grondwater en verlagen stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater) zijn het meest uitgewerkt. Voor de andere onderdelen worden de effecten deels kwantitatief ingeschat en deels wordt een kwalitatieve beoordeling gegeven. Bij het kwantificeren van de effecten van de maatregelen uit Tabel 2.1 is een vertaling nodig voor de praktische doorrekening in de modellen. Voor een aantal maatregelen betekent dit dat er een alternatieve invulling is gegeven aan de maatregel (Tabel 2.4). Van de vervangende maatregel wordt een gelijk effect verwacht als van de oorspronkelijk geformuleerde maatregel in Tabel 2.1

³ <http://agrarischwaterbeheer.nl/document/boot-lijst-maatregelen-agrarisch-waterbeheer>

Voor de maatregelen 'mestvrije perceelsranden', 'korting N-gebruiksnorm niet-rustgewassen' en 'drempels in ruggenteelt' zijn dezelfde uitgangspunten als in Tabel 2.1 aangehouden en zijn geen aanvullende of alternatieve formuleringen gebruikt.

De maatregel "vanggewassen" heeft een overlap met het pakket DAW-maatregelen (Par. 2.1.2). Bij de DAW-maatregelen worden vanggewassen daar waar mogelijk op alle grondsoorten toegepast, maar met een implementatiegraad zoals gehanteerd in de nationale Analyse Waterkwaliteit (Van Gaalen et al, 2020). In de effectberekening van enkelvoudige maatregelen is een maximale inzet van vanggewassen in het bouwplan van AT-gewassen verondersteld voor het zand- en lössgebied. Het verschil tussen scenario B en C heeft betrekking op het wel of niet verrekenen van de bemestende waarde van een ondergeploegd vanggewas met de mestgift.

Tabel 2.4. Overzicht van de maatregelen waarvoor een alternatieve invulling is gegeven voor het kwantificeren van het effect op de nitraatconcentraties van het grondwater en de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater.

Maatregel	Vervangende maatregel in Scenario B	Vervangende maatregel in Scenario C
Gebruiksnormen		
Korting N-gebruiksnorm bij intensief bouwplan	Benaderd met korting naar rato van aandeel uitspoelingsgevoelig gewassen (minimum-effect) en met korting op alle uitspoelingsgevoelige gewassen (maximum effect)	Benaderd door te veronderstellen dat een verbod leidt tot een lager N-bodemoverschot op bouwplanniveau. Effect beoordeeld aan de hand een 20% verminderde N-gebruiksnorm op bouwplanniveau).
Verruiming vruchtwisseling	n.v.t.	Benaderd met een verkenning door een veronderstelde vervanging van consumptieaardappelen door wintertarwe (maximaal effect)
Gebruiksvoorschriften		
Vanggewassen	Betreft stimulans, geen verplichting: benaderd met de teelt van een vanggewas na akker- en tuinbouwteelten in het zand- en lössgebied (geen gebruiksnorm). Benaderd door een berekening met vanggewassen waarin de bemestende waarde van het ondergeploegde vanggewas <u>niet</u> wordt verrekend met de mestgift	Benaderd door een berekening met vanggewassen waarin de bemestende waarde van het ondergeploegde vanggewas <u>wel wordt</u> verrekend met de mestgift
Aanvullende maatregelen		
Organische stofrijke mestsoorten	Beschikbaarheid van meststoffen en kosten voor agrariër zijn leidend voor het toepassen van de maatregel, benaderd met een literatuurstudie en scenario's met onderscheid in bodemverbeteraars en organisch stofrijke mestsoorten en onderscheid in fosfaattoestandsklassen	
Aanpak effect droogte	Scenario Nk: Indien sprake is van droogte worden gekort op de N-bemesting. Dit betreft een verlaging van de N-kunstmestgift van 20% voor grasland en mais en 25% korting van de werkzame N-gift bij aardappelen. Scenario Vg: Indien sprake is van droogte verplicht vanggewas op mais en aardappelen <u>zonder</u> korting N-kunstmestgift voor opvolgend gewas.	Scenario Vg-Nk: Indien sprake is van droogte verplicht vanggewas op mais en aardappelen <u>met</u> korting N-kunstmestgift voor opvolgend gewas. Scenario Vg-Nk-AW: Indien sprake is van droogte verplicht vanggewas op mais en aardappelen <u>met</u> korting N-kunstmestgift voor opvolgend gewas en de vervanging van aardappelen door wintertarwe.

Aangezien voor compost en andere bodemverbeteraars het effect sterk bepaald wordt door de beschikbaarheid op de meststoffenmarkt beschikbaarheid is ervoor gekozen om de dosering afhankelijk te maken van de P-toestand van de bodem. Deze keuze is gemaakt vanuit e veronderstelling dat de effecten van organische stofrijke meststoffen op de uitspoeling in sterke mate afhankelijk zijn van de fosfaattoestand van de bodem als ook de samenstelling van de meststof. Bij een hoge fosfaattoestand is dan geen gewenst in verband met een hoger risico op P-verliezen uit de bodem.

Van de mogelijkheden om van effecten van droogte op de waterkwaliteit te bestrijden zijn nog weinig onderzoeksgegevens beschikbaar. Bij mitigerende maatregelen gaat het zowel om het tegengaan van een stijging van nitraatconcentraties ten gevolge van droogte als ook om de wijze waarop maatregelen geïmplementeerd zouden kunnen worden. In deze studie is een verkenning met een aantal berekeningen uitgevoerd.

In Tabel 2.5 is aangegeven welke methode gebruikt is voor het afleiden van de effecten van maatregelen op de nitraatconcentraties in uitspoelend water uit de wortelzone, de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater en de emissies naar de lucht.

Tabel 2.5 Wijze waarop de effecten van maatregelen zijn vastgesteld.

Maatregel	Methode van effectschatting ¹		
	Nitraatconcentraties uitspoelingswater	N- en P-belasting van het oppervlaktewater	Emissies naar lucht (NH ₃ , N ₂ O en CH ₃)
Korting N-gebruiksnorm bij intensief bouwplan	LWKM 1.2 ² WOGWOD ³ Nitraatmodel DSG-project ⁴	LWKM 1.2	INITIATOR Expertbeoordeling
Korting N-gebruiksnorm niet-rustgewassen	LWKM 1.2	LWKM 1.2	INITIATOR Expertbeoordeling
Mestvrije perceelsranden	LWKM 1.2	LWKM 1.2	INITIATOR Expertbeoordeling
Drempels in ruggenteelt		Expertbeoordeling / literatuur	
Vanggewassen	WOGWOD Nitraatmodel DSG-project	-	Expertbeoordeling
Verruiming vruchtwisseling	WOGWOD Nitraatmodel DSG-project	-	Expertbeoordeling
Organisch stofrijke meststoffen		Expertbeoordeling / literatuur	
Aanpak effect droogte	LWKM 1.2 WOGWOD Nitraatmodel DSG-project	LWKM 1.2	Expertbeoordeling

¹ INITIATOR, LWKM 1.2, WOGWOD en Nitraatmodel DSG-project zijn modellen die in paragraaf 2.3 nader worden toegelicht.

² Gebiedsdekkend; ook kleigebied

³ Regionaal gemiddeld bouwplan

⁴ Bedrijfsgemiddeld bouwplan lössgebied

De beoordeling van de effecten van de maatregelen op de nitraatconcentratie is verricht aan de hand van modelresultaten van het LWKM 1.2 (Van der Bolt et al., 2020; Van der Bolt et al., in prep.) en het WOGWOD-model (Schröder et al., 2011) waarbij is uitgegaan van de diepte waarop in het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) grondwater wordt bemonsterd (Fraters et al., 2016). Voor het Nitraatmodel DSG-project zijn de metingen van Waterleiding Maatschappij Limburg (Ros et al., 2018) leidend (zie verder paragraaf 7.5). Opgemerkt wordt dat de metingen van WML gemiddeld 20 tot 30 mg L⁻¹ lager zijn dan de metingen in het LMM. Over de achtergronden en de interpretatie van dit verschil heeft de CDM (2016a) geadviseerd de metingen volgens het LMM-protocol te gebruiken voor uitspraken over doelbereik. De metingen uit het praktijknetwerk van Duurzaam Schoon Grondwater wordt in de onderhavige studie als een goede basis beschouwd om veranderingen van nitraatconcentraties als gevolg van maatregelen in beeld te brengen.

De effecten van de maatregelen op de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater is beoordeeld aan de hand van de veranderingen in de belasting van stikstof- en fosfor door uit- en afspoeling vanuit landbouwgronden. Het effect van maatregelen op de emissie naar lucht is beoordeeld op basis van modelberekeningen met INITIATOR (Kros et al., 2019) en expert judgement.

2.3 Data en modellen

Daar waar mogelijk zijn effecten van maatregelen gekwantificeerd voor verschillende ruimtelijke eenheden, waarbij gebruik gemaakt is van een aantal rekenmodellen.

INITIATOR

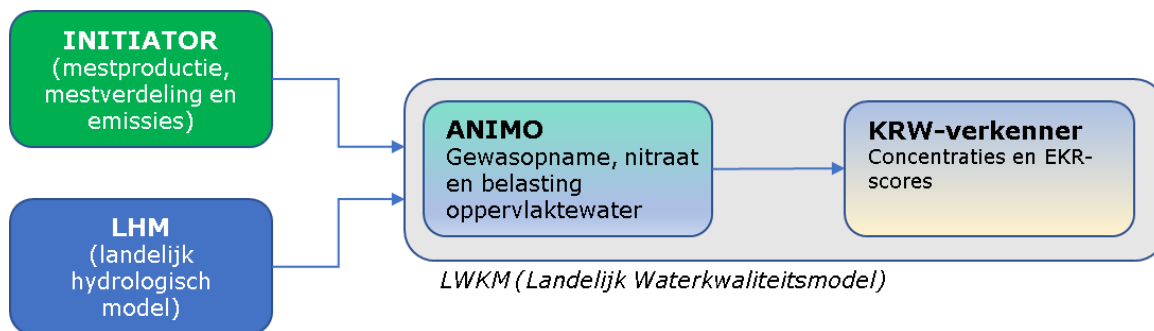
De mestgiften en ammoniakemissie op gebiedsniveau zijn berekend met het model INITIATOR (*Integrated Nitrogen Impact Assessment Tool on a Regional Scale*) (Kros et al., 2019). Dit model simuleert de verdeling van mest en houdt rekening met aanvoer van dierlijke mest (van het eigen bedrijf of via mesttransport) en kunstmest, wettelijke gebruiksnormen, het gewas en de bodemeigenschappen. Dit model wordt gebruikt voor het berekenen van de ruimtelijke verdeling van mest en ammoniakemissie ten behoeve het LWKM-model (input: mestverdeling), AERIUS-model (input: ammoniakemissie) en OPS-model (input: ammoniakemissie) en de Emissie Registratie (ruimtelijke verdeling van ammoniakemissie).

De N- en P-excretie worden berekend door een vermenigvuldiging van het aantal dieren (in verschillende categorieën) met zogenoemde excretiefactoren die aangeven hoeveel mest elk dier in een jaar produceert. De stal- en opslagmissies van gasvormige N-verliezen worden berekend door de N-excretie te vermenigvuldigen met N-emissiefractionen, waarbij rekening wordt gehouden met dier- en staltype. Een mestverdelingsmodule berekent vervolgens het transport van dierlijke mest op gemeenteniveau en de aanvoer van mest en kunstmest naar de bodem.

De NH₃-emissie uit stallen en opslagen (stalemissies) en door bemesting en beweiding (veldemissies) vormen de input van het AERIUS-model (Wilmot en De Heer, 2014) voor de berekening van de N-depositie op zowel landbouwgronden als in Natura 2000-gebieden. Het model maakt gebruik van gedetailleerde ruimtelijke gegevens die grotendeels afkomstig zijn uit beschikbare nationale GIS-datasets zoals de geografisch expliciete landbouwtellinggegevens, met het aantal dieren per vestiging (GIAB-plus; Van Os et al., 2016). Door deze koppeling is het model in staat om op een hoge ruimtelijke resolutie de N- en P-excretie, stal- en opslagmissies, mest- en kunstmest- verdeling en bodememissies te berekenen. Zie Bijlage B3.1 voor een nadere toelichting.

Landelijks waterkwaliteitsmodel (LWKM)

Het Landelijk Waterkwaliteitsmodel (Van der Bolt et al., 2020) is een onderdeel van het Nationaal Watermodel en bestaat uit de deelmodellen ANIMO (Groenendijk et al., 2005) en KRW-verkenner (www.krw-verkenner.nl). Het deelmodel ANIMO wordt gebruikt voor de berekening van nitraatconcentraties in het grondwater en de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouw- en natuurgronden. Het deelmodel KRW-verkenner berekent nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater en de ecologische kwaliteit. Door de koppeling aan INITIATOR kan het ANIMO-deelmodel 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. Het deelmodel KRW-verkenner gebruikt voor de berekening van nutriëntenconcentraties het rekenresultaat van ANIMO als input, maar daarnaast ook informatie uit andere bronnen en informatie over de effectiviteit van inrichtingsmaatregelen. Zowel de effecten van maatregelen in de landbouw als effecten van maatregelen door waterbeheerders kunnen worden geëvalueerd. De keten van deelmodellen van het modelinstrumentarium is weergegeven in onderstaande figuur. In Bijlage 3.2 wordt het model nader toegelicht.



Figuur 2.1 Schema van gekoppelde modellen in het Landelijk Waterkwaliteitsmodel

WOGWOD-model

Voor het berekenen van N-gebruiksnormen heeft de Werkgroep Onderbouwing Gebruiksnormen (WOG)/ Werkgroep Onderbouwing Derogatie (WOD) in 2004 een begin gemaakt met het bouwen van een model (Schröder et al, 2004). Overigens beperkte de WOD zich niet tot de onderbouwing van de derogatie voor melkveebedrijven, maar richtte zich ook op het onderbouwen van de bijbehorende N-gebruiksnormen voor gras en maïs. Dit WOGWOD model berekent op basis van grondsoort, bouwplan, mestsamenvatting, oogstwijze en aan de bemesting gerelateerde maatregelen (toedieningswijze en – tijdstip, vanggewassen), de N-uitspoeling en de N-concentratie in het bovenste grondwater (zandgrond) of nabij oppervlaktewater (klei- en veengrond). Ook kan het model gebruikt worden om vanuit een gegeven N-concentratiedoelstelling terug te rekenen wat een toelaatbare combinatie van mest en kunstmest bij een gegeven bouwplan van grasland, maisland en akker- en tuinbouwteelten zou kunnen zijn.

Nitraatmodel DSG-project

Het Nitraatmodel DSG-project (Ros et al, 2017a; Ros et al., 2017b; Ros et al., 2018) berekent de verwachte nitraatuitspoeling op basis van het bouwplan en de gegeven bemesting, gebaseerd op een balansmethode voor werkzame stikstof. Het model is afgeleid van een groot aantal gegevens van verschillende openteeltbedrijven in het lössgebied die deelnemen aan het programma Duurzaam Schoon Grondwater. Met behulp van Machine-Learning technieken zijn gewasspecifieke uitspoelfactoren afgeleid van perceelsbalansen over de periode 2003 – 2017. Het model rekent met een sequentie van jaren waarmee het een beeld kan schetsen van de effecten van veranderingen in het bouwplan op de nitraatuitspoeling.

Ruimtelijke indeling voor effectschattingen

Effectschattingen met modellen zijn uitgevoerd voor verschillende ruimtelijke eenheden. Het INITIATOR-model en het LWKM 1.2-model rekenen met een relatief groot ruimtelijk detail, waarna de resultaten naar een grover ruimtelijk detail worden geaggregeerd. Het WOGWOD-model rekent voor gemiddelde situaties.

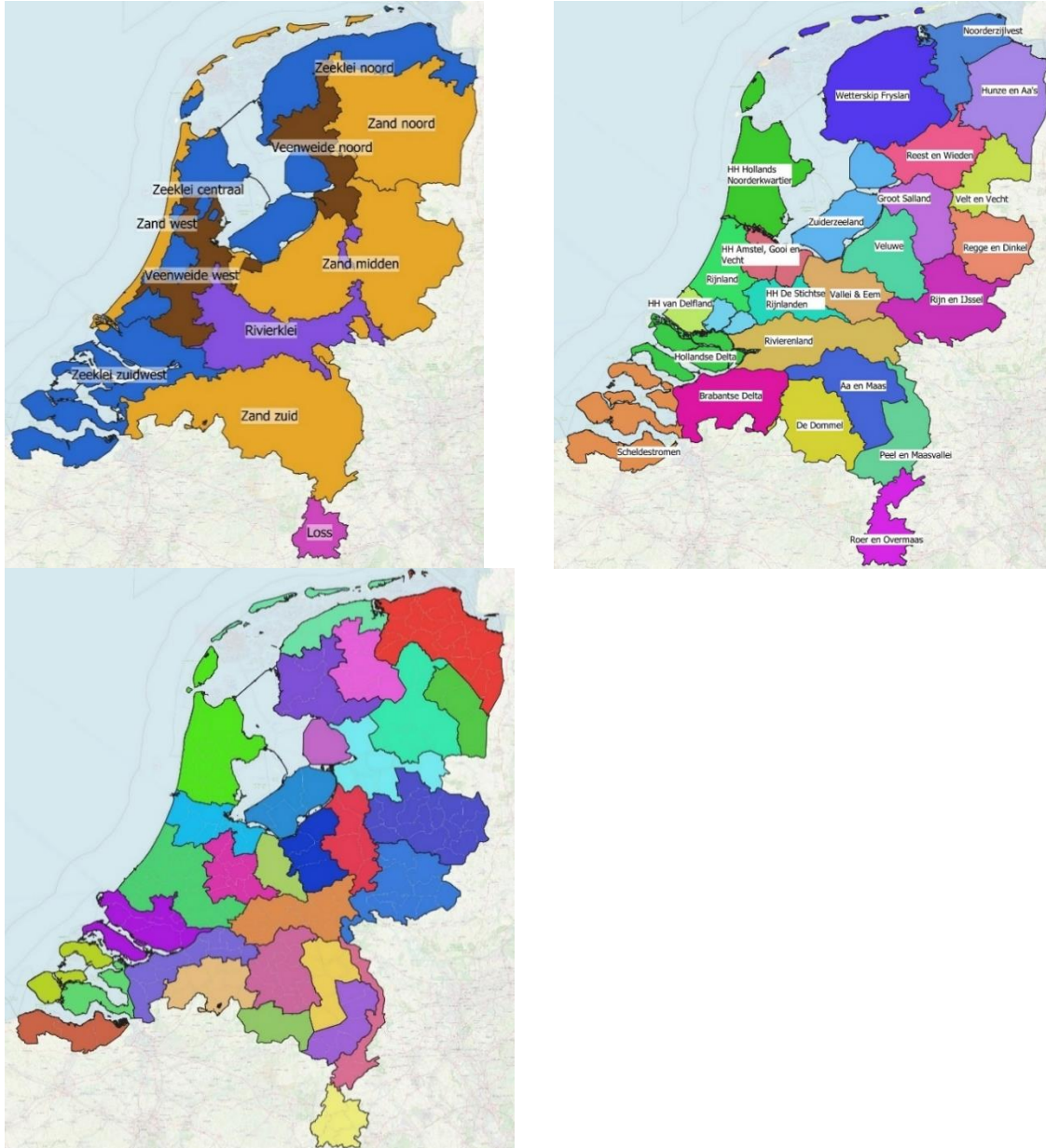
LMM-regio's: voor de rapportage over effecten op nitraatconcentraties wordt aangesloten bij de ruimtelijke indelingen van de Nitraatrichtlijnrapportage (Figuur 2.2; linksboven) (Fraters et al, 2020). Voor nitraat in de zand- en lössgebieden wordt een indeling Zand noord, Zand midden en Zand zuid en Löss gebruikt. Voor nitraat in de kleiregio wordt geen onderscheid gemaakt in de zeeklei- of rivierkleiregio.

Waterschapsbeheergebieden: Effecten op de belasting van oppervlaktewater met stikstof en fosfor en de zomerwaarden voor de uitspoelconcentraties worden weergegeven voor beheergebieden van waterschappen (Figuur 2.2; linksonder). Hierbij is gekozen voor de indeling van de waterschappen in 2010. Na 2013 is een aantal waterschappen gefuseerd waardoor grotere beheergebieden ontstonden. Echter deze nieuwe beheergebieden hebben een grotere variatie aan landschappelijke kenmerken. Door uit te gaan van de begrenzing van 2010 worden de landschappelijke verschillen beter zichtbaar dan in een kaart gebaseerd op de bestuurlijke grenzen van 2021.

Landbouwdeelgebieden: voor de berekening van mestoverschotten en de presentatie van de ruimtelijke verdeling van bemesting en emissies wordt gebruik gemaakt van een indeling gebaseerd

op CBS-gemeenten, waarbij een aantal gemeenten geclusterd is zodat het landbouwooppervlak in een dergelijk cluster minimaal 7500 ha bedraagt (Van der Bolt et al, 2020).

Mestregio's: voor een gevoeligheidsanalyse van het effect van analyse in de berekening van de ruimtelijke verspreiding van mest die niet binnen de gebruiksruimte geplaatst kan worden, wordt een indeling in mestregio's gebruikt. De mestregio's zijn gebaseerd op een indeling in een mestverdelingsmodel dat voorheen gebruikt werd (MAMBO; Kruseman et al, 2012). Deze indeling is op enkele punten aangepast (Figuur 2.2 rechtsonder, zie ook Bijlage 8).



Figuur 2.2. Ruimtelijke indelingen voor effectschatting van maatregelen en maatregelpakketten (linksboven LMM-regio's, rechtsboven: waterschapsbeheersgebieden linksonder: mestregio's).

3 Effecten op waterkwaliteit van enkelvoudige maatregelen

3.1 Nitraat in uitspoelingswater

Met de informatie ontleend aan bijlage 6 en bijlage 7 zijn effecten aan te geven van de maatregelen op nitraatconcentraties in uitspoelend water in Zand noord, Zand midden, Zand zuid en het lössgebied (Tabel 3.1). Maatregelen om effecten van droogte op nitraatconcentraties tegen te gaan worden besproken in par. 3.3.

Tabel 3.1. Afname van nitraatconcentraties (mg L^{-1}) onder AT-gewassen en relatieve afname van nitraatconcentraties (%) als gevolg van maatregelen in scenario B en scenario C ten opzichte van de referentiesituatie 2027. Gebiedsgemiddelde nitraatconcentraties voor akker- en tuinbouw zijn voor Referentie 2027 berekend op 60, 70, 85 en 73 mg L^{-1} nitraat in Zand noord, Zand midden, Zand zuid en Löss (Tabel 4.1)

Maatregel	Regio	Scenario B		Scenario C	
		Afname ($\text{mg L}^{-1} \text{NO}_3$)	Relatieve afname	Afname ($\text{mg L}^{-1} \text{NO}_3$)	Relatieve afname
Korting N-gebruiksnorm bij intensief bouwplan ¹⁾ (Bijlage 7.4)	Zand noord	1 – 8 ⁵	2 – 9%	Max. 16	Max. 18% ⁶
	Zand midden	1 – 6	2 – 8%	Max. 12	Max. 15%
	Zand zuid	1 – 6	1 – 7%	Max. 11	Max. 14%
	Löss	0 – 6	0 – 5%	Max. 7	Max. 9%
	Nitraatmodel DSG- project ²⁾	5	9%	Max. 10	Max. 17%
Korting N-gebruiksnorm niet-rustgewassen ³ (Bijlage 7.4)	Zand noord			4	7%
	Zand midden			5	7%
	Zand zuid			5	6%
	Löss			2	3%
Mestvrije perceelsranden ^{3,7} (Bijlage 6.1)	Zand noord	0,6	1,5%	0,9	2,2%
	Zand midden	0,3	0,7%	0,4	1,2%
	Zand zuid	0,3	0,4%	0,6	0,9%
	Löss	0,6	1,5%	0,9	2,2%
Vanggewassen ¹⁾ (Bijlage 7.3)	Zand noord	4	4%	12	13%
	Zand midden	4	5%	13	14%
	Zand zuid	4	5%	11	12%
	Löss	6	8%	16	17%
	Nitraatmodel DSG- project ²⁾	-1	-2%	4	8%
Verruiming vruchtwisseling ¹⁾ (Bijlage 7.2)	Zand noord			15	17%
	Zand midden			11	14%
	Zand zuid			4	6%
	Löss			0,2	0,2%
	Nitraatmodel DSG- project ²⁾			11	25%
Drempels in ruggenteelt ⁴⁾ (Bijlage 7.5)	Alle grondsoorten	Verlaging: effect op nitraatconcentraties in grondwater onzeker/niet bekend			
Organisch stofrijke meststoffen ⁴⁾ (Bijlage 7.1)	Alle grondsoorten	Effect op de nitraatconcentratie is wisselend (afname, geen effect, toename) afhankelijk van de specifieke omstandigheden			

- 1) Effecten voor Zand noord, Zand midden, Zand zuid en löss zijn doorgerekend met het WOGWOD-model met een regionaal gemiddeld bouwplan voor AT-gewassen dat geen rekening houdt met de opvolging van teelten in een vruchtwisseling
- 2) Berekend met het Nitraatmodel DSG-project dat ontwikkeld is in kader van het project Duurzaam Schoon Grondwater met een bedrijfsgericht bouwplan en waarin rekening wordt gehouden met de volgorde van teelten
- 3) Effecten zijn doorgerekend met het Landelijk Waterkwaliteitsmodel versie 1.2 (LWKM 1.2).
- 4) Expert judgement
- 5) Ondergrens berekend bij korting naar rato van aandeel uitspoelingsgevoelig gewassen (minimum-effect) en bovengrens bij korting op alle uitspoelingsgevoelige gewassen (maximum effect)
- 6) Wordt beschouwd als bovengrens, omdat teeltplanaanpassing niet is beschouwd
- 7) Effect van mestvrije perceelsranden gemiddeld voor alle gewassen

Bij de interpretatie van de resultaten moet bedacht worden dat de effecten op de nitraatconcentraties berekend zijn met verschillende modellen, namelijk het WOGWOD-model, Nitraatmodel DSG-project en het Landelijk Waterkwaliteitsmodel (LWKM 1.2). Deze modellen zijn voor verschillende doelen ontwikkeld en gebaseerd op verschillende aannames waardoor geen nauwkeurige vergelijking van de absolute en relatieve effecten van maatregelen op de nitraatconcentraties te maken is (zie paragraaf 7.5). De resultaten geven wel een indruk van de orde van grootte van de effecten.

De effecten van maatregelen op de nitraatconcentraties in uitspoelend water worden hieronder kort beschreven. Een uitgebreide, nadere toelichting op de resultaten, conclusies en discussie is gegeven in paragraaf 7.4, bijlage 6 en bijlage 7.

- Een generieke korting van de stikstofgebruiksnormen voor uitspoelingsgevoelige akker- en tuinbouwgewassen (AT-gewassen) resulteert in de zand- en lössgronden tot een maximale afname van de nitraatconcentraties met ca. 7 tot 10% voor scenario B en ca. 14-18% voor scenario C (WOGWOD-berekeningen). Indien op basis van de bouwplannen het mogelijk is om na de teelt van een uitspoelingsgevoelig gewas een niet-uitspoelingsgevoelig gewas te telen en dus geen korting op de N-gebruiksnorm van toepassing is, wordt een kleinere afname van de nitraatconcentraties berekend (LWKM 1.2 berekeningen). Voor de zandgebieden wordt een afname berekend van 0,9 tot 2,2%, voor het lössgebied is het effect praktisch nul, omdat in het lössgebied de bouwplannen minder intensief zijn t.o.v. de zandgebieden en in theorie voldoende ruimte om na de teelt van een uitspoelingsgevoelig gewas een niet-uitspoelingsgevoelig gewas te telen.
- Een generieke korting van de N-gebruiksnorm voor niet-rustgewassen resulteert in een afname van de nitraatconcentraties van ca. 3 – 8% (LWKM 1.2 berekeningen).
- Bemestingsvrije perceelsranden hebben slechts een heel klein effect op de gebiedsgemiddelde nitraatconcentratie in het grondwater (LWKM1.2 berekeningen):
 - o Het primaire doel van de bemestingsvrije perceelsranden is de vermindering van de belasting van oppervlaktewater om daarmee de eutrofiëring tegen te gaan. Omdat deze stroken ook leiden tot een (geringe) daling van de perceelsgemiddelde nitraatconcentratie wordt dit effect niet onvermeld gelaten.
 - o Nitraatuitspoeling vindt vooral plaats op de matig droge en droge gronden. Voor deze percelen geldt dat ze vaak niet aan een waterloop grenzen en er geen bemestingsvrije perceelsrand zal worden aangelegd uit oogpunt van vermindering van uit- en afspoeling naar oppervlaktewater;
 - o Perceelsranden nemen slechts een klein deel van het oppervlak van het perceel in.
 - o Ook onder bemestingsvrije perceelsranden wordt nog nitraat gevormd door mineralisatie, de input van atmosferische depositie en eventueel de mest van weidend vee. De perceelsgemiddelde nitraatconcentratie neemt daarom niet evenredig af met een toename van het oppervlak waarop geen mest wordt aangebracht.
- Het telen van een vanggewas is een effectieve maatregel om de nitraatconcentratie te verminderen op de zand en lössgronden, vooral wanneer de werkzame N-gift voor het hoofdgewas na onderwerken van het vanggewas wordt gekort voor de beschikbare werkzame N uit het ondergewerkte materiaal (scenario Vg-Nk).
- Verruiming van de vruchtwisseling, waarbij de teelt van uitspoelingsgevoelige gewassen wordt vervangen door niet-uitspoelingsgevoelige gewassen kan substantieel bijdragen aan vermindering van de nitraatconcentratie. In een theoretische situatie waarin aardappelen worden vervangen door wintergraan daalt de berekende nitraatconcentratie ander akker- en tuinbouw met 4 tot 15 mg L⁻¹, afhankelijk van het aandeel aardappelen in het bouwplan.
- Het effect van drempels bij ruggenteelt is onzeker/niet bekend en afhankelijk van de specifieke omstandigheden.
- Uit de literatuurstudie (bijlage 7.1) is gebleken dat de effecten van organische stofrijke meststoffen op nitraatuitspoeling wisselend zijn. De effecten op de nitraatuitspoeling zijn onzeker. Vaak is er geen effect, maar er zijn ook studies waarin de nitraatuitspoeling afnam of toenam, of de effecten veranderden in de loop van tijd.

3.2 Belasting van oppervlaktewater en concentraties van uitspoelingswater

Naast het effect op de nitraatconcentraties in water dat uitspoelt uit de wortelzone is ook het effect op de uit- en afspoeling van stikstof (N)- en fosfor (P) naar oppervlaktewater (belasting en concentraties) in beeld gebracht. Tabel 3.2 geeft de afname van de N- en P-flux ($\text{kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$) en de zomerwaarde van N- en P-uitspoelingsconcentratie (mg L^{-1}) als gevolg van de maatregelen in scenario B en scenario C t.o.v. de referentiesituatie 2027. In het algemeen geldt dat een verlaging van de nitraatconcentraties in het grondwater door verminderde N-bodemoverschotten ook tot uiting komt in een verlaging van de stikstofbelasting van het oppervlaktewater.

Tabel 3.2. Afname van de uit- en afspoeling van stikstof- en fosfor naar het oppervlaktewater uit landbouwgronden in $\text{kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ voor scenario B en scenario C t.o.v. de referentiesituatie in 2027. De procentuele afname ten opzichte van Referentie 2027 is tussen haakjes weergegeven.

Maatregel	Regio	scenario B		scenario C	
		Uit- en afspoelingsflux ($\text{kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$)	Uit- en afspoelingsconcentratie Zomer (mg L^{-1})	Uit- en afspoelingsflux ($\text{kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$)	Uit- en afspoelingsconcentratie Zomer (mg L^{-1})
Korting N-gebruiksnorm bij intensief bouwplan ¹⁾ (Bijlage 7.4)	Stikstof				
	Zand noord	0,11 (0,6%)	0,04 (0,7%)		
	Zand midden	0,01 (0,1%)	0,01 (0,4%)		
	Zand zuid	0,04 (0,3%)	0,03 (0,4%)		
	Löss	Geen effect			
	Fosfor	Geen effect voor alle grondsoorten			
Korting N-gebruiksnorm niet-rustgewassen ²⁾ (Bijlage 7.4)	Stikstof				
	Zand noord			0,48 (2,6%)	0,19 (3,0%)
	Zand midden			0,15 (1,6%)	0,08 (1,9%)
	Zand zuid			0,40 (2,8%)	0,23 (2,7%)
	Löss			0,01 (1,2%)	0,06 (3,8%)
	Fosfor			Verwaarloosbaar effect	
Mestvrije perceelsranden ³⁾ (Bijlage 6.1)		Uit- en afspoelingsflux ($\text{kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$)			
		Stikstof	Fosfor	Stikstof	Fosfor
	Zandregio	4%	3%	6%	4%
	Rivierkleiregio	6%	5%	9%	6%
	Zeekleiregio	6%	3%	9%	5%
	veenregio	14%	7%	20%	10%
	Lössregio	1%	2%	2%	3%
Drempels in ruggenteelt (Bijlage 7.5)		Schatting: vermindering P-afspoeling 0,1 – 0,2 kilo P per hectare ruggenteelt per jaar, gebiedsgemiddeld < 0,02 kilo per hectare landbouwgrond in de löss- en zeekleiregio		Schatting: vermindering P-afspoeling 0,05 – 0,2 kilo P per hectare ruggenteelt per jaar, gebiedsgemiddeld < 0,02 kilo P per hectare landbouwgrond in de löss- en zeekleiregio. Andere regio's < 0,01 kilo P per hectare landbouwgrond	
Organisch stofrijke meststoffen ⁴⁾ (Bijlage 7.1)		Alle organische stofrijke mestproducten en bodemverbeteraars zorgen bij herhaalde dosering op de termijn van een aantal jaren voor een verhoging van het N-leverend vermogen en een toename van N-uitspoeling. Een verruiming van de gebruiksnorm voor bodemverbeteraars levert naar verwachting geen of een heel gering risico op een extra uit- en afspoeling van fosfor naar het grond- en oppervlaktewater.			

- 1) Effecten zijn doorgerekend met het Landelijk Waterkwaliteitsmodel versie 1.2 (LWKM 1.2). Scenario B heeft betrekking op een N-korting van de gebruiksnormen voor uitspoelingsgevoelige AT-gewassen (excl. mais) met 10%.
- 2) Effecten zijn doorgerekend met het Landelijk Waterkwaliteitsmodel versie 1.2 (LWKM 1.2). Scenario C heeft betrekking op een N-korting van de gebruiksnormen voor uitspoelingsgevoelige AT-gewassen met 12,5% voor Zand zuid en 15% voor Zand midden en Zand noord.
- 3) Effecten zijn doorgerekend met het Landelijk Waterkwaliteitsmodel versie 1.2 (LWKM 1.2).
- 4) Schatting, zie bijlage 7.5

De effecten van maatregelen op de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor (vrachten en concentraties) naar het oppervlaktewater zijn als volgt samen te vatten:

- De maatregel waarin een korting van de stikstofgebruiksnormen wordt doorgevoerd wanneer er sprake is van een intensief bouwplan (maximale korting van 10% op uitspoelingsgevoelige AT-gewassen, excl. mais) leidt tot een zeer beperkte afname van de stikstofbelasting van het oppervlaktewater (< 1%) in de zandregio. In het lössgebied wordt geen effect berekend, omdat aangenomen wordt dat in het lössgebied de 'intensiteit' van het bouwplan zodanig is dat het (bijna) overal mogelijk is om een uitspoelingsgevoelig gewas af te wisselen met een niet-uitspoelingsgevoelig gewas. Er is geen effect op de fosforbelasting van het oppervlaktewater omdat de korting alleen is toegepast op de N-kunstmestgift en de dierlijke mestgift onveranderd blijft.
- Een generieke korting op de N-gebruiksnormen voor niet-rustgewassen met 12,5% in Zand zuid en löss en 20% in Zand noord en Zand midden resulteert in een afname van de stikstofbelasting naar het oppervlaktewater met 1 – 3%. De N-concentratie van het uit- en afspoelend water neemt af met 2 tot 4%. De maatregelen hebben geen effect op de fosforbelasting van het oppervlaktewater in de zandgebieden, in het lössgebied wordt een gering effect op de fosforbelasting berekend (1%).
- Kortingen op de stikstofgebruiksnorm zouden tot een verminderde gewasopname kunnen leiden. Als een korting wordt toegepast met een verminderde gift aan stikstofkunstmest en de fosfaatgift zou gelijk blijven, zou het fosfaatbodemoverschot iets toe kunnen nemen.
- Er zijn duidelijke verschillen in het effect van bemestingsvrije perceelsranden op de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater voor de verschillende regio's. Het grootste effect wordt berekend voor de veenregio (14 – 20% voor stikstof en 7 – 10% voor fosfor, afhankelijk van het scenario). In het lössgebied is het effect gering (1 – 3% voor stikstof en fosfor). De effectiviteit van een bemestingsvrije perceelsrand wordt door een aantal factoren bepaald (breedte van de strook, breedte van de strook t.o.v. de perceelsbreedte, perceelsgemiddelde helling en reliëf, diepte van de grondwaterstand). Doordat deze factoren tussen de regio's verschillen, worden ook verschillen in effectiviteit van deze maatregel berekend (zie verder bijlage 6.1).
- Een kwantificering op basis van representatief veldonderzoek van effecten van de maatregel *drempels in ruggenteelt* is op dit moment niet te geven. In modelonderzoek is op basis van perceelskenmerken een schatting gemaakt van enkele procenten van de afspoeling van fosfor, met lokaal een iets groter effect. Het grootste effect van de maatregel wordt verwacht voor percelen met een hoog risico op oppervlakkige afspoeling gecombineerd met hoge nutriëntenconcentraties in de bovenste paar centimeter van de bodem. Om die reden wordt voor toegediende stikstof een kleiner effect verwacht dan voor fosfor, omdat stikstof zich sneller naar diepere bodemlagen beweegt.

Een uitgebreide, nadere toelichting op de resultaten, conclusies en discussie zijn gegeven in bijlage 6 en bijlage 7

3.3 Mitigatie van effecten van droge zomers op waterkwaliteit

Na een aanvankelijk snelle daling van in het Landelijke Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) gemeten nitraatconcentraties in de periode 1992 – 2004, met veel variatie tussen jaren, deed zich in de periode 2006 – 2017 een langzame maar gestage daling voor. Echter, in de jaren 2018 en 2019 werden hogere concentraties gemeten dan in 2017. Omdat de jaren 2018, 2019 en 2020 droge zomers hadden bestaat het beeld dat het weer een belangrijke invloed heeft gehad op de ontwikkeling van de nitraatconcentraties (Velthof en Groenendijk, 2021). Voor een aantal gebieden heeft dit ertoe geleid dat de gemiddelde nitraatconcentratie onder landbouwgronden weer hoger is dan 50 mg L⁻¹ (Fraters et al, 2020). Als gevolg van de stijgingen is in 2020 de nitraatconcentratie ook op derogatiebedrijven in de zandregio-230 gemiddeld boven de grenswaarde van 50 mg L⁻¹ uitgekomen (Van Duijnen, 2021).

Een verkennende modelberekening geeft aan dat nitraatconcentraties tot aan 2018 relatief laag waren vanwege milde weersomstandigheden. Bij klimaatrepresentatieve weersomstandigheden zouden de nitraatconcentraties enkele milligrammen per liter hoger geweest zijn (zie bijlage 6.2).

De vraag doet zich voor welke maatregelen, en in welke omvang, nodig zijn om de ongewenste ontwikkeling van een concentratiestijging en het overschrijden van de grenswaarde tegen te gaan of te voorkomen. CDM heeft in 2019 een advies uitgebracht over het omgaan met droogte in relatie tot gebruiksregels van de Meststoffenwet (CDM, 2019). In 2020 heeft CDM een advies uitgebracht over handelingsmogelijkheden voor het 'Structureel omgaan met droogte in het mestbeleid' (CDM, 2020a). Omdat droogte tot effecten kan leiden die in strijd zijn aan het doel van de Nitraatrichtlijn is er een aanleiding om in het 7^e Actieprogramma hier expliciet aandacht aan te besteden.

In deze milieueffectrapportage is een aantal verkennende berekeningen uitgevoerd (scenario's) van mogelijke maatregelen ter vermindering van de verhoogde nitraatconcentraties in droge jaren voor grasland, mais en akker- en tuinbouwgewassen (AT-gewassen) (Tabel 3.3 en bijlage 5.2).

Allereerst is een nitraatconcentratie is de nitraatconcentratie berekend voor een normaal jaar (baseline geen droogte) voor een droog jaar dat direct wordt gevolgd door een normaal jaar (baseline droogte) om de effecten van maatregelen te kunnen bepalen. Effecten van droogte op nitraatconcentraties uiten zich slechts voor een deel in het droge jaar zelf, maar zijn vooral zichtbaar in de volgende jaren. Daarbij treedt menging op van uitspoelend water. De nitraatconcentratie voor 'baseline droogte' is benaderd door het gemiddelde van de concentratie in een droog jaar en de concentratie in een normaal jaar. Voor de gewasopname in een droog jaar is op basis van deskundigenoordeel een 20% lagere waarde verondersteld ten opzichte van de gewasopname in een normaal jaar. Daarnaast is het effect van een diepere grondwaterstand en een lager neerslagoverschot verrekend door een 15% hogere uitspoelingsgevoeligheid in acht te nemen (zie bijlage 6.2.6). Op deze wijze is berekend dat de nitraatconcentratie onder akker- en tuinbouw bij 'baseline droogte' 16 – 20 mg L⁻¹ hoger is dan bij 'baseline geen droogte'.

Alle maatregelen beogen een lager stikstofbodemoverschot te bewerkstelligen in het droge jaar en/of in het volgende jaar. Berekeningen zijn uitgevoerd voor het droge jaar en het normale jaar waarna de nitraatconcentraties zijn gemiddeld over het normale en droge jaar. Het effect van de maatregel bepaald door dit gemiddelde te vergelijken met de waarde voor 'baseline droogte'

Tabel 3.3. Overzicht van scenario's en maatregelen om de stijging van nitraatconcentraties te verminderen

Scenario's	Maatregelen
Baseline geen droogte	Geen maatregel, geen droogte
Baseline droogte	Geen maatregel, eerste jaar droogte, tweede jaar geen droogte
Scenario Nk	Korting van 25% op de stikstofgift in het groeiseizoen van het droge jaar bij grasland, mais en aardappel
Scenario Vg	Na de oogst van het bouwlandgewas: een verplicht vanggewas (zonder verlaging bemesting)
Scenario Vg-AW*	Na de oogst van het bouwlandgewas: een verplicht vanggewas (zonder verlaging bemesting) en daarna of in combinatie met Wintertarwe als hoofdgewas i.p.v. aardappel (zonder verlaging bemesting)
Scenario Vg-Nk	Na de oogst van het bouwlandgewas: een verplicht vanggewas waarbij de mestgift voor het volgende hoofdgewas wordt gekort
Scenario Vg-Nk-AW*	Na de oogst van het bouwlandgewas: een verplicht vanggewas waarbij de mestgift voor het volgende hoofdgewas wordt gekort en daarna of in combinatie met Wintertarwe als hoofdgewas i.p.v. aardappel

*Alleen voor AT

Bij de scenario's met vanggewassen is onderscheid gemaakt tussen een vanggewas na aardappelen en een vanggewas na elke teelt die vroeg genoeg geoogst wordt om het inzaaien van een vanggewas nog nut te laten hebben.

Berekend is dat door één droge zomer de stijging van de nitraatconcentratie onder AT-gewassen in de zandgebieden 16 – 19 mg L⁻¹ bedraagt en in het lössgebied 18 – 21 mg L⁻¹ (Tabel 3.4). Op de akkerbouwbedrijven in de zandregio van het LMM⁴ steeg de nitraatconcentratie tussen 2018 en 2019 met 13 mg L⁻¹. Het effect van de droogte in 2019 en de vertraging van het droogte-effect

⁴ <https://lmm.rivm.nl/Figuur/Trend/Hoofdgrondsoortregio/zand/uitspoelingswater/zomer/Nitraat>

manifesteerde zich nog niet in deze stijging en verwacht wordt dat de concentraties na 2019 nog verder gestegen zijn.

Verder wordt in de modelberekening verondersteld dat de stijging van nitraatconcentraties op de melkveehouderijbedrijven 4 – 6 mg L⁻¹ bedraagt voor de zandregio's en de lössregio (Tabel 3.4). Op de derogatiebedrijven van het LMM-derogatiemetnet was de toename van nitraatconcentraties in Zand Midden en Zand zuid tussen 2018 en 2020 (Van Duijnen, 2021) groter dan verondersteld in de berekeningen met WOGWOD. De modelaannames ten aanzien van concentratiestijgingen door droogte zijn voorzichtig.

Tabel 3.4. Effecten van maatregelen om de stijging van de nitraatconcentratie als gevolg van droogte tegen te gaan. Nitraatconcentraties zijn gemiddelden voor akker- en tuinbouw (AT) of melkveehouderij (MVH). De effecten van alleen vanggewas na aardappelen zijn tussen haakjes weergegeven.

Maatregel	Gewas	WOGWOD				Nitraatmodel
		Zand noord	Zand midden	Zand zuid	Löss	DSG-project Löss
Berekende stijging door droogte (mg L ⁻¹)						
	AT	19	18	16	18	21
	MVH	4	4	6	4	
Effect van maatregel (mg L ⁻¹)						
Scenario Nk: 25% korting N-gift bij aardappel, mais en grasland	AT	9	6	4	3	11
	MVH	4	4	4	3	
Scenario Vg: Verplicht vanggewas ¹	AT	2 (2)	2 (1)	2 (1)	3 (1)	1
	MVH	0,4	0,5	1	0,7	
Scenario Vg-AW: Verplicht vanggewas ¹ + wintertarwe i.p.v. aardappel	AT	9 (9)	8 (7)	4 (3)	3 (1)	21
Scenario Vg-Nk: Verplicht vanggewas ²	AT	7 (7)	8 (5)	6 (4)	10 (3)	17
	MVH	3	3	5	3	
Scenario Vg-Nk-AW: Verplicht vanggewas ² + wintertarwe i.p.v. aardappel	AT	22 (22)	19 (16)	13 (10)	13 (6)	27

1) Geen verrekening van bemestende waarde van het vanggewas met de mestgift

2) Wel verrekening van bemestende waarde van het vanggewas met de mestgift

3) Effect wanneer vanggewas alleen wordt toegepast op aardappelen

De aanpak van de scenarioberekeningen en de resultaten worden besproken in bijlage 5.2. De resultaten zijn als volgt samen te vatten:

- Voor alle scenario's, met uitzondering van het meest ingrijpende scenario Vg-Nk-AW, wordt met de maatregel de stijging van de nitraatconcentratie als gevolg van droogte slechts gedeeltelijk voorkomen. Voor scenario Vg-Nk-AW, zijn de berekende nitraatconcentraties vergelijkbaar met de waarden in een situatie zonder droogte.
- Het effect van een korting op de mestgift (25%) bij aardappelen is een vermindering van de nitraatconcentratie met 3 – 11 mg L⁻¹ ten opzichte van de nitraatconcentratie die zou optreden als gevolg van droogte. Voor de melkveehouderij (gras en mais) leidt de korting tot een verlaging van de nitraatconcentratie met 3 – 9 mg L⁻¹ ten opzichte van de concentratie na een droog jaar (scenario Nk).
- Het effect van een vanggewas waarvan de bemestende waarde van de ondergeploegde gewasresten niet wordt verrekend met de bemesting van het volggewas is beperkt tot een verschil van de nitraatconcentratie van 0,4 – 3 mg L⁻¹ (scenario Vg). Als aardappelen daarnaast worden vervangen door wintertarwe (scenario Vg-AW), wordt een verschil van de nitraatconcentraties ten opzichte van de concentratie na droogte berekend van 3 mg L⁻¹ voor Zand zuid tot 9 mg L⁻¹ voor Zand noord.
- Wanneer een vanggewas wordt geteeld waarbij de bemestende waarde van het vanggewas wordt verrekend met de mestgift van het volggewas (scenario Vg-Nk), is het effect op de nitraatconcentratie 3 – 10 mg L⁻¹. Als ook aardappelen worden vervangen door wintertarwe

(scenario Vg-Nk-AW) is het effect nog groter en bedraagt het verschil met de concentratie die zou optreden na een droog jaar 6 – 23 mg L⁻¹.

- Het effect van de maatregelen die zijn berekend met het Nitraatmodel DSG-project is overwegend groter dan het effect berekend met het WOGWOD-model. Vooral het verschil bij scenario Vg-AW is opmerkelijk groot. Een verklaring voor dit verschil is dat in het WOGWOD-model binnen het regionaal gemiddelde bouwplan een gebruiksnorm van 190 kg ha⁻¹ wordt toegepast voor wintertarwe in het lössgebied. Het resulterende stikstofoverschot na wintertarwe verschilt in de berekeningen voor het lössgebied niet veel met het stikstofoverschot van aardappelen en het effect op de nitraatconcentratie is daardoor gering. Het Nitraatmodel DSG-project gaat uit van een bedrijfsbouwplan en een teeltvolgorde en is geijkt op bedrijfsgegevens van bedrijven in het lössgebied en berekent daarmee ook andere overschotten. Het door WOGWOD berekende effect is voor dit scenario waarschijnlijk te laag berekend.
- Het door het Nitraatmodel-DSG-project berekende effect voor de scenario's Nk, Vg-NK en Vg-Nk-AW is waarschijnlijk wat te ruim berekend. In dit model is de gewasopname geijkt op bedrijfsgegevens, maar het model houdt geen rekening met een lagere gewasopname als gevolg van kortingen op de mestgift. Het effect op het stikstofbodemoverschot en daarmee op de nitraatconcentratie wordt daarmee te ruim berekend.

Een verdere toelichting op de resultaten wordt gegeven in bijlage 6.2 en een discussie over de verschillen tussen de modellen is te vinden in paragraaf 7.4.

De effecten van maatregelen om een stijging van de nitraatconcentratie als gevolg van droogte tegen te gaan zijn te beschouwen als een best-case. De mogelijkheden tot bijsturing van de kunstmestgift binnen het seizoen zijn op bouwland beperkt omdat vrijwel alle stikstof in mest al gegeven is (laatste bemesting in juni) voordat duidelijk wordt dat het seizoen droog wordt. Voor zowel aardappel als mais zijn er bijmestsystemen/adviezen beschikbaar. Hiermee zou in principe kunnen worden ingespeeld op situaties van vroege droogte (mei-juni). Op zandgrond zijn er in potentie nog bijsturingsmogelijkheden omdat het niet standaard praktijk is.

Metingen van Eurofins Agro laten zien dat er in het voorjaar na een droog jaar tot 40 kg N ha⁻¹ aanwezig is in de bodemlaag 0-90 cm, en in de berekeningen is verondersteld dat deze stikstof ook daadwerkelijk ten goede komt aan het volggewas. Dit is goed mogelijk op diep doorwortelbare gronden zoals löss- of diepe esgronden (zand) mits een diepwortelend gewas wordt geteeld, maar onwaarschijnlijk in geval van minder diep doorwortelbare zandgronden en/of ondiep wortelende gewassen als groenten en aardappelen. Bijkomend punt is dat in veel gangbare bouwplannen het gewas aardappel al opgevolgd wordt door wintertarwe of een ander diep wortelend gewas. Dat betekent dat het huidige bouwplan in veel situaties al de effecten realiseert die met de bovengenoemde berekeningen wordt ingeschat.

Verder kunnen, afhankelijk van de bodemgezondheidssituatie, de mogelijkheden voor maximale inzet van vanggewassen worden beperkt, doordat vanggewassen bepaalde bodempathogenen (o.a. aaltjes) kunnen vermeederen.

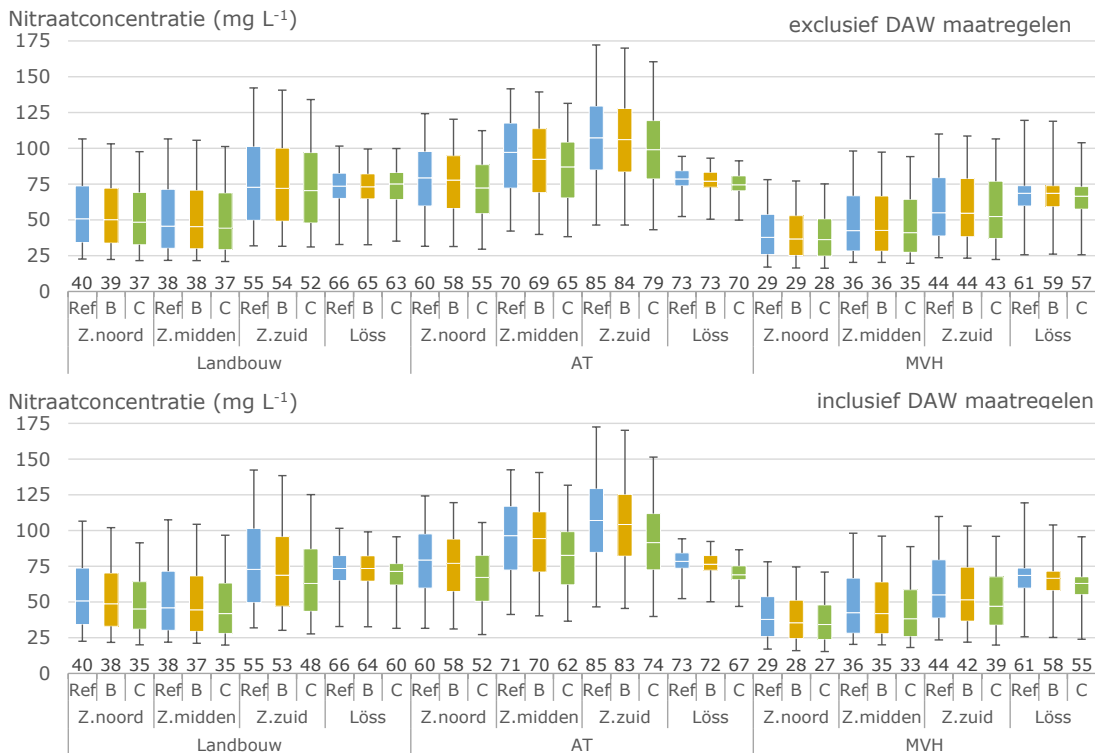
De doorgerekende maatregelen hebben betrekking op het verminderen van een stijging van de nitraatconcentratie zoals deze zich kan voordoen na een droge periode. De resultaten geven echter geen antwoord op de vraag of hiermee een overschrijding van de grenswaarde kan worden voorkomen. Om een dergelijke overschrijding te voorkomen zijn in aanvulling op de mitigerende maatregelen ook preventieve maatregelen van structurele aard nodig. Met een risicobenadering waarin gebruiksnormen en/of eisen aan bouwplannen worden afgestemd op een lagere nitraatconcentratie dan 50 mg L⁻¹ zou een overschrijding van de grenswaarde minder vaak kunnen optreden en zou de mate van overschrijding ook verminderd kunnen worden.

4 Effecten van pakketten maatregelen

In hoofdstuk 3 is het effect van de enkelvoudige maatregelen per sector op de nitraatconcentraties in het grondwater en de stikstof- en fosforbelasting (vrachten en concentraties) van het oppervlaktewater besproken. Gebiedsgemiddelde effecten van de eventueel verplichte maatregelen (korting gebruiksnormen, mestvrije perceelsranden) zijn niet gegeven in hoofdstuk 3. In scenario B zijn de maatregelen 'korting N-gebruiksnorm bij achtereenvolgende teelten van uitspoelingsgevoelige gewassen' en 'mestvrije perceelsranden (5m/2m)' opgenomen en in scenario C de maatregelen 'korting van de N-gebruiksnorm bij niet-rustgewassen' en 'mestvrije perceelsranden (7,5m/3m)'. Voor de ex-ante analyse van de 3^e Stroomgebiedsbeheersplannen zijn deze scenario's verder gecombineerd met DAW-maatregelen. Conform de aanpak in de nationale Analyse Waterkwaliteit is voor scenario B het pakket DAW-maatregelen met een implementatiegraad volgens "voorzien" van de Nationale Analyse Waterkwaliteit (Van Gaalen et al 2020) verondersteld en voor scenario C met een ingeschatte maximale implementatiegraad,

4.1 Nitraat in uitspoelingswater in het zand- en lössgebied

De gemiddelde berekende nitraatconcentraties onder landbouwgronden in de verschillende zandregio's (Noord, Midden en Zuid) en het lössgebied bedragen respectievelijk 40, 38, 55 en 66 mg L⁻¹ (Figuur 4.1). De gemiddelde berekende nitraatconcentratie voor akker- en tuinbouwgewassen (AT-gewassen) is beduidend hoger dan de berekende nitraatconcentratie voor de melkveehouderij. Voor de zandregio's zijn de berekende nitraatconcentraties voor de AT-gewassen ca. 30 en 40 mg L⁻¹ hoger dan voor de melkveehouderij, voor het lössgebied zijn de verschillen kleiner (ca. 12 mg L⁻¹).



Figuur 4.1 Arealgewogen cumulatieve frequentieverdeling (weergegeven als boxplots) van de nitraatconcentraties in de zandgebieden en het lössgebied voor Referentie 2027 en voor scenario B en C. Boven: exclusief DAW-maatregelen; onder: inclusief DAW-maatregelen. Blokjes geven het 25- en 75-percentiel aan. De witte streep geeft de mediane waarde aan en de zwarte strepen geven het 2,5- en 97,5-percentiel aan. De getallen geven de arealgewogen gemiddelde waarden aan.

In deze figuren is te zien dat de ruimtelijke variatie van nitraatconcentraties groot is. Door de maatregelen neemt de ruimtelijke spreiding iets af, waarbij voor de hoge waarden (95-percentiel waarden) in scenario C lager is dan in de Referentie 2027 of in scenario B.

Effecten van de eventueel verplichte maatregelen zonder de DAW-maatregelen zijn weergegeven in Tabel 4.1. Tabel 4.2 geeft de effecten van de scenario's inclusief de DAW-maatregelen.

Tabel 4.1 Berekende gebiedsgemiddelde nitraatconcentraties (mg L^{-1}) onder landbouwgrond in de zandregio's en de lössregio voor de Referentie 2027 en bij de maatregelpakketten van scenario B en C.

Gebied	Sector	Nitraat (mg L^{-1})								
		Referentie	Exclusief DAW-maatregelen			Inclusief DAW-maatregelen			Afname t.o.v. Referentie	Afname t.o.v. Referentie
			Sc B	Afname t.o.v. Referentie	Sc C	Sc B	Afname t.o.v. Referentie	Sc C		
Zand noord	Landbouw	40	39	1	37	3	38	2	35	5
	AT	60	58	2	55	5	58	2	52	9
	MVH	29	29	0	28	1	28	1	27	2
Zand midden	Landbouw	38	38	0	37	3	37	1	35	3
	AT	70	69	1	65	5	70	2	62	10
	MVH	36	36	0	35	3	35	1	33	3
Zand zuid	Landbouw	55	54	1	52	3	53	2	48	7
	AT	85	84	1	79	6	83	3	74	11
	MVH	44	44	0	43	1	42	2	39	5
Löss	Landbouw	66	65	1	63	3	64	2	60	6
	AT	73	73	0	70	3	72	1	67	6
	MVH	61	59	2	57	4	58	3	55	6

Het effect van scenario B zonder de DAW-maatregelen op de berekende nitraatconcentraties is beperkt ($0 - 2 \text{ mg L}^{-1}$). Het effect van scenario C exclusief de DAW-maatregelen is iets groter, variërend van 1 tot 6 mg L^{-1} .

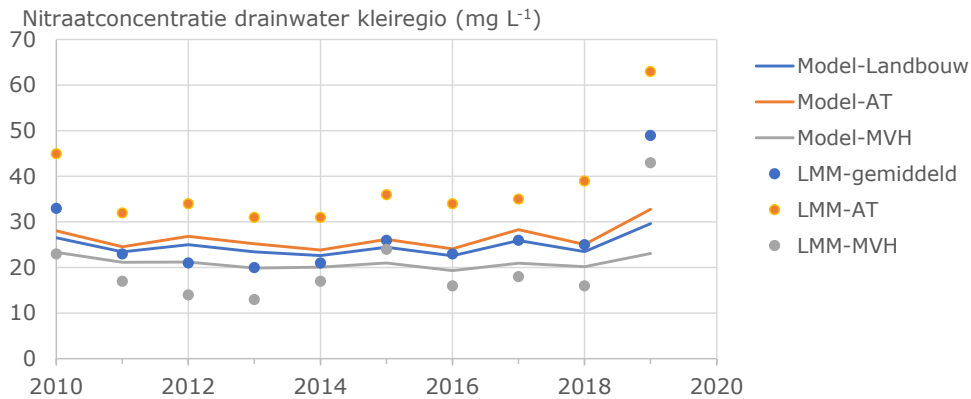
Als de brongerichte maatregelen van het DAW-pakket effectief worden uitgevoerd, en op alle landbouwpercelen zouden worden uitgevoerd, wordt een vermindering van de nitraatconcentratie berekend van $10 - 20 \text{ mg L}^{-1}$ voor het zand- en lössgebied (zie bijlage 10). Echter, bij de ingeschatte implementatiegraad voor de vrijwillige maatregelen van scenario B en scenario C zijn de effecten veel kleiner. Voor scenario B wordt met een implementatiegraad volgens "Voorzien" van de Nationale Analyse Waterkwaliteit (Van Gaalen et al, 2020) een vermindering van de nitraatconcentratie gemiddeld onder landbouwpercelen in het zand- en lössgebied berekend van ca. 2 mg L^{-1} en voor scenario C met een implementatiegraad "Maximaal" een vermindering van $3 - 7 \text{ mg L}^{-1}$.

Het pakket DAW-maatregelen bevat voor de akker- en tuinbouwgewassen de maatregelen "teelt van diep wortelende rustgewassen". In scenario C is verondersteld dat een deel van het bouwplan wordt gewijzigd in de teelt van diepwortelende rustgewassen. Deze wijziging resulteert in een vermindering van het stikstofbodemschot tot ca. 20 kg ha^{-1} . Dit is een extreme aanname en het effect zal in de praktijk naar verwachting minder zijn.

De effecten zijn voor de melkveehouderijsector kleiner dan voor de akker- en tuinbouw. Een deel van de maatregelen, zoals het uitrijden van mest na half maart wordt al als onderdeel van de Referentie toegepast, evenals het rekening houden met de stikstofbemesting bij een volggewas na het scheuren van grasland. Vanaf het 6^e Actieprogramma gelden hiervoor specifieke gebruiksnormen. Binnen het totale pakket sorteert rijenbemesting in mais het grootste effect voor de melkveehouderij.

4.2 Nitraat in drainwater in de kleiregio

In de rapportages over de Nitraatrichtlijn (Fraters et al, 2020) worden het rivierkleigebied, het noordelijk zeekleigebied en het zuidwestelijk kleigebied samengenomen en worden metingen gerapporteerd voor de kleiregio. Het LWKM 1.2 is een landsdekkend model en de uitgangssituatie en de scenario's zijn dan ook voor alle landbouwgronden in Nederland gesimuleerd. Omdat in het verleden ook in kleigronden overschrijdingen van de grenswaarde van nitraat van 50 mg L⁻¹ voorkwamen (Van Boekel et al, 2012) is het relevant om de Uitgangssituatie 2019 en de effecten van de scenario's ook voor kleigronden te evalueren. Het berekend verloop van de nitraatconcentratie in de periode 2010 – 2019 is weergegeven in Figuur 4.2.



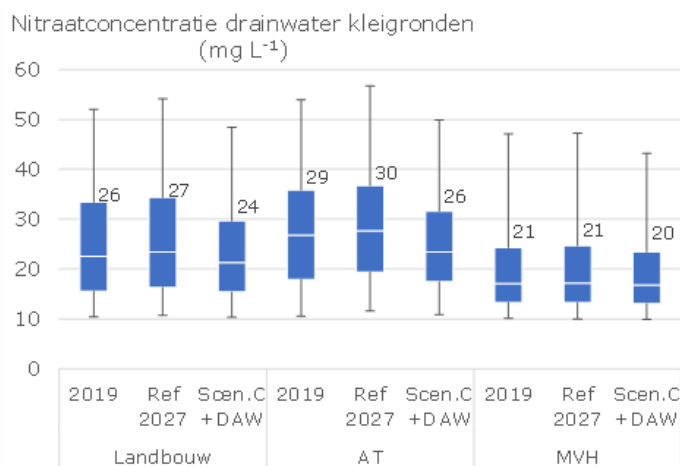
Figuur 4.2 Berekend verloop van de nitraatconcentraties (mg L⁻¹ NO₃) in drainwater van landbouwpercelen in de kleiregio berekend voor situatie met volledige benutting van de mestgebruiksruimte maar zonder overbemesting en in het LMM gemeten nitraatconcentraties in drainwater.

Voor akkerbouw worden lagere concentraties berekend dan de metingen van het LMM aangeven⁵ en voor melkveehouderij worden hogere concentraties berekend dan de metingen, maar de gemiddelde berekende concentratie van alle landbouwpercelen in de regio stemt goed overeen met het gemiddelde van de metingen⁶. De overschatting van de concentraties bij melkveehouderij wordt mogelijk verklaard door de veronderstelling dat de volledige gebruiksruimte wordt benut wat op grasland op kleigrond lang niet altijd het geval is vanwege de hoge stikstofgebruiksnorm van 345 of 385 kg ha⁻¹ bij beweiden of volledig maaien. Zowel de metingen als de berekeningen laten een licht stijgende trend voor akker- en tuinbouw zien van de nitraatconcentraties. De waargenomen stijging in 2019 wordt ook in het model gesimuleerd, maar in veel mindere mate. De uitspoeling na droogte wordt in kleigronden mede beïnvloed door krimpscheuren wat leidt tot snelle transportprocessen, Het model houdt daar geen rekening mee.

De prognose voor 2027 (Referentie 2027) en de voorspelling van de nitraatconcentraties voor scenario C met inbegrip van de DAW-maatregelen is weergegeven in Figuur 4.3.

⁵ <https://lmm.rivm.nl/Figuur/Trend/Hoofdgrondsoortregio/klei/uitspoelingswater/winter/Nitraat>

⁶ De vergelijking is niet helemaal zuiver, omdat in het gemiddelde van de LMM-metingen ook de concentraties van dierbedrijven zijn meegeteld



Figuur 4.3 Areaal gewogen frequentieverdeling (weergegeven als boxplots) van de nitraatconcentraties in drainwater van kleiperdelen in de Uitgangssituatie (2019), Referentie 2027 (Ref.2027) en Scenario C met inbegrip van DAW maatregelen (Scen. C_DAW). Blokjes geven het 25- en 75-percentiel aan. De witte streep geeft de mediane waarde aan en de zwarte strepen geven het 2,5- en 97,5-percentiel aan. De getallen geven de areaalgewogen gemiddelde waarden aan.

Voor de kleiregio wordt voor de Referentie 2027 een geringe stijging van 1 mg L⁻¹ berekend ten opzichte van de Uitgangssituatie 2019. Zowel de metingen als de berekeningen in Figuur 4.2 laten een geringe stijgende trend zien en deze zal zich ook na 2019 voorzetten. Mogelijk hangt deze trend samen met een toename van het gebruik van stikstof in de akker- en tuinbouw in de kleiregio. De maatregelen ten aanzien van de korting van gebruiksnormen van uitspelingsgevoelige gewassen of niet-rustgewassen hebben alleen betrekking op zandgrond en lössgrond en hebben voor de kleiregio een verwaarloosbaar effect. Bemestingsvrije perceelsranden verminderen de nitraatuitspoeling enigszins, procentueel in de zelfde orde van grootte als het areaal dat niet meer bemest zou worden. Het grootste deel van de vermindering van de nitraatconcentratie is toe te schrijven aan de brongerichte maatregelen van DAW. Door de teelt van vanggewassen, daar waar mogelijk, vermindering van bemesting op het volggewas na gescheurd grasland, verdunning van drijfmest bij uitrijden en een maximale inzet van bijmestsystemen wordt een daling van de nitraatconcentratie berekend van gemiddeld 3 mg L⁻¹. Voor de akker- en tuinbouwpercelen is de daling iets groter en voor de melkveehouderij is de daling kleiner. Effecten van lagere mestgiften zijn voor de kleigronden niet doorgerekend.

4.3 Nitraat in ondiep grondwater in grondwaterbeschermingsgebieden

Nitraatconcentraties in het bovenste grondwater van 34 grondwaterbeschermingsgebieden zijn sinds het zesde Actieprogramma Nitraat een aandachtsveld voor het mestbeleid. In 2020 is door Van den Brink et al (2020) een deskstudy uitgevoerd waaruit bleek dat met sterk verbeterd management op de agrarische bedrijven op ongeveer één derde van het landbouwareaal aan het nitraatdoel kan worden voldaan. Mede op basis van deze deskstudy verwacht het LBO (2020)⁷ dat met gelijke of verhoogde deelname aan het uitvoeringsprogramma in de 23 van de 34 gebieden in 2025 aan de doelstellingen van de bestuursovereenkomst kan worden voldaan.

Voor het verkennen van de effecten van maatregelen in het 7^e Actieprogramma en de aanvullende vrijwillige maatregelen op de nitraatconcentraties onder landbouwgronden in de 34 grondwaterbeschermingsgebieden zijn de resultaten van het LWKM 1.2 vertaald naar deze gebieden vertaald op basis van perceelsinformatie over landgebruik, bodemtype, grondwatertrap en geografische ligging (zie bijlage 9). Het effect op de nitraatconcentraties onder landbouwgronden is berekend voor de 34 grondwaterbeschermingsgebieden voor verschillende scenario's.

⁷ <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/kamerstukken/2020/07/17/bsluit-van-het-lbo-inzake-afpraak-7c-van-de-bestuursovereenkomst/bijlage-besluit-van-het-lbo-inzake-afpraak-7c-van-de-bestuursovereenkomst.pdf>

De resultaten geven aan dat de grootste daling van de gemiddelde nitraatconcentraties onder landbouwgronden het gevolg is van in de het 6^e Actieprogramma Nitraat genomen maatregelen (verlaging fosfaatgebruiksnorm voor klasse "hoog" van bouwland; uiterste zaaidatum vanggewas na mais op zand- en lössgrond) die in 2019 nog geen effect op de nitraatconcentraties in droge zandgronden sorteerden, maar wel in de jaren daarna (na-ijleffect). Tabel 4.2 geeft een gemiddelde per provincie van de effecten van na-ijling, van de aanscherping van gebruiksnormen bij akker- en tuinbouw en van het pakket DAW-maatregelen. De implementatiegraad van de DAW-maatregelen is bijna "maximaal" verondersteld waarvoor het effect berekend is als een gewogen gemiddelde gebruikt van de resultaten van "voorzien" en "maximaal" (zie bijlage 10) waarbij "maximaal" driemaal zo zwaar weegt als "voorzien".

Tabel B9.3. Doelbereik nitraat in grondwaterbeschermingsgebieden en gebiedsgewogen gemiddelde afname van de nitraatconcentraties onder landbouwgronden.

Provincie	Aantal grondwater beschermingsgebieden		Afname van de gebiedsgemiddelde nitraatconcentraties onder landbouwgronden (mg L ⁻¹)			
	Totaal	met NO ₃ -concentratie ≤ 50 mg L ⁻¹	Na-ijleffect	Gemiddelde scenario B en C, exclusief DAW maatregelen	Extra effect DAW-maatregelen ¹	Totaal effect
Drenthe	4	2	3	2	5	10
Overijssel	6	4	10	2	5	17
Gelderland	4	2	10	1	6	18
Noord-Brabant	8	1	12	2	11	25
Limburg	12	0 ² – 7 ³	8	1	6	16
Totaal	34	9 – 16				

1. verondersteld is dat deelnemers aan DAW niet één maar alle maatregelen treffen

2. Bij stikstofbemesting volgens gebruiksnormen van het 6^e Actieprogramma

3. Bij 20 kg ha⁻¹ lager veronderstelde N-bodemoverschotten als potentieel effect van programma Duurzaam Schoon Grondwater.

De sterkste afname door zowel de na-ijling als van het totale effect wordt berekend voor de grondwaterbeschermingsgebieden in de provincie Noord-Brabant, de kleinste afname wordt berekend voor de grondwaterbeschermingsgebieden in Drenthe.

Het gebiedsgemiddelde effect van de maatregelen met korting op de N-gebruiksnormen en bemestingsvrije perceelsranden op de berekende nitraatconcentraties is beperkt (1-2 mg L⁻¹) doordat het areaal waarop deze maatregelen worden toegepast klein is in de grondwaterbeschermingsgebieden (bijlage 9). Effecten mestvrije perceelsranden op de nitraatconcentraties in droge zandgronden zijn verwaarloosbaar klein, omdat het aantal watervoerende waterlopen op deze gronden meestal beperkt is.

De maatregelen uit het DAW-pakket (bijlage 10) resulteren in een afname van de berekende nitraatconcentraties tussen de 5 en 11 mg L⁻¹ waarbij het grootste effect wordt berekend voor de grondwaterbeschermingsgebieden in Noord-Brabant.

Het totaal van de gesommeerde effecten (inclusief het na-ijleffect van eerder genomen maatregelen en landbouwkundige ontwikkeling) varieert van 10 tot 25 mg L⁻¹. Voor 9 van de 34 grondwaterbeschermingsgebieden resulteert dit in een berekende nitraatconcentratie onder landbouwgronden in 2027 van 50 mg L⁻¹ of lager.

Het totale oppervlak van de grondwaterbeschermingsgebieden is groter dan het landbouwareaal. De gebiedsgemiddelde nitraatconcentratie wordt daarom mede bepaald door de verhouding van arealen landbouw en niet-landbouw en de nitraatconcentratie die aan niet-landbouw wordt toegekend. Vaak zijn de nitraatconcentraties onder niet-landbouw lager dan onder landbouw en zijn daarmee ook de gebiedsgemiddelde nitraatconcentraties lager dan de concentraties onder de landbouwgronden.

Bij het bepalen van effecten is uitgegaan van het landgebruik in 2019 en dit is constant verondersteld. Landgebruiksveranderingen in de grondwaterbeschermingsgebieden die resulteren in een groter oppervlak aan uitspoelingsgevoelige teelten leiden er waarschijnlijk toe dat de doelstellingen van de bestuursovereenkomst moeilijker te realiseren zijn.

4.4 Belasting van oppervlaktewater en concentraties van uitspoelingswater

De belasting van oppervlaktewater met stikstof en fosfor (kg ha^{-1}) en de emissieconcentratie in de zomerperiode voor Referentie 2027, scenario B en scenario C zijn gegeven in Tabel 4.2 (Stikstof) en Tabel 4.3 (Fosfor). De gemiddelde uit- en afspoeling van stikstof en fosfor is berekend voor het schaalniveau van de beheergebieden van de waterschappen anno 2010. De hoogste stikstofbelasting wordt over het algemeen berekend voor de waterschappen uit het deelstroomgebied Rijn-West en waterschap Scheldestromen. De laagste N-belasting wordt berekend voor de waterschappen in het maasstroomgebied, Rijn Noord en Rijn-Oost.

Het effect van maatregelen uit scenario B resulteert in een afname van de stikstofvracht van 2 – 7%, waarbij geen duidelijk onderscheid gemaakt kan worden tussen de verschillende deelstroomgebieden. De laagste procentuele afname wordt berekend voor de Scheldestromen en Zuiderzeeland. In beide gebieden liggen de akkerbouwpercelen op kleigronden en zijn de percelen voorzien van buisdrainage.

De grootste procentuele afname wordt berekend in gebieden met een hoge nitraatconcentratie onder landbouwpercelen (Aa en Maas, De Dommel) waar de N-korting van gebruiksnormen en de brongerichte DAW-maatregelen effect hebben en gebieden met een groot aantal waterlopen (Hollands Noorderkwartier, Delfland, Rijnland) waar bemestingsvrije perceelsranden effect sorteren. Het procentuele effect van de scenario's op de N-concentraties van het uitspoelend water in de zomerperiode is ongeveer gelijk aan dat van de uitspoelingsflux.

Het effect van de maatregelen in scenario C is ongeveer 1,5 tot 3 maal zo groot als in scenario B. De afname van de stikstofbelasting en N-emissieconcentratie voor scenario C bedraagt 6 – 13%.

De effecten op het doelbereik worden besproken in Par. 4.5.2.

Tabel 4.2 Berekende uit- en afspoeling van stikstof uit landbouwgronden in 2027 ($\text{kg ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$), zomerwaarden voor de N-concentraties in uitspoelend water (mg L^{-1}) en de procentuele vermindering door de maatregelen van scenario B en scenario C.

Waterschap (2010)	Uit- en afspoeling N ($\text{kg ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$)	Procentuele vermindering		N-zomer concentratie (mg L^{-1})	Procentuele vermindering	
		Referentie	Scenario B		Scenario C	Referentie
Eems						
Hunze en Aa's	20	4%	9%	5,8	4%	10%
Maas						
Aa en Maas	16	6%	13%	7,7	5%	12%
Brabantse Delta	19	4%	10%	6,9	4%	11%
De Dommel	14	5%	11%	9,0	4%	10%
Peel en Maasvallei	10	4%	11%	9,7	3%	9%
Roer en Overmaas	2	4%	9%	2,5	4%	11%
Rijn Noord						
Wetterskip Fryslân	16	5%	8%	5,0	5%	9%
Noorderzijvest	15	4%	8%	4,4	4%	8%
Rijn Oost						
Groot Salland	9	5%	8%	3,8	5%	9%
Regge en Dinkel	11	4%	8%	5,5	4%	8%
Reest en Wieden	16	4%	9%	7,0	3%	9%
Rijn en IJssel	6	3%	7%	4,1	3%	8%
Vallei & Eem	13	4%	8%	3,9	4%	8%
Velt en Vecht	14	4%	9%	6,1	4%	9%
Veluwe	9	4%	6%	3,2	3%	6%
Zuiderzeeland	36	2%	7%	7,0	2%	7%
Rijn West						
Amstel, Gooi en Vecht	25	4%	7%	5,4	4%	7%
De Stichtse Rijnlanden	12	4%	6%	3,5	4%	6%
Delfland	40	7%	10%	8,2	7%	10%
Hollands Noorderkwartier	36	5%	9%	7,5	5%	10%
Hollandse Delta	36	3%	7%	7,6	3%	7%
Rijnland	32	5%	8%	6,3	5%	9%
Rivierenland	11	4%	6%	3,2	4%	6%
Schieland & Krimpenerwaard	31	3%	6%	6,6	4%	6%
Schelde						
Scheldestromen	23	2%	6%	5,6	2%	7%

De fosforbelasting (kg ha^{-1}) en de fosforconcentratie van het uitspoelend water is het grootst voor de waterschappen in het deelstroomgebied Rijn-West (gemiddeld ruim $3,5 \text{ kg P ha}^{-1}$) en waterschap Scheldestromen ($3,2 \text{ kg P ha}^{-1}$) (Tabel 4.3). In het stroomgebied van de Maas en Rijn-Oost is de P-belasting met gemiddeld respectievelijk $0,71 \text{ kg P ha}^{-1}$ en $0,85 \text{ kg P ha}^{-1}$ het laagst.

Het effect van maatregelen uit scenario B is gering en in een afname van de fosforvrucht en P-concentratie van het uitspoelend water met ca. 1 tot 3%. Het effect van de maatregelen in scenario C is iets hoger en varieert tussen ca. 1 en 5%. De korting van de N-gebruiksnormen heeft bijna geen effect op de uit- en afspoeling van fosfor. Door een lagere N-bemesting zou in theorie een grotere uitspoeling kunnen plaatsvinden als de verminderde N-bemesting leidt tot een lagere gewasopname en een lagere P-opname. Het fosfaatbodemschot zou daardoor iets groter kunnen worden op de percelen waar minder met stikstof wordt bemest. Een eventueel effect hiervan is niet zichtbaar in de resultaten. Evenals voor stikstof worden voor Scheldestromen en Zuiderzeeland de laagste procentuele afname berekend. De verhouding in het effect van scenario C ten opzichte van het effect van scenario B bedraagt in veel gebieden ongeveer 1,5. Dat is ook de verhouding van de breedtes van de bemestingsvrije perceelsranden in beide scenario's. In een aantal gebieden is de toename in effect

tussen scenario B en scenario C veel kleiner dan de verhouding van 1: 1,5. Dit betreft gebieden waar in de uitgangssituatie een deel van de fosfor met oppervlakkige afstroming naar sloten wordt getransporteerd. De bemestingsvrije perceelsranden met een breedte van 2 meter hebben voor deze route in het model eenzelfde effect als de 3 meter brede randen.

Tabel 4.3 Berekende uit- en afspoeling van fosfor uit landbouwgronden in 2027 ($\text{kg ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$), zomerwaarden voor de P-concentraties in uitspoelend water (mg L^{-1}) en de procentuele vermindering door de maatregelen van scenario B en scenario C.

Waterschap (2010)	Uit- en afspoe- ling P ($\text{kg ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$)	Procentuele vermindering		P-zomer concentratie (mg L^{-1})	Procentuele vermindering	
		Referentie	Scenario B		Scenario C	Referentie
Eems						
Hunze en Aa's	1,0	1,5%	2%	0,3	1,5%	2%
Maas						
Aa en Maas	0,9	2%	2,5%	0,3	1,5%	2%
Brabantse Delta	1,2	1,5%	2%	0,3	1,5%	2%
De Dommel	0,8	1,5%	2,5%	0,3	1,5%	2%
Peel en Maasvallei	0,6	1,5%	2%	0,3	1,5%	2,5%
Roer en Overmaas	0,1	2%	3%	0,1	3%	5,5%
Rijn Noord						
Wetterskip Fryslân	1,7	2,5%	3,5%	0,5	2,5%	3,5%
Noorderzijlvest	1,9	2%	3%	0,5	2%	3%
Rijn Oost						
Groot Salland	0,6	3,5%	4,5%	0,2	3,5%	4%
Regge en Dinkel	0,9	2%	3,5%	0,3	2,5%	3,5
Rijn en IJssel	0,4	2,5%	3%	0,2	2%	3%
Reest en Wieden	0,8	3%	4%	0,3	2,5%	3,5%
Vallei & Eem	0,9	2%	3%	0,3	2%	2,5%
Velt en Vecht	1,0	1,5%	2,5%	0,3	1,5%	2%
Veluwe	0,6	2,5%	3,5%	0,2	2,5%	3,5%
Zuiderzeeland	1,6	1,5%	1,5%	0,3	1,5%	1,5%
Rijn West						
Amstel, Gooi en Vecht	3,4	2%	2,5%	0,8	1%	2,5%
De Stichtse Rijnlanden	2,4	2%	2,5%	0,7	1,5%	2,5%
Delfland	6,1	2,5%	4%	1,3	3%	4%
Hollands Noorderkwartier	3,1	2,5%	4,5%	0,7	3%	4,5%
Hollandse Delta	4,4	1%	1%	1,0	1%	1%
Rijnland	4,8	3%	5%	1,0	3%	5,5%
Rivierenland	1,5	2,5%	3,5%	0,4	2,5%	3,5%
Schieland & Krimpenerwaard	3,2	1%	1,5%	0,8	1%	1,5%
Schelde						
Scheldestromen	3,2	1%	1,5%	0,8	1%	1,5%

4.5 Effecten op doelbereik waterkwaliteit

Het Actieprogramma Nitraat is gericht op het verminderen en voorkomen van de verontreiniging van grond- en oppervlaktewater die samenhangt met het meststoffengebruik in de landbouw en de wijze van mesttoediening. Hierbij wordt uitgegaan van Goede Landbouw praktijk (zie ook Par. 7.4.1). In Nederland is dit uitgewerkt in het doel dat:-

- de nitraatconcentratie onder landbouwgronden de grenswaarde van 50 mg L^{-1} niet overschrijdt in één van de onderscheiden regio's;
- de nitraatconcentratie niet toeneemt, ook als de waarde lager dan 50 mg L^{-1} is;
- De eutrofiëring van het oppervlaktewater vermindert.

In paragraaf 4.4.1 wordt het effect van de maatregelpakketten (scenario B en scenario C) voor de nitraatconcentraties onder landbouwgronden beschreven voor de zandregio (Zand Zuid, Zand Midden en Zand Noord) en de lössregio, paragraaf 4.4.2 gaat in op het doelbereik van de Kaderrichtlijn Water voor alle waterlichamen in Nederland, dus ook de klei- en veengebieden.

4.5.1 Nitraatconcentraties

In het noordelijk en centrale zandgebied wordt in de referentiesituatie (2027) gemiddeld aan het doel van maximaal 50 mg L⁻¹ nitraat in het grondwater voldaan, maar nog niet in het zuidelijk zandgebied en het lössgebied (Tabel 4.4). Berekend is dat de scenario's B en C resulteren in een gebiedsgemiddelde vermindering van hooguit enkele milligrammen nitraat per liter.

Tabel 4.4. Gemiddelde nitraatconcentraties (mg L⁻¹) onder landbouwgronden voor de drie zandgebieden en het lössgebied, berekend met het Landelijk Waterkwaliteitsmodel (LWKM 1.2)

Regio	Referentie (2027)	Scenario's excl. DAW-maatregelen		Scenario's incl. DAW-maatregelen	
		Scenario B	Scenario C	Scenario B	Scenario C
Zand Noord	40	39	37	38	35
Zand Midden	38	38	37	37	35
Zand Zuid	55	54	52	53	48
Löss	66	65	63	64	60

Zonder de extra DAW-maatregelen hebben de scenario's slechts een gering effect op het doelbereik voor nitraat in uitspoelingswater. Als het pakket aan DAW-maatregelen maximaal wordt ingezet wordt in iets grotere mate aan het nitraatdoel voldaan. Ook in het zuidelijke zandgebied kan de nitraatconcentratie dalen tot waarden kleiner dan 50 mg L⁻¹. Een deel van de maatregelen in het DAW-pakket heeft betrekking op een ruimere vruchtwisseling zoals wordt voorgesteld in verkenningen van kaders voor duurzamere bouwplannen (CDM, in prep.).

Het percentage landbouwoppervlak waarvoor een nitraatconcentratie lager dan 50 mg L⁻¹ is berekend is weergegeven in Tabel 4.5. Voor Referentie 2027 wordt berekend dat in respectievelijk Zand noord, Zand midden en Zand zuid 69%, 70% en 50% van het landbouwoppervlak aan het nitraatdoel voldoet. Voor het lössgebied wordt een percentage van 16% berekend.

Tabel 4.5. Percentage van het landbouwoppervlak waarvoor in de drie zandgebieden en het lössgebied een nitraatconcentratie kleiner of gelijk aan 50 mg L⁻¹ is berekend

Regio	Referentie (2027)	Scenario's excl. DAW-maatregelen		Scenario's incl. DAW-maatregelen	
		Scenario B	Scenario C	Scenario B	Scenario C
Zand Noord	69%	70%	72%	71%	76%
Zand Midden	70%	70%	71%	72%	76%
Zand Zuid	50%	51%	52%	53%	58%
Löss	16%	16%	19%	17%	22%

Door de maatregelen met de korting op de gebruiksnormen van achtereenvolgende uitspoelingsgevoelige teelten, of van niet-rustgewassen neemt het areaal in geringe mate toe. Door de scenario's met de DAW-maatregelen te combineren neemt het areaal met 1 – 4% toe in Zand noord, met 2 – 5% in Zand midden, met 2 – 6% in Zand zuid en met 1 – 3% in het lössgebied.

Voor het lössgebied wordt verwacht dat met de scenario's in 2027 nog niet aan het nitraatdoel zal worden voldaan. Om dit te bereiken zijn extra maatregelen nodig. Het effect van de DAW-maatregelen is beperkt vanwege de geringe ingeschatte implementatiegraad in scenario B. Ook met een wat bredere implementatie (scenario C) wordt berekend dat de gebiedsgemiddelde nitraatconcentratie 3 – 4 mg L⁻¹ zal dalen in Zand zuid en het lössgebied.

Zoals in de frequentiediagrammen van figuur 4.1 te zien is, is de gebiedsgemiddelde concentratie een eerste indicatie voor de nitraattoestand. Voor Zand noord, Zand midden, Zand zuid en het lössgebied

wordt voor de Referentie 2027 berekend dat 25% van het landbouwareaal een nitraatconcentratie hoger dan 57, 56, 78 en 74 mg L⁻¹ heeft. Bij een gerichte inzet van maatregelen op de percelen met een hoge nitraatconcentratie zou het gebiedsgemiddelde mogelijk sneller kunnen dalen dan met een brede aanpak.

4.5.2 Oppervlaktewater

Resultaten van de effecten van maatregelen op het doelbereik van de waterkwaliteit zijn ontleend aan de ex-ante analyse van de 3^e stroomgebiedsbeheerplannen (Knoben et al, in prep.). Het gaat hierbij alleen om de effecten op het doelbereik van zomerwaarden van de stikstof- en fosforconcentraties van het oppervlaktewater. Andere kwaliteitsaspecten zoals biologie, verontreinigde stoffen, gewasbeschermingsmiddelen, etc. worden niet in deze rapportage beschouwd.

Voor de ex ante analyse van de 3^e SGBP (zie Par. 2.1.1) zijn met het KRW-verkenner deelmodel van het Landelijk WaterKwaliteitsModel zomerwaarden van de stikstof- en fosforconcentraties berekend voor verschillende scenario's (Tabel 4.5). Beoordeling van de berekende concentraties is uitgevoerd door ze te vergelijken met de door de waterbeheerders afgeleide normen.

Tabel 4.5. Relatie tussen de scenario's in de onderhavige PlanMER en de scenario's in de ex ante analyse van de 3^e stroomgebiedsbeheersplannen zoals deze zijn doorgerekend met het KRW-verkenner deelmodel van het LWKM 1.2.

Scenario's ¹⁾	PlanMER	Ex-ante SGBP3	Toelichting SGBP3
Uitgangssituatie	Uitgangssituatie	GW-OB_2019 GW+OB_2019	Berekende N- en P-concentraties in 2019
Referentie 2027	Referentie 2027	Huidig beleid	Voorspelde N- en P-concentraties in 2027 inclusief al geplande maatregelen uit de 2 ^e Stroomgebiedbeheerplannen
Scenario B	Scenario B	NAP7+DAW_2027	Voorspelde N- en P-concentraties in 2027 inclusief al geplande maatregelen uit de 2 ^e Stroomgebiedbeheerplannen
Scenario B + SGBP3 ²⁾	Scenario B	Voorzien_2027	Voorspelde N- en P-concentraties in 2027 inclusief geplande maatregelen uit de 3 ^e Stroomgebiedbeheerplannen
Scenario C + SGBP3 ²⁾	Scenario C	MMA_2027	Voorspelde N- en P-concentraties in 2027 inclusief geplande maatregelen uit de 3 ^e Stroomgebiedbeheerplannen

1) effecten van weersvariatie op uitspoelingsvrachten zijn gefilterd; bemesting binnen de gebruiksruijme.

2) Scenario's inclusief de door waterbeheerders aangegeven maatregelen uit de 3^e Stroomgebiedbeheerplannen.

De resultaten van deze berekeningen zijn gebruikt om de waterkwaliteit te beoordelen waarbij de concentraties worden toegekend aan één van de klassen 'slecht', 'ontoereikend', 'matig' of 'goed'. Concentraties kunnen binnen klasse veranderen zonder dat het leidt tot de overgang naar een andere klasse.

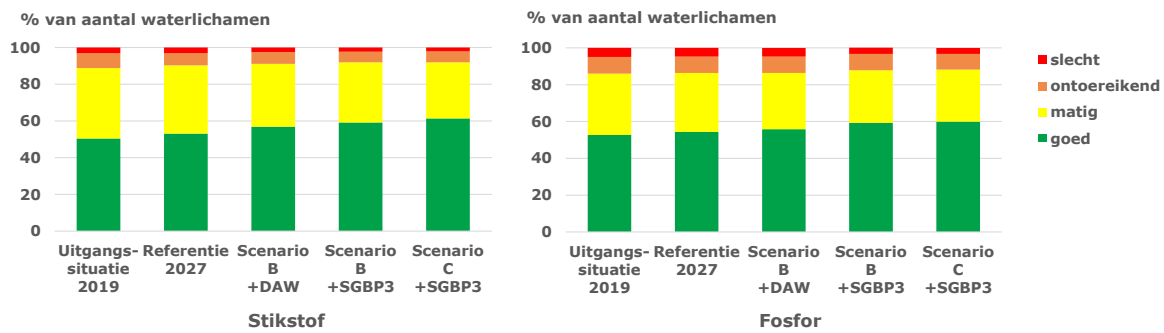
Het doelbereik voor zomerwaarden van de stikstof- en fosforconcentraties in alle onderscheiden de regionale KRW-waterlichamen is weergegeven in Figuur 4.4 voor de uitgangssituatie (op basis van meetgegevens van 2017 t/m 2019) en voor de prognoses voor 2027 in de verschillende scenario's.

Van de regionale waterlichamen voldoet in de uitgangssituatie ca. de helft van de waterlichamen aan hun norm voor stikstof of fosfor (goede toestand), respectievelijk 50% voor stikstof en 55% voor fosfor. Bijna 40% van de KRW-waterlichamen heeft een matige toestand voor stikstof en ca. 30% een matige toestand voor fosfor. Het percentage KRW-waterlichamen met de status ontoereikend is ca. 10% voor stikstof en fosfor, minder als 5% van de KRW-waterlichamen heeft de status slecht.

Resultaten van berekeningen het KRW-verkenner-deelmodel van het LWKM1.2 (Knoben et al, in prep.) geven aan dat het aandeel KRW-waterlichamen dat voldoet aan de stikstof- en fosfornorm in de

referentiesituatie 2027 iets toeneemt (53% voor stikstof en 56% voor fosfor). Met de maatregelen uit scenario B van de PlanMER (7^e NAP en DAW-maatregelen) neemt het aantal waterlichamen dat aan de nutriëntennormen voldoet toe met 2-4%.

Beoordeling toestand nutriënten in regionale waterlichamen volgens KRW



Figuur 4.4. Aandeel waterlichamen dat voldoet aan nutriëntennormen voor het 3-jarige zomergemiddelde 2017 tot en met 2019 voor de uitgangssituatie en in 2027 voor de verschillende scenario's (bron: Knobben et al, in prep.).

Wanneer ook de voorziene maatregelen worden meegenomen voor de periode 2022-2027 zoals deze door de regionale waterbeheerder zijn geprogrammeerd (scenario B + SGBP3) neemt het percentage waterlichamen dat aan de norm voldoet toe tot 59% voor stikstof en 61% voor fosfor. Bij het meest milieuvriendelijke alternatief (scenario C + SGBP3) voldoet 61% van de waterlichamen aan de stikstofnorm en 62% voldoet aan de fosfornorm.

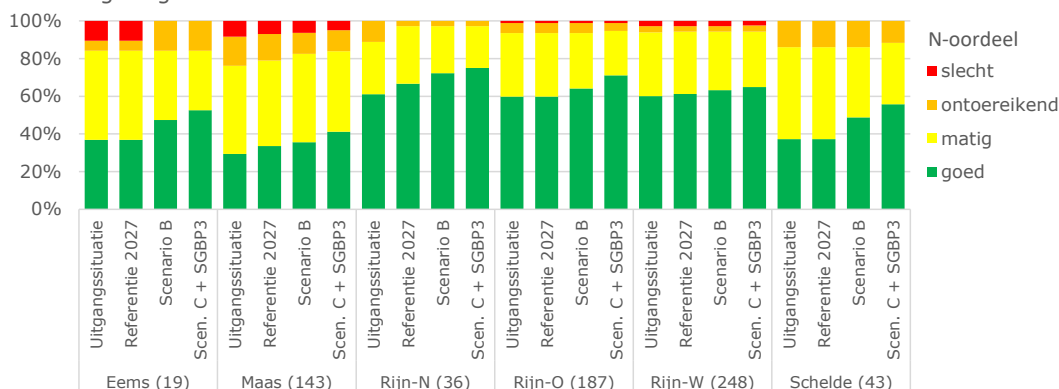
Het aantal KRW-waterlichamen varieert sterk per deelstroomgebied. Om inzicht te krijgen in welke gebieden de grootste opgaven hebben en waar de maatregelen de grootste effecten hebben zijn de resultaten ook gegroepeerd naar deelstroomgebieden (Figuur 4.5).

In het deelstroomgebied Maas wordt in de uitgangssituatie het minst (minder dan 30%) aan het doel voor stikstof voldaan en in de deelstroomgebieden Rijn Noord, Rijn Oost en Rijn West het meest (ca 60%). Voor deelstroomgebied Schelde is het doelbereik voor fosfor niet goed te interpreteren en in de ex-ante SGBP3 wordt fosfor in dit deelstroomgebied niet meegenomen. Voor de zoete regionale waterlichamen heeft ook Maas het laagste percentage met het P-oordeel goed (42%). Alleen in Rijn Noord is het percentage hoger dan 60%.

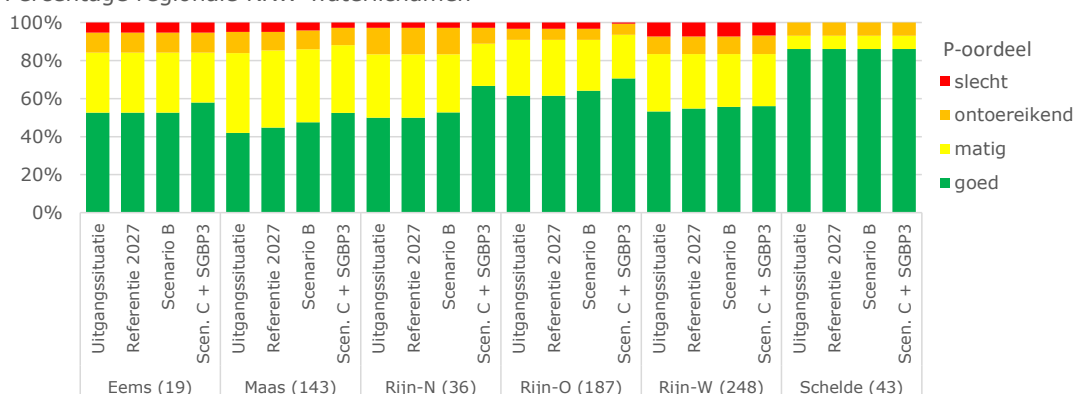
De respons op de scenario's is verschillende in de deelstroomgebieden. Voor Maas en Rijn Noord wordt een verbetering voor het doelbereik voor stikstof berekend tussen 2019 en 2027, terwijl voor de andere deelstroomgebieden geen of een heel geringe verandering wordt berekend. Voor het doelbereik voor fosfor wordt met het KRW-verkenner deelmodel van het LWKM1.2 in Maas en Rijn West een kleine toename van het aantal waterlichamen met een P-oordeel 'goed' berekend. Scenario B en scenario C leiden in alle deelstroomgebieden tot een groter aantal regionale waterlichamen met het oordeel 'goed'. De toename is groter voor stikstof dan voor fosfor.

Naast effecten van een verminderde uit- en afspoeling uit landbouwgronden, weergegeven als scenario B in Figuur 4.5, zijn in het scenario C+SGBP3 ook de toegenomen zuivering in RWZI's verwerkt. Dit leidt tot een extra toename van het aantal waterlichamen met het oordeel 'goed'.

Percentage regionale KRW-waterlichamen



Percentage regionale KRW-waterlichamen



Figuur 4.5. Aandeel waterlichamen dat per deelstroomgebied voldoet aan nutriëntennormen voor het 3-jarige zomergemiddelde 2017 tot en met 2019 voor de uitgangssituatie (Bron: waterkwaliteitsportaal) en in 2027 voor Referentie 2027, Scenario B en Scenario C (bron: Knobens et al, in prep.). Getallen tussen haakjes geven het aantal beschouwde waterlichamen weer.

Voor Rijn-West worden heel geringe verbeteringen berekend, terwijl dit deelstroomgebied het grootste aantal regionale waterlichamen telt. Het landelijke beeld van Figuur 4.4 wordt relatief het sterkst beïnvloed door dit deelstroomgebied. Daarnaast is het de vraag wat de bijdrage van de vermindering van uit- en afspoeling uit landbouwgronden is aan de veranderingen in Figuur 4.5. De procentuele vermindering van de uit- en afspoeling uit landbouwgronden laat voor stikstof (Tabel 4.2) voor scenario B in Rijn-West een effect zien van 3 – 7% en voor fosfor (Tabel 4.3) een effect van 1 – 3%. In scenario C is het effect hier groter en wordt voor stikstof een vermindering van 6 – 10% berekend en voor fosfor 1 – 5,5%.

De oppervlakten en percentages in Tabel 4.6 laten zien dat het areaal landbouwgrond in Rijn-West minder dan de helft van het gebiedsoppervlak is.

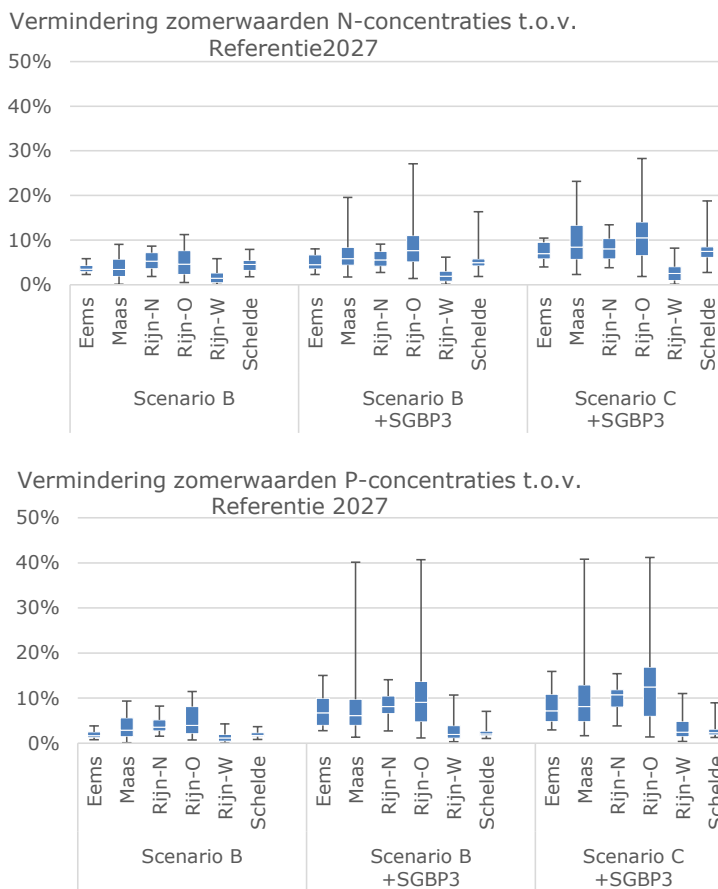
Tabel 4.6. Oppervlak landbouw per deelstroomgebied, berekend met gegevens van Basisregistratie Percelen 2019, het percentage landbouwoppervlak van het landelijk landbouwareaal en het percentage landbouwareaal van het landoppervlak per deelstroomgebied

Deelstroomgebied	Oppervlak landbouw (km ²)	Percentage van het landelijk landbouwareaal	Percentage landbouw van het deelstroomgebied landoppervlak
Maas	1493	8%	64%
Eems	3316	18%	46%
Rijn-Noord	3156	17%	65%
Rijn-Oost	5511	30%	52%
Rijn-West	3460	19%	43%
Schelde	1253	7%	62%

Ook de aanvoer van water in de zomerperiode uit de grote wateren heeft in een aantal gebieden invloed op de zomerconcentraties. Door de verdunning van gebiedseigen water met gebiedsvreemd water zijn veranderingen in de uit- en afspoeiing uit landbouwgronden in deze gebieden vaak minder zichtbaar in de zomerconcentraties in de KRW-waterlichamen.

Om inzicht te krijgen in de effecten van de scenario's is het zinvol om niet alleen de klassenveranderingen te evalueren, maar ook de veranderingen van de concentraties. Figuur 4.2 toont de frequentieverdeling (weergegeven als boxplots) van de procentuele vermindering van de zomerconcentraties in de regionale KRW-waterlichamen ten opzichte van Referentie 2027 per KRW-deelstroomgebied, zoals deze zijn berekend met het KRW-verkenner deelmodel van het LWKM1.2 (Knoben et al, in prep.).

De lijnen boven en onder de blokjes duiden de 5- en 95-percentielwaarden aan. Bij de scenario's met een verrekening van de effecten van SGBP3 zijn de 95-percentiel waarden veel hoger dan in scenario B. Voor ca 5 procent van de KRW-waterlichamen in de deelstroomgebieden Maas en Rijn-Oost bedraagt verlaging van de N-concentraties 20 – 30%.



Figuur 4.6 Frequentieverdeling (weergegeven als boxplots) van de procentuele vermindering van de zomerconcentraties van stikstof (boven) en fosfor (onder) in de regionale KRW-waterlichamen ten opzichte van Referentie 2027 per KRW-deelstroomgebied

De afname van de zomerwaarden van de stikstofconcentratie is ten opzichte van de concentratie in Referentie 2027 is het grootst in Rijn-Oost en het kleinst in Rijn-West. Voor scenario B is dit geheel aan de vermindering van de uitspoeling uit landbouwgronden toe te schrijven. In de scenario's B+SGBP3 en C+SGBP3 wordt de vermindering ook veroorzaakt door een toenemende zuivering van effluent van RWZI's. De mate waarin de zuivering is toegenomen is gelijk in scenario B+SGBP3 en scenario C+SGBP3.

Ook voor de fosforconcentraties is te zien dat SGBP3 tot een grotere afname van de zomerwaarden leidt. De 95-percentielwaarde van de vermindering van de fosforconcentraties bedragen in scenario B+SGBP3 en scenario C+SGBP3 ca 40% in Maas en Rijn-Oost. Dat betekent dat voor 5% van de KRW-waterlichamen in deze gebieden de fosforconcentratie meer dan 40% lager wordt berekend.

Voor het merendeel van de KRW-waterlichamen (meer dan 75%) wordt een verlaging van de stikstofconcentraties berekend van minder dan 5% voor scenario B en minder dan respectievelijk 7% en 10% voor scenario B+SGBP3 en scenario C+SGBP3. De verlaging van de fosforconcentratie wordt in scenario B voor meer dan 75% van de KRW-waterlichamen op minder dan 4% berekend en op minder dan 9 en 12% in scenario B+SGBP3 en scenario C+SGBP3.

Uit de berekeningen kan worden afgeleid dat in 2027 voor een aanzienlijk deel van de wateren een opgave voor nutriënten resteert. Om de doelen te halen zijn voor een deel van de wateren verdergaande structurele maatregelen nodig. Een onderscheid in verschillende gebieden en het onderkennen van verschillen in bronnen en routes kan bijdragen aan een effectieve aanpak.

5 Effecten op klimaat en biodiversiteit van enkelvoudige maatregelen

Naast de effecten van de enkelvoudige maatregelen op de nitraatconcentraties in het grondwater en de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater worden in deze PlanMER de emissies naar de lucht en dan met name ammoniak (NH_3) en lachgas (N_2O) en de gevolgen van de emissies voor de biodiversiteit beoordeeld.

De emissies naar de lucht hebben betrekking op de emissies die door landbouwhuisdieren, mest van landbouwhuisdieren en bemesting van dierlijke mest en kunstmest op landbouwgrond in Nederland worden veroorzaakt. De basis voor de berekening van de emissies naar de lucht zijn gebaseerd op berekende emissies met INITIATOR (Kros et al, 2019), het NEMA-model (Van Bruggen et al, 2019) en expertbeoordeling.

Het verwachte effect van de enkelvoudige maatregelen op emissies naar de lucht is beoordeeld op basis van expert judgement en eerder verschenen rapportages, waarbij de volgende uitgangspunten zijn aangehouden:

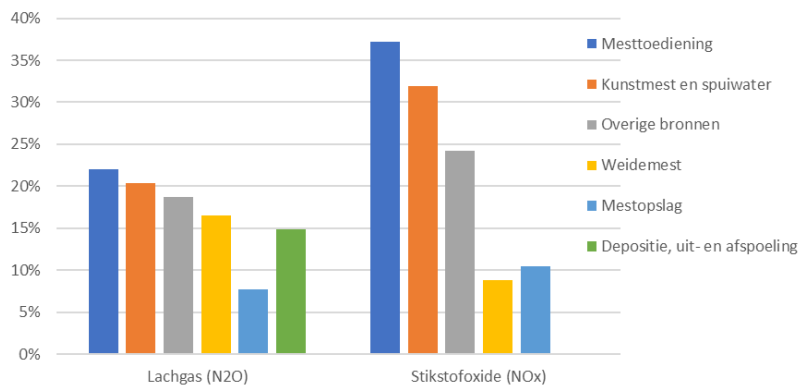
- Toepassing dierlijke mest: een deel van de ammoniak in de mest emitteert naar de lucht. Bij veranderingen in de hoeveelheid dierlijke mestgift verandert de ammoniakemissie proportioneel. Lachgas komt vrij bij bemesting met dierlijke mest. Bij beweiding komt relatief veel lachgas vrij.
- Type organische mest: hoe groter het deel aan minerale stikstof in organische stof is, is het risico op ammoniak- en lachgasemissies groter. Bij veranderingen in type organische mest wijzigt het risico.
- Verandering dieraantallen: bij veranderingen van dieraantallen wijzigen emissies van ammoniak, lachgas, overige stikstofoxiden, methaangas en fijnstof proportioneel. Dit geldt vooral voor stalemissies en pensfermentatie (methaan).
- Toepassing kunstmestgift: Bij de toepassing van kunstmest komt lachgas vrij en, in beperkte mate, ammoniak⁸. Veranderingen in de hoeveelheid kunstmest leiden tot een proportionele verandering van de lachgas en ammoniak.
- Teeltwijze: Gewasresten zijn een bron van lachgas en in beperkte mate van ammoniak. Bij verandering teeltwijze waardoor minder of meer gewasresten op het veld achterblijven zal het risico op lachgas- en ammoniakemissie proportioneel veranderen,

5.1 Klimaat

5.1.1 Lachgas, stikstofoxide en methaan

De totale lachgasemissie (N_2O) in Nederland bedroeg in 2019 ca. 18,8 miljoen kg en de NO-emissie was 21,7 miljoen kg (van Bruggen et al., 2021). De relatieve bijdrage van de verschillende bronnen is weergegeven in Figuur 5.1. Bij de overige bronnen moet gedacht worden aan gewasresten en graslandvernieuwing, organische bodems en mestverwerking.

⁸ De emissiefactor voor de vervuhtiging van ammoniak varieert per kunstmestsoort. Voor kalkammonsalpeter bedraagt de emissiefactor 2,5% van de toegediende kunstmest-N (Van Bruggen et al, 2021). De bijdrage van kunstmest in de totale ammoniakemissie is beperkt. De gemiddelde emissiefactor voor N_2O -N voor het gebruik van kunstmest bedraagt 0,013 kg N per toegediende kg kunstmest N (Van Bruggen et al, 2021). De bijdrage van kunstmest in de totale N_2O -emissie wordt geschat op ruim 20%.



Figuur 5.1. Procentuele bijdrage van mestproductie en mesttoediening de aan de lachgasemissies (N₂O) en stikstofoxide (NO) naar de lucht (bron: van Bruggen et al., 2021). Emissies als gevolg van de verbranding van fossiele brandstoffen zijn buiten beschouwing gelaten.

De maatregelen in het 7^e Actieprogramma hebben geen effect op de omvang van de veestapel, de stalsystemen en mestopslag waardoor emissies uit deze bronnen niet veranderen. Ook is verondersteld dat het gebruik van fossiele brandstoffen gelijk blijft. De ontwikkeling van de landbouw tussen 2019 en 2027 als gevolg van reeds ingezet beleid en autonome ontwikkelingen heeft wel invloed op de omvang van de veestapel en op de samenstelling van dierlijke mest. Met INITIATOR is de emissie berekend voor de Uitgangssituatie 2019 met en zonder overbemesting en de Referentie 2027. Daarnaast is de emissie berekend voor scenario C waarin mestvrije perceelsranden worden verondersteld van 3 meter breed langs overige wateren en van 7,5 meter breed langs KRW-waterlichamen.

Tabel 5.1. Berekende emissies van N₂O en CH₄ voor de uitgangssituatie in 2019, voor de Referentie-2027 en voor de scenario C

	Uitgangssituatie 2019		Referentie 2027	Scenario C
	Zonder overbemesting	Met overbemesting		
Oppervlak landbouwgrond (ha)	1726265	1726265	1647737	1581283
CH ₄ -emissie (mln. kg CH ₄)				
Pensfermentatie	309	309	295	295
Mestmanagement	148	148	144	144
Bodem	-0,76	-0,76	-0,73	-0,70
N ₂ O-emissie (mln. kg N ₂ O-N)				
Stal	0,99	0,99	0,99	0,99
Bodem	10,90	11,38	10,36	9,82

De veronderstelling van het plaatsen van dierlijke mest boven de gebruiksruimte heeft geen effect op de emissies uit stallen omdat de mestproductie niet verandert. Alleen de N₂O-emissie door bodemprocessen wordt kleiner omdat de bemesting afneemt. Tussen 2019 en 2029 neemt de CH₄-emissie af door een afname van de veestapel en neemt de emissie van CH₄ en N₂O uit de bodem af door een afname van het landbouwoppervlak. Landelijk gemiddeld wordt methaan opgenomen in de bodem heeft daarom een negatief teken.

Omdat de maatregelen in het 7^e Actieprogramma geen effect hebben op de omvang van de veestapel, de stalsystemen en mestopslag veranderen emissies uit deze bronnen niet. De maatregelen uit het 7^e Actieprogramma hebben wel invloed op de (dierlijke) mesttoediening en kunstmestgift. Het effect van de afzonderlijke maatregelen op de emissies van lachgas en stikstofoxide staat in Tabel 5.2.

Tabel 5.2. Kwalitatieve beoordeling van het effect van de enkelvoudige maatregelen op de N-kunstmestgift, N-dierlijke mestgift en de emissies van lachgas (N₂O) en stikstofoxide t.o.v. de referentiesituatie in 2027.

Maatregel	Scenario	Effect op			
		N-kunstmestgift	N-dierlijke mestgift ¹	emissie lachgas (N ₂ O)	Emissie stikstofoxide (NO)
Korting N-gebruiksnorm intensief bouwplan	Scenario B	afname	neutraal	geringe afname	geringe afname
Korting N-gebruiksnorm niet-rustgewassen	Scenario C	afname	afname	afname	afname
Mestvrije perceelsranden	Scenario B	afname	afname	geringe afname	geringe afname
Mestvrije perceelsranden	Scenario C	afname	afname	afname	afname
Vanggewassen:	Scenario B	neutraal	neutraal	geringe toename ²	neutraal
	Scenario C	afname	neutraal	neutraal ³	neutraal
Verruiming vruchtwisseling	Scenario B	afname	afname	neutraal	neutraal
Drempels in ruggenteelt	Scenario B + C	neutraal	neutraal	neutraal	neutraal
Organisch stofrijke meststoffen:		afname	afname	toename ⁴	geringe afname ⁵

1 standaard dierlijk mest

2. De emissie van lachgas neemt mogelijk iets toe door de maatregel, omdat gewasresten een bron van lachgas zijn.

3. De emissie van lachgas blijft min of meer gelijk doordat enerzijds een toename verwacht kan worden omdat gewasresten een bron van lachgas zijn en anderzijds neemt de emissie van lachgas iets af doordat er minder N-kunstmest wordt gegeven.

4 verliezen tijdens composteeringsproces buiten beschouwing gelaten. Door vervanging van een deel van dierlijke mest door compost wordt een grotere hoeveelheid organisch materiaal aangevoerd.

5 er vanuit gaande dat een deel van de kunstmest niet meer gegeven wordt in verband met de aanvoer van werkzame stikstof in compost

Voor de meeste maatregelen wordt verwacht dat ze geen effect hebben of een geringe afname van de emissies tot gevolg hebben. Bij een grotere inzet op de teelt van vanggewassen en de extra aanvoer van organische stof is een geringe toename van de N₂O-emissie te verwachten

5.1.2 Methaan (CH₄)

De totale methaanemissies (CH₄) in Nederland bedroeg in 2019 ca. 480 miljoen kg waarvan ca. 68% afkomstig is van pens- en darmfermentatie en ongeveer 30% van mestopslag. Het resterende deel is afkomstig van weidemest van graasdieren en mestbewerking. De methaanemissie is met name afhankelijk van het aantal dieren en de hoeveelheid mest in stallen en opslagen. In scenario B en scenario C verandert de samenstelling van de veestapel niet ten opzichte van Referentie 2027 en daarom verandert ook het aantal stallen niet en zijn er dus geen veranderingen in de methaanemissies te verwachten. De hoeveelheid mest die met weiden op het land wordt gebracht is mogelijk wel iets anders door een stimulering van de weidegang, maar omdat methaanemissie bij het weiden verwaarloosbaar klein is ten opzichte van de overige bronnen, is het effect van een veranderde weidegang ook verwaarloosbaar.

5.1.3 Koolstof

Organische stof (humus) heeft vele, belangrijke functies in de bodem en heeft belangrijke invloed op de bodemvruchtbaarheid. Het verbetert de structuur, bevordert de bewerkbaarheid en verhoogt het vochtvasthoudend vermogen van de grond. Maatregelen die de hoeveelheid organische stof in de bodem verhogen, zorgen daarmee ook voor een verhoging van de (stabiliteit van) landbouwkundige productie, verlagen de impact van droge weersomstandigheden. Een hoger gehalte aan organische stof in de bodem, kan ook leiden tot een grotere mineralisatie van stikstof en daarmee het risico op nitraatuitspoeling verhogen (CDM, 2017). De relatie tussen extra toevoer van organische stof en het risico op uitspoeling is onduidelijk.

Het effect van de afzonderlijke maatregelen op de bodemkwaliteit, de CO₂-productie als ook het gehalte aan organische stof zijn kwalitatief aangeduid in Tabel 5.2. Door de teelt van vanggewassen en verruiming van de teelt (met diepwortelende gewassen) wordt de aanvoer van organische stof via

gewasresten en wortellexudaten verhoogd. Dit zorgt op lange termijn voor een toename van het organische stofgehalte als ook de bijbehorende afbraak van organische stof. De grootste toename wordt verwacht bij het gebruik van organische stofrijke meststoffen, in het bijzonder voor compost. Voor compost geldt dat 90% van de toegediende koolstof na één jaar nog aanwezig is in de bodem. Strorijke mest wordt sneller afgebroken. Het verwachte effect van mestvrije randen (op een klein deel van het landbouwareaal) is gering; waar een vermindering van stikstofinput kan leiden tot een (erg) lichte daling van de organische stofopbouw, zorgt een verandering van de bodemecologie en wortel-spruitverhouding van gras voor een mogelijke stijging van de stabiliteit van het aanwezige organische stof. Stikstofbemesting kan zowel een remmend als versnellend effect hebben op de afbraak van organische stof in de bodem en het draagt bij aan extra gewasgroei (en daarmee meer C-aanvoer in de bodem). Het verwachte effect van een kleine daling in stikstofgebruiksruimte in de stikstofrijke bodems in Nederland is klein.

Tabel 5.2. Effect van de eenvoudige maatregelen op de kwaliteit van de landbouwbodem, het gehalte aan organische stof en de emissie van CO₂ door afbraak.

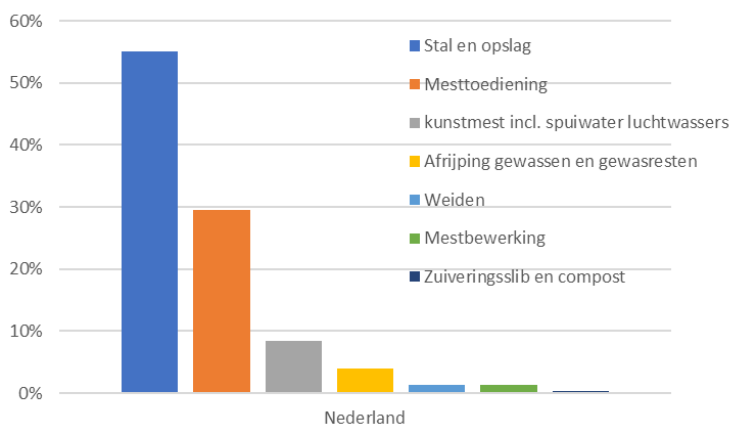
Maatregel	Scenario	Effect op bodemkwaliteit	CO ₂ -productie	Organische stofgehalte
Korting N-gebruiksnorm intensief bouwplan	Scenario B	neutraal	verwaarloosbaar	verwaarloosbaar
Korting N-gebruiksnorm niet-rustgewassen	Scenario C	neutraal	verwaarloosbaar	verwaarloosbaar
Mestvrije perceelsranden	Scenario B	toename	neutraal	neutraal
Mestvrije perceelsranden	Scenario C	toename	neutraal	neutraal
Vanggewassen:	Scenario B	toename	neutraal	toename
	Scenario C	toename	neutraal	toename
Verruiming vruchtwisseling	Scenario B	toename	neutraal	toename
Drempels in ruggenteelt	Scenario B + C	geen	geen	geen
Organisch stofrijke meststoffen	Scenario B + C	toename	toename ¹	toename

1 toename op het betreffende landbouwperceel, afname elders

5.2 Biodiversiteit

5.2.1 Ammoniak

De totale ammoniakemissie (NH₃) in Nederland bedroeg in 2019 ca. 112 miljoen kg, waarvan ca. 106 miljoen kg door de landbouw (van Bruggen et al., 2021). De relatieve bijdrage van de verschillende landbouwbronnen is weergegeven in Figuur 5.2.



Figuur 5.2. Procentuele bijdrage van de landbouwbronnen aan de ammoniakemissie naar de lucht. (bron: Van Bruggen et al., 2021).

De maatregelen in het 7^e Actieprogramma hebben geen effect op de omvang van de veestapel, de stalsystemen en de mestopslag waardoor de ammoniakemissie uit deze bronnen niet verandert. De

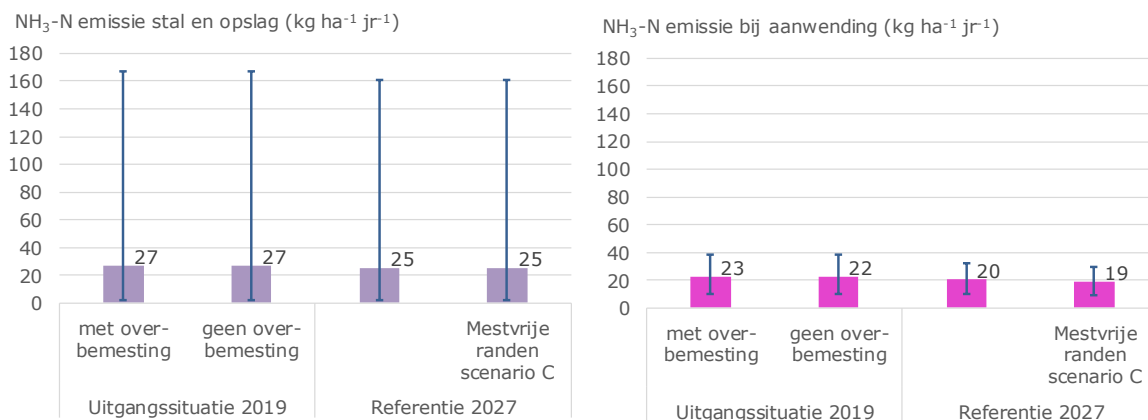
maatregelen uit het 7^e Actieprogramma hebben met name invloed op de (dierlijke) mesttoediening en kunstmestgift. Het effect op de ammoniakemissie van de afzonderlijke maatregelen staat in Tabel 5.3.

Tabel 5.3. Effect van de enkelvoudige maatregelen op de N-kunstmestgift, N-dierlijke mestgift en de ammoniakemissie t.o.v. de referentiesituatie.

Maatregel	Scenario	Effect op		
		N-kunstmestgift	N-dierlijke mestgift	NH ₃ -emissie
Korting N-gebruiksnorm intensief bouwplan	Scenario B	afname	neutraal	neutraal
Korting N-gebruiksnorm niet-rustgewassen	Scenario C	afname	afname	geringe afname
Mestvrije perceelsranden	Scenario B	afname	afname	geringe afname
Mestvrije perceelsranden	Scenario C	afname	afname	afname
Vanggewassen:	Scenario B	neutraal	neutraal	neutraal
	Scenario C	afname	neutraal	neutraal
Verruiming vruchtwisseling	Scenario B	afname	afname	geringe afname
Drempels in ruggenteelt	Scenario B + C	neutraal	neutraal	neutraal
Organisch stofrijke meststoffen:		afname	afname	wisselend*

* eventuele ammoniakverliezen hangen samen met het type product. In veel situaties is de ammoniak al vervluchtigd tijdens de opslag in de stal of eventuele voorbereiding (zoals compostering).

In de modelberekeningen is rekening gehouden met de ontwikkeling van de landbouw tussen 2019 en 2027. Met INITIATOR is de emissie berekend voor de Uitgangssituatie 2019 met en zonder overbesteding en de Referentie 2027 (Bijlage 4.2).



Figuur B4.5 NH₃-N-emissie uit stal en opslag (links) en bij aanwending (rechts) in kilogram per hectare landbouwgrond per jaar berekend voor de uitgangssituatie in 2019 met en zonder overbesteding, voor de Referentie 2027 en bij het scenario met mestvrije perceelsranden van 3 meter. De strepen geven de minimum- en maximumwaarden aan.

Voor de uitgangssituatie in 2019 maakt de veronderstelling ten aanzien van het wel of niet plaatsen van mest boven de gebruiksruimte geen verschil voor de stalemissies. De aanwendingsemissies vallen bij het niet plaatsen van mest boven de gebruiksruimte lager uit (ca. 0,5 kg NH₃-N ha⁻¹ lager voor minimum, gemiddelde en maximum) omdat landelijk gemiddeld de mestgiftten iets kleiner zijn. Voor Referentie 2027 worden zowel lagere stal- en opslagsemissies als aanwendingsemissies berekend dan voor 2019, gemiddeld resp. 1,5 en ruim 2 kg NH₃-N ha⁻¹ lager. Als gevolg van hoge mestproducties in de concentratiegebieden is de spreiding van de stalemissies (maximum groter dan 160 NH₃-N ha⁻¹) veel groter dan die van aanwendingsemissies (maximum van bijna 40 kg NH₃-N ha⁻¹).

In deze paragraaf gaan we in op de gevolgen van de onderzochte maatregelen op biodiversiteit, zowel in als boven de bodem. Het was binnen het bestek van deze studie niet mogelijk om een uitgebreid literatuuronderzoek hiernaar uit te voeren. Daarom is het nodig om ter verantwoording duidelijk te maken van welke principes we bij deze beoordeling uit gaan (bijlage 11). Resultaten van de expert-beoordeling zijn samengevat in Tabel 5.4.

Tabel 5.4. Expert-beoordeling (kwalitatief) van het effect van maatregelen op de biodiversiteit (0: geen of onduidelijk effect; +: geringe bijdrage aan grotere biodiversiteit; ++: duidelijke bijdrage aan grotere biodiversiteit).

Maatregel	Score	toelichting
Korting N-gebruiksnorm intensief bouwplan	+	Verlaging van de N-gebruiksnormen heeft het doel agrariërs te stimuleren een wat extensiever bouwplan te hanteren. Een lagere N-bemesting leidt in principe tot een lagere biomassa-productie van landbouwgewassen en draagt in principe bij aan grotere kansen voor biodiversiteit (zie bijlage 11).
Korting N-gebruiksnorm niet-rustgewassen	+	Lagere bemesting leidt in principe tot een lagere biomassa-productie van landbouwgewassen en draagt daarmee bij aan grotere kansen voor biodiversiteit (zie bijlage 11).
Mestvrije perceelsranden	++	Onbemeste gras- of kruidenstroken kunnen bijdragen aan de bodembiodiversiteit ter plaatse omdat deze stroken geen grondbewerking behoeven, er andere gewassen groeien en er geen bemesting plaatsvindt. Als gekozen wordt voor een inrichting met bloemrijke of kruidenrijke vegetatietypen is een duidelijke toename van biodiversiteit te verwachten.
Vanggewassen:	++	Wintergewassen verlengen de periode met bodembedekking met een gunstig effect op bodemleven. Daarnaast vergroten ze de variatie en omvang van de aanvoer van organische stof naar de bodem
Verruiming vruchtwisseling	++	Meer rustgewassen vergroten het aanbod van meer gevarieerde wortel- en gewasresten en beperken de ziektedruk en het daarmee geassocieerde gebruik van gewasbeschermingsmiddelen
Drempels in ruggenteelt	0 / ++	Deze maatregel is bedoeld om afspoeling te voorkomen en/of te verminderen en biedt mogelijkheden om in het ontwerp en bij het onderhoud rekening te houden met biodiversiteit, voor zover deze maatregelen zich concentreren op waterberging aan de rand van het perceel.
Organisch stofrijke meststoffen:	0/+	Afhankelijk van de soort organische stofrijke meststof stimuleert een extra aanvoer de diversiteit van het bodemleven. Compost breekt langzaam af en draagt relatief weinig bij aan biodiversiteit. Storrijke mest draagt meer bij aan bodem-biodiversiteit en de aanvoer ervan in de winter- of het vroege voorjaar kan gunstig zijn voor het nestelen van weidevogels.

5.3 Verdroging en wateroverlast

Een verandering in het gebruik van meststoffen kan invloed hebben op de productie van biomassa en daarmee op het hydrologische functioneren van een de bodem. Daarnaast kan een verandering van landgebruik leiden tot verandering in grondwaterstanden en waterafvoeren. Onderscheid kan gemaakt worden in hydrologische effecten op het perceel of binnen het bedrijf waar de maatregel wordt getroffen en effecten op de omgeving buiten het perceel waar de maatregel wordt genomen. Voor de onderhavige milieueffectbeoordeling gaat het om de effecten buiten het perceel of bedrijf. Daarbij worden twee aspecten beschouwd:

- verdroging. Verminderde grondwateraanvulling en verhoogde waterafvoer kan leiden tot daling van grondwaterstanden en een verminderde of van samenstelling gewijzigde kwel (aanvoer van grondwater naar de wortelzone). Voor grondwaterafhankelijke natuur kan dit tot ongewenste effecten leiden. Op de droge zandgronden met weinig oppervlaktewater wordt grondwateraanvulling beïnvloed door de verdamping van gewassen.
- wateroverlast. Een piekafvoer, met soms wateroverlast als gevolg, treedt op na een extreme regenval. Gewassen en de bodem van landbouwpercelen kunnen voor een deel neerslag bergen

en de afvoersnelheid remmen. Het bufferend vermogen van de bodem (sponswerking) en van de vegetatie op het maaiveld wordt beïnvloed door het landgebruik, de groundbewerking en door het productieniveau.

Aangezien de bodem, het landgebruik en het productieniveau beïnvloed kunnen worden door de maatregelen van het 7^e Actieprogramma is een beoordeling van de aspecten verdroging en wateroverlast relevant een effectrapportage. Eventuele maatregelen om de gevolgen van droogte binnen een landbouwbedrijf te verzachten (beregening) worden buiten beschouwing gelaten.

Tabel 5.5. Expert-beoordeling (kwalitatief) van het effect van maatregelen op verdroging en wateroverlast (-: verergert verdroging of wateroverlast; 0: geen effect; +: vermindert verdroging of wateroverlast)

Maatregel	Score verdroging	Score wateroverlast	Toelichting
Korting N-gebruiksnorm intensief bouwplan	0	0	Door voldoende ruimte in huidige bouwplannen is korting in weinig situaties van toepassing. Verwacht wordt dat het niet zal leiden tot gewijzigd landgebruik.
Korting N-gebruiksnorm niet-rustgewassen	0	+	Bij een hoger aandeel rustgewassen verbetert de infiltratiecapaciteit van de bodem door organische stoftoevoer en diepere beworteling. De behoefte om waterplassen op het maaiveld versneld af te voeren door het graven van greppels neemt af
Mestvrije perceelsranden	0	+	Door mestvrije perceelsranden neemt de totale biomassa-productie en de verdamping iets af, Echter op de hoge zandgronden komen relatief weinig waterlopen voor en is het areaal mestvrije perceelsrand beperkt. Mestvrije perceelsranden ingezaaid met gras of met een bloemrijke vegetatie remmen de oppervlakkige afstroming vanaf het midden van een perceel waardoor piekafvoeren worden gedempt.
Vanggewassen:	-	+	De teelt van een vanggewas leidt tot extra verdamping waardoor het neerslagoverschot afneemt. Op de hoge zandgronden leidt een hogere verdamping tot een lagere grondwateraanvulling. Vanggewassen zorgen voor ruwheid op het maaiveld waardoor oppervlakkige afstroming wordt geremd. Daarnaast leidt de teelt van een vanggewas tot een hoger organisch stofgehalte in de bodem met een grotere infiltratiecapaciteit als gevolg.
Verruiming vruchtwisseling	0		Bij een hoger aandeel rustgewassen verbetert de infiltratiecapaciteit van de bodem door organische stoftoevoer en diepere beworteling. De behoefte om waterplassen op het maaiveld versneld af te voeren door het graven van greppels neemt af
Drempels in ruggenteelt	0	+	Verdamping wordt hooguit in heel geringe mate beïnvloed. Drempels remmen de oppervlakkige afstroming en dempen daarmee piekafvoeren
Organisch stofrijke meststoffen:	0 / +	+	Een hoger organische stofgehalte vergroot het waterbergend vermogen van de bodem wat tot een iets lagere beregeningsbehoefte kan leiden. Bij beregening uit grondwater hoeft minder water onttrokken te worden. Voor percelen zonder beregening verandert de verdamping niet. Een hoger organisch stofgehalte van de bodem draagt bij een grotere infiltratiecapaciteit met een vermindering van piekafvoeren als gevolg

6 Effecten duurzame bouwplannen (CDM-advies)

Voor de 7^e en 8^e Actieprogramma's (AP) Nitraatrichtlijn overweegt de Minister van LNV te gaan sturen op het realiseren van 'duurzame bouwplannen' om daarmee bij te dragen aan de wateropgave voor zowel grondwater (Nitraatrichtlijn) als oppervlaktewater (Kaderrichtlijn Water (KRW)). Daarenboven moeten 'duurzame bouwplannen' ook in het kader van duurzaam bodembeheer en de klimaatopgave een rol gaan spelen. Het ministerie van LNV heeft de Commissie Deskundigen Meststoffenwet (CDM) gevraagd om te adviseren over 'duurzame bouwplannen', als maatregel om bij te dragen aan de wateropgave voor grondwater (Nitraatrichtlijn) en oppervlaktewater (Kaderrichtlijn Water). In dit hoofdstuk is een samenvatting van het advies-rapport overgenomen. Voor meer informatie wordt verwezen naar het advies '*Sturen op duurzame bouwplannen voor verbetering waterkwaliteit*' (CDM, in prep.).

Het mestbeleid heeft tot doel de stikstof- en fosfaatverliezen uit de landbouw naar grondwater en oppervlaktewater te verminderen. Het ministerie van LNV overweegt te gaan sturen op het realiseren van 'duurzame bouwplannen' om de waterkwaliteit te verbeteren, en om een bijdrage te leveren aan duurzaam bodembeheer en de klimaatopgave. Het ministerie heeft de CDM gevraagd om te adviseren over de effecten van de door het ministerie gestelde kaders voor duurzame bouwplannen op de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater. De kaders voor 'duurzame bouwplannen' zijn door het ministerie gedefinieerd. Voor rundvee-bedrijven geldt dat minimaal 70% van het areaal grasland is, waarvan >50% meerjarig grasland (>5 jaar), en dat op 100% van het niet-graslandareaal een vanggewas is ingezaaid voor 1 oktober. Voor openteelten geldt dat rustgewassen 1 op 3 in het bouwplan zijn opgenomen en dat na de hoofdteelt vanggewassen/groenbemesters of wintergranen zijn ingezaaid voor 1 respectievelijk 31 oktober.

De kaders voor duurzame bouwplannen in de rundveehouderij hebben gemiddeld genomen een beperkt effect op de waterkwaliteit ten opzichte van de huidige situatie waarin bedrijven met derogatie al voldoen aan de gestelde kaders voor wat betreft het areaal grasland en de verplichting om een nagewas te zaaien voor 1 oktober op zand- en lössgronden. De waterkwaliteit op rundveebedrijven zonder derogatie, gemengde bedrijven en biologische bedrijven met rundvee, en intensieve rundveebedrijven met veel samenwerking met akkerbouwbedrijven (en teelten en land ruilen) verbetert waarschijnlijk wel door de verplichting van minimaal 70% grasland.

Het sturen op duurzame bouwplannen heeft een positief effect op de waterkwaliteit en bodemkwaliteit van openteeltbedrijven, omdat de arealen rustgewassen en vanggewassen toenemen. Indicatieve berekeningen geven aan dat door één op drie rustgewassen te telen en een vanggewas te zaaien vóór 1 oktober na alle hoofdgewassen de nitraatnorm van 50 mg nitraat per l waarschijnlijk gemiddeld bereikt kan worden in de zand- en lössregio's. De effecten van duurzame bouwplannen zijn gemiddeld groter voor de zand- en lössgronden dan voor de klei- en veengronden.

Voor melkveebedrijven wordt verwacht dat de derogatie bepalend is voor het bouwplan. Mocht de derogatie in de toekomst vervallen en daarmee ook de eis van minimaal 80% grasland, dan wordt verwacht dat meer snijmaïs zal worden geteeld. De nitraatuitspoeling zou hierdoor kunnen toenemen ten opzichte van de huidige situatie met minimaal 80% in grasland.

Een indicatieve berekening van het effect van het bouwplan van openteeltbedrijven geeft aan dat met een bouwplan van 33% rustgewassen een daling van de nitraatconcentratie onder de openteelten van 4 mg L⁻¹ in Zand noord, 6 mg L⁻¹ in Zand midden en 8 mg L⁻¹ in Zand zuid mogelijk is. Vanwege het relatief hoge aandeel rustgewassen in het huidige bouwplan wordt voor het lössgebied geen effect verwacht van de 1 op 3 teelt van rustgewassen.

Bij de aannahme dat op alle openteeltbedrijven een bouwplan met 33% rustgewassen wordt toegepast en dat op alle openteeltbedrijven voor 1 oktober een vanggewas wordt ingezaaid zou de

nitraatconcentratie gemiddeld op deze bedrijven met 20 – 30 mg L⁻¹ kunnen dalen. Het doel van een maximum nitraatconcentratie van 50 mg L⁻¹ zou daarmee waarschijnlijk gerealiseerd kunnen worden bij de openteelten in de zandregio's en de lössregio, mits de stikstofbemesting van het volggewas wordt verminderd met de hoeveelheid stikstof die wordt opgenomen bij de teelt van een vanggewas. De CDM geeft aan dat de onzekerheden in de berekende effecten groot is, vooral ook omdat een 1 op 3 teelt van rustgewassen en het inzaaien van vanggewassen voor 1 oktober op alle bouwland in de praktijk op bezwaren stuit.

Daarnaast is het onduidelijk of aan het doel zou worden voldaan als de berekende nitraatconcentratie voor scenario B of scenario C van de onderhavige studie als referentie was genomen was.

Vanwege onzekerheden in de grootte van de effecten van duurzame bouwplannen op waterkwaliteit, en vanwege de grote implicaties van duurzame bouwplannen voor de praktijk, pleit de CDM voor een gefaseerde en gebiedsgerichte invoering van duurzame bouwplannen in de praktijk. Het ligt voor de hand de invoering te starten in gebieden met duidelijke knelpunten als het gaat om waterkwaliteit, en in gebieden waar de effecten van duurzame bouwplannen het grootst zijn. Invoering op pilotschaal in het zuidelijk-zandgebied op korte termijn ligt voor de hand.

De CDM adviseert de invoering van duurzame bouwplannen via pilots te laten vergezellen met een adequate monitoring, opdat kwantitatieve onderzoeksgegevens kunnen worden verzameld over de relaties tussen bouwplansamenstelling, vanggewassen en nitraatuitspoeling naar het grondwater en de stikstof- en fosfaatuitspoeling en -afspoeling naar het oppervlaktewater. Parallel daaraan is het gewenst dat er specifiek naar hoofdgewassen, rustgewassen en vanggewassen wordt gekeken, om sturen op duurzame bouwplannen effectiever te maken. De CDM adviseert om de kaders voor duurzame bouwplannen meer te differentiëren/detailleren naar teelten, gebied en grondsoort.

7 Discussie

7.1 Overeenkomsten en verschillen met eerdere rapportages

Voor vorige Actieprogramma's Nitraat zijn Milieueffectrapportages op Planniveau uitgevoerd. In de onderhavige rapportage zijn enkele accenten verschoven ten opzichte van voorgaande rapportages, mede in verband met nieuwe aandachtsvelden in het beleid. Landbouw wordt een sleutelpositie toegekend in het bestrijden van eutrofiering, de bevordering van biodiversiteit en de mitigatie van klimaateffecten. In deze rapportage wordt gebruik gemaakt van recente informatie over de relatie tussen landbouw en waterkwaliteit (Tabel 7.1).

Tabel 7.1 Behandelde thema's in rapportages over effecten van landbouw op waterkwaliteit

Thema	PlanMER 5 ^e AP	PlanMER 6 ^e AP	Synthese EMW2016	Nationale Analyse Wa- terkwaliteit	Nitraatricht- lijn- rapportage	Landbouw en water- kwaliteit
	Schoumans et al, (2013)	Groenendijk et al, (2017)	PBL (2017)	Van Gaalen et al, (2020)	Fraters et al, (2020)	Velthof en Groenendijk (2021)
Landbouwpraktijk	-	-	Beschrijving trends	-	Beschrijving trends	Beschrijving trends
Mestmarkt en -transporten	-	Scenario-berekening MAMBO	Beschrijving en analyse	Signalering overbemesting;	Beschrijving transporten, opslag en verwerking	Beschrijving
Landbouwkundige effecten	Heel beknopt	-	Effect-beoordeling	-	-	Beschrijving / synthese
Effecten weersvariatie op landbouw en waterkwaliteit	-	-	-	-	Signalering droogte-effecten	Verkenning droogte effecten
Bodemkwaliteit	-	Berekende effecten op P-toestand	Effect beoordeling bodemvruchtbaarheid	-	-	Beschrijving diverse aspecten
Nitraatuitspoeling	Berekend met WOGWOD	Berekend met STONE	LMM; prognose met STONE	Berekening met ANIMO/LWKM	-	Samenvatting LMM; gerapporteerde prognoses
Nitraat in grondwaterbeschermingsgebieden bestuursovereenkomst	-	Verkenning	-	Signalering	-	Referentie naar ex-ante Nitraat BO
Nitraat in dieper grondwater	-	-	Analyse meetgegevens	Analyse meetgegevens	Analyse meetgegevens	Analyse meetgegevens
Oppervlaktewaterkwaliteit	Uit- en afspoeling	Uit- en afspoeling	Analyse metingen; prognose uit- en afspoeling	Berekening met LWKM (ANIMO; KRW-verkenner)	-	Samenvatting LMM+MNLISO resultaten; gerapporteerde prognoses
Ammoniakemissie	Beknopt	Beknopt	Analyse; ook in relatie tot milieukosten	-	-	Beschrijving trends
Emissie broeikasgassen	beknopt	Beknopt	Beknopt	-	-	-
Koolstofvastlegging	-	-	-	-	-	-
Biodiversiteit	-	-	-	Aquatische ecologie	-	Bodem-biodiversiteit
Circulaire economie	Grondstoffen, beknopt	Grondstoffen, beknopt	Grondstoffen; verklarend	-	-	-
Regeldruk	Overzicht effecten	-	-	-	-	-

Geen van de rapportages besteedt aandacht aan koolstofvastlegging of aan economie en werkgelegenheid. Koolstofvastlegging is een relatief nieuw onderwerp voorkomend uit de behoefte aan klimaatmitigerende maatregelen in de landbouw. Bij koolstofvastlegging gaat het veelal om optimale landgebruiks- en grondbewerkingsstrategieën waarmee koolstof in de bodem kan worden opgebouwd. De interacties van dit thema met aspecten van het mestbeleid met eventuele positieve (versterkend) of negatieve (afwenteling) terugkoppelingen zijn nog maar in heel beperkte mate verkend.

Het aspect economie en werkgelegenheid krijgt vaak in afzonderlijke rapportages aandacht en wordt niet direct als een milieueffect beschouwd. Echter voor het laten slagen van voorgestelde maatregelen en het in kaart brengen van faalkansen verdient dit aspect duidelijk aandacht.

Regeldruk wordt in het kader van de onderhavige PlanMER beschouwd als de administratieve acties die een agrariër uit moet voeren om te voldoen aan regels en wetten. In eerdere evaluaties van het mestbeleid en in de PlanMER voor het 5e Actieprogramma kreeg het thema "regeldruk" aandacht. In de meer recente rapportages wordt er weinig of geen aandacht aan besteed. Ten behoeve van het 7e Actieprogramma wordt een afzonderlijke beoordeling gegeven van economische aspecten en daarmee samenhangende belemmeringen en kansen.

7.2 Uitgangspunten bemestingsberekeningen

Voor de berekening van de effecten van enkelvoudige maatregelen en maatregelpakketten is de bemesting van landbouwpercelen berekend met het INITIATOR-model (Kros et al, 2019). Met dit model wordt per bedrijf de mestproductie berekend aan de hand van een aantal kengetallen en de omvang van de veestapel van het bedrijf. Vervolgens wordt nagegaan in welke mate de geproduceerde mest plaatsbaar is binnen de gebruiksruijme van het bedrijf en eventueel onbenutte gebruiksruijme wordt binnen een landbouwdeelgebied alsnog gebruikt met mest van "buurbedrijven". De resulterende bedrijfs-overschotten worden geaggregeerd naar gebieden waarna mestverwerking met het gebiedsoverschot wordt verrekend. Dierlijke mest wordt vervolgens getransporteerd naar akker- en tuinbouwbedrijven tot en met een bepaalde acceptatiegraad en naar andere bedrijven waar nog ruijme is. Op landelijke schaal blijft daarna nog mest over die niet binnen de gebruiksruijme geplaatst kan worden.

In een gevoeligheidsanalyse is nagegaan wat het effect zou zijn op het overschot en de verdeling van mest als enkele uitgangspunten iets anders waren gekozen. De gevoeligheid van de modeluitkomsten voor de uitgangspunten is in beeld gebracht met drie varianten:

- a) Een 2% bemesting boven de gebruiksruijme (2% marge). Bemesting boven de gebruiksnormen is niet volgens de regels, maar is moeilijk vast te stellen. Nagegaan is wat het effect zou zijn als een 2% hogere mestgift op alle percelen wordt toegepast door een 2% grotere gebruiksruijme van dierlijke mest, stikstof en fosfaat te veronderstellen.
- b) Standaard wordt een maximale acceptatie van stikstof in dierlijke mest bij akkerbouwbedrijven gehanteerd van resp. 100 en 130 kg ha⁻¹ voor de zandgebieden en kleigebieden. Deze acceptatiegraden zijn afgeleid van de Vervoersbewijzen Dierlijke Mest (VDM's). In de gevoeligheidsanalyse is nagegaan wat het effect zou zijn van een maximale acceptatie van dierlijke mest van resp. 105 en 135 kg ha⁻¹ voor de zandgebieden en kleigebieden (ca. 5% hoger). Bedacht moet worden dat de acceptatiegraden betrekking hebben op akkerbouwpercelen van een akkerbouwbedrijf. Akkerbouwpercelen die behoren bij een andere bedrijfstype hebben deze begrenzing niet. Als een akkerbouwperceel behoort bij een bedrijf met derogatie kan in principe 230/250 kg ha⁻¹ stikstof uit dierlijk mest worden gegeven.
- c) De niet binnen de lokale/regionale gebruiksruijme plaatsbare mest wordt over grotere afstanden getransporteerd dan in de standaard aangenomen.

Berekend wordt dat in 2019 13,6 kilo stikstof per hectare landbouwgrond niet plaatsbaar was binnen de gebruiksruijme (Tabel 7.2). Dit is 6,5% van de totale hoeveelheid stikstof in dierlijke mest na aftrek van de mestverwerking. Voor fosfaat was 4,6 kilo per hectare landbouwgrond niet plaatsbaar binnen de gebruiksruijme.

Tabel 7.2 Stikstof- en fosfaatbemesting (P_2O_5) in kilo per hectare landbouwgrond berekend voor de Uitgangssituatie 2019 met alternatieve aannamen voor de plaatsing van dierlijke mest bij overbemesting

Mestsoort	Zonder over- bemesting	Met overbemesting				
		Alternatieve aannamen				
		2% bemesting boven gebruiks- ruimte	hogere acceptatie op AT-bedrijven	verspreiding mest- overschot grotere gebieden	combinatie	
Stikstof dierlijke mest	1961	2107	2107	210	210	210
Stikstof kunstmest	124	124	118	119	119	117
Stikstof in mestoverschot	0,0	13,6				
Fosfaat dierlijke mest	62	66	66	66	66	66
Fosfaat kunstmest	6,5	6,3	6,5	6,1	6,2	6,2
Fosfaat in mestoverschot	0,0	4,6				

Als ervan uitgegaan wordt dat de niet binnen de gebruiksruimte plaatsbare dierlijke mest alsnog geplaatst wordt, blijft de landelijk gemiddelde bemesting per hectare gelijk, ongeacht de wijze waarop de mest wordt verdeeld. De manier waarop de mest wordt verdeeld heeft wel invloed op de berekende stikstofgift met kunstmest. Bij een grotere verspreiding van het overschot over grotere gebieden door de aanname dat op alle gronden 2% extra dierlijke mest wordt gegeven, de akkerbouwbedrijven meer dierlijke mest accepteren en het resterende mestoverschot in de concentratiegebieden over grotere afstanden wordt getransporteerd wordt de gebruiksruimte van stikstof in grotere mate benut met dierlijke mest. De ruimte voor stikstofkunstmest neemt daardoor met 6,1% af tot 117 kg ha⁻¹ voor de combinatie van de verschillende verspreidingsvarianten.

De invloed van de berekeningswijze voor de verspreiding van het mestoverschot op de landelijk gemiddelde fosfaatbemesting is gering. Evenals voor stikstof wordt voor fosfaat aangenomen dat de niet binnen de gebruiksruimte plaatsbare dierlijke mest alsnog ergens wordt geplaatst. Voor het landelijk totaal maakt het dan niet uit waar het geplaatst wordt. De aannamen ten aanzien van de verspreiding van het fosfaatoverschot hebben een kleine invloed op de fosfaatkunstmest gift. Fosfaatkunstmest wordt vooral toegepast op akkerbouwbedrijven en in de gebieden buiten regio's waar de overschotten worden geproduceerd.

Voor de analyses van effecten van maatregelen die voor het 7^e en 8^e Actieprogramma worden overwogen wordt bij de berekening van de bemesting verondersteld dat geen overbemesting plaatsvindt. Voor de berekende bemesting in 2027 is nagegaan in welke mate de uitkomsten zouden veranderen als voor enkele aspecten alternatieve waarden zouden zijn gebruikt. De aspecten zijn beschreven in Bijlage 8. Samengevat betreft dit de aspecten:

1. *Grasland*: de berekening van de mestgift op grasland is aangepast waarbij de stikstofgebruiksnormen voor beweid, gemaaid en gescheurd grasland anders zijn toegepast. Waar in de standaardberekeningen werd uitgegaan van rekenkundige middeling van gebruiksnormen voor beweid grasland, gemaaid grasland en gescheurd grasland is nu een areaalgewogen middeling toegepast en verondersteld dat bij scheuren de maximale norm hiervoor kan worden gebruikt. Hierdoor wordt een iets grotere gebruiksruimte berekend. Daarnaast is de stikstofbemesting van grasland op veengrond verlaagd waarmee de N-gift sterker op het bemestingsadvies wordt afgestemd. Er wordt vanuit gegaan dat agrariërs het N-leverend vermogen van de bodem sterker in rekening brengen op kunstmestgiften dan waar de N-gebruiksnormen van uitgaan.
2. *Excretiefactoren en stalemissies*: een aanpassing van de rekenregels door onderscheid te maken tussen vleesvarkens, zeugen en opfokberen en voor deze varkens een naar dieraantallen gewogen gemiddelde excretiefactor te berekenen in plaats een rekenkundig gemiddelde waarde. Om het effect van bedrijfsspecifieke excretiewaarden (BEX) waarden in beeld te brengen is voor de gevoeligheidsanalyse een 10% lagere excretie voor stikstof en fosfaat verondersteld ten

opzichte van de waarden in Referentie-2027. Daarnaast zijn voor de stalemissies de waarden voor de praktijkcorrectiefactor voor de Rav-emissiefactoren (Van Bruggen et al, 2021) gebruikt.

Landelijke gemiddeld wordt de stikstofgift met dierlijke mest voor Referentie-2027 iets lager berekend dan voor de Uitgangssituatie-2019 voor een situatie zonder overbemesting. De fosfaatgift met dierlijke mest daalt ook iets, evenals de fosfaatgift met kunstmest. De berekende daling wordt veroorzaakt door zowel een afname van het mestvolume als een afname van het landbouwareaal.

Tabel 7.3 Stikstof- en fosfaatbemesting en ammoniakemissie in kilo per hectare landbouwgrond berekend voor de Referentie 2027 (maatregelen 6^e AP geïnstrumenteerd) en voor een berekening met alternatieve aannamen voor stikstofbemesting van grasland, excretiefactoren en emissiefactoren.

	Referentie-2027	Alternatieve rekenwijzen
Stikstof dierlijke mest	190	190
Stikstof kunstmest	124	131
Fosfaat dierlijke mest	62,0	62.1
Fosfaat kunstmest	5,9	5,9
NH ₃ N-emissie stal en opslag	25,4	24,7
NH ₃ N-emissie aanwending	20,5	20,8

Door de alternatieve rekenwijze blijft landelijk gemiddeld de stikstof- en fosfaatgift met dierlijke mest gelijk (Tabel 7.3). De stikstofgift met kunstmest neemt toe, ondanks de verlaagde N-gift aan grasland op veen, doordat in de berekening voor gescheurd grasland nu de maximale jaarlijkse norm wordt toegepast. Met een hogere N-gift neemt ook de aanwendingsemis­sie toe bij de alternatieve rekenwijze. Door uit te gaan van nieuwe waarden voor de praktijkcorrectiefactor voor de Rav-emissiefactoren wordt een iets kleinere emissie uit stal en opslag berekend.

De berekende verschillen zijn op landelijk niveau beperkt en laten daarmee zien dat de mest-berekening van Referentie-2027 robuust is. Regionaal kunnen de verschillen groter zijn (Bijlage 8).

Er is geen rekening gehouden met de mogelijkheden binnen landbouwbedrijven om de bemesting anders te verdelen dan waar de gebruiksnormen vanuit gaan. Een akkerbouwer zal in de praktijk als eerste het gewas met het hoogste saldo veilig willen stellen en een melkveehouder wenst zich te verzekeren van voldoende energie (VEM) in het rantsoen van zijn melkvee. In de praktijk kan de verdeling van mest daarom anders zijn dan waar in het model mee gerekend wordt. De landbouwkundig optimale verdeling van de beschikbare nutriënten binnen het bedrijf kan afwijken van de verdeling op basis van de gebruiksnormen per gewas. Als de verdeling in de praktijk ten gunste komt van het uitspoelingsgevoeligere gewas (bijvoorbeeld mais in de melkveehouderij en aardappelen in de akkerbouw) zal dit leiden tot een hogere belasting en vice versa.

7.3 Uitgangssituatie en Referentie 2027

7.3.1 Vergelijking met metingen

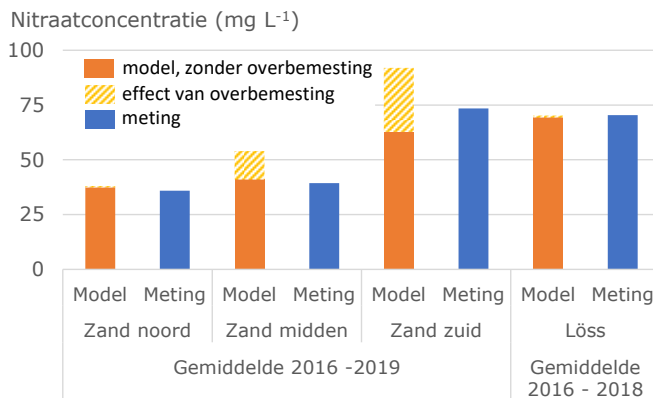
Voor de berekening van effecten van pakketten van maatregelen is het ANIMO-deelmodel van het LWKM 1.2 (ANIMO/LWKM) toegepast. Voor Referentie 2027 worden lagere waarden voor de nitraatconcentratie berekend dan voor de Uitgangssituatie 2019. Daarnaast worden voor de Uitgangssituatie 2019 voor Zand zuid lagere waarden berekend dan gerapporteerd op basis van metingen in het LMM (Fraters et al, 2020).

Met ANIMO/LWKM zijn voor de periode tot en met 2019 twee typen berekeningen uitgevoerd:

- Een berekening met het weersverloop tot en met 2019 zoals dat zich heeft voltrokken. De resultaten daarvan dienen voor de vergelijking met meetgegevens en voor berekeningen voor de EmissieRegistratie.
- Een berekening met klimaatrepresentatieve modelinvoer, waarbij de hydrologische effecten van weersvariatie op de uitspoeling uit worden gefilterd. De procedure bestaat uit het 30 maal runnen

van het model met steeds een volgend jaar uit de weerreeks als startjaar waarbij het deel tot het gekozen startjaar aan het einde van de reeks wordt toegevoegd (Groenendijk et al, 2015). Door achteraf de resultaten van de 30 runs per jaar te groeperen en te middelen worden effecten van weersvariatie uitgefilterd. Deze methode wordt toegepast op de weerreeks 1981 – 2020, welke ten tijde van de start van het onderzoek representatief was voor het huidige klimaat.

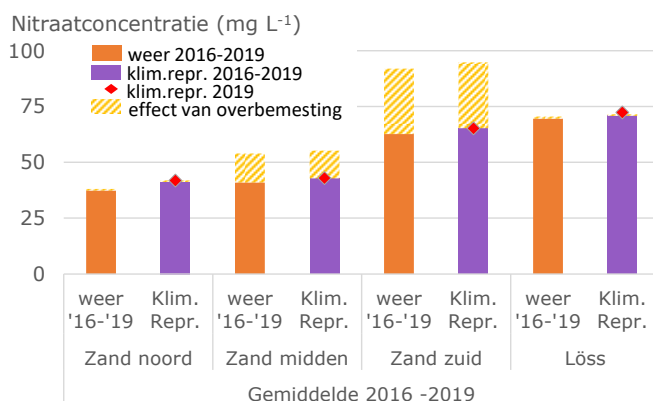
De berekende nitraatconcentraties van de berekening met het weersverloop tot en met 2019 (a) worden vergeleken in Figuur 7.1 met metingen in het LMM (Fraters et al, 2020). Hierbij zijn voor de zandgebieden de waarden voor de jaren 2016 tot en met 2019 gemiddeld en voor het lössgebied de waarden voor de jaren 2016 – 2018. De berekende nitraatconcentraties zijn weergegeven voor de situatie met overbemesting en voor de situatie zonder overbemesting.



Figuur 7.1 Nitraatconcentratie berekend voor de weersomstandigheden van 2016 – 2019 (zonder overbemesting en met overbemesting) en gemeten nitraatconcentraties in de zandgebieden gemiddeld over 2016-2019. Voor het lössgebied zijn de gemiddelden voor de periode 2016 – 2018 weergegeven.

Voor Zand noord, Zand midden en Löss zijn de berekende concentraties voor de situatie zonder overbemesting ongeveer gelijk aan de metingen. Het verschil tussen de gemiddelde meetwaarde en de gemiddelde berekende concentraties is voor deze gebieden kleiner dan 2 mg L⁻¹. Voor Zand zuid is de berekende waarde voor de situatie zonder overbemesting 11 mg L⁻¹ lager dan het gemiddelde van de metingen en voor de situatie met overbemesting is de berekende waarden 18 mg L⁻¹ hoger dan de gemiddelde meetwaarde.

Voor de effectberekeningen wordt gebruik gemaakt van de berekende nitraatconcentraties onder klimaatrepresentatieve omstandigheden. In Figuur 7.2 wordt een vergelijking gemaakt van de nitraatconcentraties berekend bij het weer van 2016 – 2019 en berekend onder klimaatrepresentatieve omstandigheden, waarbij effecten weersvariatie zijn uitgefilterd.

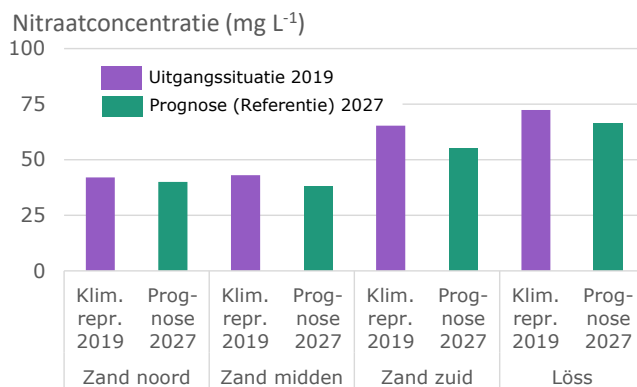


Figuur 7.2 Nitraatconcentratie berekend voor de zandgebieden en het lössgebied met de weersomstandigheden van 2016 – 2019 (weer '16-'19) en voor dezelfde periode met klimaatrepresentatieve omstandigheden, beiden met en zonder overbemesting. Daarnaast zijn de waarden voor de Uitgangssituatie 2019 (Klim.repr.2019) weergegeven

Voor de periode 2016 – 2019 worden de nitraatconcentraties met de modelinvoer voor klimaat representatieve omstandigheden 1 tot 4 mg L⁻¹ hoger berekend dan met het weer van 2016 – 2019. Het verschil bedraagt respectievelijk voor Zand noord, Zand midden, zand zuid en het Lössgebied 4, 2, 3 en 1 mg L⁻¹. Dit geldt zowel voor de situatie zonder overbemesting als met overbemesting. Dit betekent door het weersverloop tot en met 2017 dat de concentraties in 2016 – 2019 lager waren dan dat ze geweest zouden zijn onder klimaatrepresentatieve weersomstandigheden, ondanks een droogte-effect in de berekende waarden bij het weersverloop van 2016 – 2019.

Voor de Uitgangssituatie is de waarde van het jaar 2019 gebruikt (klim.repr. 2019). Deze waarde is ongeveer gelijk aan het gemiddelde van de periode 2016 – 2019 (klim.repr. 2016-2019). Voor het Lössgebied is de betreffende waarde 1,5 mg L⁻¹ hoger.

In vergelijking tot de nitraatconcentraties in de Uitgangssituatie 2019 worden voor de Referentie 2027 lagere waarden berekend, Na 2019 treedt in respectievelijk Zand noord, Zand midden, Zand zuid en het Lössgebied een daling op 2, 5 10 en 6 mg L⁻¹ (Figuur 7.3).



Figuur 7.3 Nitraatconcentratie berekend voor de zandgebieden en het lössgebied onder klimaatrepresentatieve omstandigheden (Uitgangssituatie 2019) en voor de prognose voor 2027 (Referentie 2027).

De daling wordt veroorzaakt door een geringe wijziging van het mestgebruik en na-ijlingseffecten van in 2019 genomen maatregelen (zie Par. 7.3.2) Omdat in Figuur 7.3 is uitgegaan van de Uitgangssituatie 2019 zonder overbemesting speelt dit aspect geen rol. De daling is het kleinst in Zand noord omdat hier de uitspoelingsgevoeligheid is kleiner is dan in de ander zandgebieden en de bodemoverschotten onder akkerbouwgewassen niet dalen (zie Bijlage B5.3). De daling is het grootst in Zand zuid omdat de uitspoelingsgevoeligheid hier het grootst is en het na-ijlingseffect (zie Par. 7.3.2) van de maatregel "uiterste zaaidatum vanggewas na mais" uit 2019 hier meer effect heeft dan in de andere gebieden. Zand zuid heeft relatief de meeste maïs ten opzichte van gras.

7.3.2 Na-ijling

Zowel bij de beoordeling van effecten van droogte als bij de beoordeling van effecten van maatregelen speelt na-ijling een rol.

1. De nitraatmetingen in het Landelijke Meetnet effecten Mestbeleid laten vanaf 2019 stijgingen van de nitraatconcentratie zien. Bij de interpretatie ervan moet bedacht worden dat de gemiddelde leeftijd van het grondwater op de toetsdiepte ca. twee jaar bedraagt. Na een droge periode kan deze leeftijd hoger zijn. Het nitraat in het bemonsterde grondwater in 2019 is in veel gevallen eerder gevormd dan in de droge zomer van 2018. Mogelijk kan een deel van de concentratiestijgingen in 2019 worden toegeschreven aan verhoogde stikstofbodemoverschotten van enkele teelten in 2015 en 2016 met bijbehorende ongunstige weersomstandigheden voor uitspoeling (zie bijlage B6.2). Daarnaast is het te verwachten dat onder normale weersomstandigheden de effecten van de droogte van 2018 en 2019 op nitraat nog enkele jaren zullen voortduren in het bovenste grondwater. Voor nitraat bemonsterd in drainwater is de verwachting dat de effecten van droogte korter duren.
2. In de onderhavige studie zijn enkele maatregelen verkend die gericht zijn op het tegengaan van verhoogde concentraties door droogte. In de verkenning is het droogte-effect benaderd door een grotere uitspoelingsgevoeligheid (combinatie van verlaagd neerslagoverschot en diepere

grondwaterstand) en een hoger stikstofbodemoverschot en zijn maatregelen beschouwd waarin de effecten bestreden worden door een vruchtwisseling en management met minder stikstofbodemoverschot. Geconstateerd wordt dat het huidige kennisniveau nog onvoldoende is om betrouwbare effectschattingen van praktijkgerichte maatregelen te kunnen geven, als ook dat er weinig concrete sturingsmogelijkheden liggen om binnen het seizoen te sturen. Voor dergelijke effectschattingen is het van belang om alle oorzaken van nitraatstijgingen in beeld te hebben, incl. na-ijlingsprocessen. Daarnaast is het nodig om het huidige management van de agrariër bij droge omstandigheden beter in beeld te krijgen voor een goede referentie (in de praktijk wordt de kunstmestgift aangepast op droogte voor gewassen die meerdere giften krijgen), en de realiteit van gesuggereerde maatregelen onder praktijkomstandigheden te toetsen. De doorgerekende maatregelen bij droogte in de voorliggende studie zijn daarom te beschouwen als "best-cases", dat wil zeggen: met een maximaal effect op reductie van nitraatconcentraties.

3. Voor Referentie 2027 worden lagere nitraatconcentraties en lagere waarden voor de uitspoeling naar oppervlaktewater berekend dan voor de Uitgangssituatie 2019. Tussen 2019 en 2027 wordt voor respectievelijk Zand noord, Zand midden en Zand zuid een verlaging van de gebiedsgemiddelde nitraatconcentratie berekend van 2, 5 en 10 mg L⁻¹ en voor het lössgebied een verlaging van 6 mg L⁻¹. Deze verlaging is een gevolg van onder andere een lager bemestingsniveau door de verandering van de fosfaatgebruiksnormen met ingang van 1 januari 2020 maar ook een gevolg van de maatregel "vanggewas na mais op zandgrond inzaaien voor 1 oktober". Deze maatregel was al van kracht in 2019, maar in de modelberekeningen manifesteerden de effecten van deze maatregel zich pas enkele jaren later (zie bijlage B5.3).
4. Het gedrag en de dynamiek van organische stof en fosfaat in de bodem kan tot langzame maar gestage trends in nitraatconcentraties en de uit- en afspoeling van N en P naar het oppervlaktewater leiden. Voorbeelden hiervan zijn de mineralisatie van stikstof uit de minder goed afbreekbare delen van toegediende organische stof en de uitspoeling van fosfor uit in het verleden toegediende mest. Het effect van dergelijke na-ijlingsprocessen in de bodem kan zichtbaar gemaakt worden met een speciale versie van een dynamisch procesmodel. Daarnaast moet bedacht worden dat berekende lange-termijn (P-uitspoeling over enkele tientallen jaren) na-ijlingseffecten niet afzonderlijk van de korte termijn effecten te valideren zijn.

7.4 Maatregelen

7.4.1 Goede landbouwpraktijk

De nitraatrichtlijn (EEC, 1991) is erop gericht de waterkwaliteit in heel Europa te beschermen door te voorkomen dat nitraten uit agrarische bronnen het grond- en oppervlaktewater verontreinigen en door goede landbouwpraktijken te stimuleren.

Bijlage II van de richtlijn beschrijft de elementen van een code voor Goede Landbouwpraktijk en Bijlage III de aard van de maatregelen zoals deze in voorschriften worden beschreven⁹. In een code voor goede landbouwpraktijk behoren voorschriften te zijn opgenomen voor de volgende aspecten:

- a) de perioden die niet geschikt zijn voor het op of in de bodem brengen van een meststof;
- b) het op of in de bodem brengen van een meststof op steile hellingen;
- c) het op of in de bodem brengen van een meststof op drassig, ondergelopen, bevroren of met sneeuw bedekt land;
- d) de voorwaarden voor het op of in de bodem brengen van een meststof in de nabijheid van waterlopen;
- e) de capaciteit en bouw van opslagtanks voor dierlijke mest, inclusief maatregelen ter voorkoming van waterverontreiniging veroorzaakt door het wegstromen en weglekken in grond- en oppervlaktewater van vloeistoffen die dierlijke mest en afvalwater van opgeslagen plantaardig materiaal zoals kuilvoeder bevatten;
- f) methoden voor het op of in de bodem brengen van zowel kunstmest als dierlijke mest, inclusief hoeveelheid en gelijkmatigheid van de verspreiding, waarmee de afvoer van nutriënten naar het water op een aanvaardbaar niveau wordt gehouden.

⁹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A31991L0676&from=EN>

Daarnaast kunnen lidstaten de volgende punten in hun code voor goede landbouwpraktijken opnemen:

- g) landbeheer, inclusief de toepassing van vruchtwisseling en de verhouding tussen de arealen voor meerjarige cultures en die voor wisselbouw;
- h) het behouden van een minimum aan vegetatie in (regen)periodes die de stikstof welke anders nitraatverontreiniging van het water zou kunnen veroorzaken aan de bodem onttrekt;
- i) het opstellen van een bemestingsplan voor ieder landbouwbedrijf en het bijhouden van een meststoffenboekhouding;
- j) het voorkomen van waterverontreiniging die het gevolg is van af- en uitspoeling in irrigatiesystemen tot onder het wortelstelsel van de gewassen.

De maatregelen beschouwd in deze Effectrapportage hebben betrekking op de bovengenoemde punten d), e), f), g) en h). Bij een Goede Landbouwpraktijk behoort dat zorgvuldig met meststoffen wordt omgegaan. Hiervoor geldt het bekende 4R-principe (Right source, Right rate, Right time en Right place). Tevens veronderstelt dit dat adviezen van het Bemestingsadvies worden opgevolgd in zoverre dat ze de gebruiksnormen van het mestbeleid niet overschrijden en passen binnen de gebruiksvorschriften van de mestwetgeving.

Bij het vaststellen van parameters in de rekenmodellen wordt uitgegaan dat in de praktijk de hierboven aangegeven Goede Landbouwpraktijk wordt opgevolgd. Voor het geformuleerde DAW-pakket betekent dit dat verondersteld wordt dat een aantal maatregelen reeds in de praktijk worden uitgevoerd:

- afstemmen van het bemestingstijdstip op de weersomstandigheden en de gewasbehoefte
- zorgdragen voor het laten slagen van een vanggewas na mais op zand- en lössgrond
- verrekenen van de bemestende waarde van een vanggewas met de bemesting op een volgengewas
- voorkomen en verhinderen dat waterplassen vanaf het maaiveld afstromen naar oppervlaktewateren.
- vermijden van bederf van de bodemstructuur en vermijden van bodemverdichting

Doordat verondersteld wordt dat deze aspecten reeds in praktijk worden uitgevoerd, hebben maatregelen waarin deze elementen geformuleerd zijn slechts een gering effect op de uit- en afspoeling.

Een deel van de huidige belasting van grond- en oppervlaktewater is waarschijnlijk toe te schrijven aan het verschil tussen de praktijk en de ideale toestand van de Goede Landbouwpraktijk waar de modellen vanuit gaan. Voorbeelden hiervan zijn het (te) vroeg of (te) laat uitrijden van drijfmest in verband met onvoldoende opslagcapaciteit, de bemesting van mais na scheuren van grasland, en de inzet van extra mest voor de gewassen waarmee het geld verdiend wordt (dat zijn vaak de uitspoelingsgevoelige gewassen). Een nadere analyse van de huidige variatie in bemestingspraktijken geeft inzicht in mogelijkheden om de milieukwaliteit te verbeteren. Het in beeld brengen van de mate waarin bedrijven nog afwijken van een Goede Landbouwpraktijk vraagt om praktijkinformatie (bijv. tijdstip van mest uitrijden) dat vooralsnog niet verzameld wordt. Aan de hand van benchmarks per bedrijfstype en per regio kan beter beoordeeld worden welke verbetering van de waterkwaliteit nog mogelijk is zonder aanvullende maatregelen.

7.4.2 Bouwplan/rotatie

Enkele van de beschouwde maatregelen veronderstellen een wijziging van het bouwplan. Dit betreft veranderingen in het aandeel van gewassen in het bouwplan (aanpassing bouwplansamenstelling) en van veranderingen in de gewasvolgorde/rotatie (al dan niet bij een gelijkblijvende bouwplansamenstelling). Met name het laatste vergt een bedrijfsspecifieke invulling, terwijl de gebruikte modellen vaak op regionaal bouwplanniveau worden toegepast en werken met een vaste dan wel geen gewasvolgorde. Van de gebruikte modellen om de effecten hiervan door te rekenen houdt het Nitraatmodel DSG-project voor lössgrond hier expliciet rekening mee, maar laat het gebruikte referentie-scenario weinig mogelijkheden open voor verdere extensivering van het bouwplan.

Gewasvolgorde

Eén van de maatregelen die ingrijpt op de gewasvolgorde is het stimuleren dat op zand- en lössgronden minder vaak twee uitspoelingsgevoelige gewassen na elkaar worden geteeld door het verlagen van de N-gebruiksnorm voor de 2^e teelt. De mate waarin dit mogelijk is, en of een verlaging van de gebruiksnorm kan worden voorkomen, hangt af van het aandeel van het areaal uitspoelingsgevoelige gewassen in het totale areaal binnen een rekeneenheid (regio). Aangenomen is dat bij een aandeel uitspoelingsgevoelige gewassen lager dan 50% het mogelijk is een uitspoelingsgevoelig gewas met en niet-uitspoelingsgevoelig gewassen af te wisselen. Bij een hoger aandeel uitspoelingsgevoelige gewassen is dit niet meer mogelijk zonder de bouwplansamenstelling aan te passen (verhoging aandeel niet-uitspoelingsgevoelige gewassen). Overigens is het niet altijd zomaar mogelijk de gewasvolgorde aan te passen, omdat er met het oog op bodemgezondheidsaspecten bij bepaalde gewassen voldoende afstand moet zitten. Daarom is in de berekeningen ook een variant meegenomen waarbij bij alle uitspoelingsgevoelige gewassen een korting van de N-gebruiksnorm is opgelegd. Benadrukt moet worden dat dit een relatief ruwe benadering is invulling te geven aan het effect van een gewasvolgorde die minder uitspoelingsgevoelig is. De beide doorgerekende mogelijkheden houden geen rekening met een gedragsverandering in de zin dat andere gewassen geteeld zullen gaan worden en of dat verschuivingen in de gewasarealen zullen gaan optreden. Beide opties gaan er vanuit dat agrariërs er voor zullen kiezen om hun bouwplan te handhaven en op bedrijfsniveau de korting van de gebruiksruiimte te verrekenen in het bemestingsplan. De berekende resultaten geven het maximaal haalbare effect aan van maatregelen in een theoretische situatie. In de praktijk zal het effect kleiner zijn omdat er vanuit is gegaan dat een maatregel altijd effect sorteert, ongeacht het weersverloop, waarbij voorbijgegaan is aan mogelijke praktische bezwaren en moeilijkheden en geen aandacht is besteed aan draagvlak en uitvoerbaarheid.

Een verbod op het achtereenvolgens telen van twee uitspoelingsgevoelige gewassen op een perceel, zoals verondersteld in scenario C, kon niet direct worden opgelegd aan de modellen. Een dergelijke maatregel vraagt om een nadere specificering van ruimtelijke eenheden waarvoor een bepaalde gewasvolgorde zou gelden. Ruilen, leasen en verhuren van percelen, het aangaan van samenwerkingsverbanden om administratief een ruimer bouwplan te creëren en de uitruil van gronden tussen akkerbouwers en melkveehouders leiden ertoe dat toekomstig grondgebruik moeilijk is te voorspellen als geen aanvullende voorwaarden worden gesteld aan de regel "geen uitspoelingsgevoelige teelten na elkaar". Dit kan zelfs leiden tot administratief correcte uitvoering van regels waarbij het risico op nitraatuitspoeling toeneemt.

Hooijboer et al (2017) geven bijvoorbeeld aan dat een rotatie van gras en maïs tot een hogere uitspoeling van nitraat kan leiden dan bij permanente teelten van gras en maïs. Door bij de bemesting van maïs rekening te houden met de nalevering van stikstof uit een vernietigde graszode kan een dergelijk effect gecompenseerd worden. Als het bemestingsplan niet wordt afgestemd op een gewijzigd bouwplan zouden onbedoelde negatieve effecten kunnen optreden

Bouwplansamenstelling

Met een korting op de gebruiksnorm van niet-rustgewassen in scenario C van 12,5% in Zand zuid en Löss en 15% in de andere zandgebieden t.o.v. de norm in 2021 wordt beoogd het bouwplan minder intensief te maken. De groep gewassen is groter dan alleen de uitspoelingsgevoelige gewassen en betreft ook pootaardappelen en zaaiuien. De Commissie Deskundige Meststoffenwet (CDM, 2020b) schat een effect van 5 – 15% lagere nitraatconcentraties door een bouwplan met meer rustgewassen. Verder constateert de CDM dat het effect op de waterkwaliteit van een vervanging van een deel van het areaal hoofdgewassen door de rustgewassen vooral wordt bepaald door het type hoofdgewas dat wordt vervangen. Tussen hoofdgewassen bestaan grote verschillen in gevoeligheid voor nitraatuitspoeling. Ook rustgewassen verschillen in de gemiddelde nitraatconcentraties in bodemvocht na de teelt. Het effect van vervanging van een deel van het areaal hoofdgewassen door de rustgewassen op de waterkwaliteit kan beperkt zijn. De CDM adviseert meer te differentiëren naar grondsoorten, hoofdgewassen en rustgewassen. In dit onderhavige rapport is ter oriëntatie gekeken naar vervanging van consumptie- en zetmeelaardappelen door wintertarwe. Bij volledige vervanging daalt de nitraatuitspoeling, afhankelijk van de regio, met 5-25%. Het effect hangt af van het aandeel aardappelen en de mate waarin al aanscherping van de gebruiksnorm van aardappelen heeft plaatsgevonden.

Bij de schatting van effecten van een wijziging van het bouwplan op de waterkwaliteit wordt veelal uitgegaan van de bemesting op gewasniveau. In de praktijk wordt op kleigrond dierlijke mest vaak in wintertarwe toegediend. Dat vindt plaats in het voorjaar, maar ook na de oogst van het graan in combinatie van de inzaai van een groenbemester. Een wijziging van het bouwplan via een hoger aandeel graan vraagt automatisch ook om een aanpassing van de bemestingspraktijk, niet alleen van de hoogte van de giften maar ook van de tijdstippen binnen het bouwplan. Het effect hiervan is in de huidige studie niet verdisconteerd.

7.4.3 Vanggewassen

De studie heeft laten zien dat het maximaal inzetten van vanggewassen een relevante maatregel kan zijn, met name wanneer bij de N-bemesting rekening wordt gehouden met de N-nalevering uit het ondergewerkte vanggewas. Benadrukt moet worden dat het bij het laatste in feite gaat om een combinatie van een middelvoorschrift en een korting van de gebruiksnorm. Op bouwplanniveau bedroeg de N-nalevering, afhankelijk van de regio, 12–18 kg ha⁻¹ N. Wanneer deze hoeveelheid in mindering zou worden gebracht op de N-bemesting dan zou dit een verlaging van de N-gebruiksnorm van 8-13% betekenen.

Het berekende effect moet als een best-case situatie (maximaal effect) worden gezien. In de praktijk zal het voorkomen dat niet altijd gelijk na de oogst het vanggewas wordt gezaaid. Ook kan door droogte de kieming en groei van het vanggewas tegenvallen. Daarnaast speelt nog dat er na sommige hoofdgewassen het volgende hoofdgewas al in de herfst wordt gezaaid/geplant (bijvoorbeeld wintergraan, tulpen), waardoor er geen ruimte is voor een vanggewas. Verder kunnen vanggewassen bepaalde aaltjes vermeerderen, waardoor ze minder goed passen in de rotatie. Hierop kan met een juiste keuze van het vanggewas nog wel op worden ingespeeld.

In de modelberekeningen voor de lössregio wordt door het Nitraatmodel DSG-project een geringe toename van het nitraatgehalte berekend bij de maatregel met maximaal vanggewassen, terwijl WOGWOD een daling berekent. Dit komt doordat het Nitraatmodel DSG-project rekening houdt met de gewasvolgorde: in het meest voorkomende bouwplan op lössgrond, wordt er na de teelt van een uitspoelingsgevoelig gewas (aardappel) wintertarwe geteeld; hierdoor is er in de praktijk geen vanggewas mogelijk. Op het beperkte deel van het areaal waar mais na aardappel wordt geteeld, en na de zomergerst is dit wel mogelijk, en zorgt een vanggewas voor een verlaging van het bodemoverschot in het desbetreffende jaar. In het opvolgende jaar komt deze opgenomen stikstof weer vrij voor gewasopname, en zou dit moeten leiden tot een lagere N-bemesting in het opvolgend gewas. Zodra de N-bemesting van het volggewas wordt aangepast voor de bemestende waarde van een ondergeploegd vanggewas, leidt dit tot een lichte vermindering van de uitspoeling.

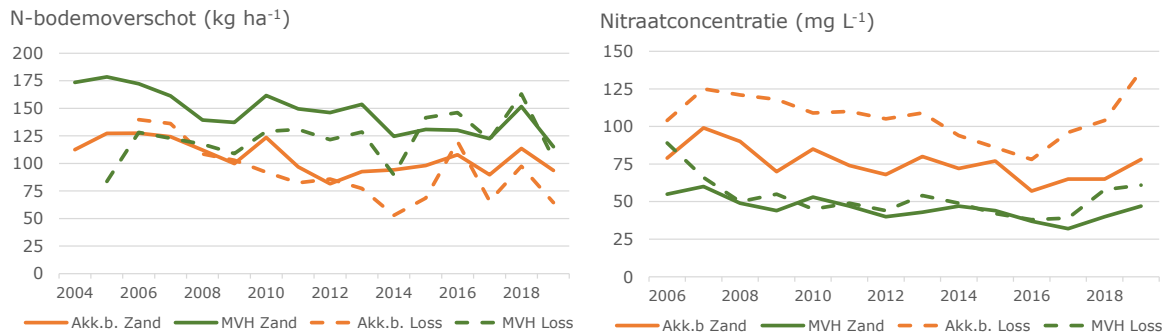
7.5 Effecten van droge zomers

Verhoogde gemeten nitraatconcentraties in 2019 en 2020 worden vrij algemeen aan de droge zomers van 2018 en 2019 toegeschreven. Vanuit dat oogpunt is nagegaan welke mitigerende en reparerende maatregelen mogelijk zijn en welk effect ze hebben op de nitraatconcentratie. Voor een goed begrip van de handelingsperspectieven is het nodig de oorzaken van de nitraatstijgingen te kennen. Het is van belang om hierbij zowel het verloop van het netto-neerslagoverschot als het verloop van het stikstofbodemoverschot van de voorliggende jaren te beschouwen. Daarnaast kunnen ook de meetdiepte en de meetmethode van invloed zijn op het vaststellen van verhoogde concentraties.

Droogte zoals in de jaren 2018, 2019 en 2020 is de twintigste eeuw wel vaker voorgekomen in Nederland en blijkt niet heel extreem te zijn geweest. Sinds begin vorige eeuw zijn er zes droge perioden geweest die intenser en langduriger waren dan de droogte die begon in 2018¹⁰ (KNMI, 2021).

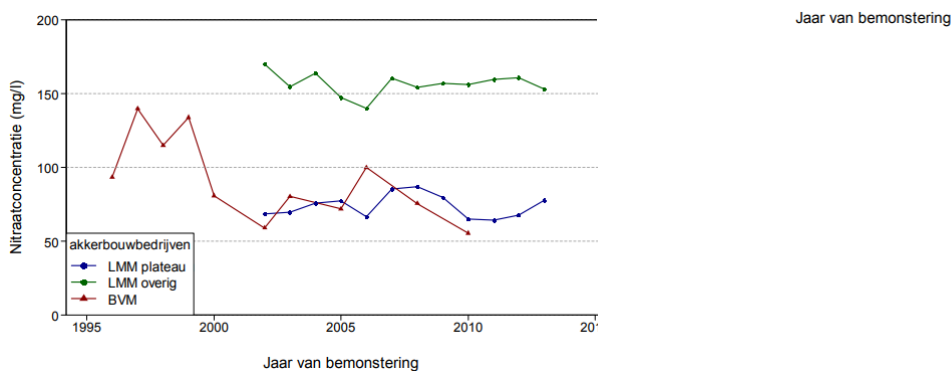
¹⁰ <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/recente-droogtes-in-historisch-perspectief>

Het verloop van het door Agrimatie.nl gepubliceerde stikstofbodemoverschot is weergegeven in Figuur 7.4. Het valt op dat in 2016 en 2018 het stikstofbodemoverschot op akkerbouwbedrijven relatief hoog was en dat daarnaast in 2015 op de melkveehouderij bedrijven het overschot relatief hoog was. In 2016 kwam in de zomerperiode in enkele gebieden wateroverlast voor met een effect op mais- en aardappelopbrengsten, in 2018 was de oogst door droogte lager dan in goede (2014, 2017) en in 2015 werd de oogst van mais door het koude voorjaar en de natte herfst ongunstig beïnvloed.



Figuur 7.4 Verloop van de gemiddelde waarden van het stikstofbodemoverschot van akkerbouw- en melkveehouderijbedrijven in de Zandregio en de Lössregio (links; bron: Agrimatie.nl) en verloop van de gemiddelde gemeten nitraatconcentraties in het Basismeetnet van LMM (rechts; bron: <https://lmm.rivm.nl/Figuur/Trend/Hoofdgrondsoortregio/zand/uitspoelingswater/zomer/Nitraat>)

Behalve droogte kunnen dus ook andere ongunstige weersomstandigheden geleid hebben tot hogere stikstofbodemoverschotten. De vertragingstijd tussen het vormen van het overschot en de meting ervan als nitraat in het bodemvocht of het bovenste grondwater bedraagt enkele jaren. Dit wordt geïllustreerd met de vergelijking van de nitraatmetingen in lössgronden op twee diepten (Figuur 7.5).



Figuur 7.5 Nitraatconcentraties op akkerbouwbedrijven en melkveebedrijven in Zuid-Limburg, gemeten in het Bodemvochtmeetnet provincie Limburg (meetdiepte 1,3-1,4 m beneden maaiveld) en gemeten in het LMM (meetdiepte 1,5 – 3,0 beneden maaiveld) Bron: Fraters en Boumans (2015).

De gemiddelde meetdiepte van de metingen in het LMM zijn een meter dieper dan die van het Bodemvochtmeetnet in Limburg. In de figuren is te zien dat de stijging van de concentraties in 2006 in het Bodemvochtmeetnet één jaar later (akkerbouw) of één tot twee jaar (melkveehouderij) later wordt gevolgd door een stijging van de concentraties in het LMM. De vertraging komt overeen met een transportsnelheid van ongeveer één meter per jaar voor akkerbouw. Verhoogde nitraatconcentraties in 2019 op bedrijven in het lössgebied kunnen daarom niet worden toegeschreven aan de hogere stikstofbodemoverschotten van 2018. Mogelijk hebben de verhoogde bodemoverschotten van 2015 en 2016 bijgedragen aan de concentratiestijgingen.

De droogte van 2018 en 2019 kan de nitraatmeting in de zandgronden hebben beïnvloed doordat grondwaterstanden dieper waren dan normaal. Fraters et al (2020) wijst erop dat dit fenomeen zich ook al voordeed in 2017. Bij een grotere grondwaterstandsdiepte en bij drogere omstandigheden wordt de bodem sterker uitspoelingsgevoelig doordat minder denitrificatie optreedt. Voor de lössgronden geldt dat de metingen wel op een constante diepte worden uitgevoerd, maar dat de bodemvochtgehalten na een droge zomer lager zijn dan normaal. Bij een lager bodemvochtgehalte is de aanwezige nitraat sterker ingedikt en zijn de concentraties hoger dan normaal. Als het bodemprofiel na een normaal of nat jaar weer is opgevuld zal het indikkingseffect niet meer gelden.

In de onderhavige studie zijn met het WOGWOD-model en het Nitraatmodel DSG-project de effecten van enkele maatregelen gekwantificeerd:

- Aanpassing bouwplan door teelt diepwortelend gewas in het jaar volgend op het droogtejaar
- Teelt van een vroeg vanggewas na een verdroogd gewas
- Aanpassing van bemesting in de droge zomer en het volggewas

De berekeningen laten zien dat er in droge zomers in het groeiseizoen bij bouwlandgewassen slechts beperkt ruimte is voor aanpassing van de bemesting. De bemesting vindt grotendeels al plaats voordat de droogte optreedt. Bij grasland zijn er wel goede mogelijkheden in te spelen op droogte doordat meerdere keren per jaar wordt bemest en er daardoor kan worden geanticipeerd op droogte. Overigens zal dit veelal al onderdeel zijn van de bemestingspraktijk en ook de bemestingsadviezen geven hiervoor richtlijnen. Voor bouwlandgewassen zijn maatregelen na de teelt perspectiefvoller zoals de teelt van een vroeg vanggewas of door in het jaar erop een diep wortelend gewas te telen dat in staat is de achtergebleven stikstof nog deels op te nemen. Dat laatste zal alleen effectief zijn wanneer de bodem een diepe beworteling toelaat zoals op lössgronden en esgronden. Het globale beeld dat uit de berekeningen naar voren komt is dat het lastig is om via mitigerende maatregelen de verhoogde nitraatuitspoeling door de droogte te compenseren.

Bij de kwantificering van effecten is geen rekening gehouden met mogelijke hydrologische maatregelen, zoals beregening en druppelirrigatie van gewassen en waterconservering door het plaatsen van stuwen in kavelsloten. Naarmate en gewas een hoger saldo heeft zal een agrariër niet alleen de nutriëntenvoorziening willen veilig stellen met het bemestingsplan, maar ook de watervoorziening door het gebruik van duurdere apparatuur. Met de interactie tussen mestregelgeving en watervoorziening is in het onderhavige rapport geen rekening gehouden. Dit betekent dat de mogelijke effecten op de nitraatuitspoeling worden overschat.

Vanuit de praktijk wordt aangegeven dat een hoger organische stofgehalte van de bodem leidt tot een kleinere gevoeligheid voor droogte. Door de grotere beschikbaarheid aan bodemvocht is er minder droogteschade en worden nutriënten beter benut. Kwantitatieve informatie hierover ontbreekt voor een adequate effectschatting. Daarnaast moet bedacht worden dat een constante extra aanvoer van organische stof door het wijzigen van het bouwplan, de teelt van vanggewassen en/of de verruiming van gebruiksnormen voor organische stofrijke mestsoorten op de lange termijn ook ongewenste effecten kunnen hebben. Door een toename van de voorraad organisch gebonden stikstof in de bodem neemt de mineralisatie toe, ook buiten het groeiseizoen, met een risico op extra uitspoeling. Een hoger organische stofgehalte in de bodem vraagt daarom ook om een Goede Landbouwpraktijk waarbij de N-bemesting aansluit bij het N-leverend vermogen van de bodem.

7.6 Uitspoelingsberekeningen

Deze rapportage bevat resultaten van nitraatberekeningen met drie modellen die voor verschillende doelen zijn ontwikkeld en die gebaseerd zijn op verschillende aannames. Voor een aantal situaties worden dan ook verschillende nitraatconcentraties berekend. Een vergelijking van balanstemen van de drie modellen draagt bij aan de interpretatie en duiding van de berekende nitraatconcentraties en de verschillen ertussen (Tabel 7.5.1 tot en met Tabel 7.5.3).

Het WOGWOD model hanteert waarden voor de uitspoelgevoeligheid die zijn afgeleid van waarden voor de uitspoelfractie en het netto-neerslagoverschot zoals vermeld in Fraters et al (2012). In deze benadering wordt geen onderscheid gemaakt naar regio's. Als regio's een gelijke verdeling van grondwatertrappen hebben, wordt een gelijke gemiddelde uitspoelingsgevoeligheid berekend. Voor het lössgebied is de uitspoelingsgevoeligheid ontleend aan de waarde voor de zandgebieden.

In ANIMO/LWKM wordt wel onderscheid gemaakt naar regio's. Twee parameters in ANIMO/LWKM zijn gekoppeld op nitraatmetingen van het Landelijk Meetnet Effecten Mestbeleid waarbij rekening is gehouden met regionale verschillen (Van der Bolt et al, 2020). De uitspoelgevoeligheid voor het noordelijk en midden zandgebied zijn vergelijkbaar, maar voor het zuidelijk zandgebied en het lössgebied zijn de landbouwgronden gevoeliger voor nitraatuitspoeling dan in de andere regio's. In het zuidelijk

zandgebied is het neerslagoverschot lager dan in de andere gebieden en in het lössgebied wordt gekenmerkt door diepe grondwaterstanden.

Een belangrijk onderscheid tussen de modellen is de ruimtelijke schaal. Waar ANIMO/LWKM rekent op decadebasis met representatieve rekenplots voor een vast bouwplan en betrouwbaar uitspraken kan doen op stroomgebiedsniveau, rekent het WOGWOD-model met regiogemiddeld bouwplan in een evenwichtssituatie (met andere woorden: er is geen variatie over de tijd) gevoed door regionaal gemiddelde uitspoelfactoren afgeleid van het Landelijke Meetnet Mestbeleid. Het Nitraatmodel DSG-project heeft een sterke focus op het bedrijf, en rekent met een standaard bouwplan voor het lössgebied, waarbij gewasopvolging relevant is en waarbij het model is afgestemd op honderden perceelsmetingen van het praktijknetwerk van Duurzaam Schoon Grondwater in Limburg. ANIMO/LWKM is daarbij een dynamisch proces georiënteerd model terwijl WOGWOD en het DSG-nitraatmodel beide een N-balansrekenmethodiek volgen. Alle modellen zijn toepasbaar op het ruimtelijk niveau van stroomgebieden, waarbij het DSG-nitraatmodel beperkt is tot het lössgebied.

Grasland

Voor grasland wordt met ANIMO/LWKM een 12 – 32 kg ha⁻¹ lagere gewasopname berekend dan met het WOGWOD-model, wat leidt tot hoger N-bodemoverschot. Het verschil wordt veroorzaakt doordat de modellen verschillende uitgangspunten hanteren in het effect van beweiding op de gewasopname. Agrimatie¹¹ vermeldt voor de melkveehouderij in de zandregio en de lössregio voor 2019 een stikstofbodemoverschot van 115 en 104 kg ha⁻¹. Het is aannemelijk dat deze cijfers vooral betrekking hebben op het graslandareaal en dat de mestgebruiksruimte optimaal wordt benut. De resultaten van ANIMO/LWKM stemmen iets beter overeen met deze cijfers dan de resultaten van het WOGWOD-model.

Tabel 7.5.1 Termen van de stikstofbalans in ANIMO/LWKM en het WOGWOD model voor grasland in vier regio's, berekend voor de situatie waarin de gebruikruimte van dierlijke mest, stikstof en fosfaat maximaal wordt benut.

	ANIMO/LWKM				WOGWOD			
	Zand noord	Zand midden	Zand zuid	Löss	Zand noord	Zand midden	Zand zuid	Löss
Aanvoer								
Stalmest (kg ha ⁻¹)	183	183	157	146	183	183	157	146
Weidemest (kg ha ⁻¹)	52	41	46	56	51	40	45	54
Kunstmest (kg ha ⁻¹)	145	151	124	169	141	144	150	155
Depositie (kg ha ⁻¹)	16	18	21	19	16	19	22	19
N-binding (kg ha ⁻¹)								
Afvoer								
NH ₃ N emissie (kg ha ⁻¹)	26	27	25	24	21	21	19	19
Gewasafvoer (kg ha ⁻¹)	275	256	237	282	287	287	285	286
Nitraatberekening								
N-bodemoverschot (kg ha ⁻¹)	95	111	87	84	82	78	70	69
Neerslagoverschot (mm jr ⁻¹)	314	298	253	302				
Nitraatconcentratie (mg L ⁻¹)	30	37	49	61	33	32	31	34
Uitspoelfractie (UF)	0,22	0,22	0,32	0,50				
Uitspoelgevoeligheid (UG)	0,32	0,33	0,56	0,73	0,40	0,41	0,44	0,50

De lagere waarde voor het N-overschot in het WOGWOD-model ten opzichte van die in ANIMO/LWKM in combinatie met een hogere waarde voor de uitspoelgevoeligheid leidt tot vergelijkbare nitraatconcentraties in Zand noord en Zand midden. De hogere waarden voor de uitspoelgevoeligheid voor Zand zuid en het lössgebied leiden tot hogere nitraatconcentraties voor grasland dan berekend met het WOGWOD-model. Voor het lössgebied overschat ANIMO/LWKM waarschijnlijk de nitraatconcentraties onder grasland. Gemiddeld over de gebieden is de uitspoelgevoeligheid in ANIMO/LWKM iets groter dan in het WOGWOD-model.

¹¹ <https://www.agrimatie.nl/SectorResultaat.aspx?subpubID=2232§orID=2245&themaID=2282&indicatorID=2775>

Snijmais

Voor snijmais zijn in ANIMO/LWKM 14 – 25 kg ha⁻¹ lagere kunstmestgiften gehanteerd dan in het WOGWOD model met een daarmee ook lagere berekende waarden voor de gewasafvoer. Het N-bodemoverschot valt daarmee 13 en 4 kg ha⁻¹ lager uit in Zand noord en Zand midden dan berekend met WOGWOD. Voor snijmais worden met ANIMO/LWKM dan ook lagere nitraatconcentraties berekend voor Zand noord en Zand midden dan met WOGWOD. De berekende waarden voor de nitraatconcentratie zijn lager dan de mediane waarden in de verkenning van de gewasspecifieke nitraatuitspoeling in het LMM¹². De LMM-analyse is uitgevoerd op data die betrekkingen op de landbouwpraktijkjaren 2009 – 2017 en zijn daarmee gerelateerd aan de bemestingspraktijk ten tijde van het derde tot het vijfde Actieprogramma Nitraat. De veronderstelde bemesting in de modelberekening gaat uit van het maximaal benutten maar niet overschrijden van de mestgebruiksruimte van het 6^e Actieprogramma Nitraat.

De uitspoelgevoeligheid van snijmais, zoals deze is af te leiden van de ANIMO/LWKM -resultaten, is voor Zand noord en Zand midden lager dan de waarden gehanteerd in het WOGWOD-model. Evenals voor gras is de gevoeligheid het kleinst in Zand noord en het grootst in het lössgebied. Gemiddeld over de gebieden is de uitspoelgevoeligheid van beide modellen ongeveer gelijk.

Tabel 7.1.2 Termen van de stikstofbalans in het ANIMO-model en het WOGWOD model voor snijmais in vier regio's, berekend voor de situatie waarin de gebruiksruimte van dierlijke mest, stikstof en fosfaat maximaal wordt benut.

	ANIMO/LWKM				WOGWOD			
	Zand noord	Zand midden	Zand zuid	Löss	Zand noord	Zand midden	Zand zuid	Löss
Aanvoer								
Stalmest (kg ha ⁻¹)	184	160	141	159	184	160	141	159
Kunstmest (kg ha ⁻¹)	25	37	19	19	50	59	34	33
Depositie (kg ha ⁻¹)	16	19	22	18	16	19	22	19
N-binding (kg ha ⁻¹)								
Afvoer								
NH ₃ N emissie (kg ha ⁻¹)	9	8	8	7	12	10	9	10
Gewasafvoer (kg ha ⁻¹)	149	140	126	134	158	155	141	145
Nitraatberekening								
N-bodemoverschot (kg ha ⁻¹)	68	68	48	55	81	72	47	55
Neerslagoverschot (mm jr ⁻¹)	331	317	265	321				
Nitraatconcentratie (mg L ⁻¹)	39	42	42	58	65	54	38	49
Uitspoelfractie (UF)	0,42	0,44	0,51	0,76				
Uitspoelgevoeligheid (UG)	0,57	0,61	0,86	1,05	0,80	0,76	0,81	0,89

Akker- en tuinbouw

Tabel 7.1.3 vermeldt naast de resultaten van ANIMO/LWKM en van het WOGWOD-model ook de resultaten van het Nitraatmodel DSG-project voor akker- en tuinbouw in het lössgebied. De mestgiften in de verschillende modellen zijn ongeveer gelijk, omdat deze zijn afgestemd op de resultaten van het INITIATOR-model. In het WOGWOD-model wordt in tegenstelling tot de andere modellen rekening gehouden met biologische stikstofbinding. De gewasafvoer door AT in de zandregio's wordt door ANIMO/LWKM 6 – 10 kg ha⁻¹ hoger berekend dan door het WOGWOD-model, met 5 – 12 kg ha⁻¹ lagere N-bodemoverschotten als resultaat van ANIMO/LWKM. Het N-bodemoverschot voor het lössgebied wordt het hoogst berekend door het WOGWOD-model (81 kg ha⁻¹) en het laagst door ANIMO/LWKM (70 kg ha⁻¹). De met deze modellen berekende nitraatconcentraties voor het lössgebied zijn ongeveer gelijk.

De uitspoelgevoeligheid van het lössgebied is in het Nitraatmodel DSG-project kleiner dan in de andere modellen. Bij de ijking van ANIMO/LWKM en het instellen van coëfficiënten in het WOGWOD-model is de informatie uit het Landelijke Meetnet effecten Mestbeleid leidend geweest, terwijl het

¹² <https://www.rivm.nl/nieuws/verkenning-gewasspecifieke-nitraatuitspoeling-in-lmm>

Nitraatmodel DSG is afgeleid van een groot aantal metingen uit het praktijknetwerk van Duurzaam Schoon Grondwater van Waterleiding Maatschappij Limburg (Ros et al, 2018).

De metingen van WML liggen gemiddeld 20 tot 30 mg L⁻¹ lager dan de metingen in het LMM, wat grotendeels samenhangt met de meetmethodiek (Ros et al, 2014). In welke mate de actieve deelname van agrariërs aan het programma Duurzaam Schoon Grondwater van invloed is op het verschil is niet duidelijk. Over de interpretatie van dit verschil heeft de CDM (2016a) een advies uitgebracht waarin gesteld wordt dat: "Zowel de RIVM- als de WML-methode zijn geschikt om de doeltreffendheid van maatregelen uit het actieprogramma te beoordelen en beide geven ze een indicatie van de kwaliteit van het uitspoelende bodemvocht naar het grondwater. De methode die toegepast wordt binnen het LMM biedt echter een nauwkeuriger indicatie van het uitspoelende water én hierdoor een meer gelijk speelveld ten opzichte van de monitoring in andere grondsoorten, waarin ook het uitspoelende water wordt bemonsterd, dan de WML-methode." Ondanks de verschillen in meetmethoden bieden de metingen uit het praktijknetwerk van Duurzaam Schoon Grondwater dus een goede basis om veranderingen van nitraatconcentraties als gevolg van maatregelen in beeld te brengen. Voor uitspraken over de mate van doelbereik wordt in deze studie uitgegaan van de berekeningen gebaseerd op, of in overeenstemming met LMM-metingen.

Tabel 7.1.3 Termen van de stikstofbalans in ANIMO/LWKM en in het WOGWOD model voor AT-gewassen in vier regio's (gemiddeld over regionaal bouwplan) en het Nitraatmodel DSG-project (gemiddeld bouwplan van ene akkerbouwbedrijf) voor het lössgebied, berekend voor de situatie waarin de gebruikruimte van dierlijke mest, stikstof en fosfaat maximaal wordt benut.

	ANIMO/LWKM				WOGWOD				Nitraat model DSG
	Zand noord	Zand midden	Zand zuid	Löss	Zand noord	Zand midden	Zand zuid	Löss	Löss
Aanvoer									
Stalmest (kg ha ⁻¹)	154	141	136	146	154	141	137	146	141
Kunstmest (kg ha ⁻¹)	68	65	33	56	66	59	35	49	47
Depositie (kg ha ⁻¹)	15	18	22	19	15	18	21	19	15
N-binding (kg ha ⁻¹)	0	0	0	0	1	3	6	6	0
Afvoer									
NH ₃ N emissie (kg ha ⁻¹)	9	9	7	16	11	10	9	10	8
Gewasafvoer (kg ha ⁻¹)	136	127	108	135	128	117	102	129	120
Nitraatberekening									
N-bodemoverschot (kg ha ⁻¹)	93	89	76	70	98	94	88	81	75*
Neerslagoverchot (mm jr ⁻¹)	362	364	317	381					
Nitraatconcentratie (mg L ⁻¹)	65	73	92	75	86	84	78	71	51
Uitspoelfractie (UF)	0,57	0,67	0,86	0,91					
Uitspoelgevoeligheid (UG)	0,69	0,82	1,20	1,06	0,89	0,89	0,88	0,88	0,68

*) het N-bodemoverschot in het Nitraatmodel DSG-project is gebaseerd op een overschot van werkzame N.

Alle modellen berekenen de impact van maatregelen op het N-bodemoverschot en welk deel van het overschot daadwerkelijk uitspoelt. ANIMO/LWKM is mechanistisch van aard terwijl WOGWOD en het Nitraatmodel DSG-project beide gebaseerd zijn op een N-balans. In WOGWOD speelt tijd geen rol en wordt voor een evenwichtssituatie het N-totaal-bodemoverschot berekend op basis van de N-aanvoer via mest, organische reststromen, depositie en N-binding en de N-afvoer via gewasopname en aanwendingsemissies. In het Nitraatmodel DSP-project wordt het N-bodemoverschot berekend voor de werkzame stikstof gemiddeld over het bouwplan. Werkzame stikstof betekent in de context van het model de landbouwkundige werkzame stikstof van mest en gewasresten. Deze kan verschillen van de forfaitaire werkzame stikstof welke berekend wordt met de werkingscoëfficiënten van het mestbeleid¹³. De N-aanvoer en -afvoer kent gelijke posten als die van WOGWOD, waarbij er rekening wordt gehouden met extra N-nalevering uit de bodem. Voor de huidige studie is de netto N-aanvoer gelijk getrokken na correctie voor aanwendingsemissies.

¹³ <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2019/12/Tabel-9-Werkzame-stikstof-landbouwgrond-2019-2021.pdf>

Met WOGWOD worden in de drie zandregio's vergelijkbare nitraatconcentraties berekend, met een kleine afname in de volgorde Zand noord, Zand midden en Zand zuid. Met ANIMO/LWKM wordt voor deze volgorde juist een toename van nitraatconcentraties berekend: 65, 73 en 92 mg L⁻¹ voor Zand noord, Zand midden en Zand zuid.

Conclusies:

- Bij de ijking van ANIMO/LWKM op nitraatmetingen is rekening gehouden met verschillen in regio's terwijl het WOGWOD-model uitgaat van landelijk gemiddelde cijfers voor de uitspoelgevoeligheid. De volgorde in de hoogte van de met ANIMO/LWKM berekende nitraatconcentraties komt daarmee beter overeen met die van nitraatmetingen.
- De met ANIMO/LWKM berekende gemiddelde nitraatconcentratie van grasland is hoger dan de WOGWOD-berekening en de berekende gemiddelde nitraatconcentratie van maïslaan is lager dan het resultaat van de WOGWOD-berekening. Voor de melkveesector gemiddeld berekent het WOGWOD model een nitraatconcentratie van 39, 37 en 33 mg L⁻¹ voor Zand noord, Zand midden en Zand zuid terwijl ANIMO/LWKM een nitraatconcentratie berekent van 29, 36 en 44 mg L⁻¹ voor deze gebieden. Het landelijk gemiddelde is ongeveer gelijk voor beide modellen.
- Met het WOGWOD-model kunnen uitspraken gedaan worden over voor het gehele zandgebied gemiddelde effecten van maatregelen. Voor de kwantificering van absolute effecten in termen van milligram nitraat per liter gedifferentieerd naar regio's lijkt het model in deze vorm minder geschikt. Wel zijn relatieve effecten goed aan te geven.
- Met ANIMO/LWKM kunnen voor de akker- en tuinbouwsector en voor de melkveehouderijsector per zandregio effecten van maatregelen gekwantificeerd worden. Een nadere detaillering per gewas leidt tot minder betrouwbare resultaten. Voor het lössgebied wordt zowel voor de melkveehouderijsector voor de referentiesituatie een te hoge nitraatconcentratie berekend, waardoor de kwantificering van absolute effecten in termen van milligram nitraat per liter voor deze regio minder betrouwbaar is, maar de relatieve effecten van maatregelen zijn wel te kwantificeren.
- Omdat het Nitraatmodel DSG-project specifiek is afgeleid van bedrijfsgegevens in het lössgebied representeert het model effecten van een verminderd bodemoverschot op de nitraatconcentratie onder akker- en tuinbouw in dit gebied beter dan de andere modellen, in het bijzonder voor de effecten op bedrijfsschaal. Berekende veranderingen van de nitraatconcentratie met dit model worden betrouwbaar geacht. Wel moet bedacht worden dat het model is afgeleid van metingen conform een meetprotocol dat leidt tot lagere nitraatconcentraties dan het meetprotocol dat toegepast wordt in het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid ten behoeve van officiële Nitraatrapportages.

8 Conclusies

Scenario's

Voor de beoordeling van milieueffecten zijn drie scenario's gesteld, waarbij scenario A uitgaat van een voorzetting van de huidige regelgeving aangevuld met stimulerende maatregelen, scenario B een regulerend en stimulerend pakket aan maatregelen bevat en scenario C het Meest Milieuvriendelijke Alternatief is.

Maatregelen in scenario's

Maatregelen met een verplichtend karakter in scenario B en C op zand- en lössgronden zijn de korting van stikstofgebruiksnormen bij een uitspoelingsgevoelig gewas volgend op een uitspoelingsgevoelig gewas in een vorig seizoen en een korting van stikstofgebruiksnormen bij niet-rustgewassen om een verruiming van het bouwplan te stimuleren. Een maatregel voor alle grondsoorten is het onbemest laten van een strook met een breedte van 5 meter (scenario B) of 7,5 meter (scenario C) langs KRW-waterlichamen en ecologische waarde volle beken en een breedte van 2 meter (scenario B) of 3 meter (scenario C) langs overige permanent watervoerende waterlopen. Voor de veenregio is verondersteld dat het oppervlak aan mestvrije perceelsrand maximaal 5% bedraagt. De scenario's B en C bevatten de maatregel "drempels in ruggenteelt" in een toenemend aantal grondsoorten en de maatregel "ruimere vrijstelling organische stofrijke mestsoorten" met een toenemende mate waarin fosfaat in compost en strotijke mest wordt meegeteld in de gebruikruimte.

Daarnaast wordt er in de scenario's van uitgegaan dat door stimulering (Deltaplan Agrarisch Waterbeheer) agrariërs vrijwillig maatregelen nemen om de nutriëntenbenutting te verhogen en de uit- en afspoeling tegen te gaan. Hierbij wordt ook verondersteld dat akkerbouwers vrijwillig het bouwplan verruimen en een groter areaal diep wortelende rustgewassen zullen telen

Doelbereik nitraatrichtlijn

Het doel van de Nitraatrichtlijn om gebiedsgemiddeld onder alle landbouwgronden een nitraatconcentratie van lager dan 50 mg L⁻¹ te realiseren wordt in scenario A en B bestendig in het noordelijk en midden zandgebied maar nog niet bereikt niet in het zuidelijk zandgebied en het lössgebied. In scenario C zal ook het zuidelijk zandgebied aan het nitraatdoel voldoen, maar het lössgebied nog niet. Aan het doel om geen stijging van nitraatconcentraties te bewerkstelligen wordt overal voldaan. Aan het doel van de Nitraatrichtlijn om de bijdrage van landbouwpercelen aan eutrofiëring te verminderen wordt in alle scenario's voldaan, zij het in beperkte mate.

Voor de uitgangssituatie in 2019 worden nog effecten van overbemesting vermoed. In de scenario's voor 2027 is ervan uitgegaan dat niet boven de gebruikruimte wordt bemest. Als overbemesting plaatsvond in de Uitgangssituatie van 2019, is aan de hand van een vergelijking van modelberekeningen met metingen te verwachten dat in het zuidelijk zandgebied een daling van de nitraatconcentratie van 11 mg L⁻¹ kan optreden bij bemesting binnen de gebruikruimte. Daarnaast wordt op basis van modelvoorspellingen nog een effect verwacht van reeds genomen maatregelen in het zesde Actieprogramma Nitraat. Effecten van de aanscherping van de fosfaatgebruiksnorm voor bouwland en de uiterste zaaidatum van een vanggewas na mais op zand- en lössgrond zijn in 2019 nog niet zichtbaar in de berekende nitraatconcentraties in uitspoelingswater uit de wortelzone. De tijd tussen een maatregel en het effect kan enkele jaren bedragen (na-ijling). Ondanks een daling van de nitraatconcentratie die mogelijk wordt geacht door geen mest boven de gebruikruimte toe te passen en de verwachte daling als gevolg van de na-ijling van effecten van reeds genomen maatregelen wordt verwacht dat zonder aanvullende maatregelen in het zuidelijk zandgebied en lössgebied in 2027 nog niet aan het nitraatdoel wordt voldaan.

Doelbereik Kaderrichtlijn Water

Voor het doel van de Kaderrichtlijn Water wordt slechts een geringe verbetering van de waterkwaliteit verwacht. Ook als de effecten van de landbouwmaatregelen worden gecombineerd met de door waterbeheerders opgegeven maatregelen in het 3^e Stroomgebiedsbeheersplan zal het aantal oppervlaktewaterlichamen met de status "goed" slechts in geringe mate toenemen.

Effecten scenario's

Gebiedsgemiddeld leiden de kortingen op de stikstofgebruiksnorm tot een daling van de nitraatconcentratie van enkele milligrammen per liter. Onbemeste perceelsranden dragen in heel beperkte mate bij aan een gebiedsgemiddelde verlaging van de nitraatconcentratie. Bij een maximale inzet van de vrijwillige maatregelen om de nutriëntenbenutting te verhogen kan de vermindering van de gebiedsgemiddelde nitraatconcentratie 5 – 11 mg L⁻¹ bedragen. Door de veronderstelling dat 1) het bouwplan van akkerbouwbedrijven wordt verruimd en 2) veggewassen maximaal worden ingezet en de bemestende waarde van ondergeploegde biomassa wordt verrekend met de bemesting van het volggewas kan het effect van de vrijwillige maatregelen voor akkerbouwpercelen hoger zijn dan het gebiedsgemiddelde.

De kortingen op de stikstofgebruiksnormen in scenario B en C hebben een beperkt effect op de stikstofbelasting van oppervlaktewater (maximaal 3% vermindering in Zand zuid) een heel beperkt effect op de fosforbelasting van oppervlaktewater.

Tegengaan stijging nitraat als gevolg van droogte

Maatregelen om een stijging van nitraatconcentraties als gevolg van droogte tegen te gaan kunnen in de praktijk de stijging van nitraatconcentraties nooit helemaal verhinderen. Bij grasland wordt de mestgift tijdens een droge zomer al verminderd. Voor bouwland zijn er heel beperkt mogelijkheden om na de oogst maatregelen te nemen, zoals een aanpassing van de bemesting van het volgende hoofdgewas, de aanpassing van het bouwplan door een diepwortelend volggewas te telen en de teelt van een veggewas. Alleen met extreme aannamen wordt berekend dat het effect van droogte op nitraatconcentraties voor meer dan de helft kan worden tegengegaan.

Effecten bemestingsvrije perceelsranden

Effecten van mestvrije perceelsranden op de nutriëntenbelasting van oppervlaktewater zijn vanwege het relatief geringe aantal waterlopen per hectare landbouwgrond het laagst in het lössgebied en vanwege het grote aantal waterlopen en de grotere effectiviteit bij nattere percelen het hoogst in de veenregio. Voor scenario B is berekend dat de stikstofbelasting van oppervlaktewater in resp. de zandregio, de kleiregio en de veenregio met 4%, 6% en 14% afneemt. De percentages voor de vermindering van de uit- en afspoeling van P zijn lager. Voor de zand-, rivierklei-, zeeklei- en veenregio wordt een vermindering van resp. 3%, 5%, 3% en 7% berekend. Voor scenario C met een breedte van de rand 1,5 maal de breedte in scenario B is het effect ook bijna 1,5 maal zo groot. De breedte van de onbemeste rand, de ontwatering, het wel of niet gedraineerd zijn van percelen met buisdrains, de grondsoort, de aanwezigheid van leemlagen op geringe diepte en het risico op oppervlakkige afstroming verklaren grotendeels het effect van onbemeste perceelsranden.

Effecten drempels in ruggenteelten

Voor de perceelsmaatregelen "drempels in ruggenteelt" zijn de effecten moeilijk te kwantificeren. Gebiedsgemiddeld is het effect op de fosforafspoeling naar oppervlaktewater beperkt. Het effect van drempels in ruggenteelt om de belasting van oppervlaktewater tegen te gaan wordt bepaald door het risico op oppervlakkige afspoeling en de hevigheid van regenbuien, waarop de grondsoort, de oriëntatie van ruggen op het perceel, het gewas en het groeistadium van invloed zijn.

Effecten fosfaatnormen organische stofrijke meststoffen

Het effect van een ruimere vrijstelling van organische stofrijke meststoffen is wisselend en wordt sterk bepaald door specifieke omstandigheden. Belangrijk is het onderscheid in organische stofrijke bodemverbeteraars en meststoffen, waarbij met name compost tot extra vastlegging kan leiden. De uitgangssituatie qua P-buffering en P-retentievermogen van de bodem is daarbij cruciaal. De verruiming van de gebruiksnorm voor organische stofrijke mest kan tot een extra aanvoer van meststoffen op een perceel leiden. Bij een grotere vraag naar deze meststoffen wordt het aanbod beperkend en verwacht wordt dat gegeven de huidige mestmarkt op landelijk niveau het tot geen of een heel geringe verschuiving in het meststoffengebruik zal leiden. Of continue extra aanvoer op de lange termijn tot een negatief effect op de uitspoeling zou kunnen leiden is niet duidelijk.

Grondwaterbeschermingsgebieden

De vermindering van de nitraatuitspoeling in grondwaterbeschermingsgebieden is een onderdeel van de Nitraat Actieprogramma's. De afname van de nitraatconcentraties in de 34 grondwaterbeschermingsgebieden bij een maximale inzet van de brongerichte DAW-maatregelen wordt op termijn berekend op 10 en 25 mg L⁻¹. Voor 9 van de 34 grondwaterbeschermingsgebieden resulteert dit in een concentratie onder landbouwgronden lager of gelijk aan 50 mg L⁻¹. Hierbij is uitgegaan van het landgebruik in 2019 en is verondersteld dat geen intensivering van het bouwplan plaatsvindt.

Duurzame bouwplannen

De Commissie Deskundigen Meststoffenwet concludeert op basis van een verkenning dat het sturen op duurzame bouwplannen een positief effect heeft op de waterkwaliteit en bodemkwaliteit van openteeltbedrijven, omdat de arealen rustgewassen en vanggewassen toenemen (CDM, in prep.). Verwacht wordt dat de effecten van duurzame bouwplannen gemiddeld groter zijn voor de zand- en lössgronden dan voor de klei- en veengronden.

Uitgaande van de nitraatmetingen in 2018 wordt het nitraatdoel op openteeltbedrijven op zand- en lössgrond met een aandeel van 33% rustgewassen in het bouwplan en maximale inzet van vanggewassen waarschijnlijk nog niet gerealiseerd in grote delen van het zand- en lössgebied. Effecten van duurzame bouwplannen zijn afhankelijk van de wijze waarop ze in de praktijk geïmplementeerd worden en zijn daarom nog niet te kwantificeren. Geconstateerd wordt dat de invoering van duurzame bouwplannen grote implicaties heeft voor de praktijk en dat het wenselijk is in pilots kwantitatieve onderzoeksgegevens te verzamelen om de maatregel effectief in te kunnen zetten.

Verkenningen in de onderhavige studie onderschrijven de conclusie dat de effecten sterk situatie-afhankelijk zijn en dat implicaties voor de praktijk groot kunnen zijn.

Effecten op ammoniakemissies

Met een korting van de stikstofgebruiksnorm voor niet-rustgewassen, met een verminderde mestgebruiksruimte in verband met het inrichten van bemestingsvrije perceelranden en met een verruimde vruchtwisseling neemt de ammoniakemissie af. Voor de extra aanvoer van organische stofvrije meststoffen is geen beoordeling te geven. Het hangt sterk af van het type meststof. Voor de overige maatregelen wordt verwacht dat het effect op de ammoniakemissie neutraal is.

Effecten op emissies lachgas en andere broeikasgassen

Door zowel een afname van mestgiften door kortingen op de stikstofgebruiksnorm en/of de vermindering van de mestgebruiksruimte door het inrichten van mestvrije perceelranden neemt de lachgasemissie af. Door de aanvoer van organische stof naar de bodem met de teelt van vanggewassen of door de extra aanvoer van organische stofvrije mestsoorten neemt de emissie van lachgas toe. Door de teelt van vanggewassen en een verruiming van de vruchtwisseling wordt tijdens de groei van het gewas CO₂ vastgelegd in biomassa die vervolgens na de oogst of het onderploegen weer vrij kan komen. Het effect van deze maatregelen op CO₂ emissie wordt neutraal ingeschat. Alleen aanvoer van extra organische stof van buiten het perceel of buiten het bedrijf leidt tot extra CO₂ emissie op het betreffende bedrijf.

Verondersteld is dat door de beschouwde maatregelen de omvang en de samenstelling van de veestapel niet wijzigt in 2027. Het effect van de maatregelen op de methaanemissie is daarom neutraal.

Effecten op koolstofvastlegging

Extra vanggewassen, een verruiming van de vruchtwisseling door extra granen in het bouwplan en de aanvoer van organische stofrijke mestsoorten dragen bij aan het verhogen van het organische stofgehalte van de landbouwbodem en daarmee aan de vastlegging van koolstof. Voor de andere maatregelen wordt het effect neutraal of verwaarloosbaar ingeschat.

Effecten op verdroging en wateroverlast

Met de teelt van vanggewassen vindt extra waterverdamping plaats. In droge zandgronden kan dit tot een verminderde grondwateraanvulling leiden met een negatief effect op grondwaterafhankelijke ecosystemen elders. De andere maatregelen hebben geen effect op verdroging.

Verlagen van de pieken in de afvoer draagt bij aan het bestrijden van wateroverlast. Maatregelen die bijdragen aan het verminderen van piekafvoer door het vergroten van de infiltratie-capaciteit van de

bodem of het remmen van oppervlakkige afstroming zijn: bemestingsvrije perceelranden, teelt van vanggewassen, drempels in ruggenteelt en de extra aanvoer van organische stofrijke meststoffen. Voor een verruimde vruchtwisseling is bepalend op welke wijze deze maatregel wordt ingevuld.

Effecten op flora en fauna

Alle maatregelen kunnen bijdragen aan een rijkere flora en fauna. Voor drempels in ruggenteelten is het bepalend op welke wijze de maatregel wordt geïmplementeerd. In het ontwerp kan rekening gehouden worden met biodiversiteit. Voor de extra aanvoer van organische meststoffen is de kwaliteit van het product van belang. Strorijke mest stimuleert de diversiteit van het bodemleven en is potentieel gunstig voor de weidevogelpopulatie.

Literatuur

- Anonymus. 2004. *Derde Actieprogramma Nitraatrichtlijn. Kamerstukken II 2004-05, 28 385, nr. 51.*, Den Haag.
- Baumann, R.A., A.E.J. Hooijboer, A. Vrijhoef, B. Fraters, M. Kotte, C.H.G. Daatselaar, C.S.M. Olsthoorn en J. Bosma, 2012. *Agricultural practice and water quality in the Netherlands in the period 1992-2010*. Bilthoven, RIVM rapport 680716008.
- Barthélémy, J.P., Fonder N., Olivier, C. van Eecke, P. (2010). *Contrôle du ruissellement et de ses impacts en culture de pomme de terre en Wallonie. Présentation des résultats 2009-2010*.
- Basso B., Ritchie J.T. (2005) *Impact of compost, manure and inorganic fertilizer on nitrate leaching and yield for a 6-year maize-alfalfa rotation in Michigan*. Agr. Ecosys. Environ. 108, 329-341.
- Beltman, W., P. Dik, P. Groenendijk, M. Heinen, H. Massop, M. Mulder, A. Veldhuizen, R. Sur, T. Smit (2021) *Modelling effectiveness of two runoff mitigation measures in the Netherlands*. Poster presentation SETAC EUROPE2021 3-6 May 2021.
- Berghuijs-van Dijk, J.T., P.E. Rijtema en C.W.J. Roest,. *ANIMO: agricultural nitrogen model*. Wageningen, Institute for Land and Water Management Research, Note 1671.
- Bloem, J., Koopmans, C., & Schils, R. (2017). *Effect van mest op de biologische bodemkwaliteit in de Zeeuwse akkerbouw*. Wageningen, Wageningen Environmental Research. Rapport 2843.
- BOOT, 2017. Lijst maatregelen agrarisch waterbeheer, Bestuurlijk Overleg Open Teelten en veehouderij, 7 juni 2017. <http://agrarischwaterbeheer.nl/document/boot-lijst-maatregelen-agrarisch-waterbeheer>
- CDM, 2015. Advies van Commissie Deskundigen Meststoffenwet 'Mestverwerkingspercentages 2016'. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen. WOt-technical report 43. 60 blz
- CDM, 2016a. Advies van Commissie Deskundigen Meststoffenwet 'Bepaling van het nitraatgehalte in de onverzadigde zone van lössgronden' (16/N&M0115), 30 juni 2016
- CDM, 2016b. Advies van Commissie Deskundigen Meststoffenwet 'Strategisch advies 'Naar een effectief mest en ammoniakbeleid' (16/N&M0144), 31 oktober 2016
- CDM 2017a. Advies van Commissie Deskundigen Meststoffenwet 'Relatie organische stofgehalte in de bodem en nitraatuitspoeling' (1716204/WOTNM/JE) 13 juli 2017
- CDM 2017b. Advies van Commissie Deskundigen Meststoffenwet 'Effect van rijenbemesting bij maïsgewassen op de nitraatconcentratie van grondwater in het zuidelijk zand- en lössgebied' (1716181/WOTNM/JE) 13 juli 2017
- CDM, 2019. Advies van Commissie Deskundigen Meststoffenwet 'Hoe om te gaan met gebruiksregels bij aanhoudende droogte in 2019'. (1932788/WOTN&M/JE), 22 juli 2019
- CDM, 2020a. Advies van Commissie Deskundigen Meststoffenwet 'Structureel omgaan met droogte in het mestbeleid', (2030510/WOTN&M/JvSE) 19 oktober 2020
- CDM, 2020b. Advies van Commissie Deskundigen Meststoffenwet 'Relatie tussen bouwplan en nitraatuitspoeling' (2019715/WOTN&M/JvSE) 20 juli 2020
- CDM, 2020c. Advies van Commissie Deskundigen Meststoffenwet 'Effecten van mesttoediening op regenwormen als voedsel voor weidevogels' (2027290/WOTN&M/JvSE)
- CDM, in prep. Advies van Commissie Deskundigen Meststoffenwet 'Sturen op duurzame bouwplannen voor verbetering waterkwaliteit', in voorbereiding.
- EEC, 1991. COUNCIL DIRECTIVE 91/676/EEC of 12 December 1991 *concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources*.
- EEC, 2000. Richtlijn 2000/60 - Richtlijn 2000/60/EG van het Europees Parlement en de Raad van 23 oktober 2000 tot vaststelling van een kader voor communautaire maatregelen betreffende het waterbeleid. Publicatieblad Nr. L 327 van 22/12/2000 blz. 0001 - 0073
- De Ruijter, F.J. en J.G. Conijn, 2010. *Quadmod parameterisatie van de P respons van grasland, akkerbouw- en groentegewassen in Nederland*. Wageningen, Plant Research International, Rapport 370.
- Diacono, M. and F. Montemurro (2010) *Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review*. Agron. Sustain. Dev. 30; 401-422.

- Edmeades, D.C. (2003) *The long-term effects of manures and fertilisers on soil productivity and quality: a review*. Nutrient Cycling in Agroecosystems 66: 165–180.
- De Haan, J.J., M. Wesselink, W. van Dijk, H.A.G. Verstegen, W.C.A. van Geel, W. van den Berg. 2017. *Effect van organische stofbeheer op opbrengst, bodemkwaliteit en stikstofverliezen op een zuidelijke zandgrond. Resultaten van de gangbare bedrijfssystemen van het project Bodemkwaliteit op zand in de periode 2011-2016*. Wageningen Research, Rapport WPR-754.
- De Vries, W., J. Kros, O. Oenema en J. de Klein, 2003. *Uncertainties in the fate of nitrogen, II: A quantitative assessment of the uncertainties in major nitrogen fluxes in the Netherlands*. Nutrient Cycling in Agroecosystems 66 (1), 71-102.
- Fraters, B.J., T.C. van Leeuwen, A. Hooijboer, M.W. Hoogeveen, L.J.M. Boumans en J.W. Reijs (2012) *De uitspoeling van het stikstofoverschot naar grond- en oppervlaktewater op landbouwbedrijven. Herberekening van uitspoelfracties*. Bilthoven, RIVM, RIVM Rapport 680716006/2012.
- Fraters, B. en L.J.M. Boumans, 2015. *Metten van nitraatconcentraties in de onverzadigde zone bij lössgronden: Literatuurstudie naar meetmethoden*. Bilthoven, RIVM, RIVM Rapport 2015-0052.
- Fraters B., A.E.J. Hooijboer, A. Vrijhoef, J. Claessens, M.C. Kotte, G.B.J. Rijs, A.I.M. Denneman, C. van Bruggen, C.H.G. Daatselaar, H.A.L. Begeman, J.N. Bosma (2016), *Landbouwpraktijk en waterkwaliteit in Nederland; toestand (2012-2014) en trend (1992- 2014); Resultaten van de monitoring voor de Nitraatrichtlijn*. Bilthoven, RIVM Rapport 2016-0076.
- Fraters B., A.E.J. Hooijboer, A. Vrijhoef, A.C.C. Plette, N. van Duijnhoven, J.C Rozemeijer, M. Gosseling, C.H.G. Daatselaar, J.L. Roskam en H.A.L. Begeman (2020), *Landbouwpraktijk en waterkwaliteit in Nederland; toestand (2016-2019) en trend (1992- 2019); De Nitraatrapportage 2020 met de resultaten van monitoring van de effecten van de EU Nitraatrichtlijn*. RIVM Rapport 2020-0121.
- Garcia-Albacete, M., Tarquis, A., & Cartagena, M. (2014). *Risk of leaching in soils amended by compost and digestate from municipal solid waste*. *The Scientific World Journal*, article ID 565174; <https://doi.org/10.1155/2014/565174>.
- Geelen, P.M.T.M. 2001. *Beperking van erosie in aardappelen door aanleg van drempels in aardappelen*. Projectrapportnummer 11 15105a, PPO Lelystad, 26 p.
- Gies, T.J.A., J. van Os, R.A. Smidt, H.S.D. Naeff & E.C. Vos (2015). *Geografisch Informatiesysteem Agrarische Bedrijven (GIAB); Gebruikershandleiding 2010*. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen. WOt-technical report 40.
- Groenendijk, P., L.V. Renaud and J. Roelsma, 2005. *Prediction of Nitrogen and Phosphorus leaching to groundwater and surface waters; Process descriptions of the ANIMO4.0 model*. Wageningen, Alterra–Report 983.
- Groenendijk, P., L.V. Renaud, C. van der Salm, H.H. Luesink, P.W. Blokland & T.J. de Koeijer (2015), *Nitraat en N- en P-uitspoeling bij de gebruiksnormen van het 5de NAP : modelberekeningen met MAMBO en STONE*. Wageningen: Alterra, Alterra-rapport 2647.
- Groenendijk, P., E. van Boekel, L. Renaud, A. Greijdanus, R. Michels, T. de Koeijer, 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, Wageningen Environmental Research, Rapport 2749
- Groenendijk, P., Schipper, P., Hendriks, R., van den Akker, J., Heinen, M. 2017. *Effecten van verbetering bodemkwaliteit op waterhuishouding en waterkwaliteit: deelstudies Goede Grond voor een duurzaam watersysteem*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2811. 128 blz.
- Groenendijk, P., G.L. Velthof, J.J. Schröder, T.J. de Koeijer en H.H. Luesink, 2017. *Milieueffectrapportage van maatregelen zesde Actieprogramma Nitraatrichtlijn; Op Planniveau*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2842. 112 blz.
- Groenendijk, P., L. van Gerven, P. Schipper, S. Jansen, S. Buijs, A. van Loon, S. Lukacs, Frank Verhoeven, B. Housmans, D. van Rotterdam, G. Ros, K. Verloop en G.J. Noij, 2021. *Maatregel op de Kaart (Fase 2). Identificeren van kansrijke perceelsmaatregelen voor schonere grond- en oppervlaktewater*. Kennisimpuls Waterkwaliteit, Nutrientenmaatregelen. STOWA-rapport 2021-26.
- Ehlert, P.A.I., H.P. Pasterkamp & P.R. Bolhuis, 2004. *Effecten van organische bodemverbeterende middelen op de beschikbaarheid van fosfaat in de bodem op korte en lange termijn*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 991. 30 blz.
- Erhart E., Feichtinger F., Hartl W. (2007) *Nitrogen leaching losses under crops fertilized with biowaste compost compared with mineral fertilization*, J. Plant Nutr. Soil Sc. 170, 608–614.

- Hannula S.E., Di Lonardo D.P., Christensen B.T., Crotty F.V., Elsen A., van Erp P., Hansen E.M., Rubaek G.H., Tits M., Toth Z. en A.T. Termorshuizen G.L., 2020. *Inconsistent effects of agricultural practices on soil fungal communities across twelve European long-term experiments*. European Journal of Soil Science, 72 (4), 1902:1923.
- Hartl W., Erhart E. (2005) Crop nitrogen recovery and soil nitrogen dynamics in a 10-year field experiment with biowaste compost, J. Plant Nutr. Soil Sc. 168, 781–788.
- Maeda, M, Zhao B, Ozaki Y, Yoneyama T (2003) *Nitrate leaching in an Andisol treated with different types of fertilizers*. Environ Pollut 121:477–487.
- Hooijboer, A., D. Fraters en K. Verloop, 2017. *Het effect van rotatie van maïs en gras op de nitraatuitspoeling*. Water Matters, December 2017. <https://edepot.wur.nl/449841>
- Klootwijk, C.W. en H.A. van Schooten, 2020. *Effect van ruitzaai en drijfmestrijenbemesting op de stikstofbenutting van snijmaisteelt*. Wageningen Livestock Research, Rapport 1256.
- Knoben R., N. Evers, et al, in prep. *Ex-ante analyse van de 3e Stroomgebiedsbeheersplannen*, rapport Royal Haskoning.
- Koopmans, C.J. en J. Bloem, 2018. *Soil quality effects of compost and manure in arable cropping - Results from using soil improvers for 17 years in the MAC trial*. Bunnik, Louis Bolk Institute. Publication 2018-001 LbP
- Kroes, J.G., J.C. van Dam, R.P. Bartholomeus, P. Groenendijk, M. Heinen, R.F.A. Hendriks, H.M. Mulder, I. Supit, P.E.V. van Walsum, 2017. *SWAP version 4; Theory description and user manual*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Report 2780.
- Kros, J. K.F.A. Frumbeau, A. Hensen en W. De Vries, 2011. *Integrated analysis of the effects of agricultural management on nitrogen fluxes at landscape scale*. Environ. Pollut. 159 (11), 3171-3182.
- Kros, J., J. van Os, J.C.H. Voogd, P. Groenendijk, C. van Bruggen, R. te Molder, en G. Ros (2019). *Ruimtelijke allocatie van mesttoediening en ammoniakemissie: beschrijving mestverdelingsmodule INITIATOR versie 5*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3939.
- Kruseman G., Luesink H.H., Blokland P.W., Hooijboer M.W., De Koeijer M.W. (2012) MAMBO 2.x Design principles, model structure and data use, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur en Milieu, Wageningen, Werkdocument 307. <http://edepot.wur.nl/251877>
- LBO (2020) Landelijk Bestuurlijk Overleg Nitraat in grondwaterbeschermingsgebieden. Vergadering 29 juni 2020. Betreft: Besluit van het LBO inzake afspraak 7c van de Bestuursovereenkomst.
- Massop, H.Th.L., J. Clement en C. Schuiling, 2014. *Plassen op het land; een landsdekkende kaart van potentiële risicolocaties voor oppervlakkige afspoeling*. Wageningen, Alterra- Wageningen UR, Rapport 2546.
- Massop, H.Th.L. en C. Schuiling, 2016. *Buisdrainagekaart 2015; Update landelijke buisdrainagekaart op basis van de landbouwmetingen van 2012*. Wageningen, Alterra Wageningen UR, Rapport 2700.
- Ministerie van LNV & Ministerie van IenW. 2017. *Zesde Actieprogramma Nitraatrichtlijn. Kamerbrief Aanbieding zesde actieprogramma Nitraatrichtlijn (2018-2021), 22-12-2017*, Den Haag.
- Ministerie van LNV, 2020. *Betreft Voortgang verlenging derogatie en diverse dossiers mestbeleid*. 18 mei 2020. Kenmerk DGA-PAV/ 20018773.
- Noij, I.G.A.M., M. Heinen, en P. Groenendijk, 2012. *Effectiveness of non-fertilized buffer strips in the Netherlands: final report of a combined field, model and cost-effectiveness study*. Wageningen, Alterra, Alterra report 2290. 147 pp
- PBL (2017), *Evaluatie Meststoffenwet 2016: Syntheserapport*, Den Haag: PBL.
- Postma, R. en A. Veeken (2017) *Karakterisering van organische meststoffen*. NMI Rapport 1716.N.16. <https://edepot.wur.nl/542271>
- Quiroz, M., Céspedes, C. 2019. *Bokashi as an amendment and source of nitrogen in sustainable agricultural systems: a review*. Journal of Science and Plant Nutrition 19: 237-248.
- Römkens, P.F.A.M., Rietra R.P.J.J., Spijker, J.H. 2020. *Aanzet kennisprogramma circulair terreinbeheer; landbouwkundig relevante eigenschappen van maaisel, bokashi en compost*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, rapport 3006.
- Ros, G.H. (2014) *Kennisbundeling nitraatmeting bodemvocht lössgronden. Vergelijking meetprotocollen WML, LMM en BVM*. NMI-rapport 1559.N.14., 29 pp.
- Ros G.H., de Pater J, Kusters E, Crijns S & F Vaessen (2017a). *Update en Evaluatie Nitraatuitspoelings model*. NMI-rapport 1659.N.16, 58 pp.
- Ros G.H., de Pater J, Kusters E, Crijns S & F Vaessen (2017b). *Update najaarsbemesting Nitraat uitspoelingsmodel*. NMI-rapport 1659.N.17, 18 pp.

- Ros G.H., Job de Pater, Ellen Kusters, Sjef Crijns en Frans Vaessen, 2018. *Update nitraatuitspoelingsmodel Zuid-Limburg*. Wageningen, Nutriënten Management Instituut. Rapport 1731.N.18.
- Schipper, P., E. Van Boekel, E. Gies, P. Groenendijk, H. Kros, L. Renaud en J.C. Voogd, 2021. *Landbouw en de KRW—opgave voor nutriënten in stroomgebied Maas. Opgave voor landbouw en de potentie van maatregelen voor het behalen van doelen*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, rapport 3046.
- Schoumans, O.F., J.J. Schröder, P. Groenendijk, T.J. de Koeijer, L.V. Renaud, H.H. Luesink en G. Kruseman, 2013. *Beknopte milieueffectrapportage op planniveau; In het kader van het Vijfde Actieprogramma Nitraatrichtlijn*. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2461.
- Schoumans, O. F. (2015). *Phosphorus leaching from soils: process description, risk assessment and mitigation*. Ph.D. Thesis, Wageningen University, Wageningen.
- Schreuder, R.; Dijk, W. van; Asperen, P. van; Boer, J.A. de; Schoot, J.R. van der, 2008. *MEBOT 1.01 Beschrijving van Milieu- en bedrijfsmodel voor de Open Teelten*. Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, PPO-rapport nr. 373.
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, M.J.C. de Bode, W. van Dijk, J.C. van Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof en W.J. Willems. 2004. *Gebruiksnormen bij verschillende landbouwkundige en milieukundige uitgangspunten*. Wageningen, Plant Research International, Rapport 79
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, J.C. van Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof, B. Fraters & W.J. Willems. 2005. *Limits to the use of manure and mineral fertilizer in grass and silage maize production in the Netherlands with special reference to the EU Nitrates Directive*. PRI rapport 93. WUR/RIVM, Wageningen/De Bilt, 48 pp.
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, J.C. van Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof, B. Fraters & W.J. Willems. 2007. *Permissible manure and fertilizer use in dairy farming systems on sandy soils in The Netherlands to comply with the Nitrates Directive target*. European Journal of Agronomy 27 102:114.
- Schröder J.J., Aarts H.F.M., van Middelkoop J.C., Velthof G.L., Reijs J.W., Fraters B., 2009. *Nitrates Directive requires limited inputs of manure and mineral fertilizer in dairy farming systems*. , Plant Research International, report 222, Wageningen, The Netherlands. pp. 37.
- Schröder, J.J., W. Van Dijk, en H. Hoek. 2011. *Modelmatige verkenningen naar de relaties tussen stikstofgebruiksnormen en de waterkwaliteit van landbouwbedrijven. Onderzoek in het kader van de Evaluatie van de Meststoffenwet 2011*. Wageningen, Plant Research International, Rapport 415.
- Sinaj S., Traore O., Frossard E. (2002): *Effect of compost and soil properties on the availability of compost phosphate for white clover (Trifolium repens L.)*. Nutr. Cycl. Agroecosyst., 62: 89–102.
- Stortelder, A. H. F., Schrijver, R. A. M., Alberts, H., van den Berg, A., Kwak, R. G. M., de Poel, K. R., Schaminée, J. H. J., van den Top, I. M., & Visschedijk, P. A. M. (2001). *Boeren voor natuur; de slechtste grond is de beste*. Wageningen, Alterra, Alterrarapport 312.
- Ten Berge, H.F.M., J.C.M. Withagen, F.J. de Ruijter, M.J.W. Jansen, H.G. van der Meer, 2000. *Nitrogen responses in grass and selected field crops: QUAD-MOD parameterisation and extension for STONE-application*. Wageningen, Plant Research International, Report 45.
- Termorshuizen, A.J., Postma, R. 2021. *Effecten van toevoer van organische stof op bodemgezondheid en bodemvruchtbaarheid*. Aad Termorshuizen Consultancy en NMI. <https://edepot.wur.nl/542271>.
- Van Bakel, P.J.T., Massop, H.T.L., Kekem, A.J. van, 2007. *Locatiekeuze ten behoeve van het onderzoek naar bemestingsvrije perceelsranden. Hydrologische en bodemkundige karakterisering van de proeflocaties*. Wageningen, Alterra, Alterrarapport 1457.
- Van Boekel, E.M.P.M., J. Roelsma, H.T.L. Massop, R.F.A. Hendriks, P.E. Goedhart en P.C. Jansen, 2012. *Verhoogde nitraatconcentraties in het drainwater in zeeleigebieden; Oriënterend onderzoek naar de oorzaken* Wageningen, Alterra, Alterrarapport 2360.
- Van Bruggen, C. & K. Geertjes (2019) *Stikstofverlies uit opgeslagen mest - Stikstofverlies berekend uit het verschil in verhouding tussen stikstof en fosfaat bij excretie en bij mestafvoer*. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Heerlen/Bonaire, 2019.
- Van Bruggen, C., A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, M.B.H. Ros, G.L. Velthof, J. Vonk en T. van der Zee (2021). *Emissies naar lucht uit de landbouw berekend met NEMA voor 1990-2019*. Wageningen, WOT Natuur & Milieu, WOT-technical report 178.

-
- Van Dam, A.M. en P.A.I. Ehlert, 2008. *Beschikbaarheid van fosfaat in organische meststoffen. Een studie voor bollenteelt in het westelijk zandgebied*. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., Sector Bloembollen. PPO nr. 3236029100.
- Van den Brink, C., A. Strulik, J.J.Pape, 2020. *Verkenning effectiviteit van verschillende vormen van agrarische bedrijfsvoering in het kader van de Bestuursovereenkomst "Aanvullende aanpak nitraatuitspoeling uit agrarische bedrijfsvoering in specifieke grondwaterbeschermingsgebieden"*. Verkenning effectiviteit Bestuursovereenkomst. Royal HaskoningDHV, BH2977WATRP2006091139WM.
- Van der Bolt, F.J.E., T. Kroon, P. Groenendijk, L.V. Renaud, J. van den Roovaart, C.M.C.M. Janssen, S. Loos, P. Cleij, A. van den Linden & A. Marsman, 2020. *Het Landelijk Waterkwaliteitsmodel. Uitbreiding van het Nationaal Water Model met waterkwaliteit ten behoeve van berekeningen voor nutriënten*, Wageningen, Wageningen Environmental Research. <https://edepot.wur.nl/524769>
- Van der Bolt, F.J.E., E.M.P.M. van Boekel, W. Kuindersma, L. V. Renaud, P. Groenendijk, H. Kros, J. van de Roovaart, A. Marsman. in prep. Werktitel: *Het landelijk waterkwaliteitsmodel. Versie 1.2*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport in prep.
- Van Kekem, A.J. (eindredactie) 2004. *Veengronden en stikstofleverend vermogen*. Wageningen, Alterra-rapport 965.
- Van der Salm, C., Walvoort, D. J. J., & Massop, H. T. L. (2014). *Landelijk beeld van fosfaatverliezen naar het oppervlaktewater : een analyse met het model PLEASE*. Wageningen, Alterra, Wageningen-UR. Rapport 2565.
- Van der Welle, J., en K. Decler, 2001. *Bufferzones. Natuurlijke oeverzones en buffirstroken voor herstel van onbevaarbare waterlopen in Vlaanderen*. Rapport Instituut voor Natuurbehoud 2001.07.
- Van Dijk, W. & J.J. Schröder. 2007. *Adviezen voor stikstofgebruiksnormen voor akker- en tuinbouwgewassen op zand- en lössgrond bij verschillende uitgangspunten*. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, publicatie nr. 371, 69 pp.
- Van Dijk, W., ten Berge, H. F. M., van Dam, A. M., van Geel, W. C. A. & van der Schoot, J. R., 2007. *Effecten van een verlaagde stikstofbemesting op marktbaar opbrengst en stikstofopname van akker- en tuinbouwgewassen*, Wageningen: Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. PPO-rapport 366
- Van Duijnen, R., P.W. Blokland, A. Vrijhoef, D. Fraters, G.J. Doornewaard, C.H.G. Daatselaar, 2021. *Landbouwpraktijk en waterkwaliteit op landbouwbedrijven aangemeld voor derogatie in 2019*. Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. RIVM-rapport 2021-0057.
- Van Gaalen, F., L. Osté & E. van Boekel (2020), *Nationale analyse waterkwaliteit. Onderdeel van de Delta-aanpak Waterkwaliteit*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Vanden Nest, T., Vandecasteele B., Ruyschaert, G., Coughnon, M., Merckx, R., Reheul, D., 2014. *Effect of organic and mineral fertilizers on soil P and C levels, crop yield and potential P leaching in a long term trial on a silt loam soil*. Agriculture, Ecosystems and Environment 197, 309-317.
- Van Os, L.J.J. Jeurissen en H.S.D. Naeff, 2016. *Geografisch informatiesysteem voor de Emissieregistratie van landbouwbedrijven; GIABplus-bestand 2013 – Status A*. WOT technical report 66. Wettelijke onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen.
- Van Rotterdam, D. & Postma R. 2016. *Effect van compostgebruik in Nederlandse landbouw op de fosfaatbeschikbaarheid en -uitspoeling: een verkennende literatuurstudie*. NMI-rapport 1636.N.16.
- Van Rotterdam, D (2019) *Samenstelling organische producten in relatie tot uitspoeling van fosfaat op zandgronden*. NMI rapport 1705.N.17.
- Velthof, G.L., P. Groenendijk, 2021. *Landbouw en waterkwaliteit*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3070.
- Weng, L., Van Riemsdijk, W., & Hiemstra, T. (2012). *Factors Controlling Phosphate Interaction with Iron Oxides*. J. Environ. Qual. 41(3):628-35.
- Wilmot, M., en M. De Heer, 2014. *AERIUS, rekeninstrument voor aanpak stikstofproblematiek*. Tijdschrift Milieu 1-2014, pp.41-44.
- Wolf J., Beusen A.H.W., Groenendijk P., Kroon T., Rotter R., Van Zeijts H. (2003) *The integrated modelling system STONE for calculating nutrient emissions from agriculture in the Netherlands*. Environ. Modell. Softw.:597-617.
- Zhang Xuyang, Xingmei Liu, Minghua Zhang, and Randy A. Dahlgren, Melissa Eitzel, 2010. *A Review of Vegetated Buff ers and a Meta-analysis of Their Mitigation Effi cacy in Reducing Nonpoint Source Pollution*. J. Environ. Qual. 39:76–84, doi:10.2134/jeq2008.0496

Bijlage 1 Mestbeleid en actieprogramma's

Bijlage 1 is grotendeels ontleend aan Velthof en Groenendijk (2021) en benoemt een aantal beleidsaspecten en maatregelen van het vijfde en zesde Actieprogramma Nitraat.

B1.1 Nitraatrichtlijn en Kaderrichtlijn Water

De Nitraatrichtlijn (EEC, 1991) heeft tot doel om de waterverontreiniging die wordt veroorzaakt of teweeggebracht door nitraten uit agrarische bronnen te verminderen, en verdere verontreiniging van dien aard te voorkomen (artikel 1). Dit is uitgewerkt in een afgeleid doel dat de nitraatconcentratie in uitspoelingswater uit de wortelzone de waarde van 50 mg L^{-1} niet mag overschrijden. Aan de zinsnede "verdere verontreiniging van dien aard te voorkomen" en het neven doel om eutrofiëring van al het oppervlaktewater (zoete en brakke binnenlandse wateren, zoute kustwateren) tegen te gaan, kan worden verbonden dat ook in gebieden waar de nitraatconcentratie lager dan 50 mg L^{-1} is, een stijging ervan niet is geoorloofd. Daarnaast geldt dat ook andere eutrofiërende stoffen betrekkingen hebben op de Nitraatrichtlijn.

De Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) richt zich op de bescherming van water en stelt zich ten doel dat alle Europese wateren in het jaar 2015 een 'goede toestand' hebben bereikt en dat er binnen heel Europa duurzaam wordt omgegaan met water (EEC, 2000). Deze termijn kon worden verlengd met maximaal twee periodes van zes jaar, tot 2027. Als het door natuurlijke omstandigheden niet mogelijk is om op tijd doelen te halen, is het volgens de KRW voldoende als in 2027 alle benodigde maatregelen zijn getroffen om op termijn de doelen wel te halen. De bescherming van alle wateren heeft betrekking op rivieren, meren, kustwateren en grondwateren.

B1.2 Mest en ammoniakbeleid

Het mest- en ammoniakbeleid in Nederland beoogt de belasting van bodem, grondwater en oppervlaktewater met stikstof en fosfaat uit de landbouw en de emissies van ammoniak naar de atmosfeer te beperken, zodat wordt voldaan aan de gestelde doelen:

- Nitraatconcentratie in grondwater en oppervlaktewater minder dan 50 mg nitraat (NO_3^-) per liter (conform Nitraatrichtlijn en Grondwaterrichtlijn);
- Beperking van eutrofiëring van oppervlaktewater (conform Nitraatrichtlijn) en bijdragen aan het realiseren van een goede ecologische toestand van oppervlaktewater, met stikstof- en fosforconcentratie die voldoen aan de ecologisch doelen gesteld per watertype, conform KRW;
- Totale ammoniakemissie (inclusief niet-landbouw) minder dan ammoniakplafonds uit de NEC-richtlijn voor 2020 en het UNECE-Göteborg Protocol en een lokale emissiebeperking, zodat de stikstofdepositie op Natura2000-gebieden wordt verlaagd en er voldaan kan worden aan de eisen Vogel- en Habitatrichtlijn.
- Voorkoming van de verontreiniging van bodem door aanvoer van contaminanten via meststoffen, conform de Wet Bodembescherming en de Meststoffenwet.

Vanaf 1984 zijn verschillende maatregelen ingevoerd. Veel maatregelen zijn in de voorbije 30 jaar aangepast, aangescherpt of vervangen. De belangrijkste instrumenten (stelsels, cluster van maatregelen) uit het mest- en ammoniakbeleid zijn momenteel (CDM, 2016b):

1. Gebruiksnormenstelsel (*Nitraatrichtlijn; Kaderrichtlijn Water*):

- Gebruiksnormen voor stikstof in dierlijke mest;
- Gewas (en soms ras)-, grondsoort- en opbrengst afhankelijke gebruiksnormen voor stikstof; en
- Fosfaattoestand-afhankelijke gebruiksnormen voor fosfaat voor bouwland en grasland.

-
2. Voorschriften ter beperking nutriëntenuitspoeling (*Nitraatrichtlijn; Kaderrichtlijn Water*):
 - Administratie van mest- en meststoffengebruik;
 - Minimale mestopslagcapaciteit;
 - Beperking uitrijdperioden voor dierlijke mest en kunstmest;
 - Beperking toedienen van mest op hellingen, drassige, ondergelopen, besneeuwde of bevroren grond of tijdens irrigatie;
 - Verplichting om volggewassen te telen na de oogst van bepaalde eenjarige gewassen;
 - Bufferstroken en/of teeltvrije zones langs waterlopen;
 - Beperkingen aan scheuren (ploegen, vernieuwen) van grasland; en
 - Verbod op fosfaatkunstmest voor bedrijven met een derogatie.

 3. Voorschriften ter beperking ammoniakemissies (*NEC-richtlijn, UNECE-Gothenborg protocol, Vogel- en Habitatrichtlijn*):
 - Emissiearme opslag en toediening van dierlijke mest;
 - Emissiearme stalsystemen.

 4. Productierechten ter beperking productie van dierlijke mest (*Nederlands beleid*):
 - Fosfaatrechten melkveehouderij;
 - Varkensrechten;
 - Plumveerechten.

 5. Verantwoorde mestafzet en verplichte mestverwerking (*Nederlands beleid*):
 - Stalbalansen en diergebonden forfaits (inclusief bedrijf-specifieke Excretie, BEX);
 - Transport en traceerbaarheid dierlijke mest; vervoersbewijzen dierlijke mest voor bedrijfsvreemde mest (AGR-GPS) en bemonstering- en analyseprotocollen;
 - Verplichte mestverwerking voor bedrijven met mestoverschot;
 - Wet Verantwoorde Groei Melkveehouderij en de wet grondgebonden groei;
 - Convenant beperking fosfaatgehalten in veevoer (dit is een privaatrechtelijke afspraak).

 6. Regeling samenstelling meststoffen (conform *EU-fertilizer regulation en NL-beleid*)

B1.3 Maatregelen in het Vijfde Actieprogramma Nitraatrichtlijn (2014-2017)

Belangrijke maatregelen uit het Vijfde Actieprogramma Nitraatrichtlijn waren:

- De werkingscoëfficiënt van varkensdrijfmest is in 2014 verhoogd van 70% tot 80% op alle zand- en lössgronden. Hierdoor kan er minder stikstofkunstmest worden toegepast binnen de gebruiksnorm voor werkzame stikstof.
- Vanaf 2014 is de derogatie voor bemesting met graasdierenmest op zand- en lössgronden in de 'zandgebieden zuid en midden en de lössregio verlaagd van 250 naar 230 kg N per ha. Verder is voor alle grondsoortregio's in Nederland als eis gesteld dat voor een bedrijf met derogatie het areaal minimaal uit 80% grasland moet bestaan (dit was 70%).
- In 2015 zijn de stikstofgebruiksnormen voor uitspoelingsgevoelige gewassen op zand- en lössgronden in het zuidelijk zand- en lössgebied met 20% verlaagd, waaronder die van aardappelen, suikerbieten en een groot aantal groentegewassen.
- De fosfaatgebruiksnormen zijn verlaagd in 2014 en 2015.
- De stikstofgebruiksnorm voor grasland op klei is verhoogd.
- Er is een opbrengstafhankelijke stikstofgebruiksnorm voor graan op klei ingevoerd.
- Het stelsel van verplichte mestverwerking is ingevoerd.

B1.4 Maatregelen in het Zesde Actieprogramma Nitratrichtlijn (2018–2021)

Hieronder worden de belangrijkste maatregelen uit het Zesde Actieprogramma Nitratrichtlijn weergegeven per ingangsdatum.

Vanaf 2019

- De stikstofgebruiksnorm voor een groenbemester in de periode van 1 augustus tot en met 15 september worden ook toegepast voor graszaadstoppel.
- De stikstofgebruiksnorm in de graszaadteelt van veldbeemd op kleigrond is verhoogd van 110 naar 130 kg N per ha).
- Er worden strengere eisen gesteld aan een vanggewas na maïs op zand- en lössgrond per 1 januari 2019. Er zijn drie mogelijkheden:
 - Onderzaai van gras of ander geschikt vanggewas in het perceel waarop de teelt van snijmais plaats heeft;
 - Inzaai van een vanggewas op uiterlijk 1 oktober (aansluitend na de oogst van de maïs);
 - Inzaai van enkele specifieke gewassen met een hoge stikstofopname als hoofdteelt na de teelt van snijmais, waaronder wintertarwe, in de maand oktober.
- Op grasland gelegen op klei- en veengrond wijzigt de uitrijdperiode van vaste dierlijke mest van 1 februari tot en met 15 september naar 1 december tot en met 15 september (per 1 januari 2019).
- Op bouwland verschuift de uitrijdperiode van drijfmest van 1 februari tot en met 31 augustus naar 15 februari tot en met 15 september (per 1 januari 2019).
- Aanpassing regels vernietigen van grasland (per 1 januari 2019)
 - Na 10 mei is het vernietigen van de graszode uitsluitend toegestaan tot uiterlijk 1 september als er aansluitend herinzaai met gras plaatsvindt.
 - In geval van vernietigen van de graszode na 31 mei wordt een korting van 50 kg stikstof per hectare op de stikstofgebruiksnorm toegepast

Vanaf 2020

- Vanaf 2015 zijn fosfaatgebruiksnormen verlaagd met 5 kg, met uitzondering van die voor grasland met een lage fosfaattoestand (Tabel B1.2). De indeling van de fosfaatklassen op landbouwgrond is per 1 januari 2020 zodanig aangepast dat de huidige klasse 'neutraal' is gesplitst in een klasse 'neutraal' en een klasse 'ruim voldoende'. De gebruiksnorm voor de klasse 'hoog' is vanaf 2020 verlaagd en die van 'laag' en 'neutraal' zijn verhoogd (Tabel B1.2).
- Hogere fosfaatgebruiksnorm in fosfaatklasse 'hoog' bij toepassing van meststoffen die het organische stofgehalte verbeteren (Tabel B1.2).

Vanaf 2021

- Indien maïs wordt geteeld op landbouwgrond waarop daaraan voorafgaand gras is geteeld, dan wordt de stikstofgebruiksnorm voor de maïs gekort met 65 kilogram per hectare per jaar.
- Maatregelen om afspoeling in ruggenteelten op kleigrond en lössgrond te voorkomen, zoals het aanleggen van drempels (per 1 januari 2021)

Twee andere maatregelen zijn in mei 2020 door de minister teruggetrokken en vervangen door andere maatregelen (Ministerie van LNV, 2020):

- De maatregel over verplichte rijenbemesting met dierlijke mest in maïs op zand- en lössgronden (per 1 januari 2021) is vervallen, omdat recent onderzoek liet zien dat deze maatregel niet effectief is (Klootwijk en Van Schooten, 2020). Als alternatieve maatregel wordt de eerste datum waarop het is toegestaan drijfmest toe te dienen aan maïs op zand- en lössgronden verschoven van 15 februari naar 1 april. De equivalente maatregel 'rijenbemesting in maïs' zal hierdoor ook vervallen per 1 januari 2021.
- De maatregel over een verplicht vanggewas uiterlijk op 31 oktober na consumptie- en fabrieksaardappelen op zuidelijke zand- en lössgronden (per op 1 januari 2021) is niet ingevoerd, omdat vanuit de sector naar voren werd gebracht dat dit tot praktische problemen kan leiden met aardappelopslag. Bij de inzaai van een vanggewas worden achtergebleven aardappelen meer ingewerkt (en blijven dus minder bovenop de bodem liggen), waardoor ze mogelijk meer

beschermd zijn tegen vorst. Aardappelopslag is lastig in volggewassen (extra onkruid) en de vermeerdering van aaltjes gaat door. In plaats van deze maatregel wordt de stikstofgebruiksnorm voor consumptie- en fabrieksaardappelen op zand- en lössgrond die het jaar na het vernietigen van grasland worden geteeld met 65 kg N per ha gekort.

Naast bovenstaande maatregelen zijn er afspraken gemaakt over extra reductie van nitraatuitspoeling in kwetsbare drinkwaterwinningen op zand- en lössgrond.

Tabel B1.2. Fosfaatgebruiksnorm in kg fosfaat (P₂O₅) per ha in de periode 2006-2020 voor grasland en akkerland per fosfaattoestand van de bodem (Fraters et al., 2020 en Ministerie van LNV, 2017)¹

Gewas	Toestand	2006	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015/'19	2020
Grasland	Laag	110	100	100	100	100	100	100	100	105
	Neutraal	110	100	95	95	95	95	95	90	95
	Ruim voldoende									90
	Hoog	110	100	90	90	85	85	85	80	75
Akkerland	Laag	95	85	85	85	85	85	80	75	80
	Neutraal	95	85	80	75	70	65	65	60	70
	Ruim voldoende									60
	Hoog	95	85	75	70	65	55	55	50	40

¹ De fosfaattoestand voor grasland is uitgedrukt in de PAL-waarde, voor akkerland in de Pw-waarde. De klassenindeling van P-toestanden is vanaf 2020 aangepast (Bron: Zesde Actieprogramma Nitraatrichtlijn).

B1.5 Derogatie

In de Nitraatrichtlijn geldt voor alle EU-lidstaten de regel van een maximale bemesting van landbouwgrond met 170 kg stikstof per ha uit dierlijke mest in landsdelen die als nitraatgevoelig gebied zijn aangewezen of indien een lidstaat, zoals Nederland, het actieprogramma toepast op het hele grondgebied. Nederland heeft een derogatie voor gebruik van 230 kg N per ha (voor zand- en lössgronden in Zand midden, Zand zuiden het lössgebied) en 250 kg N per ha (voor zandgronden in de overige gebieden en overige grondsoorten) voor graasdierenmest op bedrijven waarvan het areaal uit minimaal 80% grasland bestaat. Aan een derogatie worden allerlei eisen gesteld, zoals grenzen aan de nationale mestproductie (stikstof- en fosfaatplafonds: mestproductie uitgedrukt in stikstof en fosfaat moet lager zijn dan het niveau van jaar 2002) en er mag geen fosfaatkunstmest worden toegepast op een bedrijf met derogatie. In juni 2020 zijn aanvullende eisen gesteld voor de derogatie in 2020 en 2021 met betrekking tot de temperatuur waarbij drijfmest met een sleepvoetbemester op grasland op klei- of veengrond mag worden toegediend (sleepvoetbemesting is niet toegestaan op grasland op zandgrond; mest moet met een zodenbemester worden toegediend).

Bijlage 2 Maatregelen 7^e NAP (2022-2025)

Deze bijlage beschrijft de maatregelen van het 7^e Actieprogramma in een eerste opzet. In een nadere uitwerking zijn maatregelen ten aanzien van "Aanpak effecten droogte" en "organische stofrijke meststoffen" gewijzigd.

Maatregelcategorieën	Scenario A - Stimuleren	Scenario B - Reguleren en stimuleren	Scenario C - Meest Milieuvriendelijk Alternatief
Reguleren - Algemene maatregelen			
Meer zicht op kunstmest <i>Handhaafbaarheid, kringlooplandbouw</i>	In samenwerking met de betrokken stakeholders wordt een actieplan met concrete acties om de kunstmeststromen in kaart te brengen, opgesteld en in uitvoering gebracht. Het doel is meer zicht te krijgen op gebruik van kunstmest en of dit voldoet aan de gestelde normen. Indien blijkt dat de normen overschreden worden, zal handhaving hiervoor worden opgezet.		
Handhaven en overbenutting verminderen <i>Grondwaterkwaliteit, oppervlaktewaterkwaliteit</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Verder continueren van de versterkte handhavingsstrategie in al bestaande regio's en indien nodig ook opstarten in nieuwe regio's. - Continueren en uitrollen rVDM (digitaal vervoersbewijs mest), waarmee mesttransporten (near) realtime kunnen worden gevolgd. - In 2021 start een pilot NIRS (Near Infra Red Spectroscopy), waarbij de nutriënten (kg fosfaat en stikstof) in een vracht dierlijke mest(drijfmest) bepaald worden op basis van NIRS metingen in plaats van o.b.v. nat chemische analyse in het lab. Indien de NIRS-pilot (doorlopend in 2022) succesvol is, kan er een besluit genomen worden of dit verankerd kan worden in wetgeving gedurende het 7^e AP en dit als alternatief kan dienen voor de huidige metingen in het lab. 		
Implementatie Europese Meststoffenverordening (EEU 2019/1009) <i>kringlooplandbouw</i>	Wordt van kracht juli 2022. Implementeren in meststoffenwetgeving en eventueel bezien waar nationale regelgeving aanpassing behoeft.		
Mestopslag <i>Droogte, grondwaterkwaliteit</i>	Subsidie voor vergroten opslag van 7 naar 9 mnd, beschikbaar tot en met 31-12-2025.	Subsidie voor vergroten opslag van 7 naar 9 mnd. Subsidie verstrekking tot 1-1-2026, verplichting per 1-1-2026	
Inzichten uit 6^e AP <i>Grondwaterkwaliteit, oppervlaktewaterkwaliteit</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Gedurende het 7^e AP worden de excretieforfaits voor varkens, pluimvee en runderen (vleesvee, kalveren en melkvee) ge-update. - bodemkaarten in gebruik bij mestwetgeving updaten? 		
Reguleren - Gebruiksnormen			
P uitmijnen versnellen (2 maatregelen) <i>Oppervlaktewaterkwaliteit</i>	<p>1: Huidige tempo om P neutrale toestand te krijgen behouden</p> <p>2: Op bodems met fosfaattoestand hoog en ruim wordt, waar gepast qua N-opgave voor waterkwaliteit, 20 kg extra N-gebruiksruimte geboden t.b.v. optimale gewasgroei en uitmijnen fosfaat.</p>	<p>1: Aanscherpen P gebruiksnorm: bij klasse Hoog 5 kg eraf, bij klasse Ruim 3 kg eraf</p> <p>2: Op bodems met fosfaattoestand hoog wordt, waar gepast qua N-opgave voor waterkwaliteit, 20 kg extra N-gebruiksruimte geboden t.b.v. optimale gewasgroei en uitmijnen fosfaat.</p>	<p>1: Aanscherpen P gebruiksnorm: bij klasse Hoog 10 kg eraf, bij klasse Ruim 5 kg eraf</p> <p>2: n.v.t.</p>
Uitspoelingsgevoelige teelten zand <i>Grondwaterkwaliteit, oppervlaktewaterkwaliteit</i>	n.v.t.	Bij teelt van twee uitspoelingsgevoelige gewassen na elkaar – korting van 10% op N-gebruiksnorm 2e teelt	Bij teelt van twee uitspoelingsgevoelige gewassen na elkaar – korting van 20% op N-gebruiksnorm 2e teelt
Uitspoelingsgevoelige teelten löss <i>Grondwaterkwaliteit</i>	n.v.t.	Bij teelt van twee uitspoelingsgevoelige gewassen na elkaar – korting van 10% op N-gebruiksnorm 2e teelt	Bij teelt van twee uitspoelingsgevoelige gewassen na elkaar – korting van 20% op N-gebruiksnorm 2e teelt
Löss als aparte grondsoort <i>Grondwaterkwaliteit</i>	Afhankelijk van een positief advies van de Commissie Deskundigen Meststoffenwet zal löss als aparte grondsoort worden behandeld in het 7 ^e AP, los van de zandregio. Dit kan consequenties hebben voor gebruiksnormen.		

Aanscherping stikstofgebruiksnorm in de gebieden gevoelig voor uitspoeling <i>Grondwaterkwaliteit</i>	n.v.t.	n.v.t.	Korting van 15% in Zand Noord en Zand Midden t.o.v. stikstofgebruiksnormen in 2020, de korting in Zand Zuid en Löss gaat naar 30% i.p.v. de huidige 20%.
Aanpak effecten droogte <i>Droogte, grondwaterkwaliteit</i>		Indien sprake is van droogte worden <u>alleen</u> maatregelen genomen in hetzelfde jaar. Dit betreft een korting in grasland, mais en aardappelen	
		Indien sprake is van droogte wordt veranderingen doorgevoerd in het gewas in het najaar of opvolgend voorjaar. Dit betreft het gebruik van een vanggewas <u>zonder</u> korting N-kunstmestgift en de vervanging van wintertarwe door wintertarwe	Indien sprake is van droogte wordt veranderingen doorgevoerd in het gewas in het najaar of opvolgend voorjaar. Dit betreft het gebruik van een vanggewas <u>met</u> korting N-kunstmestgift en de vervanging van wintertarwe door wintertarwe met een verlaging van de N-mestgift met 40 kg N ha ⁻¹ .
Inzichten uit 6^e AP <i>Grondwaterkwaliteit, oppervlaktewaterkwaliteit</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Update N-gebruiksnormen voor alle teelten? - Update lijst van stikstofbehoefte gewassen die toegestaan zijn na scheuren grasland naar nieuwe ontwikkelingen en nieuwe inzichten uitspoelingsgevoeligheid teelten. - Update werkingcoëfficiënten indien behoefte hiertoe blijkt - De effecten van de gecombineerde indicator voor de fosfaattoestand worden in de komende periode gemonitord en in het eerste kwartaal van 2021 zal een evaluatie worden uitgevoerd naar hoe de wijze waarop invulling gegeven kan worden aan bodemverbeteraars in relatie tot fosfaatgebruiksnormen. Daarbij wordt ook meegenomen hoe toe gewerkt kan worden naar een bemesting die passend is bij de milieucondities en gewasbehoefte in deze kleigebieden waar de negatieve effecten van de invoering van de gecombineerde indicator relatief groot zijn. Dit kan eventueel tot wijzigingen leiden welke in het 7^e AP zullen worden doorgevoerd. 		
Reguleren - Gebruiksvoorschriften			
Bufferstroken (begroeide zone, waar geen bemesting plaatsvindt, maar gewas wel wordt afgevoerd). <i>oppervlaktewaterkwaliteit</i>	Kwetsbare ecologische waterlopen die KRW-oppervlaktewaterlichamen zijn: waterbeheerders kunnen nieuwe plekken aanwijzen voor 5m brede stroken KRW-waterlichamen en andere watergangen: huidige teeltvrije zone vanuit het Activiteitenbesluit als bufferstrook behouden. In GLB/subsidie beschikbaar voor bredere bufferstroken en stroken die biodiversiteit stimuleren. Stroken worden niet bemest en tellen <u>niet</u> mee in mestplaatsingsruimte op veebedrijven.	Tenzij waterbeheerder aangeeft dat deze maatregel op specifieke zone niet effectief is geldt voor alle grondsoorten: KRW oppervlaktewaterlichamen en kwetsbare ecologische waterlopen: stroken van minimaal 5m. Andere watergangen: minimaal 2m brede teeltvrije zone voor alle teelten en gronden. In GLB/subsidie beschikbaar voor bredere bufferstroken en stroken die biodiversiteit stimuleren. Stroken worden niet bemest en tellen <u>niet</u> mee in de mestplaatsingsruimte op veebedrijven.	Tenzij waterbeheerder aangeeft dat deze maatregel op specifieke zone niet effectief is geldt voor alle grondsoorten: KRW oppervlaktewaterlichamen en kwetsbare ecologische waterlopen: stroken van minimaal 7,5m. Andere watergangen: minimaal 3m brede teeltvrije zone voor alle teelten en gronden. In GLB/subsidie beschikbaar voor bredere bufferstroken en stroken die biodiversiteit stimuleren. Stroken worden niet bemest en tellen <u>niet</u> mee in de mestplaatsingsruimte op veebedrijven.
Borging emissiearme uitrijmethode mestverduunning met water bij sleepvoet <i>Ammoniak</i>	Bij toepassen sleepvoet verplicht verdunnen met water.		
Maatregelen ruggenteelten <i>Oppervlaktewaterkwaliteit</i>	Vanuit aanname dat boeren deze maatregelen vrijwillig nemen, wordt geen verplichting bij ruggenteelten opgelegd.	Verplichtende maatregelen ruggenteelten voor klei en löss.	Verplichtende maatregelen ruggenteelten voor alle grondsoorten.
Vanggewassen <i>Bodemkwaliteit, oppervlaktewaterkwaliteit, grondwaterkwaliteit</i>	Vanggewas verplicht bij teelt mais op zand- en löss. Stimulans via GLB voor andere grondsoorten en teelten.		Verplichting van teelt van een wintergewas of vanggewas ter voorkoming van braakliggende grond in de winter op alle grondsoorten en bij alle teelten waar dit mogelijk bij is.
Verruiming uitrijdatum vaste	Uitrijddatum van vaste dierlijke mest	Uitrijddatum van vaste dierlijke mest	Uitrijddatum van vaste dierlijke mest

dierlijke mest <i>Bodemkwaliteit, biodiversiteit</i>	op zand en löss gronden wordt voor grasland en bouwland vervroegt naar 1 december en verruimd naar 15 september.	op zand en löss gronden wordt voor grasland en bouwland vervroegt naar 1 januari en verruimd naar 15 september.	op zand en löss gronden niet wijzigingen.
Inzichten uit 6° AP <i>Grondwaterkwaliteit, oppervlaktewaterkwaliteit</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Verplichting direct inwerken vaste mest bij NKG aanpassen. - Verplichting direct inwerken vaste mest uit innovatieve stalsystemen aanpassen. - Toegestaan uitrijden dierlijke urine en gier met sleepvoet bij alle grondsoorten. 		
Stimuleren - Gebiedsspecifiek			
Gebiedsgerichte trajecten <i>Grondwaterkwaliteit, oppervlaktewaterkwaliteit, bodemkwaliteit, droogte</i>	<p>Aansluiten bij lopende DAW trajecten of vergelijkbaar. Aansluiting bij GAW-documenten. Focus op waterkwaliteit, waterkwantiteit en bodemkwaliteit. Aanvullende financiering beschikbaar voor extra focusgebieden, begeleiding onafhankelijke experts, studiegroepen en monitoring op bedrijf en in GAW-gebied (waterkwaliteit, Nresidu, Nmin) mits focus ook op waterkwaliteit.</p> <p>Budget beschikbaar voor onderzoek naar hotspots binnen gebied voor uit- en afspoeling N en P.</p>		
Deelname DAW-trajecten (of vergelijkbaar) stimuleren bij peloton en achterblijvers <i>Grondwaterkwaliteit, oppervlaktewaterkwaliteit, bodemkwaliteit, droogte, gelijk speelveld</i>	Meer budget voor actieve stimulering.	Meer budget voor actieve stimulering aangevuld met stimulering actieve DAW deelname en inzet maatregelen via GLB en via Omschakelfonds.	
Stimuleren - Pilots en experimenteerruimte			
Pilots voortzetting vanuit 6° AP / geïnitieerd gedurende het 6° AP <i>Innovatie, kennisdeling</i>	<p>Gewasderogatie</p> <p>BES-pilot</p> <p>Koeien en Kansen</p> <p>Mineralen concentraat</p> <p>Kunstmestvrije Achterhoek</p> <p>Pilot inzet bodemverbeteraars t.b.v. verhogen organische stofgehalte in de bodem.</p> <p>Pilot NIRS (Near Infra-Red Spectroscopy)</p> <p>Pilot Nitraatregistratie op hoge zandgrond.</p>		
Pilot Doelgericht <i>Grondwaterkwaliteit, oppervlaktewaterkwaliteit, doelgericht</i>	<p>Bedrijven die langjarig een duurzaam bouwplan hebben (>80% gras voor melkvee, >50% niet-uitspoelingsgevoelige teelten akkerbouw), maatregelen nemen vanuit DAW (of vergelijkbaar) en een Nresidu <50 hebben, krijgen meer vrijheid zelf het optimale moment te kiezen voor landbouwkundig handelen. De kalenderlandbouw wordt voor deze bedrijven zoveel mogelijk losgelaten. Aantal deelnemers maximaal 200, verdeeld over deelgebied en bedrijfstype. Extra monitoring waterkwaliteit & bodemkwaliteit op deelnemende bedrijven. De kwaliteit van grondwater en oppervlaktewater dient niet negatief beïnvloed te worden door dit traject. Handhaafbaarheid van deze aanpak is essentieel onderdeel van het traject.</p>		
Pilot Telen met Toekomst 2.0 <i>Innovatie, kennisdeling</i>	Op ca 16 akkerbouw en tuinbouw bedrijven gezamenlijk werken aan verbeteren waterkwaliteit met behoud van of versterking financiële situatie. Advies en begeleiding vanuit WUR. Monitoring waterkwaliteit en bodemkwaliteit.		
Pilot fosfaat afvangen en uitmijnen <i>Innovatie, kennisdeling</i>	<p>Pilot innovatief fosfaat afvangen in of langs sloten, bijvoorbeeld met bezinkpoelen drainage of reactieve barrières, eventueel in koppeling met stikstof afvangen.</p> <p>Onderdeel uitmijnen op veldproeven in bufferstroken op verschillende bodemtypes meenemen.</p>		
Aanvullende maatregelen			
Kennisverspreiding, communicatie en monitoring <i>Kennisdeling, bewustwording, grondwaterkwaliteit, oppervlaktewaterkwaliteit, bodemkwaliteit</i>	<p>Extra monitoring waterkwaliteit op vollegrondsgroenten en akkerbouwgewassen</p> <p>Budget voor kennisverspreiding en bewustwording belang goede waterkwaliteit, en effect handelen op de waterkwaliteit. Tevens aandacht voor mitigerende maatregelen droogte.</p>		
Droogtemonitoring <i>Droogte</i>	Huidige droogtemonitoring nader inrichten gericht op mestbeleid.		
Organisch stofrijke meststoffen stimuleren <i>Bodemkwaliteit, weidevogels, klimaat, droogte</i>	Organisch stofrijke meststoffen:	Groen)compost of vergelijkbaar telt niet mee in fosfaatgebruiksruimte in P-toestandklasse arm, laag en neutraal. Stroerijke vast mest, champost, vaste rundermest en bokashi (met max	Groen)compost of vergelijkbaar telt niet mee in fosfaatgebruiksruimte in P-toestandklasse arm en laag, 50% mee in P-toestandklasse neutraal. Stroerijke vast mest, champost, vaste rundermest en bokashi (met max

		nutriëntengehalte) tellen 50% mee voor fosfaatgebruiksruimte in P-toestandsklasse arm en laag. Werkingscoëfficiënten worden niet gewijzigd	nutriëntengehalte) tellen 75% mee voor fosfaatgebruiksruimte in P-toestandsklasse arm en laag. Werkingscoëfficiënten worden niet gewijzigd.
Traject ketenpartijen <i>Bewustwording, grondwaterkwaliteit, oppervlaktewaterkwaliteit</i>	Traject met ketenpartijen om waterkwaliteit op te nemen in bijvoorbeeld certificeringsschema's.		
Onderzoek en innovatie <i>Innovatie, kennisvorming, kennisdeling, bewustwording, grondwaterkwaliteit, oppervlaktewaterkwaliteit, bodemkwaliteit</i>	<p>Budget onderzoek (PPS) naar (innovatieve) maatregelen tegen uit- en afspoeling, en naar (innovatieve) minder uitspoelingsgevoelige rassen en teelten</p> <p>Onderzoek naar innovatieve manier om belasting van het oppervlaktewater met nutriënten te verminderen (reactieve barrières, inzet kleimineralen)</p> <p>Budget onderzoek (PPS) voor innovatieve mestverwerkingsmethoden.</p> <p>Budget voor demonstratieprojecten en proefboerderijen.</p> <p>Onderzoek naar alternatieve aanpak voor telen uit de grond via PPS-constructie.</p> <p>Subsidie inzet peilgestuurde drainage</p> <p>Stimulans sensoren meten waterkwaliteit (N en P).</p>		

Bijlage 3 Modellen

B3.1 INITIATOR: mestproductie, mesttoediening en emissies

Modelbeschrijving

Mineralenbalansen op gebiedsniveau zijn berekend met het model INITIATOR (*Integrated Nitrogen Impact Assessment Tool on a Regional Scale*) (Kros et al., 2019). Dit model simuleert de verdeling van mest en houdt rekening met aanvoer van dierlijke mest (van het eigen bedrijf of via mesttransport) en kunstmest, wettelijke gebruiksnormen, het gewastype en de bodemeigenschappen (zie Figuur B3.1). Dit model wordt gebruikt voor het berekenen van de ruimtelijke verdeling van mest en ammoniakemissie ten behoeve het LWKM 1.2-model (mestverdeling), AERIUS-model (ammoniakemissie), OPS-model (ammoniakemissie) en de Emissie Registratie (ruimtelijke verdeling van ammoniakemissie).

INITIATOR is een relatief eenvoudig en flexibel model dat alle belangrijke N- en P-fluxen op regionale schaal berekent, waaronder de aanvoer van N en P in de vorm van kunstmest, dierlijke mest en depositie en daarnaast nog N-binding en emissie van stikstofgassen, te weten ammoniak (NH₃), lachgas (N₂O) en stikstofoxiden (NO_x) en het broeikasgas methaan naar de atmosfeer. (zie bijv. De Vries et al., 2003; Kros et al., 2011). Optioneel kunnen bodemprocessen worden gesimuleerd.

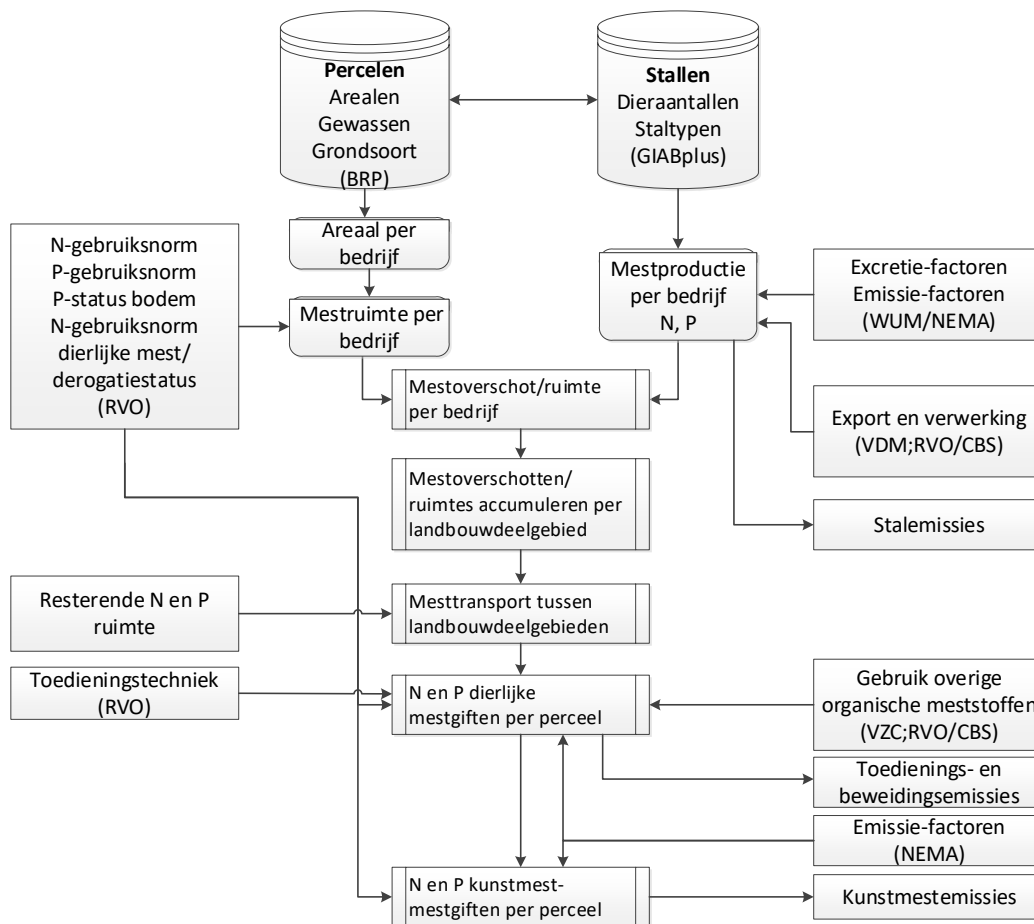
De N- en P-excretie worden berekend door een vermenigvuldiging van het aantal dieren (in verschillende categorieën) met zogenoemde excretiefactoren die aangeven hoeveel mest elk dier in een jaar produceert. De stal- en opslagmissies van gasvormige N-verliezen worden berekend door de N- excretie te vermenigvuldigen met N-emissiefractionen, waarbij rekening wordt gehouden met dier- en staltype. Een mestverdelingsmodule berekent vervolgens het transport van dierlijke mest op gemeenteniveau en de aanvoer van mest en kunstmest naar de bodem. De NH₃-emissie uit stallen en opslagen en vanuit de bodem vormen de input van het AERIUS-model (Wilmot en De Heer, 2014) voor de berekening van de N-depositie op zowel landbouwgronden als in Natura 2000-gebieden.

Het model maakt gebruik van gedetailleerde ruimtelijke gegevens die grotendeels afkomstig zijn uit beschikbare nationale GIS-datasets zoals de geografisch expliciete landbouwtellinggegevens, met het aantal dieren per vestiging (GIAB-plus; Van Os et al., 2016). Door deze koppeling kan op een hoge ruimtelijke resolutie de N- en P-excretie, stal- en opslagmissies, mest- en kunstmest- verdeling en bodememissies in kaart worden gebracht. Voor de ruimtelijke verdeling binnen het bedrijf wordt rekening gehouden met de P-toestand van de bodem als ook het landgebruik. De kunstmestgift wordt daarbij berekend door de gewasspecifieke gebruiksnorm voor werkzame stikstof op te vullen, daarbij rekening houdend met de werkzame N-aanvoer vanuit dierlijke mest en compost.

Gebruikte data

De vereiste data voor de berekening van de mestverdeling en ammoniakemissie op gebiedsniveau zijn onder te verdelen in (i) regionale modelinput data, (ii) modelparameters die veelal variëren als functie van bodemtype of bodemeigenschappen. Hieronder zijn de verschillende data met hun bronnen genoemd.

md.



Figuur B3.1: Schematische weergave van de wijze waarop de verdeling en transport van dierlijke mest wordt berekend en welke ondersteunende gegevens daarbij worden gebruikt.

Modelinput

De input van het model bestaat in grote lijnen uit:

- gedetailleerde ruimtelijke gegevens ten aanzien van bodem (bodemtype, C-, N-, P- en metaalgehalten), hydrologie, landgebruik en gewassen die grotendeels afkomstig zijn uit beschikbare nationale GIS-datasets: de 1:50.000 bodemkaart en het landgebruik (LWKM 1.2 voor de ruimtelijke verdeling, CBS voor de absolute hoeveelheid) als ook de P-toestand per bedrijf (afkomstig van het RVO);
- geografisch expliciete landbouwteilinggegevens, met o.a. het aantal dieren per bedrijf, het staltype en de locatie van stallen (GIAB-plus), in het model geaggregeerd tot bedrijfsniveau;
- mestverwerking en export (CBS) op postcodeniveau (voor rundvee-, varkens- en pluimveemest);

In het Geografisch Informatiesysteem Agrarische Bedrijven (GIAB: Gies et al., 2015; GIABplus: Van Os et al., 2016) is informatie over verschillende grondgebruiksfuncties een belangrijke basis om effecten van beleidsmaatregelen te analyseren of om nieuwe ontwerpen te maken. Hierin zijn gegevens opgenomen van landbouwbedrijven die meedoen aan de jaarlijkse landbouwteiling (LBT, onderdeel van de Gecombineerde Opgave; GO) van RVO en bewerkt door het CBS. De gegevens zijn gekoppeld aan de locatie van de hoofdvestiging van het landbouwbedrijf. Het bestand wordt onder andere gebruikt bij onderzoek naar dierziekten, landbouwstructuuranalyses, effecten van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid en bij onderzoek naar emissies van geur, ammoniak en fijn stof. Voor sommige jaren zijn ook gegevens van de Gezondheidsdienst voor Dieren toegevoegd aan het GIAB. Belangrijke variabelen zijn: het bedrijfstype, de bedrijfsomvang, arealen per gewas en aantallen per diergroep. Vanaf 2011 is ook de verdeling van dieren over de nevenvestigingen en de ligging daarvan beschikbaar (GIABplus) en vanaf 2015 wordt gebruik gemaakt van de Opgave Huisvesting Veehouderij (OHV), dat in tegenstelling tot de LBT geen momentopname (1 april) betreft, maar een opname op meerdere momenten in het jaar. Hierdoor wordt een representatiever beeld verkregen over het aantal aanwezige dieren.

De volgende modelparameters worden meegenomen:

- excretiefactoren en de verdeling van de mest over weide- en stalmest: deze zijn afkomstig uit NEMA (Van Bruggen et al., 2021);
- ammoniak emissiefactoren, afkomstig uit NEMA (Van Bruggen et al., 2021).

Overige data

- Gebruiksnormen ten aanzien van mestgebruik voor N en P (RVO)
- Beweidingsduur (LBT)
- Mestverwerking (RVO/CBS)
- Gebruikte mesttoedieningstechniek (LBT)
- Acceptatiegraden voor dierlijke mest op basis van berekende acceptaties uit de mestverwerkingspercentages (CDM, 2015);
- Fosfaatstatus bodem (P-AL/Pw; RVO)
- Bedrijven met derogatie (RVO).

B3.2 ANIMO/LWKM: Bodemprocessen en uit- en afspoeling van stikstof en fosfor

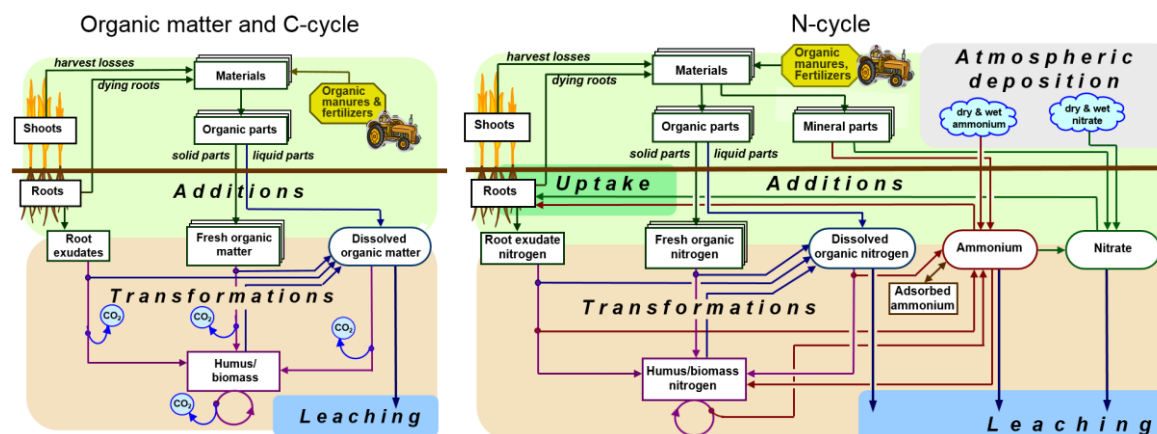
Modelbeschrijving

Het **Landelijk Waterkwaliteitsmodel** is een onderdeel van het Nationaal Watermodel en bestaat uit de modelketen ANIMO en KRW-verkenner (Van der Bolt et al, 2020) dat wordt gebruikt om nitraatconcentraties in het grondwater en de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouw- en natuurgebieden en waterkwaliteitskenmerken van het oppervlaktewater te berekenen.

In de onderhavige studie is het model gebruikt voor de berekening van nitraatconcentraties, de uitspoelingsvrachten in uitspoelend water naar oppervlaktewater en zomerwaarden van de concentratie in uitspoelend water naar oppervlaktewater.

De eerste versie van ANIMO is in 1985 ontwikkeld voor de simulatie van nitraatconcentraties in het bodemvocht en het grondwater en de uitspoeling van N en P-componenten naar grond- en oppervlaktewater (Berghuijs-Van Dijk et al, 1985). Het ANIMO-model berekent zelf geen waterbalanst termen, maar de benodigde hydrologische informatie wordt aangeleverd met de rekenresultaten van hydrologische modellen (Groenendijk et al, 2005).

Vanwege de sterke interactie van stikstof en organische stof is in het model naast een volledige beschrijving van de stikstof- en fosforkringloop in de bodem ook een volledige beschrijving van de organische stofkringloop in de bodem opgenomen. In de bodem worden vier pools van organische stof beschreven (Figuur B3.2).



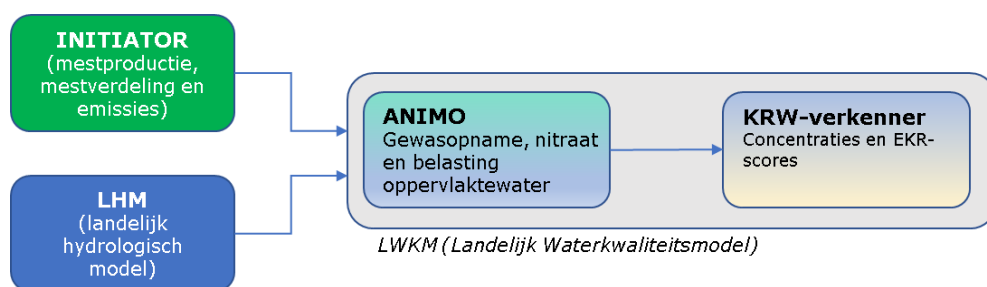
Figuur B3.2 Schematische weergave van de organische stof- en stikstofkringloop in het ANIMO-model

Het ANIMO-model (Groenendijk et al, 2005) onderscheidt zich van andere dynamische simulatiemodellen met 1) een module voor het transport en omzetting van opgeloste organische stof en opgeloste organisch gebonden stikstof en fosfor en 2) een module waarin biologisch-chemische processen en transportprocessen in het topsysteem van het grondwater worden beschreven. Het model berekent hiermee concentraties en vrachten van DOC, ammonium, nitraat, opgeloste organische gebonden stikstof, ortho-fosfaat en opgeloste organisch gebonden fosfor. Met de beschrijving van de organische stofkringloop in de bodemmodule in combinatie van de beschrijving van het transport van opgeloste organische componenten zijn effecten van maatregelen ter verhoging het koolstofgehalte van de bodem op waterkwaliteit te evalueren.

De verse organische stof is in verschillende fracties ingedeeld om het afbraakverloop en het gehalte aan organisch gebonden stikstof en fosfor van allerlei soorten organische stof te kunnen simuleren. Voor fosfor is een afzonderlijke bodem-chemische module ontwikkeld waarmee instantane sorptie en de kinetische sorptie/vastlegging wordt gesimuleerd. Hiermee is het verouderingsproces van aan bodemdeeltjes gebonden fosfaat te simuleren evenals de langzame nalevering bij het uitmijnen van de bodem.

De opname van stikstof en fosfor uit de bodem door gewassen wordt berekend in een procedure waarin eerst een berekening wordt gemaakt met de QUADMOD- en MEBOT-module (Ten Berge et al, 2000; De Ruijter en Conijn, 2010; Schreuder et al, 2008) van de potentiële opname en vervolgens aan de hand van de beschikbaarheid van mineraal stikstof en mineraal fosfor de uiteindelijke opname vast te stellen. Bij het berekenen van de potentiële opname wordt uitgegaan van 1) de aanvoer van (voor gewasopname) werkzame stikstof en fosfor, 2) het N-leverend vermogen en het P-leverend vermogen van de bodem; 3) trendlijnen van de droge stofproductie van verschillende gewassen zoals deze is af te leiden van jaarlijkse CBS-cijfers voor verschillende regio's en 4) regio-specifieke parameters van de QUADMOD en MEBOT-module. De waterhuishouding van landbouwpercelen heeft indirect invloed op de gewasopname door de definitie van de diepte van de wortelzone en de met het LHM-model berekende gewastranspiratie.

Afhankelijk van de wijze waarop de modelinvoer is samengesteld is het ANIMO-model toe te passen op perceelschaal, de schaal van stroomgebieden en de landelijke schaal. Voor de toepassing binnen het Landelijk Waterkwaliteitsmodel wordt uitgegaan van een landelijke schematisering van bodemprofielen, gewassen en hydrologische informatie. De keten van deelmodellen van het Landelijk Waterkwaliteitsmodel is weergegeven in Figuur B3.3. De hydrologische informatie voor ANIMO wordt berekend met het Landelijk Hydrologisch Model (LHM-model) en binnen het LWKM 1.2 verwerkt naar een schematisering van Hydrological Respons Units (HRU's).



Figuur B3.3 Schema van gekoppelde modellen in het Landelijk Waterkwaliteitsmodel

Door de koppeling aan INITIATOR kan het ANIMO-model 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. Het KRW-verkenner deelmodel van het LWKM1.2 berekent concentraties van N en P in het oppervlaktewater en gebruikt het rekenresultaat van ANIMO als input voor deze berekening. Daarnaast gebruikt het ook informatie uit andere bronnen en informatie over de effectiviteit van inrichtingsmaatregelen zodat zowel effecten van maatregelen in de landbouw als effecten van maatregelen door waterbeheerders geëvalueerd kunnen worden.

De implementatie van het ANIMO-model binnen het LandelijkWaterKwaliteitsModel wordt aangeduid met ANIMO/LWKM.

B3.3 WOG-WOD: nitraatconcentraties in relatie tot gebruiksnormen

Modelbeschrijving

Voor het berekenen van N-gebruiksnormen heeft de Werkgroep Onderbouwing Gebruiksnormen (WOG)/ Werkgroep Onderbouwing Derogatie (WOD) in 2004 een model gebouwd (Schröder et al., 2004; Schröder et al., 2005; Schröder et al., 2009; Van Dijk & Schröder, 2007). Daarvoor leverden RIVM en de toenmalige instellingen van Wageningen UR (PRI, PPO, LR, LEI en Alterra) de bouwstenen. Overigens beperkte de WOD zich niet tot de onderbouwing van de derogatie voor melkveebedrijven, maar richtte zich ook op het onderbouwen van de bijbehorende N-gebruiksnormen voor gras en maïs. Het WOG-WOD model berekent op basis van de verdeling van grondsoorten, grondwatertrappen en bouwplannen in de regio enerzijds, en anderzijds bemesting (hoeveelheid, samenstelling, toedieningswijze en -tijdstip,) en teelt (oogstwijze, vanggewassen), het N- en P-bodemoverschot, de N-concentratie in het bovenste grondwater. Dit gebeurt in twee stappen: 1) berekening van het N-bodemoverschot en 2) berekening van de N-concentratie in het uitspoelend water uit het bodemoverschot via uitspoelfracties en neerslagoverschot zoals afgeleid uit het landelijke Landelijk Meetnet Mestbeleid (LMM). Het model kan ook gebruikt worden om vanuit een gegeven N-concentratiedoelstelling terug te rekenen wat een toelaatbare combinatie van mest en kunstmest bij een gegeven bouwplan zou kunnen zijn. Naast berekeningen op regionaal bouwplanniveau kunnen ook afzonderlijke berekeningen worden gedaan voor gras en snijmais.

De opgenomen aan- en afvoertermen van de N-bodembalans zijn afgestemd op de eisen van de Europese Commissie. De relaties tussen N-bemesting en N-afvoer met geoogst product in het model zijn ontleend aan resultaten van veldproeven (Schröder et al., 2005; Van Dijk et al., 2007). De relatie tussen het N-bodemoverschot en de N-uitspoeling is gebaseerd op de gegevens van het LMM. Op basis van de waargenomen N-concentraties en het berekende N-bodemoverschot van deelnemende bedrijven in LMM is een relatie afgeleid tussen overschot en concentratie (Fraters et al., 2012; Baumann et al., 2012). De factor die beide verbindt is gelijk aan het quotiënt van de uitspoelfractie UF (-) en het neerslagoverschot NO in mm jr^{-1} (NO_3 concentratie (mg L^{-1}) = $443 * \text{UF/NO}$). Hoewel de beide termen binnen LMM niet afzonderlijk worden gemeten, kan het wel gemeten quotiënt worden gebruikt om het N-bodemoverschot te vertalen naar nitraatconcentratie.

Het WOG-WOD model is uitgebreid gedocumenteerd en intensief gebruikt bij het onderbouwen van Nitraatrichtlijn Actieprogramma's en derogaties (Schröder et al., 2007, 2009, 2011). Uitgangspunt bij de berekening is dat er evenwicht bestaat tussen de jaarlijkse aanvoer van organische stof in de vorm van gewasresten en mest, en de jaarlijkse afbraak hiervan. Alleen in geval van veengrond wordt een jaarlijkse constante netto N-mineralisatie verondersteld. De gewasrespons op stikstof is afgeleid voor een gemiddeld jaar. Het WOG-WOD model houdt dus geen rekening met verschillen tussen jaren en geeft een gemiddeld, weersonafhankelijk beeld van de gevolgen van bepaalde N-gebruiksnormen op de langere termijn. Gewasopbrengsten profiteren daarbij niet van de nawerking van bodemvruchtbaarheid die in het verleden is opgebouwd en emissies worden evenmin beïnvloed door nawerking van voordien hogere bemestingsniveaus. Het model houdt echter wel rekening met de bemestende waarde van jaarlijks ondergeploegde vanggewassen.

Berekeningen met WOG-WOD zijn veelal gericht op het verkennen van de consequenties van maximale benutting van de toegelaten N-gebruiksnormen gegeven het organische mestgebruik (milieukundige 'worst case'). De input van organische mest is een instelwaarde van het model en op basis daarvan wordt de maximale kunstmest-N-ruimte berekend passend binnen de gebruiksnorm en/of een na te streven nitraatgehalte (bijvoorbeeld van 50 mg L^{-1}). Het model heeft de mogelijkheid een mix van verschillende organische mestsoorten mee te nemen.

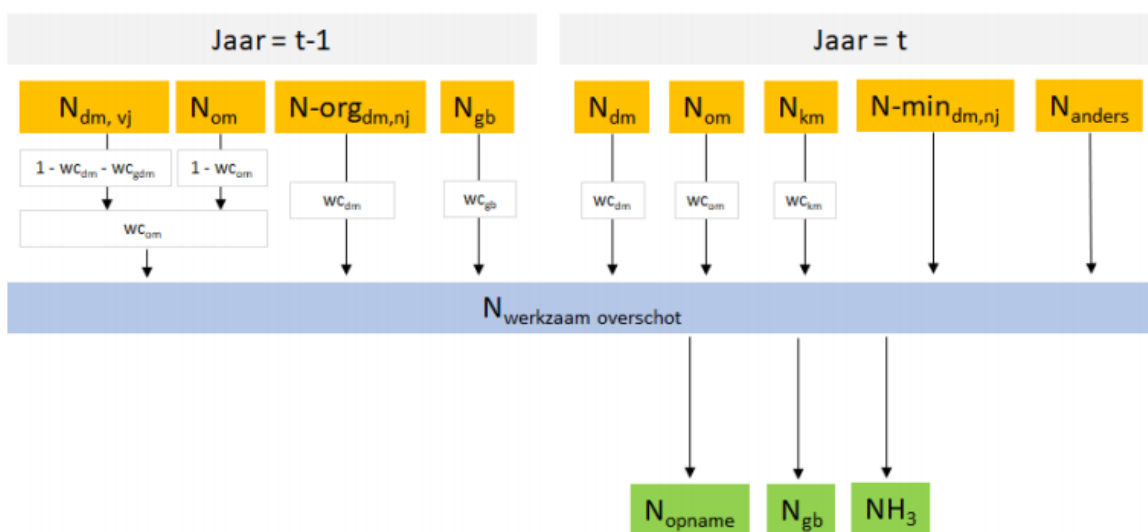
Het WOG-WOD model heeft informatie nodig over de arealen gras, maïs en akkerbouwgewassen, en data van de verdeling van zandgronden over de grondwatertrappen binnen de zandregio's en het Lössgebied.

B3.4 Nitraatmodel DSG-project

De lössgronden in Zuid-Limburg staan er om bekend dat ze gevoelig zijn voor nitraatuitspoeling. Om de kwaliteit van het grondwater te beschermen, werken agrariërs al meerdere jaren samen met het Waterleiding Maatschappij Limburg (WML) om nitraatuitspoeling te verminderen. Gebaseerd op de vele meetgegevens die zijn verzameld sinds 2003 en de opgedane praktijkkennis binnen het netwerk van het programma Duurzaam Schoon Grondwater is in 2014 een eerste versie van een nitraatuitspoelingsmodel ontwikkeld om het effect van het bouwplan en de bemesting op het nitraatgehalte in het bodemvocht in beeld te brengen. In opvolgende jaren is dit model aangepast op basis van een werkzame N-balans om zo gericht te kunnen sturen op een duurzame bemestingspraktijk (Ros et al., 2017a), rekening houdend met verschillen in toedieningstijdstip van dierlijke mest als ook de verdeling van mest over het bouwplan (Ros et al., 2017b) en de gewasvolgorde (Ros et al., 2018).

Het nitraatuitspoelingsmodel berekent de verwachte nitraatuitspoeling op basis van het bouwplan en de gegeven bemesting. Het model is gebaseerd op een balansmethode voor werkzame stikstof. Hierbij wordt aangenomen dat de hoeveelheid nitraat die uitspoelt op lössgronden evenredig is met het werkzame N-overschot: bedrijven met een hoger N-overschot worden ook gekenmerkt door een hogere uitspoeling. Voor de huidige studie is daarbij gebruik gemaakt van een veel voorkomend bouwplan, voornamelijk bestaande uit de gewassen aardappel, wintertarwe, suikerbiet, en zomergerst. In tegenstelling tot WOGWOD is hier dus niet sprake van een regionaal bouwplan maar van een veel voorkomende gewasrotatie op bedrijfsniveau.

De werkzame N-balans is gebaseerd op het verschil tussen de daadwerkelijke aanvoer en afvoer van werkzame stikstof op gewasniveau.



Figuur B3.4 Balansconcept van werkzame stikstof in het Nitraatmodel Limburg

De N-aanvoer bestaat uit de werkzame stikstof uit kunstmest, drijfmest, weidemest en overige organische mest, aangevuld met de nawerking van deze bemesting uit het vorige jaar. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de mestgift en bijbehorende werkingscoëfficiënten. Daarnaast komt er stikstof beschikbaar via N-levering uit de bodem, depositie en via N-binding door leguminosen. De N-afvoer bestaat uit de hoeveelheid N die wordt opgenomen door het geoogste gewas. Dit wordt berekend aan de hand van de opbrengst en het N-gehalte van het geoogste gewas. De N-opname van groenbemesters wordt niet alleen meegenomen als uitgaande post op de N-balans, maar wordt ook meegenomen in de N-aanvoer in het volgende jaar. Aansluitend wordt ook rekening gehouden met eventuele verliezen via ammoniakvervluchtiging. De uitspoelfracties zijn gewasafhankelijk en geparametriseerd op de verzamelde meetgegevens (perceelsbalansen) over de periode 2003 tot en met 2017.

De onderliggende aanname is hierbij dat de uitspoelfractie gelijk blijft over de reeks van voorkomende N-overschotten in de bemestingspraktijk.

Bij het vaststellen van de uitspoelingsfracties per gewas is rekening gehouden met de volgteelt. Elk gewas krijgt daarom (voor zover mogelijk) twee uitspoelingsfracties: één voor een situatie met een ondiep wortelend volggewas en één voor een situatie met een diep wortelend volggewas.

Tabel B3.1 Uitspoelfracties van nitraat voor verschillende gewassen in het Nitraatmodel Limburg met een onderscheid in een ondiep of diep wortelend volggewas (Ros et al, 2018).

Gewas	Alle data			Ondiep volggewas			Diep volggewas		
	n	gem	betr.int.	n	gem	betr.int.	n	gem	betr.int.
appels	24	0,21	0,15-0,28	7	0,42	0,20-0,86	-	-	-
bladrammenas	4	0,40	0,29-0,56	-	-	-	-	-	-
consumptieaardappel	71	0,32	0,26-0,40	18	1,19	1,05-1,35	45	0,23	0,19-0,28
grasland	193	0,11	0,10-0,13	13	0,11	0,06-0,21	-	-	-
groenten	4	0,80	0,66-0,98	4	0,80	0,66-0,98	-	-	-
hamster	45	0,38	0,31-0,47	2	0,70	0,63-0,78	4	0,18	0,07-0,46
korrelmais	30	0,35	0,26-0,47	7	0,57	0,29-1,14	21	0,27	0,20-0,35
natuurgras	38	0,18	0,15-0,21	-	-	-	-	-	-
rogge	6	0,30	0,11-0,81	-	-	-	-	-	-
snijmais-continu	33	0,81	0,67-0,98	28	0,82	0,66-1,02	-	-	-
snijmais-enkel	81	0,30	0,24-0,36	3	1,79	0,65-4,94	63	0,30	0,24-0,37
suikerbiet	116	0,16	0,14-0,19	34	0,30	0,22-0,42	70	0,12	0,10-0,14
triticale	2	0,19	0,04-0,90	2	0,19	0,04-0,90	-	-	-
weidegras	94	0,08	0,06-0,10	-	-	-	-	-	-
wintergerst	38	0,43	0,32-0,57	11	0,59	0,42-0,82	27	0,37	0,26-0,55
wintertarwe	230	0,20	0,18-0,23	106	0,30	0,26-0,36	112	0,14	0,12-0,17
zaaiui/winterui	12	0,61	0,38-1,00	2	1,45	0,33-6,36	6	0,35	0,17-0,72
zomergerst	29	0,27	0,19-0,38	4	1,53	0,97-2,42	17	0,16	0,11-0,24

De geschatte uitspoelingsfracties variëren van 0,08 voor weidegras tot 0,81 voor continue snijmais. Gewassen die diep wortelen dan wel veel wortelbiomassa hebben, hebben een lagere uitspoelingsfractie dan gewassen die ondiep wortelen. Dit is bijvoorbeeld zichtbaar voor de lage uitspoelingsfracties voor wintertarwe, grasland en suikerbiet.

Opgemerkt wordt dat het model getraind is op door WML verzamelde gegevens van de nitraatconcentratie in het ondiepe en diepe bodemvocht. De modelresultaten representeren hiermee concentraties volgens de door WML gehanteerde methode voor bemonstering en analyse. Met de meetmethode van WML wordt (ook met een identiek grondmonster) een lagere concentratie gemeten dan met de RIVM-methode (meer dan 20% lager)¹⁴. Bij de vergelijking met resultaten van andere modellen en bij de interpretatie van scenario-berekeningen dient hiermee rekening te worden gehouden.

Daarnaast geldt dat in tegenstelling tot WOGWOD het model niet gebaseerd is op gebiedsrepresentatieve monitoringsgegevens, maar op de gegevens verzameld in het DSG-programma. De bedrijfsgegevens en de gemeten concentraties zijn hierdoor beïnvloed. Het toepassingsgebied van het model betreft daarmee vooral de bedrijfs- en bodemsituaties binnen het DSG-programma. De specifieke mogelijkheden van het model om effecten van opeenvolgende gewassen in het bouwplan te berekenen geven inzicht in de procentuele effecten van veranderingen in mestgiften en wijzigingen van het bouwplan.

¹⁴ https://www.wur.nl/upload_mm/7/6/0/24ce834f-5a08-40a6-b91f-aceee41392da_16-N%26M0115%20Oene%20Oenema%20bijlage%201.pdf

B3.5 Rekenresolutie

Voor het afleiden van de effecten met de modellen zijn verschillende rekenresoluties gebruikt:

- voor het berekenen van mestproductie en mestverdeling is uitgegaan van de percelenkaart BRP2019 waarop meer dan 700 000 percelen voorkomen;
- het uitspoelingsmodel ANIMO/LWKM rekt met 28.610 ruimtelijke eenheden
- voor het afleiden van effecten van kortingen op de stikstofgebruiksnorm is uitgegaan van de areaalverdeling aan AT-gewassen voor 2019 binnen de AT-rekeneenheden van het Landelijk Waterkwaliteitsmodel
- voor het afleiden van effecten van bemestingsvrije perceelsranden en drempels in ruggenteelten is uitgegaan van de percelenkaart BRP-2019 en zijn de effecten op perceelsniveau vertaald naar de eenheden van het uitspoelingsmodel
- Het WOGWOD-model rekt met geaggregeerde informatie over gewasarealen en de verdeling van grondwatertrappen van drie zandregio's en de lössregio

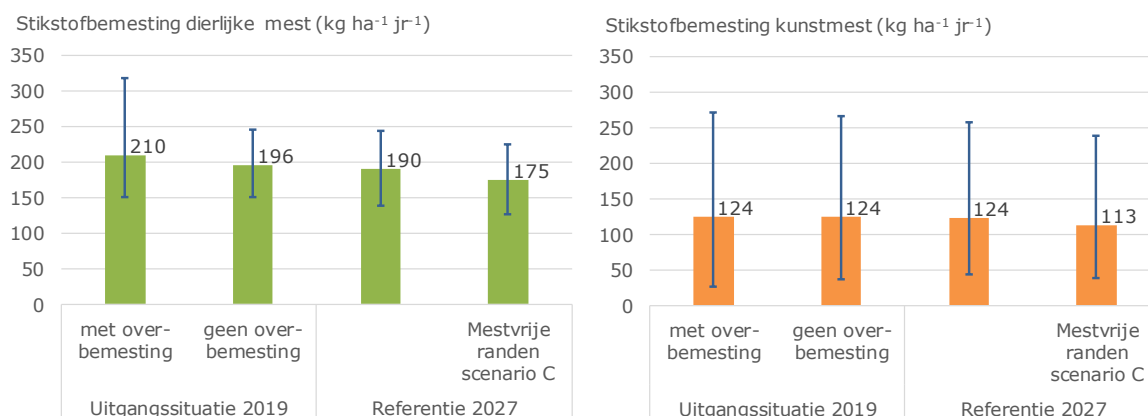
Bijlage 4 Resultaten Mest- en ammoniak berekeningen

In deze bijlage worden de effecten beschreven van de scenario's op de mestgiften en de NH₃-emissie, zoals berekend met INITIATOR. Het gaat dan om de volgende scenario's:

1. Uitgangssituatie 2019 met overbemesting
2. Uitgangssituatie 2019 zonder overbemesting
3. Referentie 2027
4. Bufferstroken met een breedte van 7,5m langs KRW-waterlichamen en aangewezen waterlopen art 3 uitvoeringsbesluit Meststoffenwet) en met een breedte van 3m langs overige wateren.

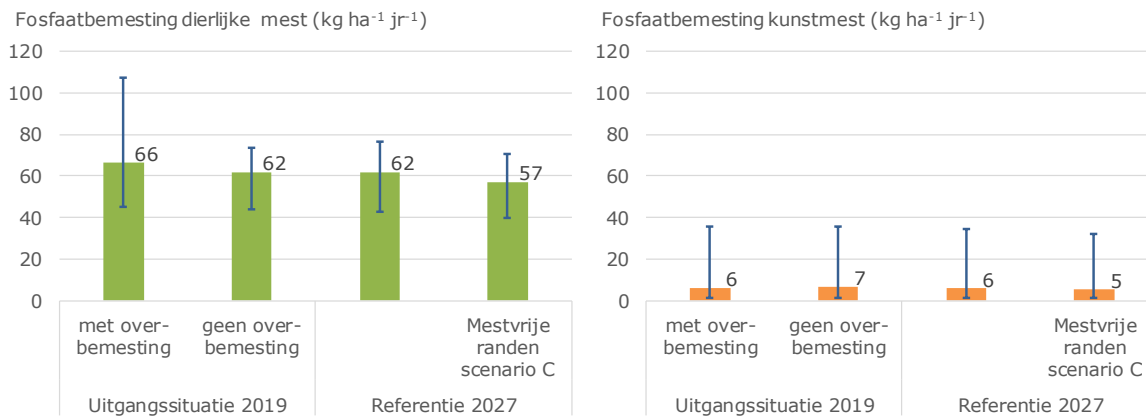
B4.1 Effecten op berekende mesttoediening

De berekende gemiddelde stikstofgiften met dierlijke mest per landbouwdeelgebied van het model voor de uitgangssituatie variëren van 160 tot 260 kg ha⁻¹ (90% betrouwbaarheidsinterval) met uitschieters naar 150 (minimum) en 340 (maximum) kg ha⁻¹. Deze range valt deels hoger uit dan de maximale gebruiksnorm voor dierlijke mest (250 kg ha⁻¹) omdat er sprake is van overbemesting. Met overbemesting wordt hier bedoeld: hoger dan de mestgebruiksruimte op bedrijfsniveau. Als in de berekening overbemesting wordt weglaten vermindert de gemiddelde dierlijke mestgift met ca. 10 kg ha⁻¹ stikstof en uiteraard komen er geen mestgiften hoger dan 250 kg ha⁻¹ meer voor. De kunstmestgiften verschillen niet of nauwelijks tussen deze twee scenario's omdat aangenomen is dat in beide scenario's geen kunstmest boven de gebruiksruimte wordt gegeven.



Figuur B4.1 Stikstofbemesting met dierlijke mest (links) en kunstmest (rechts) in kilogram per hectare landbouwgrond per jaar berekend voor de uitgangssituatie in 2019 (met en zonder overbemesting), voor de Referentie 2027 en bij het scenario met mestvrije perceelsranden van 3 meter. De strepen geven de minimum- en maximumwaarden aan die in Nederland voor komen.

Het Referentie-2027 scenario laat iets lagere stikstofgiften zien met dierlijke mest (gemiddeld 6 kg ha⁻¹ jr⁻¹) en met kunstmest (minder dan 1 kg ha⁻¹ jr⁻¹; in Figuur B4.1 nihil door afronding ten opzichte van de Uitgangssituatie 2019 zonder overbemesting. Het aanleggen van mestvrije perceelsranden laat gemiddeld over het gehele perceelsoppervlak een daling zien van de bemesting. De gemiddelde stikstofgift met dierlijke mest daalt dan met ca. 15 kg ha⁻¹ jr⁻¹ en de stikstofgift met kunstmest met ca. 11 kg ha⁻¹ jr⁻¹. De mestgiften op het bemeste deel van het perceel blijven gelijk, deze worden begrensd door de gehanteerde gebruiksnormen voor de Referentie-2027. De berekende fosfaatbemesting is weergegeven in Figuur B4.2. Verder moet worden bedacht dat door de vermindering van dierlijke mestruimte meer mest afgevoerd moet worden.



Figuur B4.2 Fosfaatbemesting (kg ha⁻¹ jr⁻¹ P₂O₅) met dierlijke mest (links) en kunstmest (rechts) in kilogram per hectare landbouwgrond per jaar berekend voor de Uitgangssituatie in 2019 (met en zonder overbemesting), voor de Referentie 2027 en bij het scenario met mestvrije perceelsranden van 3 meter. De strepen geven de minimum- en maximumwaarden aan.

De berekende gemiddelde fosfaatgiften met dierlijke mest per landbouwdeelgebied van het LWKM 1.2-model voor de uitgangssituatie variëren van 53 tot 85 kg ha⁻¹ jr⁻¹ (90% betrouwbaarheidsinterval) met uitschieters naar 45 (minimum) en 107 (maximum) kg ha⁻¹ jr⁻¹. Landelijk gemiddeld bedraagt de fosfaatbemesting ca 66 kg ha⁻¹ jr⁻¹. In de berekening waarbij geen overbemesting plaatsvindt bedraagt fosfaat bemesting landelijk gemiddeld ca. 62 kg ha⁻¹ en variëren de fosfaatgiften van 44 tot 74 kg ha⁻¹ jr⁻¹ (minimum- en maximumwaarde).

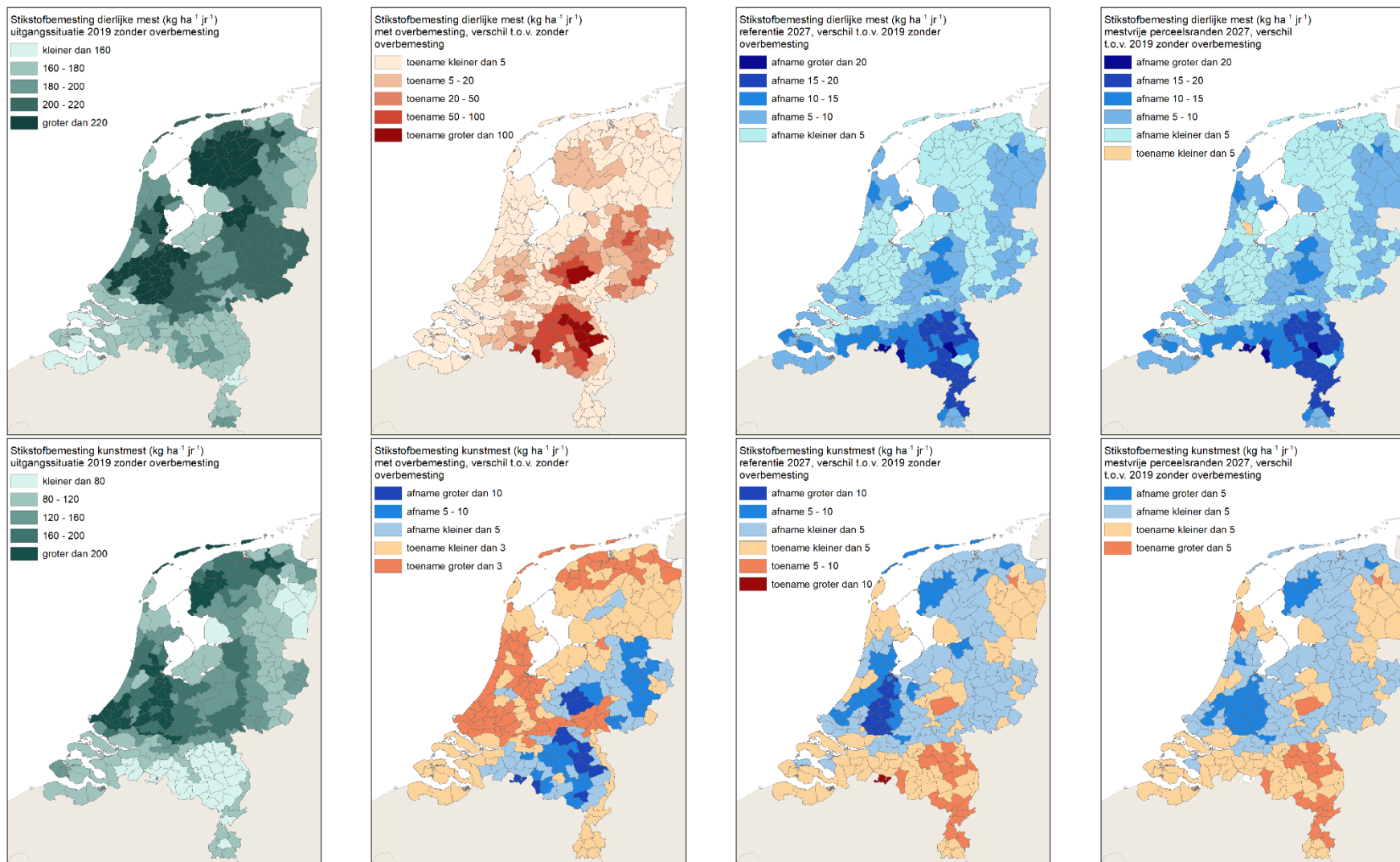
De kaarten van figuur B4.3 geven voor de landbouwdeelgebieden van het LWKM 1.2-model de stikstofgiften met dierlijke mest en met kunstmest die berekend zijn voor de Uitgangssituatie 2019 zonder overbemesting, de verschillen van de giften tussen Uitgangssituatie 2019 met en zonder overbemesting, voor Referentie 2027 en voor het scenario met mestvrije perceelsranden in 2027. In Figuur B4.4 zijn de effecten op de fosfaatbemesting weergegeven.

Voor de uitgangssituatie worden de hoogste mestgiften berekend voor grasland op klei- en veengrond waar de hoogste stikstofgebruiksnormen gelden. Voor veengrond wordt de wettelijke gebruiksnorm gehanteerd. In de praktijk zullen agrariërs rekening houden met het N-leverend vermogen van de bodem zal minder kunstmest worden gegeven dan hier berekend. Dit wordt verder bediscussieerd in bijlage 8. In de gebieden met relatief veel akkerbouw en in het zuidelijk zand en lössgebied zijn de stikstofgiften lager als gevolg van de lagere gebruiksnormen.

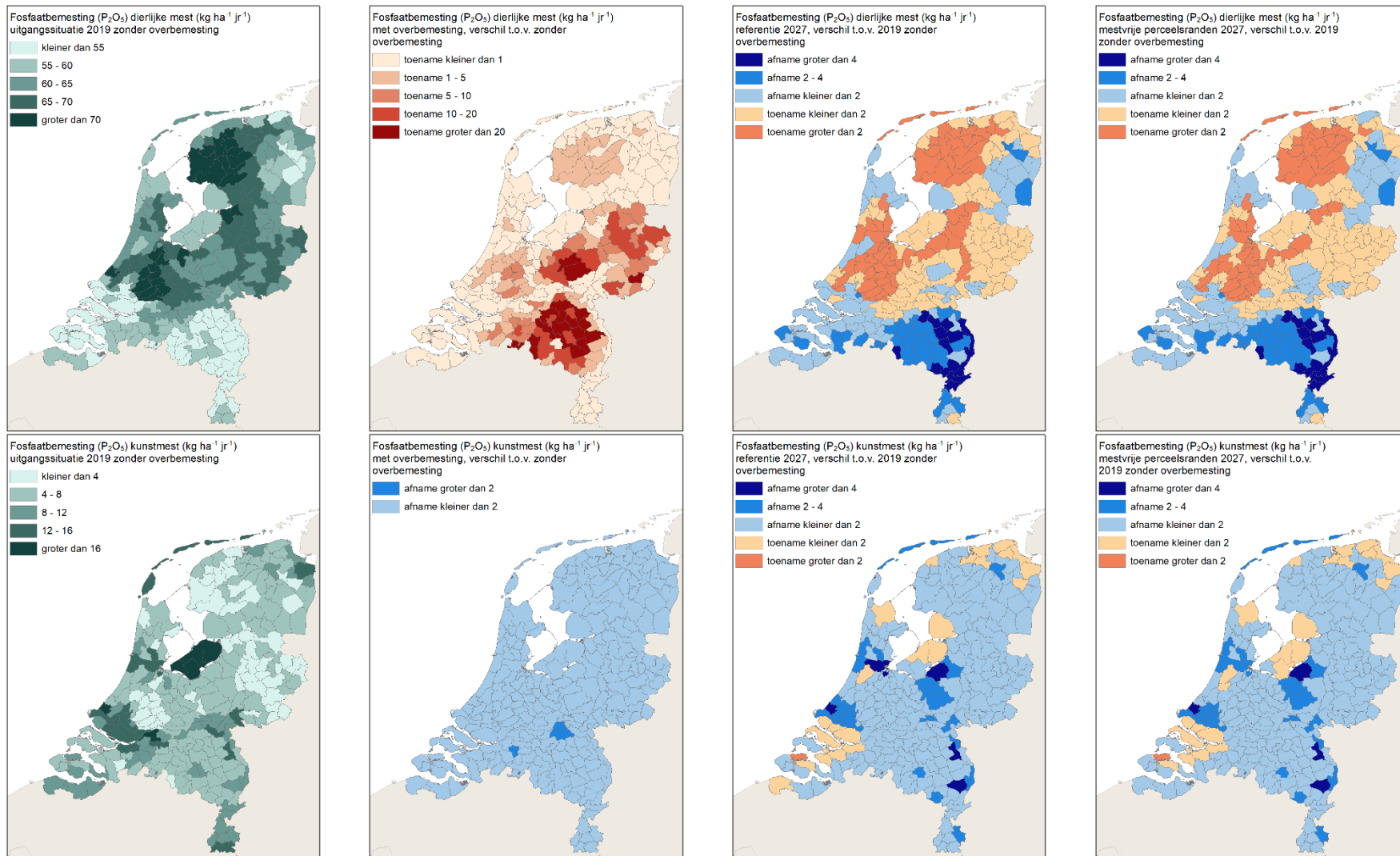
Door overbemesting is de stikstofgift met dierlijke mest hoger in de concentratiegebieden en de kunstmestgift lager. Door bemesting boven de gebruiksnorm van dierlijke mest en/of de gebruiksnorm van fosfaat wordt de stikstofruimte meer opgevuld met deze dierlijke mest en is de behoefte aan kunstmest kleiner.

Het verschil in bemesting tussen 2027 en 2019 bij volledig benutten, maar niet overschrijden, van de gebruiksruijme is het grootst in het zuidelijke zandgebied. Door de fosfaatgebruiksnormen die gelden vanaf 2020 zijn deze normen in 2027 vaker dan voorheen beperkend voor de toediening van dierlijke mest. Voor de gebieden waar bijna alle gronden in de fosfaattoestandsklasse "hoog" vallen heeft dit het grootste effect. Hierdoor wordt de dosering van dierlijke mest verminderd en wordt zo ook minder stikstof toegediend en ontstaat hierdoor meer ruimte voor stikstofkunstmest.

In het scenario met de mestvrije perceelsranden is de berekende bemesting op het deel van het perceel zonder de randen weergegeven (Figuur B4.2, rechterdeel). Doordat in de meeste gebieden enkele procenten van de landbouwgrond niet meer bemest kan worden ontstaat extra aanbod op de mestmarkt met een verschuiving in mestsoorten en mestgiften als gevolg. Voor dierlijke mest zijn de effecten heel gering. In de gebieden met veel oppervlaktewater en daarmee ook een relatief groot areaal dat niet meer bemest wordt (veengebieden west Nederland) neemt de kunstmestgift af. Overall krimpt de mestruimte waardoor er sprake is van een toename van het mestoverschot er dus meer mest zal moeten worden verwerkt en/of geëxporteerd.



Figuur B4.3. Stikstofbemesting met dierlijke mest en kunstmest op landbouwgrond voor de uitgangssituatie in 2019 zonder overbemesting en verschillen van scenario's t.o.v. de Uitgangssituatie 2019 zonder overbemesting



Figuur B4.4. Fosfaatbemesting met dierlijke mest en kunstmest op landbouwgrond voor de uitgangssituatie in 2019 zonder overbemesting) en verschillen van scenario's t.o.v. de Uitgangssituatie 2019 zonder overbemesting

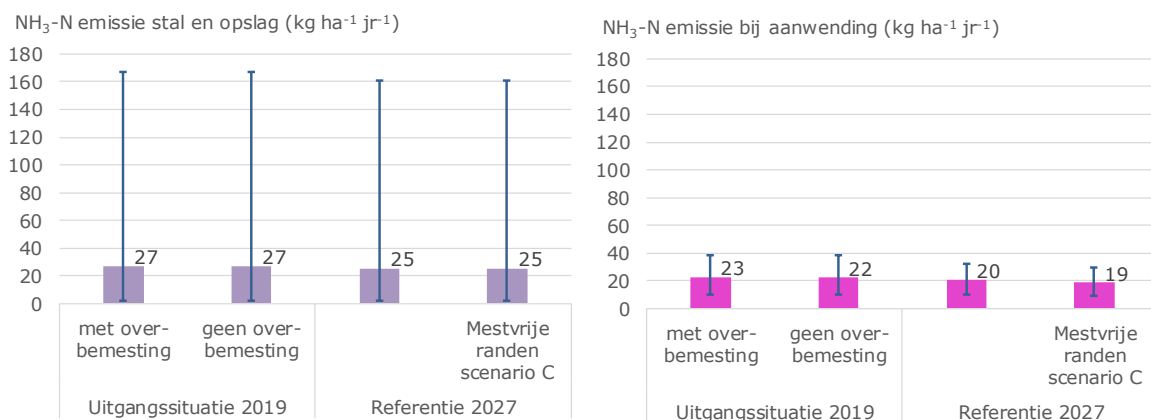
Evenals voor stikstof worden ook voor fosfaat ook de hoogste mestgiften berekend in gebieden met grasland op klei- en veengrond. Daarnaast worden ook giften hoger dan 65 kg ha⁻¹ P₂O₅ berekend voor zandgebieden met veel melkveehouderij. In de gebieden met veel akker- en tuinbouw en de gebieden waar het grootste deel van de landbouwpercelen een fosfaattoestandklasse "hoog" heeft zijn de fosfaatgiften het laagst. Bij akkerbouw op kleigrond worden de hoogste fosfaatkunstmestgiften gegeven. Dit betreft vooral centrale en zuidwestelijke kleigebied, oost-Groningen en het Lössgebied. Het verschil in aannames ten aanzien van overbemesting is vooral zichtbaar voor de concentratiegebieden. Voor aan aantal landbouwdeelgebieden kan het verschil meer dan 20 kg ha⁻¹ P₂O₅ bedragen. Slechts in een enkele situatie wordt bij het geheel benutten van de gebruikruimte, maar niet overschrijden, iets meer fosfaatkunstmest toegediend.

Berekend wordt dat de fosfaatbemesting tussen 2019 en 2027 afneemt in Zand zuid en iets toeneemt in Zand midden, de veengebieden en het rivierkleigebied. Voor enkele akkerbouwgebieden wordt berekend dat de fosfaatkunstmestgift iets toeneemt. Voor andere gebieden neemt de kunstmestgift in geringe mate af.

Het effect van bemestingsvrije perceelsranden op de fosfaatgiften op het bemeste deel van het perceel is verwaarloosbaar klein. Dit is grotendeels het gevolg van de aanname dat de gebruiksnorm wordt toegepast op alleen het bemeste deel van perceel.

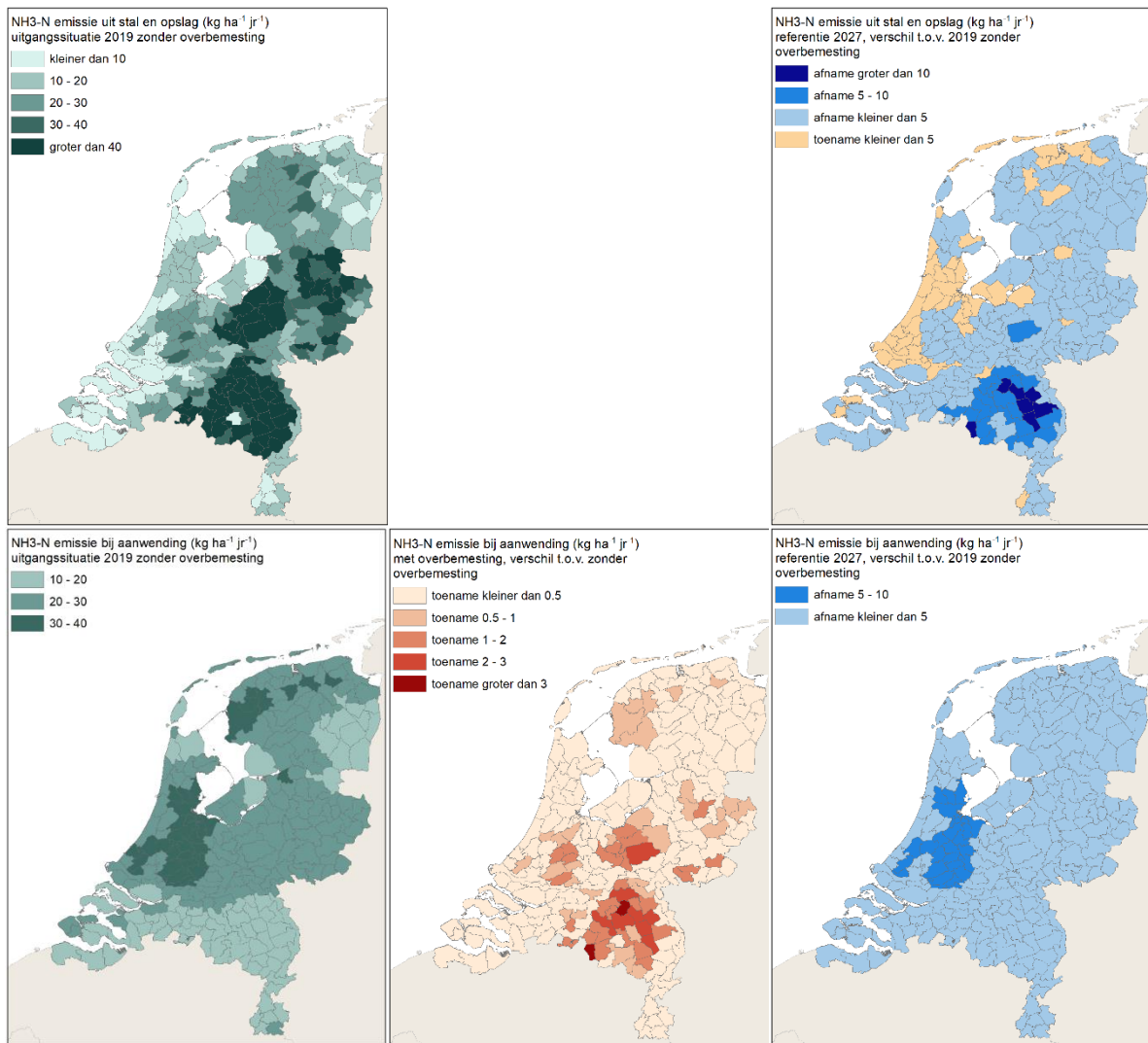
B4.2 Effecten op berekende ammoniakemissie

De effecten van de scenario's op de berekende ammoniakemissie laten een ander beeld zien dan de effecten op mesttoediening. Voor de uitgangssituatie in 2019 zonder overbemesting worden dezelfde emissies vanuit stallen en opslagen berekend als voor de uitgangssituatie in 2019 met overbemesting, omdat het wel of niet meenemen van overbemesting geen effect heeft op de mestproductie. De verlaging van de aanwendingsemissies bedraagt ca. 0,5 kg NH₃-N ha⁻¹ en is minder dan evenredig met de verlaging van de mestgiften. Voor Referentie 2027 worden zowel lagere stal- en opslagemissies als aanwendingsemissies berekend, gemiddeld resp. 1,5 en ruim 2 kg NH₃-N ha⁻¹ lager. Verder valt op dat de spreiding van de stalemissies (maximumwaarde groter dan 160 NH₃-N ha⁻¹) veel groter is dan de spreiding van de aanwendingsemissies (maximumwaarde van bijna 40 kg NH₃-N ha⁻¹). Dit is het gevolg van hoge mestproducties in de bekende concentratiegebieden (zie Figuur B4.5).



Figuur B4.5 Berekende NH₃-N-emissie uit stal en opslag (links) en bij aanwending (rechts) in kilogram per hectare landbouwgrond per jaar berekend voor de verschillende scenario's.

Voor de Referentie 2027 wordt een ca. 2 kg NH₃-N ha⁻¹ lagere aanwendingsemissie berekend dan voor de uitgangssituatie zonder overbemesting. Dit is vooral een gevolg van het aanpassen van de emissiefactoren voor de zodenbemester. De gemiddelde stalemissies dalen in deze situatie met ca. 1,5 kg NH₃-N ha⁻¹, wat mede een gevolg is van aanpassingen van stallen conform het besluit huisvesting. Het ruimtelijk beeld van de berekende NH₃-N emissies uit stal en opslag en bij aanwending is gegeven in Figuur B4.6.



Figuur B4.6. NH₃-N emissie uit stal en opslag en bij aanwending in de Uitgangssituatie in 2019 zonder overbemesting en verschillen van de varianten "Uitgangssituatie 2019 met overbemesting", "Referentie 2027" t.o.v. de Uitgangssituatie 2019 zonder overbemesting.

In het ruimtelijke beeld van de emissies uit stal en opslag zijn duidelijk de concentratiegebieden met een relatief grote veedichtheid te herkennen. De laagste emissies worden berekend voor de zeeleigebieden met akkerbouw. De veronderstelling dat een deel van de geproduceerde mest aan het landbouwsysteem wordt onttrokken en daardoor geen bemesting boven de gebruiksruimte plaatsvindt heeft geen effect op de emissies uit stal en opslag, omdat onder deze aanname de dieren aantallen, de emissiefactoren en de staltypen niet zijn aangepast. Het verschil tussen 2019 en 2027 ten aanzien van de emissies uit stal en opslag wordt veroorzaakt door verminderde dieren aantallen. Dit betreft varkens in oost Brabant en Noord-Limburg en de ontwikkeling van de melkveestapel.

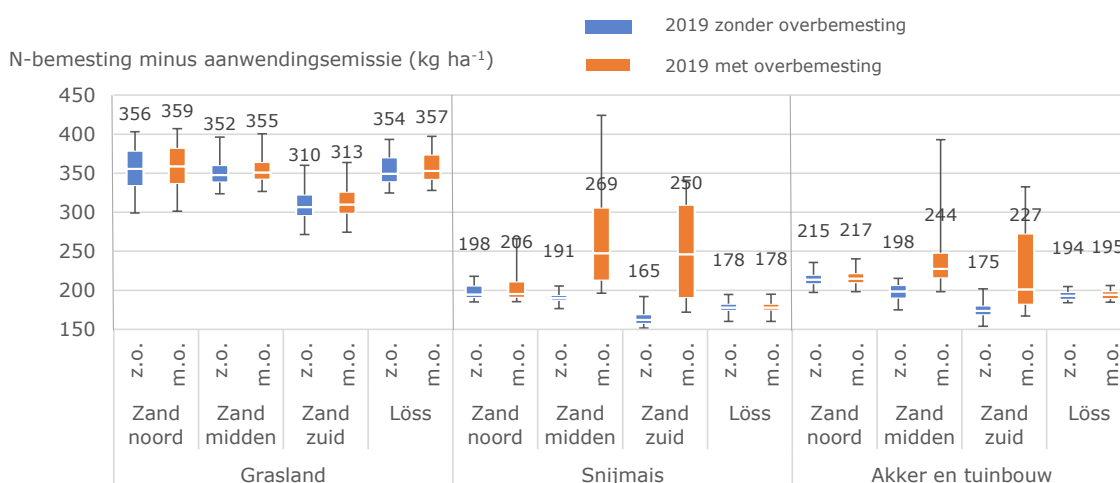
Het ruimtelijk beeld van de emissies bij aanwending hangt sterk samen met het aandeel grasland in een gebied en de stikstofgebruiksnorm van het grasland. De hoogste aanwendingsemissies worden dan ook berekend voor de veenweidegebieden en lagere aanwendingsemissies voor Zand noord en Zand zuid. Het effect van wel of geen overbemesting in de uitgangssituatie is zoals verwacht het grootst in de concentratiegebieden, waar volgens de modelaannames ook de hoogste doseringen boven de gebruiksruimte plaatsvinden. De afname van de aanwendingsemissie tussen 2019 en 2027 is daarom het grootst in het westelijke veenweidegebied.

Bijlage 5 Historie en referentie van bemesting en uitspoeling

B5.1 Effect van overbemesting in het verleden

De beschrijving van de huidige situatie dient als startpunt voor de prognose van de uit- en afspoeling en de waterkwaliteit in 2027 zonder aanvullende maatregelen ten opzichte van het reeds geïnstrumenteerde beleid. Om de effecten van de autonome ontwikkeling tussen 2019 en 2027 in te schatten, wordt een vergelijking gemaakt van de berekende uit- en afspoeling in 2027 ten opzichte van de theoretische situatie van 2019 met bemesting binnen de gebruiksruijme. De gebruiksruijme wordt berekend als het gesommeerde product van gewasoppervlakten en gewasgebruiksnormen. Dit is van belang om het effect van de bemesting boven de gebruiksruijme op waterkwaliteit te onderscheiden van de effecten van geprognoseerde ontwikkelingen en beleidsmaatregelen (praktijk 2019 – gebruiksnorm 2027 = effect opvolgen gebruiksnorm 2019-2027; gebruiksnorm 2027 – maatregelen 2027 = effect doorgerekende maatregelen). Het is belangrijk te realiseren dat de metingen van actuele waterkwaliteitsparameters in bijvoorbeeld LMM zijn uitgevoerd onder praktische omstandigheden waar niet altijd werd bemest binnen de gebruiksruijme (overbemesting). De gebieden waar volgens de berekeningen boven de gebruiksruijme wordt bemest zijn af te leiden uit de kaarten van Figuur B5.3.

De figuren B5.1 tot en met B5.4 geven de berekende stikstof- en fosfaatbemesting weer alsmede het stikstof- en het fosfaatbodemoverschot voor de hoofdsectoren in de zandgebieden en het lössgebied. De stikstofbemesting is reeds verminderd met de aanwendingsemisssie De aanwendingsemisssie maakt deel uit van de totale stikstofgift en valt wel onder de mestnorm.

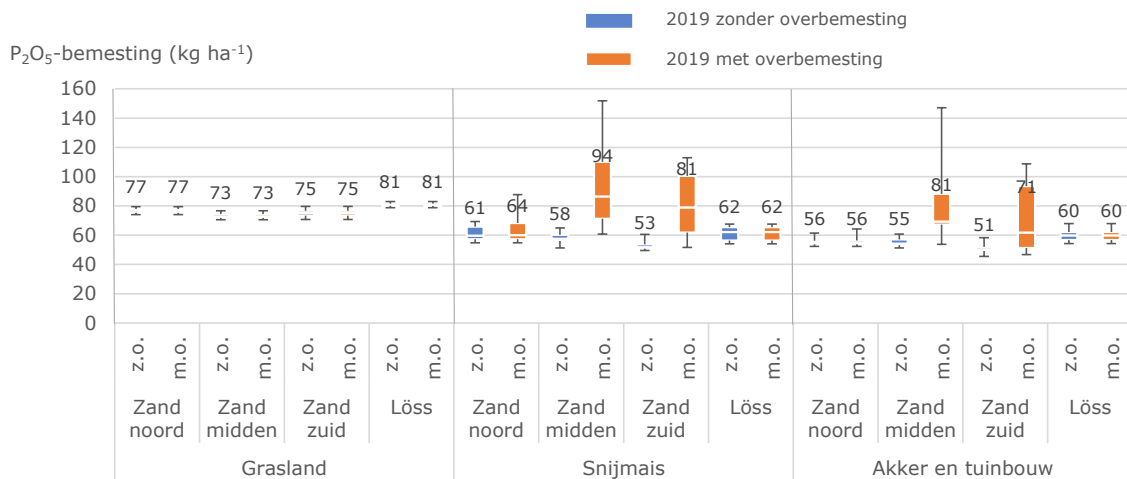


Figuur B5.1 Areaal gewogen frequentieverdeling (weergegeven als boxplots) van de stikstofbemesting met de som van dierlijke mest en kunstmest verminderd met de aanwendingsemisssie berekend voor de Uitgangssituatie 2019 zonder overbemesting (z.o.) en met overbemesting (m.o.). Getallen geven de areaalgewogen gebiedsgemiddelde waarden aan.

Uit Figuur B5.1 is af te lezen dat bemesting boven de gebruiksruijme vooral berekend wordt voor mais en akkerbouw in Zand midden en Zand zuid. In deze gebieden en voor deze gewassen is de ruimtelijke spreiding van de stikstof bemesting bij overschrijding van de gebruiksruijme groot. Voor grasland wordt een heel geringe verhoging van de N-bemesting berekend van enkele kilo's stikstof per hectare, maar voor snijmais Zand midden en Zand zuid is het gebiedsgemiddelde verschil ca 80 – 85 kg ha⁻¹ en voor akker- en tuinbouw is het gebiedsgemiddelde verschil in deze regio's ca 45 kg ha⁻¹.

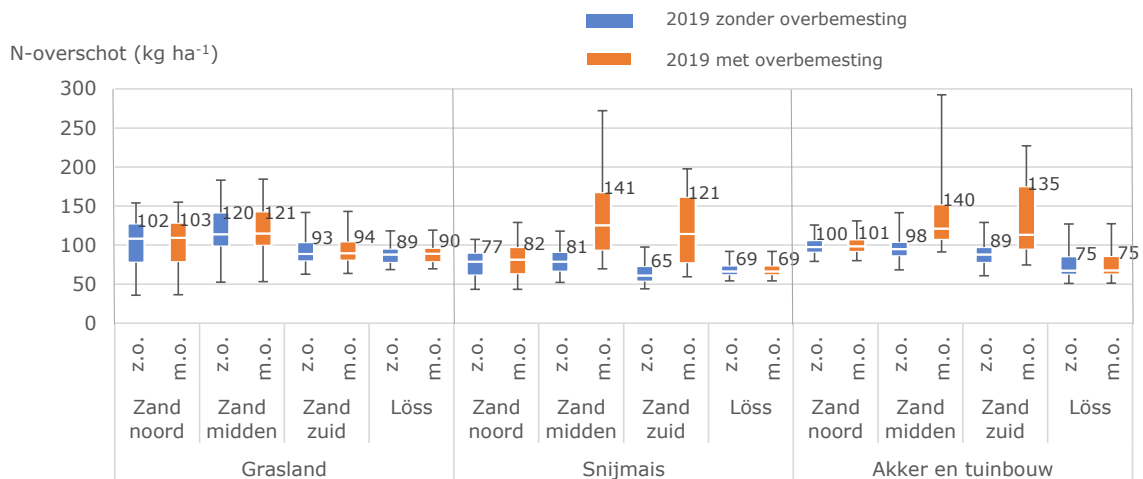
De berekende fosfaatbemesting (Figuur B5.2) laat per gewas, met uitzondering van de situaties met bemesting boven de gebruiksruijme, een heel geringe spreiding zien. Op de meeste bedrijven is de fosfaatnorm beperkend voor het gebruik van dierlijke mest. Verschillen tussen de regio's kunnen veroorzaakt worden door een verschil in de gemiddelde fosfaattoestand van de bodem.

Gebiedsgemiddeld wordt een fosfaatbemesting boven de gebruiksruimte berekend van 36 en 28 kg ha⁻¹ voor mais in Zand midden en Zand zuid. Voor akker- en tuinbouw in Zand midden en Zand zuid wordt een fosfaatbemesting boven de gebruiksruimte berekend van 26 en 20 kg ha⁻¹. Opgemerkt wordt dat het areaal akker- en tuinbouw in de regio Zand midden naar verhouding kleiner is dan in Zand zuid.



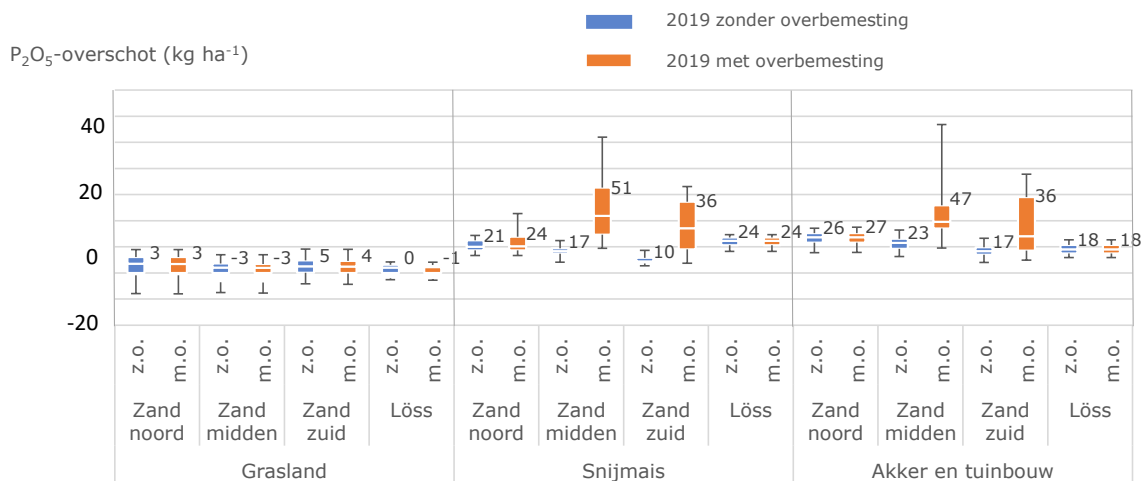
Figuur B5.2 Areaal gewogen frequentieverdeling (weergegeven als boxplots) van de fosfaatbemesting met de som van dierlijke mest en kunstmest berekend voor de Uitgangssituatie 2019 zonder overbemesting (z.o.) en met overbemesting (m.o.). Getallen geven de areaalgewogen gebiedsgemiddelde waarden aan.

Het berekende stikstofoverschot op de bodembalans (Figuur B4.3) volgt ongeveer hetzelfde patroon als de berekende stikstofbemesting, maar de ruimtelijke spreiding is wat groter dan van de stikstofbemesting. Binnen een regio komen situaties voor waarin de toegediende stikstof niet volledig kan worden benut voor gewasopname waardoor het overschot groter is dan bij de optimale gewasproductie onder ideale omstandigheden. De spreiding binnen een gebied wordt hierdoor groter. De absolute verschillen in het stikstofbodemoverschot voor snijmais in Zand midden en Zand zuid is gebiedsgemiddeld ongeveer gelijk aan het in stikstofbemesting (ca. 80 – 85 kg ha⁻¹). Voor akker- en tuinbouw is het gebiedsgemiddelde verschil in Zand midden en Zand zuid met 47 en 52 kg ha⁻¹ iets groter dan het verschil in stikstofbemesting.



Figuur B5.3 Areaal gewogen frequentieverdeling (weergegeven als boxplots) van het stikstofbodemoverschot berekend voor de Uitgangssituatie 2019 zonder overbemesting (z.o.) en met overbemesting (m.o.). Getallen geven de areaalgewogen gebiedsgemiddelde waarden aan.

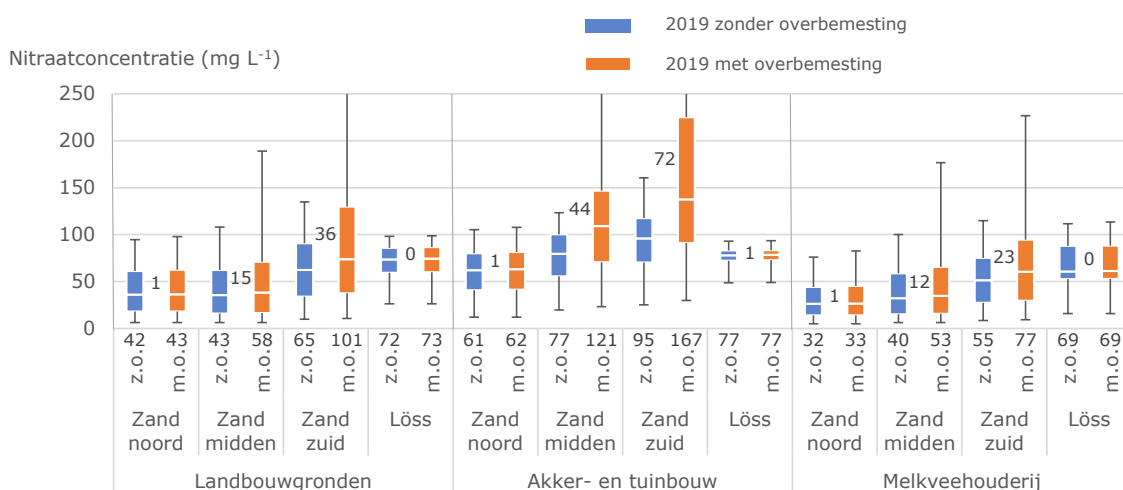
Het berekende fosfaatbodemoverschot laat voor grasland evenals bij fosfaatbemesting een geringe spreiding zien (Figuur B5.4).



Figuur B5.4 Areaal gewogen frequentieverdeling (weergegeven als boxplots) van het fosfaatbodemoverschot berekend voor de Uitgangssituatie 2019 zonder overbemesting (z.o.) en met overbemesting (m.o.). Getallen geven de areaalgewogen gebiedsgemiddelde waarden aan.

Het gemiddelde fosfaatoverschot ligt in alle situaties tussen 0 en 10 kg ha⁻¹ jr⁻¹. De laagste waarden worden berekend voor grasland waar voor een deel van het areaal negatieve waarden worden berekend. In die situaties vindt een lichte vorm van uitmijnen plaats. Voor snijmais en akker en tuinbouw in Zand midden en Zand zuid wordt voor de situatie met overbemesting voor een bepaald deel van het areaal een fosfaatoverschot berekend groter dan 10 kg ha⁻¹.

De berekende nitraatconcentraties (Figuur B5.5) laten een duidelijk effect van de gemodelleerde overbemesting in Zand midden en Zand zuid zien. Voor akker- en tuinbouw leidt de overbemesting tot 44 en 72 mg L⁻¹ hogere gebiedsgemiddelde nitraatconcentraties in Zand midden en Zand zuid en voor melkveehouderij tot 12 en 23 mg L⁻¹ hogere gebiedsgemiddelde nitraatconcentraties in deze gebieden.



Figuur B5.5 Areaal gewogen frequentieverdeling (weergegeven als boxplots) van de nitraatconcentratie in uitspoelend water berekend voor de Uitgangssituatie 2019 zonder overbemesting (z.o.) en met overbemesting (m.o.). Getallen onder de horizontale as geven de areaalgewogen gebiedsgemiddelde waarden aan en getallen tussen de vlakken de verschillen tussen de gemiddelde waarden.

De gemodelleerde overbemesting heeft ook een aanzienlijk effect op de ruimtelijke spreiding van de nitraatconcentraties, wat aangeeft dat de overbemesting en de effecten ervan niet uniform over de gebieden verdeeld is, maar dat het regionale lokale effecten betreft. Daarbij wordt opgemerkt dat een overschatting van de verdeling van de overbemesting op mais waarschijnlijk ook leidt tot een overschatting van de range aan nitraatconcentraties onder dit gewas. Voor akker- en tuinbouw in Zand zuid wordt een 75-percentielwaarde berekend groter dan 200 mg L⁻¹. Een dergelijke waarde is moeilijk te verifiëren met meetwaarden op een monitoringsmeetnet, omdat zwaar overbemeste percelen doorgaans niet in een dergelijk meetnet zijn opgenomen.

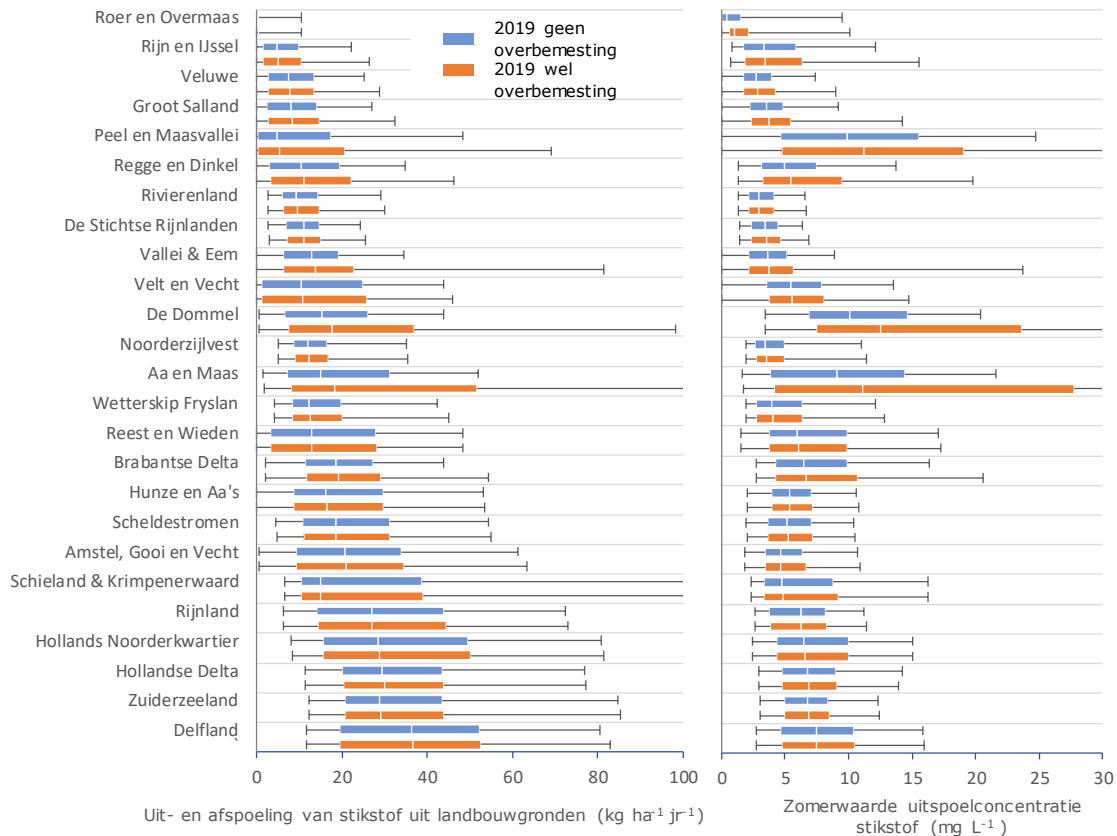
Het oppervlak met een nitraatconcentratie van ten hoogste 50 mg L⁻¹ is voor de Ausgangssituatie in 2019 weergegeven en is weergegeven als percentage van het landbouwareaal (Tabel 5.1).

Tabel B5.1 Areaal met nitraatconcentratie kleiner of gelijk aan 50 mg L⁻¹ in 2019 voor de Ausgangssituatie met overbemesting en zonder overbemesting

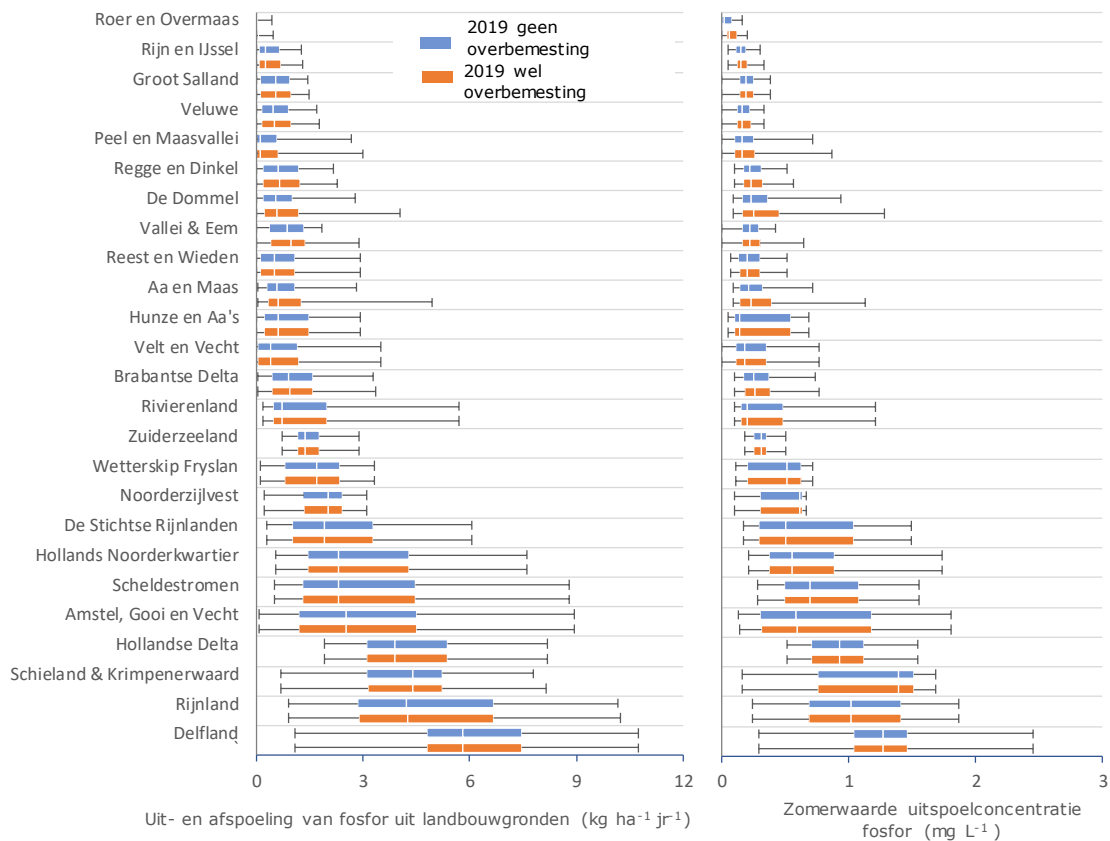
	Landbouw		AT		MVH	
	Met overbemesting	Zonder overbemesting	Met overbemesting	Zonder overbemesting	Met overbemesting	Zonder overbemesting
Zand Noord	70%	71%	39%	40%	86%	87%
Zand Midden	65%	71%	14%	22%	69%	75%
Zand Zuid	37%	43%	12%	16%	45%	53%
Löss	17%	17%	6%	6%	27%	27%

Voor Zand noord en de Lössregio is het areaal beneden de norm voor wel en niet overbemest ongeveer gelijk. In Zand midden voldoet zonder overbemesting 6 – 8% meer landbouwareaal aan de nitraatdoelstelling. Voor Zand zuid is dat verschil 4 – 8%.

De effecten van de gemodelleerde overbemesting op de stikstof- en fosforbelasting van oppervlaktewater is weergegeven in Figuur B4.6 en Figuur B4.7. Voor stikstof is het grootste effect te zien bij de waterschappen Aa en Maas en De Dommel. Kleine effecten worden berekend voor Peel en Maasvallei, Regge en Dinkel en Vallei en Eem. Hogere piekwaarden door overbemesting, in de figuren aangegeven als het 95-percentiel, worden naast de genoemde waterschappen ook berekend voor Brabantse Delta en Rijn en IJssel. Hoge piekwaarden leiden voor de betreffende gebieden tot relatief hoge waarden voor de gebiedsgemiddelde uit- en afspoelingsvrachten. De extra uit- en afspoeling van stikstof (gebiedsgemiddeld) door de gemodelleerde overbemesting bedraagt ca 80% en 60% voor de waterschappen Aa en Maas en De Dommel. Voor de waterschappen Vallei en Eem en Peel en Maasvallei ligt deze waarde tussen 30 en 50%. Voor de andere zandgebieden ligt dat beneden 20%. Voor de klei- en veengebieden wordt geen of slechts een geringe mate van overbemesting berekend. Het effect ervan op de waterkwaliteit in die gebieden is dan ook klein.



Figuur B5.6 Areaalgewogen frequentieverdeling (weergegeven als boxplots) van de uit- en afspoeling van stikstof uit landbouwgronden (links) en zomerwaarden voor de stikstofconcentratie in uitspoelend water voor de Ausgangssituatie in 2019 zonder overbemesting en met overbemesting.



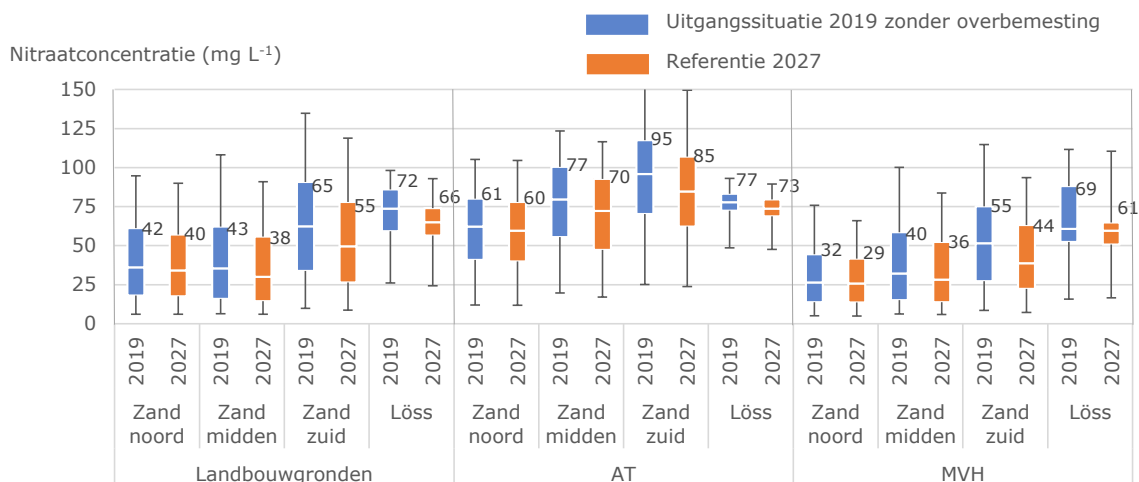
Figuur B5.7 Areaalgewogen frequentieverdeling (weergegeven als boxplots) van de uit- en afspoeling van fosfor uit landbouwgronden (links) en zomerwaarden voor de fosforconcentratie in uitspoelend water voor de uitgangssituatie in 2019 zonder overbemesting en met overbemesting.

De gemodelleerde overbemesting in 2019 heeft geen of een gering effect op de mediane waarden (50-percentielwaarden) van de fosforbelasting van oppervlaktewater (Figuur B5.7). Voor de gebieden met een relatief hoge mate van overbemesting is wel te zien dat de 75-percentielwaarden en 95 percentielwaarden hoger zijn dan in de situatie zonder overbemesting. Dit wijst erop dat de effecten niet uniform over de gebieden verspreid zijn, maar een lokaal karakter hebben.

Evenals bij stikstof hebben de lokale piekbelastingen met fosfor ook een effect op de gebiedsgemiddelde fosforbelasting van oppervlaktewater, zij het in mindere mate dan voor N. De gebiedsgemiddelde P-belasting van oppervlaktewater in de beheersgebieden van de waterschappen Aa en Maas en De Dommel voor de situatie met overbemesting 25 – 30% hoger dan voor de situatie zonder overbemesting. Bedacht moet worden dat de berekende overbemesting niet alleen betrekking heeft op de berekende bemesting in 2019, maar ook op over een lange reeks van voorafgaande jaren. Hierdoor is de bodem van een relatief groot aantal percelen in het model verzadigd geraakt met fosfaat en wordt een “doorslag” gesimuleerd. Opgemerkt wordt dat in het rekenmodel geen rekening wordt gehouden met de ijzerchemie van de grondwater en de waterbodem en dat daarmee een “worst-case” situatie wordt beschreven. Voor de waterschappen Vallei & Eem en Peel en Maasvallei en bedraagt het verschil in de P-uitspoeling bij de situaties met en zonder overbemesting ca 15% en voor de andere zandgebieden hooguit enkele procenten. Voor de klei- en veengebieden is het effect van het wel of niet overbemesten op de gebiedsgemiddelde P-belasting van oppervlaktewater nul of zeer gering.

B5.2 Vaststellen Referentie 2027

De uitgangssituatie van 2019 zonder overbemesting is als startpunt gebruikt voor de prognoseberekening van 2027. De veronderstelde veranderingen in dieraantallen, excretiewaarden en landgebruik zijn beschreven in hoofdstuk 2.4. De effecten ervan op de bemesting zijn beschreven in Bijlage 4.



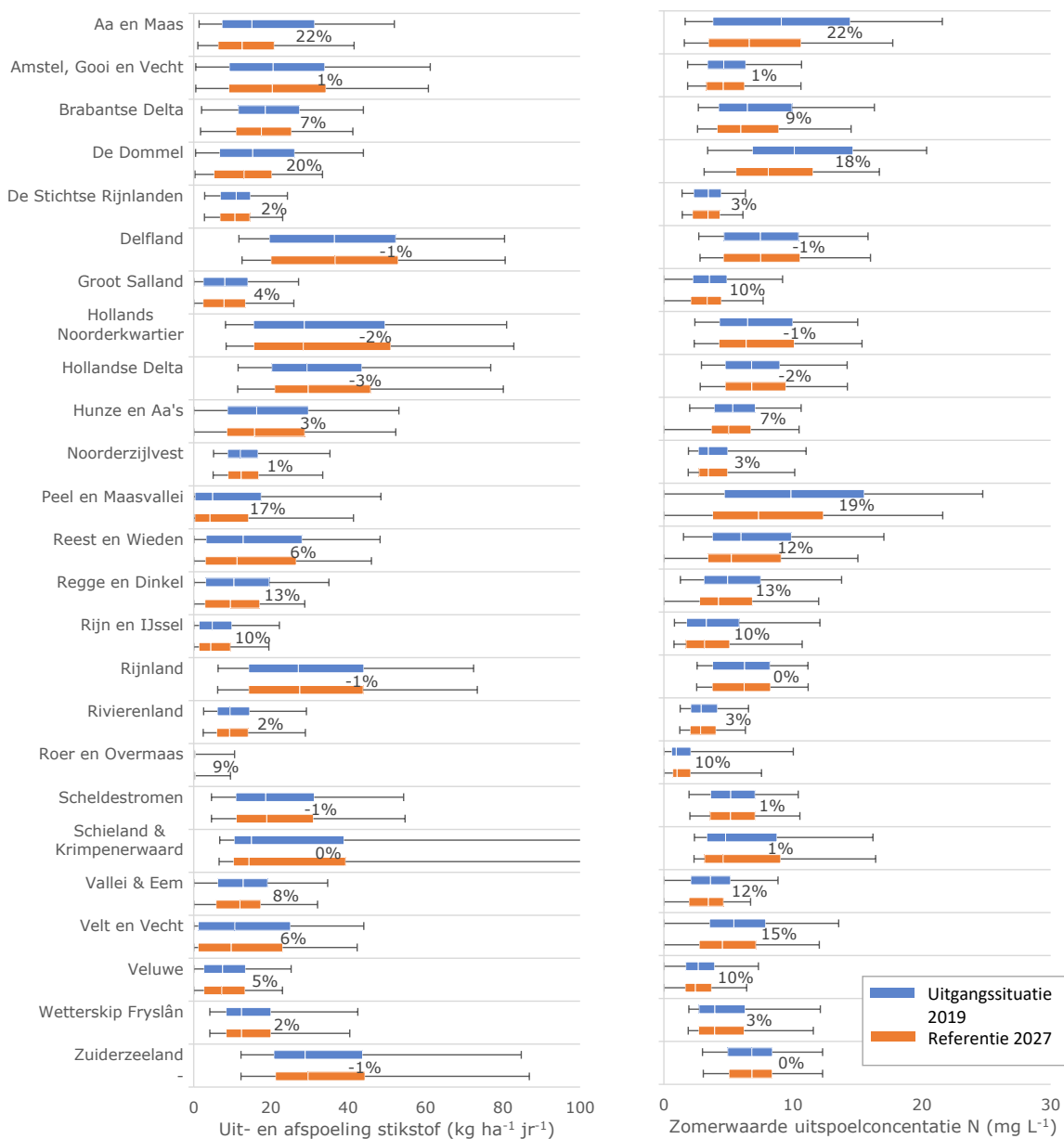
Figuur B5.8 Areaal gewogen frequentieverdeling (weergegeven als boxplots) van de nitraatconcentraties in uitspoelend water berekend voor de Uitgangssituatie 2019 zonder overbemesting en voor de Referentie 2027 in de zandregio's en de lössregio. Getallen duiden de areaalgewogen gemiddelde waarden aan.

Voor alle regio's wordt na 2019 een daling van de nitraatconcentraties berekend. De daling is het grootst in Zand zuid en bedraagt 9 mg L⁻¹ voor AT-gewassen en 11 mg L⁻¹ voor de melkveehouderijsector. De maatregelen van het 6^e Actieprogramma, de na-ijling van de maatregelen van vorige Actieprogramma's en de ontwikkelingen ten aanzien dieraantallen leiden tot een vermindering van de nitraatuitspoeling. Voor Zand noord bedraagt de daling 1 en 2 mg L⁻¹ voor AT-gewassen en de melkveehouderijsector en in Zand midden bedraagt de daling respectievelijk 7 en 5 mg L⁻¹ voor deze sectoren. Voor de lössregio wordt een daling van 3 en 8 mg L⁻¹ berekend voor AT-gewassen en de melkveehouderijsector. Voor Zand midden en Zand zuid worden voor 2027 lagere piekwaarden berekend. Tabel B5.2 geeft de oppervlakten weer waarvoor de nitraatconcentratie lager of gelijk aan 50 mg L⁻¹ wordt berekend, uitgedrukt als percentage van het landbouwareaal.

Tabel B5.2 Areaal met nitraatconcentratie kleiner of gelijk aan 50 mg L⁻¹ in 2019 voor de uitgangssituatie zonder overbemesting en de Referentie 2027.

	Landbouw		AT		MVH	
	Uitgangssituatie 2019	Referentie 2027	Uitgangssituatie 2019	Referentie 2027	Uitgangssituatie 2019	Referentie 2027
Zand Noord	65%	69%	35%	38%	81%	85%
Zand Midden	64%	70%	22%	27%	67%	73%
Zand Zuid	39%	50%	14%	17%	48%	62%
Löss	14%	16%	5%	6%	22%	25%

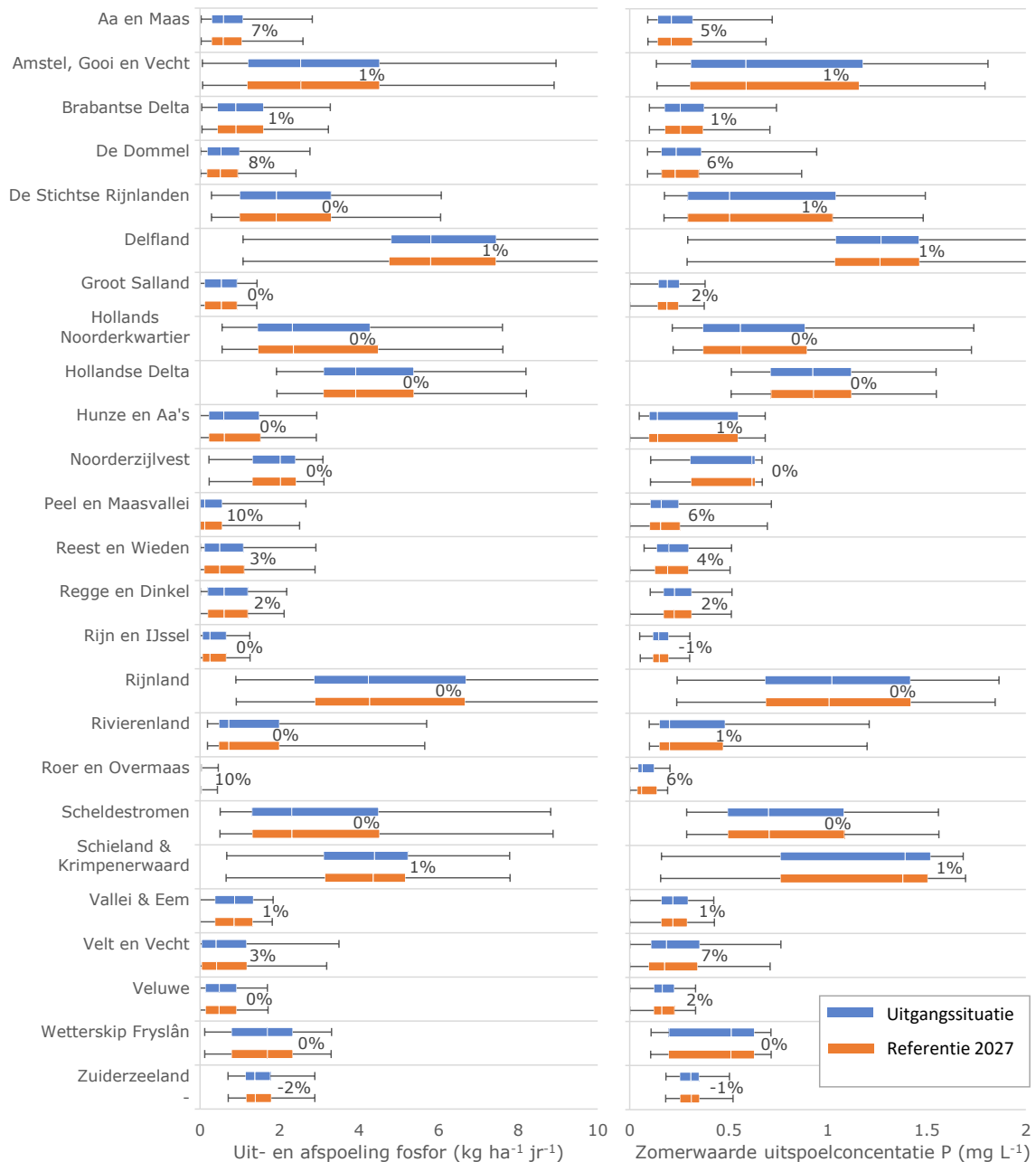
In 2027 zal een groter oppervlak aan de norm van 50 mg L⁻¹ voldoen dan bij de berekende uitgangssituatie van 2019. Voor Zand noord en Zand midden bedraagt de toename 4 en 6% van het landbouwareaal. Voor Zand zuid wordt een toename berekend van 11%, waarmee in 2027 de helft van het landbouwareaal aan de norm van 50 mg L⁻¹ zal voldoen. Voor de lössregio wordt een geringe toename berekend, omdat de berekende concentraties voor de uitgangssituatie 2019 hoger zijn. Een gelijke daling van concentraties leidt daarmee nog niet tot een even grote toename van het doelbereik. De effecten van de berekende Referentie2027 ten opzichte van de Uitgangssituatie 2019 op de stikstofbelasting van oppervlaktewater zijn weergegeven in Figuur B5.9.



Figuur B5.9 Areaal gewogen frequentieverdeling (weergegeven als boxplots) van de stikstofbelasting van oppervlaktewater ($\text{kg ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$) uit landbouwgronden (links) en (rechts) zomerwaarden van de stikstofconcentratie in water afgevoerd naar oppervlaktewater (mg L^{-1}) voor de Uitgangssituatie 2019 zonder overbemesting en voor de Referentie 2027. Getallen duiden de daling aan van de gebiedsgemiddelde waarden

In Figuur B5.9 is te zien dat de ruimtelijke spreiding van de N-belasting van oppervlaktewater en van de zomerwaarden van de uitspoelconcentratie afneemt tussen 2019 en 2027. Voor de waterschapsbeheergebieden die het sterkst reageren op de gemodelleerde overbemesting (Bijlage B5.1) is de afname tussen 2019 en 2027 het grootst. Dat komt omdat niet alleen de overbemesting in de uitgangssituatie maar ook de uitspoelingsgevoeligheid kenmerkend zijn voor deze gebieden. Het hier beschouwde verschil betreft een vergelijking met een situatie zonder overbemesting. De resultaten voor deze gebieden worden beïnvloed door de wijze waarop de hydrologische processen van deze gebieden in het Landelijk Hydrologisch Model zijn beschreven. Waarschijnlijk wordt voor delen van Aa en Maas en De Dommel een te natte situatie berekend. In combinatie met een relatief hoog stikstofbodemoschot leidt dit tot sterke respons van de uitspoeling naar oppervlaktewater. Berekend wordt dat de N-belasting van oppervlaktewater door landbouwgronden zou dalen met ca. 20%. Voor de andere zandgebieden is de daling lager: 5 – 10%. Voor de klei- en veengebieden wordt een geringe daling berekend en in enkele gebieden een stijging van ten hoogste 3%. Oorzaken van de geringe berekende stijging zijn vooralsnog niet duidelijk. De dalingen van de zomerwaarden van de uitspoelconcentraties zijn ongeveer even groot als die van de vrachten.

De effecten van de berekende Referentie2027 ten opzichte van de Uitgangssituatie 2019 op de fosforbelasting van oppervlaktewater zijn weergegeven in Figuur B5.9.



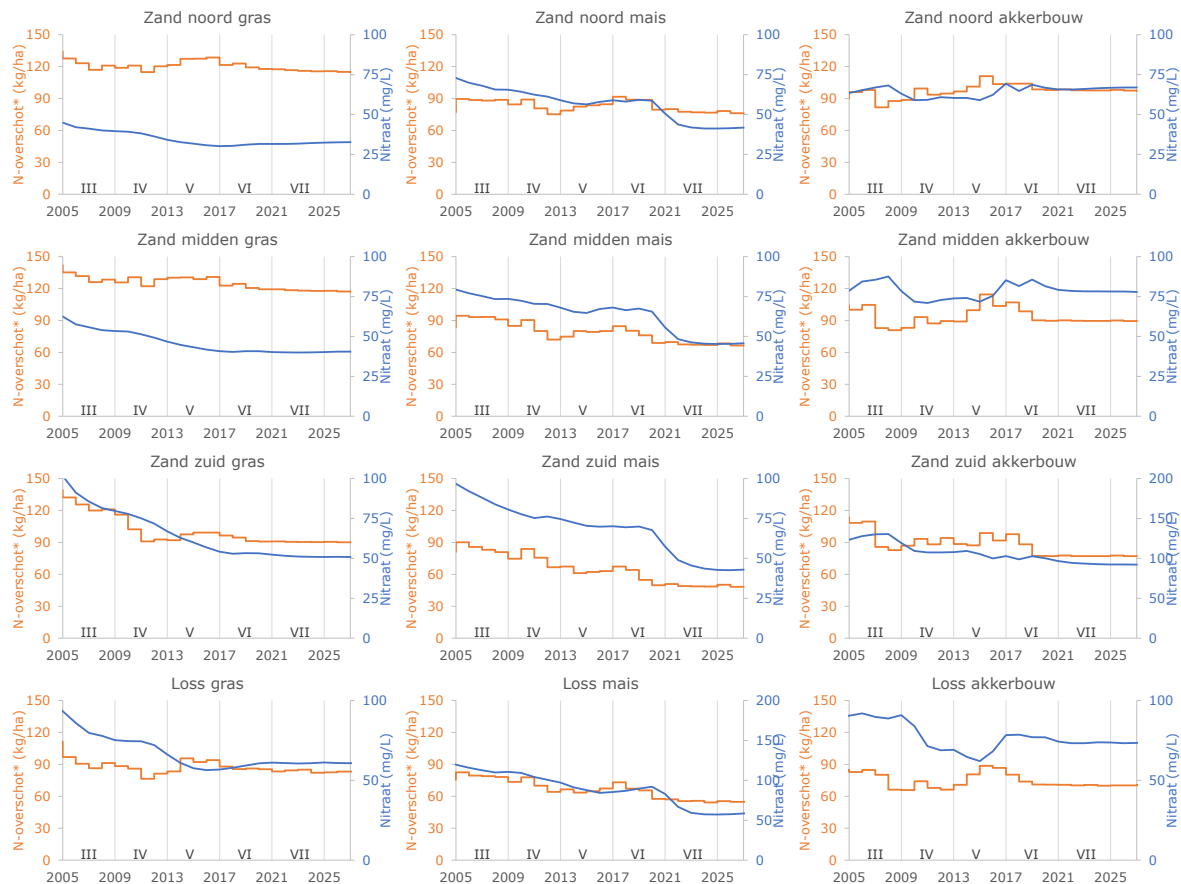
Figuur B5.10 Areaal gewogen frequentieverdeling (weergegeven als boxplots) van de fosforbelasting van oppervlaktewater (kg ha⁻¹ jr⁻¹) uit landbouwgronden (links) en (rechts) zomerwaarden van de fosforconcentratie in water afgevoerd naar oppervlaktewater (mg L⁻¹) voor de Uitgangssituatie 2019 zonder overbemesting en voor de Referentie 2027. Getallen duiden de daling aan van de gebiedsgemiddelde waarden

Voor de waterschapsbeheergebieden Aa en Maas, De Dommel en Peel en Maasvallei wordt een daling van de fosforbelasting van oppervlaktewater berekend. Evenals voor de stikstofbelasting geldt dat vanwege onvolkomenheden in het Landelijk Hydrologisch Model de hydrologie in deze gebieden minder adequaat wordt beschreven en dat daardoor een te sterke reactie van de uitspoeling op veranderde omstandigheden wordt berekend. In de meeste gebieden is de verandering nihil of zeer gering.

B5.3 Effect van na-ijling

In de berekeningen met LWKM 1.2 wordt voor de periode tot aan 2019 uitgegaan van door INITIATOR berekende mestgiften die jaarlijks variëren als gevolg van veranderingen in dieraantallen, landgebruik, mesttransporten, aanpassingen in gebruiksnormen en dergelijke factoren. Vanaf 2020 wordt een constante mestgift verondersteld die is vastgesteld voor een bepaald scenario. Omdat de vertraging tussen overschotten in de wortelzone en nitraatconcentraties in het bovenste grondwater gemiddeld ca twee jaar bedraagt, corresponderen de nitraatconcentraties in 2019 met de overschotten van de periode 2016 – 2019.

Gepresenteerde rekenresultaten in Figuur B5.11 gaan uit van de gebruiksnormen en gebruiksvorschriften in verschillende Actieprogramma's, waarbij de normen en voorschriften voor het 7^e en 8^{ste} Actieprogramma gelijk zijn verondersteld aan die van het 6^e Actieprogramma. De bemesting waarmee in het model gerekend overschrijdt gebruikruimte niet, maar houdt wel rekening met de ontwikkeling van dierlijke mestgiften in de verschillende gebieden. Informatie over de trend en jaarlijkse variatie van de gewasopbrengsten tot en met 2019 is ontleend aan Statline (CBS). Na 2019 is voor de gewasopname het gemiddelde van de periode 2015 – 2019 verondersteld. In de berekeningen zijn de effecten van weersvariatie op de nitraatconcentraties gefilterd. De variatie in de nitraatgehalten wordt dus alleen veroorzaakt door de variatie in de N-overschotten. Vanaf 2019 is de maatregel opgelegd waarin voor alle mais op zand- en lössgronden een uiterste zaaidatum van 1 oktober geldt.



Figuur B5.11 Berekenende N-overschotten (zonder rekening te houden met aanvoer van niet-mest producten en stikstofbinding) en berekenende nitraatconcentratie als gevolg van het verloop van het N-overschot en waarbij weereffecten zijn uitgesloten. Resultaten hebben betrekking op zandgronden in de zandgebieden en lössgronden in het lössgebied. Romeinse cijfers geven de Actieprogramma's aan

In Figuur B5.11 is te zien dat voor grasland in de periode 2015 – 2017 verhoogde N-overschotten worden berekend. Na 2017 dalen de overschotten weer. Tot 2017 vertoont het verloop van het nitraatgehalte onder grasland een dalend verloop. Vanaf 2017 stabiliseert het verloop en in het lössgebied neemt de concentratie onder grasland weer iets toe.

Mais laat een gestaag dalend verloop van het N-overschot zien, maar in de periode 2017 en 2018 wordt het overschot wat hoger berekend. Voor akkerbouw wordt in Zand noord, Zand midden en het lössgebied in de periode 2015 – 2018 een verhoogde waarde van het N-overschot berekend. Onder grasland in Zand zuid daalt de nitraatconcentratie tussen 2019 en 2027 nog met ca 3 mg L⁻¹ als gevolg van een nog verdere daling van het N-overschot. In de andere gebieden is de nitraatconcentratie onder grasland stabiel. Voor snijmais is het effect te zien van de verscherpte regelgeving ten aanzien van het vanggewas, Doordat het vanggewas nu tijdig gezaaid wordt, sorteert het effect bij de vermindering van de nitraatconcentratie. Het effect is pas na enkele jaren zichtbaar vanwege de vertraging tussen de vorming van het N-overschot in de wortelzone en het arriveren in en menging met de bovenste meter van het grondwater. Voor akkerbouw wordt in Zand noord, Zand midden en het lössgebied een stijging berekend in de periode 2015 – 2017 als gevolg van een toename in het gebruik van dierlijke mest en als gevolg van hogere N-overschotten door ongunstige weersomstandigheden in 2015 en 2016 (koud voorjaar, natte perioden). De figuren laten zien dat:

- Voor snijmais het effect van het vanggewas na enkele jaren zichtbaar wordt. Deze daling is te beschouwen als een na-ijlingseffect van het 6^e Actieprogramma
- Voor akkerbouw vanwege de specifieke omstandigheden in het verloop van bemesting en het verloop van het N-overschot in 2019 de hoogste concentratie is berekend. Hierna treedt weer een daling omdat voor de periode na 2019 een jaarlijks gelijke gewasopname is verondersteld. De daling na 2019 is te beschouwen als een na-ijlingseffect van de specifieke weersomstandigheden die geleid hebben tot wat hogere N-overschotten in de jaren voorafgaand aan het zichtjaar.

Bijlage 6 Landelijke maatregelen

B6.1 Mestvrije perceelsranden langs waterlopen

Achtergrond

Noij et al. (2012) hebben de effectiviteit van droge grasbufferstroken voor typisch Nederlandse omstandigheden onderzocht. Door de aanwezigheid van diepe, goed doorlatende bodemlagen, buisdrainage in een groot aantal landbouwpercelen, is de effectiviteit veel kleiner dan internationale onderzoeksresultaten aangeven.

Noij et al. (2012) concludeerden dat het effect van droge grasbufferstroken op de reductie van de uitspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater verschilt per bodemgroep. Van der Welle en Decler (2001) rapporteren voor Belgische omstandigheden een stikstofzuiveringspercentage van 15% bij een bufferstrookbreedte van 5 meter. Noij et al (2012) geven op basis van modelberekeningen een bandbreedte van 10 – 20% voor een bufferstrookbreedte van 5 meter onder Nederlandse omstandigheden. In de veldstudie van Noij et al (2012) is niet onderzocht wat het effect is van toenemende breedte van een bufferstrook maar uit de literatuur is een minder dan evenredig effect van een toenemende breedte bekend.

De werking van droge bufferstroken op de afspoeling van fosfor naar het oppervlaktewater is gering, tenzij er sprake is van overwegend ondiepe afvoer (inclusief oppervlakkige afvoer) én er sprake is van fosfaatverzadigde grond. Bufferstroken kunnen wel effectief zijn op fosfaatlekkende gronden met overwegend ondiepe afvoer. Op een hellend perceel met keileem op geringe diepte in Winterswijk is een werking van 60% vastgesteld; vanuit de hydrologie kan dit worden gezien als een bovengrens. De fosfaattoestand was daar nog beneden 42% fosfaatverzadigingsgraad (Noij et al, 2012)

De effectiviteit bemestingsvrije perceelsrand op een niet-gedraineerd perceel wordt door een aantal factoren bepaald:

- De breedte van de strook en breedte van de strook ten opzichte van de perceelsbreedte (afstand tussen waterlopen);
- De perceelgemiddelde helling en perceelsreliëf (micro-reliëf);
- De diepte van de waterstroming vanaf het maaiveld naar de waterloop. Deze wordt beïnvloed door de diepte van de grondwaterstand; de afstand tussen waterlopen en de opbouw van het geo-hydrologisch profiel;
- De mate waarin de bodem van een perceel verdicht is (dan wel het water kan laten infiltreren) en het risico op het optreden van oppervlakkige afstroming. Bij niet-hellende percelen is het risico op het vormen van plassen op het maaiveld hiervoor een goede indicator;
- Het nutriëntengehalte van de bodem en nutriëntenconcentraties in het bodemvocht van het perceel
- De inrichting en het beheer van de bemestingsvrije strook.

Voor het inzicht in de invloed van hydrologische factoren op effectiviteit van bemestingsvrije perceelsranden is het nuttig om onderscheid te maken in verschillende typen effecten (Van Bakel et al, 2007):

- 1) het areaaleffect: door het niet meer bemesten van perceelsranden blijft een deel van het areaal onbemest. Dit areaal heeft hierdoor minder uit- en afspoeling naar waterlopen nutriëntenbelasting en dit effect is er altijd ongeacht de ligging ten opzichte van de waterlopen.
- 2) het verblijftijdeffect: in een tweedimensionale beschouwing van de stroming van water naar de waterlopen legt het water afkomstig uit het midden van een perceel een langere weg af voordat het uittreedt in de (langere stroombanen) Hoe langer de verblijftijd en hoe langer de stroombaan hoe groter de kans op afbraak en/ of vastlegging van nutriënten. Daardoor is de

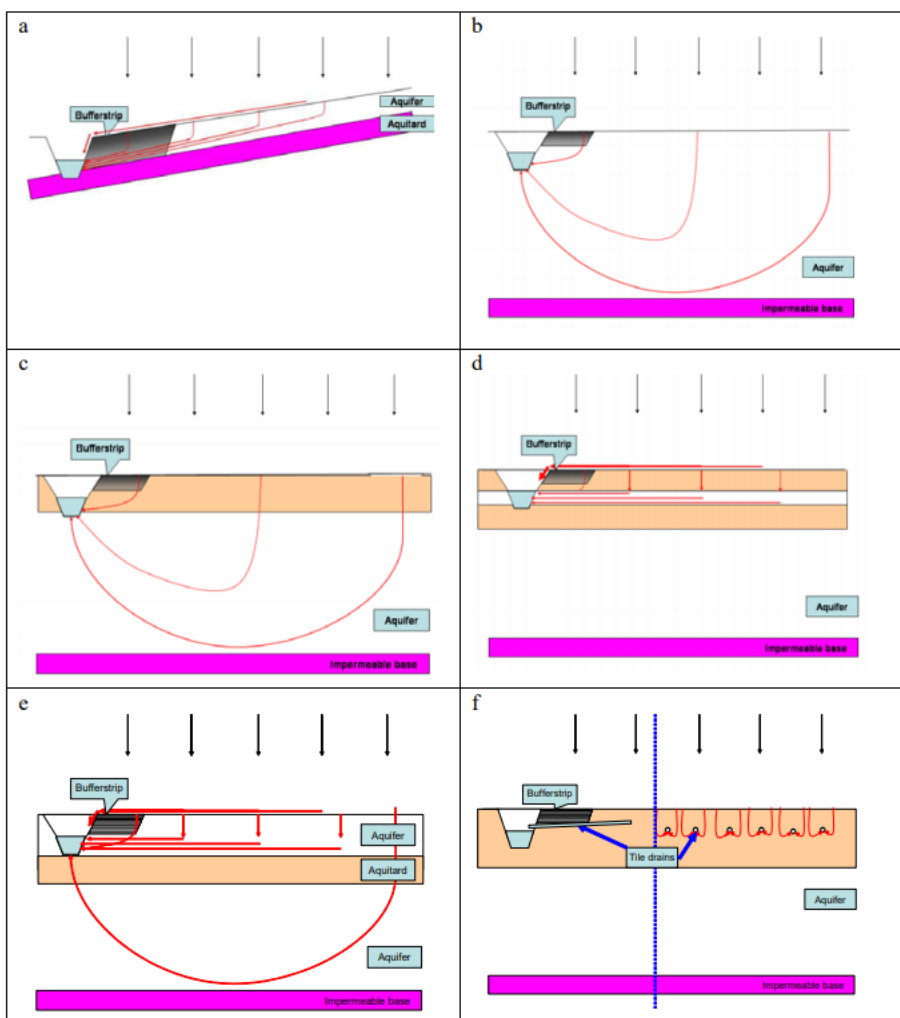
verwachting dat het aanleggen van een bemestingsvrije strook langs waterlopen een groter effect heeft dan alleen het areaaleffect.

- 3) het onderscheppend effect: indien grondwater afkomstig van buiten de bemestingsvrije zone de strook passeert kan de aanwezige begroeiing op de bemestingsvrije perceelsrand nutriënten opnemen en het vertraagt watertransport over het maaiveld. Ook andere processen zoals denitrificatie of adsorptie kunnen tot concentratie verlaging leiden. De onderscheppende werking kan alleen optreden als door laterale instroming of capillaire opstijging grondwater afkomstig van buiten de strook de wortelzone van de vegetatie op de bufferstrook kan bereiken. Een andere mogelijkheid van onderschepping is dat oppervlakkig getransporteerde nutriënten de bufferstrook instroomt en vervolgens infiltreert. Ook kunnen gesuspendeerde bodemdeeltjes via de oppervlakte-afvoer, met daaraan gehecht nutriënten, in de bufferstrook achterblijven.

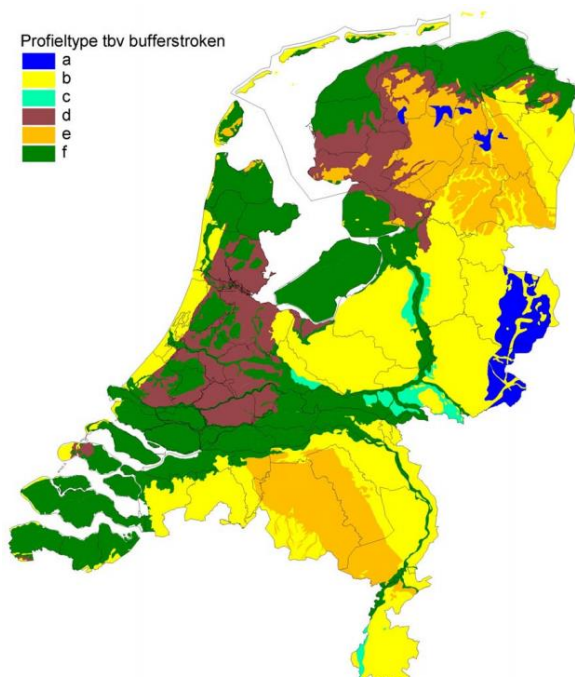
Van Bakel et al (2007) onderscheidt zes geohydrologische profieltypen om de grondwaterstroming nabij en onder bemestingsvrije perceelsranden mee te karakteriseren:

- ondiep grondwater systeem in een hellend gebied
- diep grondwatersysteem
- diep grondwatersysteem afgedekt met een slecht doorlatende deklaag
- Holland profiel in deklaag
- twee watervoerende pakketten gescheiden door een ondiepe slecht doorlatende laag
- dikke slecht doorlatende deklaag, veelal gedraineerd

Het stromingspatroon van grondwater door en langs perceelsranden is voor de zes situaties schematisch weergegeven in Figuur B6.1.1 en een kaart van Nederland met de indeling van deze zes profieltypen in Figuur B6.1.2.

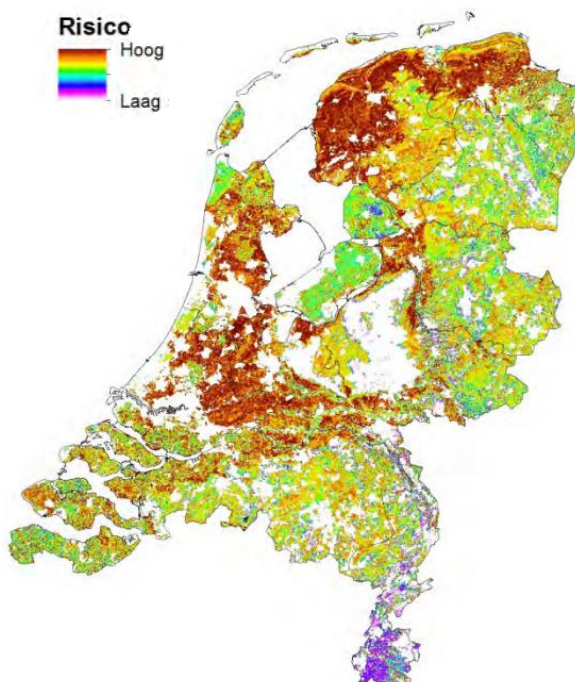


Figuur B6.1.1. Schematische weergave van zes onderscheiden geohydrologische profielen voor het karakteriseren van grondwaterstroming nabij en onder bemestingsvrije perceelsranden (Bron: Van Bakel et al, 2007)



Figuur B6.1.2 Ligging van de zes geohydrologische profieltypen om de grondwaterstroming nabij en onder bemestingsvrije perceelsranden te karakteriseren (bron: Van Bakel et al, 2007).

Voor niet hellende gebieden is het voorkomen van plassen op het maaiveld bij hevige regenval of langdurige regenval een indicator voor het risico op oppervlakkige afspoeling.



Figuur B6.1.3 Risico op het vormen van plassen op het maaiveld bij hevige regenval of langdurige regenval (Bron: Massop et al, 2014).

In het algemeen is de grootste effectiviteit te verwachten voor:

- hellende gebieden met een ondiep grondwater systeem (gebiedstype a in Figuur B6.1.2)
- percelen met een ondiepe grondwaterstand en een ondiepe laag van gering dikte waardoor neerslagoverschot wordt afgevoerd (natte veengebieden)
- percelen met een hoog risico op oppervlakkige afstroming waarbij een strook met ruigere vegetatie wordt aangelegd

Kenmerken van waterlopen en gebieden

In de huidige situatie geldt voor de meeste situaties op grond van het Activiteitenbesluit milieubeheer (artikel 3.79-3.85) een mestvrije zone ter breedte van de teeltvrije zone voor akker- en tuinbouwgewassen. De breedte van teelt- en mestvrije zone is gerekend vanuit de insteek van de waterloop. Voor aardappelen, uien, wortelen, bollen, vaste planten en bomen geldt een teeltvrije zone van 150 cm. Voor granen, graszaad en overige gewassen geldt een teeltvrije zone van 50 cm. Voor grasland en braakliggend land geldt een spuit- en mestvrije zone van 50 cm breed. Als het betrokken oppervlaktewaterlichaam is aangewezen op basis van het Uitvoeringsbesluit Meststoffen geldt een teelt-, spuit- en mestvrije zone van 500 cm.

Beheer van akkerranden is één van de opties in het Akkerbouw-strokenpakket om te voldoen aan de subsidiabele vergroeningseis van 5% Ecologisch aandachtsgebied¹⁵. Bij vrijwillig randenbeheer is de minimale breedte van de onbemeste strook meestal 3 m en de maximale breedte 12 m. De minimale en maximale lengtes zijn vaak niet vastgelegd. Een akkerrand kan ook mede tot doel hebben om natuurlijke vijanden aan te trekken die zorgen voor natuurlijke plaagbestrijding in gewassen. Men spreekt dan van Functionele Agrobiodiversiteit en over 'FAB-randen'

Voor het schatten van effecten van mestvrije perceelsranden zijn drie typen waterlopen onderscheiden: 1) ecologisch waardevolle beken die volgens artikel 3 van het uitvoeringsbesluit meststoffenwet zijn aangewezen; 2) KRW-waterlichamen en 3) overige wateren.

De ligging van de waterlopen die volgens artikel 3 van het uitvoeringsbesluit meststoffenwet zijn aangewezen is aangegeven op de grondsoortenkaart die als bijlage toegevoegd aan de publicatie in het Staatsblad 2005 645 (Figuur B6.1.4). Voor deze waterlopen geldt dat een mestvrije perceelsrand van 5 meter breed verplicht is.



Figuur B6.1.4 Aangewezen ecologisch waardevolle beken met een mestvrije perceelsrand van 5 meter volgens artikel 3 Uitvoeringsbesluit meststoffenwet.

De meerderheid van de aangewezen ecologisch waardevolle beken is tevens aangewezen als KRW-waterlichaam. Een uitzondering zijn de beken in het beheersgebied van waterschap Vallei en Veluwe, waar de aangewezen ecologisch waardevolle beken slechts voor een klein deel zijn aangewezen als KRW-waterlichaam (Tabel B6.1.1).

¹⁵ https://www.rvo.nl/sites/default/files/2021/03/Opties_en_voorwaarden_Akkerbouw_strokenpakket_2021.pdf

Tabel B6.1.1 Lengte van de ecologisch waardevolle beken volgens artikel 3 Uitvoeringsbesluit meststoffenwet per waterschap (kilometer) met een onderscheid in beken die niet zijn aangemerkt als KRW-waterlichaam en beken die niet zijn aangemerkt als waterlichaam.

Waterschap	Totale lengte	Lengte van niet als KRW-waterlichaam aangemerkte beken	
		Lengte van niet als KRW-waterlichaam aangemerkte beken	Lengte van als KRW-waterlichaam aangemerkte beken
Brabantse Delta	77	34	43
De Dommel	129	36	93
Drents Overijsselse Delta	52	17	34
Hunze en Aa's	76	3	73
Limburg	349	136	213
Rijn en IJssel	59	26	34
Vallei en Veluwe	128	112	15
Vechtstromen	119	36	83
Totaal	988	400	588

Als een waterloop aan beide kanten volledig wordt omgeven door landbouwpercelen is de totale lengte aan mestvrije perceelsrand in principe tweemaal de lengte van de waterloop. Echter, langs de waterlopen liggen behalve landbouwpercelen ook kavels en percelen met ander grondgebruik. Dat betekent dat slechts langs een deel van de waterloopte lengte percelen en kavels een beperking hebben ten aanzien van het mestgebruik. De lengte van de perceelsranden langs de genoemde beken uitgesplitst naar gewastype is weergegeven in Tabel B6.2. Tevens is het oppervlak aangegeven van de percelen die bij een dergelijke mestvrije perceelrand betrokken zijn met daarbij het oppervlakpercentage van deze percelen ten opzichte van het totaal gewasoppervlak binnen een beheersgebied van een waterschap. Deze gegevens zijn verkregen door een berekening voor alle landbouwpercelen in Nederland van het deel van de perceelsomtrek dat grenst aan een bepaald type waterloop. Hierbij is uitgegaan van de percelenkaart volgens de Basisregistratie 2019, de waterlopenkaart van aangewezen ecologisch waardevolle beken (versie 2009) als bijlage bij de grondsoortenkaart¹⁶, de KRW-waterlopenkaart behorend bij SGBP2 (20190116)¹⁷ en de waterlopenkaarten van Kadaster (Top10NL_waterdeel, versie februari 2021)¹⁸.

Tabel B6.1.2 Lengte (kilometers) van alle randen van landbouwpercelen grenzend aan ecologisch waardevolle beken volgens artikel 3 Uitvoeringsbesluit meststoffenwet, het oppervlak (hectares) van de betreffende percelen en het areaalpercentage van deze percelen ten opzichte van het totaal oppervlak van de gewasgroep binnen het beheergebied van het waterschap.

Waterschap	Lengte van perceelsranden grenzend aan beken			Oppervlak van aangrenzende percelen			Percentage van totaal gewasoppervlak		
	AT	Gras	Mais	AT	Gras	Mais	AT	Gras	Mais
Brabantse Delta	5,6	44,9	4,2	76	545	102	0,2%	1,7%	0,8%
De Dommel	8,3	82,9	8,2	164	699	170	1,0%	2,6%	1,1%
Drents Overijsselse Delta	1,0	79,1	1,1	22	908	22	0,1%	0,9%	0,1%
Hunze en Aa's	5,8	58,9	1,7	147	870	29	0,2%	2,4%	0,3%
Limburg	35,9	178,1	16,4	805	1792	310	1,8%	5,4%	1,8%
Rijn en IJssel	3,7	24,3	3,5	60	362	106	0,6%	0,5%	0,5%
Vallei en Veluwe	0,5	59,2	3,0	12	629	58	0,3%	1,0%	0,5%
Vechtstromen	0,9	81,8	2,9	5	1033	58	0,0%	1,4%	0,3%
Totaal	61,8	609,2	40,9	1292	6837	857	0,5%	1,5%	0,6%

¹⁶ <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksprojecten-LNV/Expertisegebieden/kennisonline/Grondsoortenkaart-bij-het-uitvoeringsbesluit-Meststoffenwet.htm>

¹⁷ <https://www.waterkwaliteitsportaal.nl/WKP.WebApplication/Beheer/Data/Publiek?viewName=Bronbestanden&year=2019&month=December>

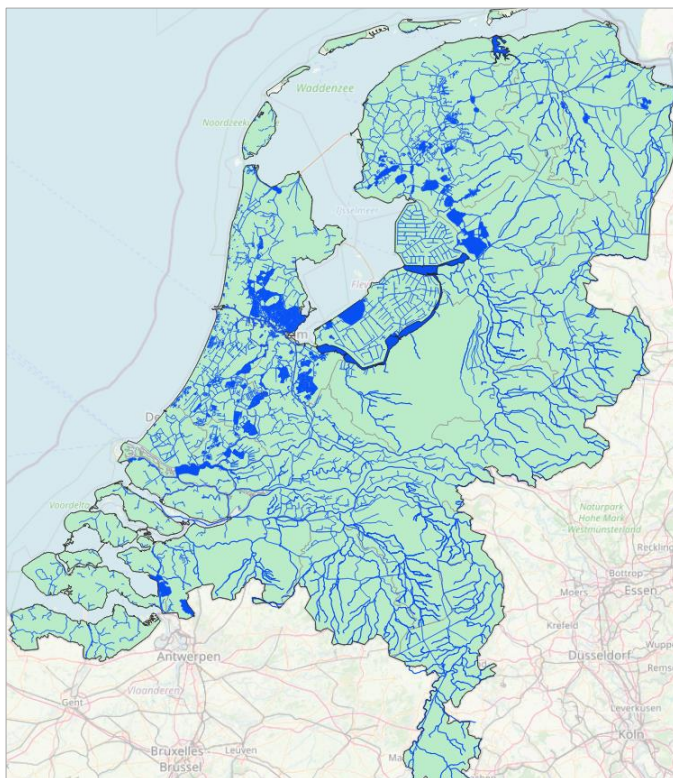
¹⁸ <https://www.pdok.nl/downloads/-/article/basisregistratie-topografie-brt-topnl#4b0b66aafe499762791d33f833371115>

De totale lengte aan mestvrije perceelsrand bedraagt 712 kilometer. Het oppervlak van de percelen die betrokken zijn bij deze maatregel is ca 9000 ha en het aandeel van deze percelen in het totaal landbouwoppervlak van de betreffende waterschappen is ca 1%.

Voor de Kaderrichtlijn Water wordt een waterlichaam omschreven als een "onderscheiden oppervlaktewater van aanzienlijke omvang, zoals een meer, een waterbekken, een stroom, een rivier, een kanaal, een overgangswater of een strook kustwater". De lengte van de verschillende watertypen is weergegeven in Tabel B6.3 en de ligging van de KRW-waterlichamen in Figuur B6.1.5.

Tabel B6.1.3 Lengte (kilometers) en oppervlakten (vierkante kilometers) van verschillende type wateren met vermelding van het percentage aangemerkt als KRW-waterlichaam (bron: Compendium voor de Leefomgeving)¹⁹

Type watersysteem	Oppervlakte (km ²)	Lengte (km)	KRW-waterlichaam
Zoute wateren	62000		20%
Brakke en overgangswateren	800		95%
Grote rivieren	330	650	100%
Vaarten en kanalen		6500	90%
Meren (> 50 ha)	2500		100%
Kleine stromende wateren (o.a. beken)		6200	70%
Sloten		330000	0,5%
Vennen	2,4		<1%



Figuur B6.1.5 Ligging van KRW-waterlichamen, exclusief de waterlichamen op zee en de grote meren

In Figuur B6.1.5 komen o.a. ten noorden en ten zuiden van Amsterdam vlakken voor die grote uniforme watermassa's suggereren. Dit is een visueel effect want het betreft waterrijke gebieden met smalle percelen omgeven door een groot aantal met elkaar verbonden sloten die met elkaar een samenhangend watersysteem vormen. Bij nader inzoomen wordt duidelijk dat het geen uniforme watermassa's zijn.

Op de hierboven beschreven manier zijn de lengtes van de perceelsranden die grenzen aan de waterlopen berekend voor KRW-waterlichamen en voor de wateren op de TOP10-waterdelenkaart. Hierbij zijn watergangen met een breedte van 0,5- 3 meter, 3 – 6 meter en 6 – 12 meter

¹⁹ <https://www.clo.nl/indicatoren/nl1401-oppervlaktewater-in-nederland>

geselecteerd. De klasse 'greppels en droogvallende wateren' is niet in beschouwing genomen, evenals de percelen die grenzen aan meren en rivieren. Percelen met agrarisch natuurbeheer of een natuurfunctie en percelen met een extreme verhouding tussen lengte en breedte zijn eveneens buiten beschouwing gelaten. Dit betreft vaak een pad, kade of perceelsrand met een bijzondere functie die afzonderlijk zijn geregistreerd in de Basisregistratie.

Voor het schatten van de effectiviteit van mestvrije perceelranden is de aanwezigheid van buisdrainage van belang. Op basis van gegevens van Massop en Schuiling (2016) is per perceel van de BRP2019-kaart een zo goed mogelijke schatting gemaakt van de aanwezigheid van buisdrainage. Massop en Schuiling (2016) baseerden hun inventarisatie op de landbouw mei-tellingen van 2012, aangevuld met gegevens van de waterschappen Noorderzijlvest en Peel en Maasvallei.

Op percelen met buisdrains verplaatst het neerslagoverschot zich voornamelijk in verticale neerwaartse richting en wordt het merendeel via de drains afgevoerd zonder dat dit water in contact komt met een 'zuiverende zone'. Daarnaast zijn percelen met buisdrains beter ontwaterd dan percelen zonder buisdrains en komen in theorie minder vaak situaties voor waarbij plassen op het maaiveld staan. In eerdere schattingen van effecten van maatregelen (Van Gaalen et al, 2020) zijn daarom percelen met buisdrains uitgesloten van de maatregel 'mestvrije perceelsrand'.

Tabel B61.4 Lengte van de perceelsranden per waterschap (kilometers) op geselecteerde akker- en tuinbouwpercelen (AT), graslandpercelen en maislandpercelen langs ecologisch waardevolle beken volgens artikel 3 Uitvoeringsbesluit meststoffenwet, langs KRW-waterlichamen en langs waterlopen vermeld op de TOP10-vectorkaart-waterdelen met een breedte van 0,5-3 meter, 3-6 meter en 6-12 meter. Selectie op basis van perceelsgrootte en lengte/breedte-verhouding, landgebruik en geen buisdrainage.

Waterschap	Grenzend aan ecologisch waardevolle beken volgens art 3 Meststoffenwet			Grenzend aan KRW-waterlichamen			Grenzend aan waterlopen van TOP10 vector kaart		
	AT	Gras	Mais	AT	Gras	Mais	AT	Gras	Mais
Aa en Maas				46,5	135,7	63,6	856	2797	1300
Brabantse Delta	4,8	27,3	3,0	19,4	148,0	13,3	923	2553	626
De Dommel	4,9	63,2	4,7	40,6	139,1	42,3	521	1735	641
Drents Overijsselse Delta	0,6	74,8	0,9	13,9	1078,0	34,7	973	15750	1858
Hollandse Delta				8,3	175,4	0,1	553	1599	61
HH Amstel, Gooi & Vecht				3,0	654,8	5,9	70	8867	272
HH Stichtse Rijnlanden				1,5	138,8	10,9	265	13239	875
HH Holl Noorderkwartier				22,6	3676,7	24,0	1634	11942	329
HH van Delfland				4,4	3,5	4,2	17	1951	37
HH Schieland. & Kr.waard				0,4	625,5	3,5	61	6964	141
Hunze en Aa's	3,4	44,3	0,8	7,4	294,2	2,5	4519	3121	501
Limburg	25,8	158,4	12,9	30,5	99,2	17,3	780	1475	471
Noorderzijlvest				1,1	361,5	0,4	569	5993	192
Rijn en IJssel	2,5	14,2	2,2	6,6	83,4	16,7	424	3647	864
HH Rijnland				58,8	802,6	11,1	749	9453	262
Rivierenland				53,6	298,2	23,5	1658	18055	1530
Scheldestromen				29,6	561,2	0,5	1659	2028	184
Vallei en Veluwe	0,5	56,5	2,4	3,9	147,1	14,3	219	9174	994
Vechtstromen	0,5	56,4	2,3	10,9	63,5	11,3	1088	4090	1077
Wetterskip Fryslân				8,2	1754,9	34,4	1010	28680	1938
Zuiderzeeland				78,9	126,1	3,1	626	659	33
Totaal	43,2	495,1	29,0	450,4	11367,2	337,6	19178	153771	14186

In de Tabel B6.1.4 is een groot verschil tussen waterschappen te constateren. Gedeeltelijk wordt dit veroorzaakt door de omvang van de beheersgebieden en het landbouwareaal in de beheersgebieden, maar anderzijds speelt het landschap een grote rol. In de waterschappen met een groot areaal veenweide (Drents Overijsselse Delta, Amstel Gooi en Vecht, Hollands Noorderkwartier, Rivierenland, Schieland en Krimpenerwaard, Rijnland, Stichtse Rijnlanden, Wetterskip Fryslân) is de lengte van

perceelsranden grenzend aan oppervlaktewater veel groter dan in de andere gebieden. De verschillen in lengte van perceelsranden langs KRW-waterlichamen worden daarnaast ook veroorzaakt de methode waarmee waterlichamen zijn aangewezen en vastgesteld. In het beheersgebied van Stichtse Rijnlanden en Rivierenland is de lengte van perceelsranden langs KRW-waterlichamen naar verhouding kleiner dan bijv. het beheersgebied van Amstel Gooi en Vecht en Hollands Noorderkwartier).

Landelijk gemiddeld is de verhouding van de perceelslengte langs de aangewezen beken : KRW-waterlichamen : overige watergangen ongeveer 1 : 20 : 300.

Het oppervlak van de mestvrije perceelsranden is afhankelijk van de gekozen breedte. Het oppervlak van de percelen die betrokken zijn bij de eventuele aanleg van een mestvrije perceelsrand is weergegeven in Tabel B6.1.5 voor de percelen langs KRW-waterlichamen en in Tabel B6.1.6 voor de percelen langs de overige beschouwde watergangen.

Tabel B6.1.5 Oppervlakte (hectares) en percentages van akker- en tuinbouwpercelen (AT), graslandpercelen en maislandpercelen langs KRW-waterlichamen die niet zijn aangewezen als ecologisch waardevolle beken volgens artikel 3 Uitvoeringsbesluit meststoffenwet en waarvan op basis van perceelsgrootte en lengte/breedte-verhouding, landgebruik en afwezigheid buisdrains verondersteld wordt dat een mestvrije perceelsrand aangelegd zou kunnen worden

Waterschap	Oppervlakte percelen grenzend aan KRW-waterlichamen			Percentage van het oppervlak van aan KRW-waterlichamen grenzende percelen ten opzichte van het totaal oppervlak		
	AT	Gras	Mais	AT	Gras	Mais
Aa en Maas	1105	2546	1310	5,3%	7,2%	5,6%
Brabantse Delta	291	939	172	0,8%	3,0%	1,4%
De Dommel	693	1777	707	4,4%	6,7%	4,5%
Drents Overijsselse. Delta	172	4770	488	0,9%	4,5%	2,3%
Hollandse Delta	217	558	5	0,7%	4,9%	0,3%
HH Amstel, Gooi & Vecht	36	2215	48	4,4%	11,6%	4,6%
HH Stichtse Rijnlanden	49	2137	218	2,0%	6,5%	6,7%
HH Holl Noorderkwartier	491	10369	147	1,2%	16,8%	3,8%
HH van Delfland	6	56	9	2,5%	1,0%	4,0%
HH Schieland & Kr.waard	6	2357	23	0,3%	23,5%	7,7%
Hunze en Aa's	497	1517	81	0,6%	4,2%	0,9%
Limburg	634	661	305	1,4%	2,0%	1,8%
Noorderzijlvest	25	1736	11	0,1%	3,3%	0,2%
Rijn en IJssel	172	1656	435	1,6%	2,2%	1,9%
HH Rijnland	564	4231	229	5,0%	19,4%	20,3%
Rivierenland	1006	4589	428	4,6%	6,5%	4,2%
Scheldestromen	444	1870	12	0,5%	7,0%	0,2%
Vallei en Veluwe	99	2651	309	2,2%	4,4%	2,5%
Vechtstromen	351	1071	323	1,3%	1,4%	1,4%
Wetterskip Fryslân	169	14607	626	0,7%	7,8%	3,9%
Zuiderzeeland	2115	670	65	2,9%	4,6%	2,4%
Totaal	9143	62983	5949	1,5%	6,3%	2,9%

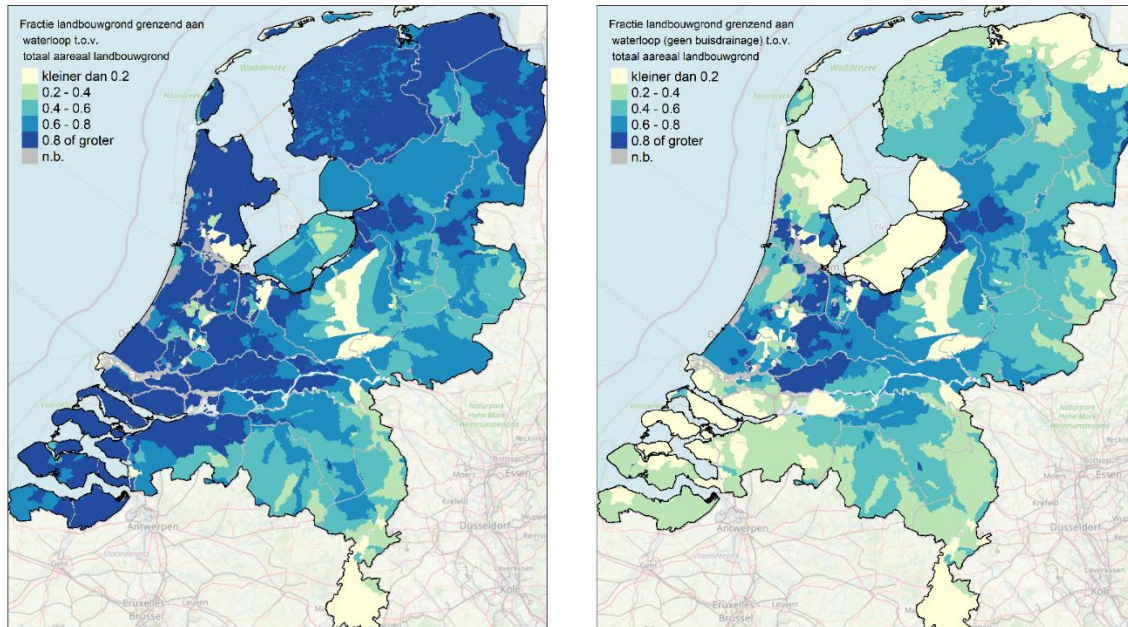
Als langs alle KRW-waterlichamen een mestvrije perceelsrand zou worden aangelegd, zou dit landelijk gemiddeld een maatregel waarbij 4,3% van het landbouwoppervlak betrokken is, waarvan een aanzienlijk deel in de veenweidegebieden. Bij een strookbreedte van enkele meters bedraagt het oppervlak per perceel enkele procenten. Het totaal oppervlak aan mestvrije strook zou dan enkele tienden van procenten bedragen.

Tabel B6.1.6 Oppervlakte (hectares) en percentages van akker- en tuinbouwpercelen (AT), graslandpercelen en maislandpercelen langs overige wateren op de TOP10-vectorkaart met een breedte van 0,5-3 meter, 3-6 meter of 6-12 meter die niet zijn aangewezen als ecologisch waardevolle beken volgens artikel 3 Uitvoeringsbesluit meststoffenwet of als KRW-waterlichamen. Voor de percelen wordt op basis van perceelsgrootte en lengte/breedte-verhouding, landgebruik en afwezigheid buisdrains verondersteld dat een mestvrije perceelsrand aangelegd zou kunnen worden.

Waterschap	Oppervlakte percelen grenzend aan waterlopen op de TOP10-vectorkaart			Percentage van het oppervlak van aan waterlopen grenzende percelen ten opzichte van het totaal oppervlak		
	AT	Gras	Mais	AT	Gras	Mais
Aa en Maas	9328	19238	11899	44,6%	54,3%	51,3%
Brabantse Delta	7452	12130	4653	20,2%	38,3%	38,6%
De Dommel	5903	11709	6474	37,2%	44,2%	41,3%
Drents Overijsselse Delta	8499	72045	12930	43,7%	67,9%	61,7%
Hollandse Delta	3244	4313	321	9,8%	37,7%	17,5%
HH Amstel, Gooi & Vecht	229	15355	626	28,1%	80,3%	60,7%
HH Stichtse Rijnlanden	1332	27917	2552	53,6%	85,5%	78,4%
HH Holl Noorderkwartier	8140	23731	1320	19,3%	38,5%	34,4%
HH van Delfland	62	4287	121	26,0%	79,2%	51,7%
HH Schieland & Kr.waard	244	7002	219	14,2%	69,9%	73,4%
Hunze en Aa's	41464	15653	4779	49,7%	43,3%	55,2%
Limburg	10379	10513	5240	22,6%	31,7%	30,2%
Noorderzijlvest	4073	20668	1594	11,1%	39,0%	33,2%
Rijn en IJssel	5255	40101	11008	50,3%	53,0%	48,9%
HH Rijnland	2652	13295	432	23,7%	61,1%	38,2%
Rivierenland	9107	46433	6408	42,0%	66,2%	62,5%
Scheldestromen	15791	7902	1656	18,1%	29,4%	29,8%
Vallei en Veluwe	1482	37989	6357	33,0%	62,5%	51,3%
Vechtstromen	12190	37083	11192	46,4%	49,5%	48,5%
Wetterskip Fryslân	5095	87876	8569	21,8%	46,9%	53,0%
Zuiderzeeland	5864	2162	249	8,2%	15,0%	9,4%
Totaal	157785	517402	98601	26%	52%	48%

Als langs alle waterlopen van de waterlopenkaart een mestvrije perceelsrand zou worden aangelegd, zou dit landelijk gemiddeld een maatregel waarbij 43% van het landbouwooppervlak betrokken is. Het totaal oppervlak aan mestvrije strook zou dan enkele procenten bedragen.

De keuze voor het wel of niet aanleggen van een mestvrije rand op percelen met buisdrainage heeft in een aantal gebieden grote invloed op het oppervlak van de mestvrije stroken en op het oppervlak van de percelen die hierbij betrokken zijn. Om het verschil aan te duiden is op kaarten de areaalfractie van de percelen weergegeven die betrokken zouden zijn bij de aanleg van een mestvrije peceelsrand voor de situatie waarin percelen met buisdrainage niet uitgesloten worden of wel worden uitgesloten (Figuur B6.1.6). Voor deze kaarten is uitgegaan van een ruimtelijke schematisering van gebieden die direct afwateren op regionale waterlichamen (waterlichaamgebieden) die ook gebruikt is eerdere studies (Van Gaalen et al, 2020). Zoals te verwachten is het grootste verschil te zien in de gebieden met veel kleigrond.



Figuur B6.1.6 Areaalfractie van de landbouwgrond per waterlichaamgebied waarop een mestvrije perceelrand zou kunnen worden aangelegd ten opzichte van het totaal oppervlak landbouwgrond binnen het waterlichaamgebied. Links: percelen met buisdrainage niet uitgesloten van de maatregel; rechts: percelen met buisdrainage wel uitgesloten van de maatregel.

Effecten van bemestingsvrije perceelsranden op de plaatsingsruimte van mest

Voor het bepalen van effecten van mestvrije percelen worden drie scenario's beschouwd (Tabel B6.1.7).

Tabel B6.1.7 Aannames ten aanzien de breedte van mestvrije perceelsranden voor de scenario's A, B en C van het 7^e Actieprogramma voor het schatten van milieueffecten van de maatregel.

Type waterloop	Scenario A	Scenario B	Scenario C
Ecologisch waardevolle beken volgens artikel 3 Uitvoeringsbesluit meststoffenwet	5 meter	5 meter	7,5 meter
KRW-waterlichaam	-	5 meter	7,5 meter
Overige watergangen	-	2 meter	3 meter

Scenario A is staand beleid en behoeft geen extra berekening van mestgiften en uit- en afspoeling. Daarnaast is het oppervlak van de percelen waarop Scenario A betrekking heeft dat effecten op regionale en landelijke schaal niet zichtbaar zullen zijn. Alleen op heel specifieke plaatsen is een effect te verwachten.

De mestvrije perceelsranden zijn aanvullend aan de natuurvriendelijke oevers zoals deze de afgelopen jaren zijn aangelegd.

Voor Scenario B en C is het areaal van de landbouwgrond waarop geen bemesting wordt toegepast weergegeven ten opzichte van het totaal areaal landbouwgrond in de beheersgebieden van de waterschappen. In enkele beheersgebieden zou het areaal landbouwgrond waarop geen mest meer kan worden toegepast oplopen tot ca 8% in Scenario B en 12% in Scenario C. In de modelberekeningen is per perceel een bovengrens gesteld aan het oppervlaktepercentage van niet bemeste perceelsrand langs overige wateren. Voor Scenario B is het maximum 5% en voor scenario C 7,5%.

Tabel B6.1.8 Percentage van het landbouwareaal waarop geen bemesting wordt toegepast bij scenario B en scenario C voor de situatie dat mestvrije perceelranden worden aangelegd op percelen zonder buisdrainage en voor de situatie dat ze worden aangelegd op alle percelen langs permanent watervoerende waterlopen. In de modelberekeningen zijn per perceel maximum waarden gesteld aan de oppervlaktepercentages.

Waterschap	Scenario B		Scenario C	
	Geen gedraineerde percelen	Wel gedraineerde percelen	Geen gedraineerde percelen	Wel gedraineerde percelen
Aa en Maas	1,2%	1,4%	1,8%	2,1%
Brabantse Delta	0,9%	2,1%	1,4%	3,2%
De Dommel	1,0%	1,3%	1,5%	1,9%
Drents Overijsselse Delta	2,4%	2,7%	3,6%	4,0%
Hollandse Delta	0,9%	2,9%	1,3%	4,3%
HH Amstel, Gooi & Vecht	7,2%	7,8%	10,8%	11,6%
HH Stichtse Rijnlanden	5,6%	5,9%	8,4%	8,9%
HH Holl Noorderkwartier	3,0%	4,9%	4,4%	7,3%
HH van Delfland	5,5%	6,7%	8,3%	10,1%
HH Schieland & Kr.waard	7,5%	8,1%	11,3%	12,2%
Hunze en Aa's	1,2%	2,0%	1,9%	3,0%
Limburg	0,6%	0,8%	0,9%	1,2%
Noorderzijlvest	1,3%	3,3%	2,0%	5,0%
Rijn en IJssel	0,9%	1,0%	1,3%	1,5%
HH Rijnland	4,6%	6,0%	6,9%	9,0%
Rivierenland	3,3%	4,2%	5,0%	6,3%
Scheldestromen	0,7%	2,0%	1,1%	3,0%
Vallei en Veluwe	2,3%	2,4%	3,5%	3,6%
Vechtstromen	1,0%	1,3%	1,5%	2,0%
Wetterskip Fryslân	2,5%	4,2%	3,7%	6,4%
Zuiderzeeland	0,3%	1,4%	0,4%	2,1%

Modelberekeningen effecten van bemestingsvrije perceelsranden op uit- en afspoeling

Voor de berekening van de effectiviteit van bemestingsvrije perceelsranden is aangesloten bij de berekeningswijze voor de vermindering van nutriëntenuitspoeling in de Nationale Analyse Waterkwaliteit (Van Gaalen et al, 2020) en de gehanteerde methode in het rapport van Schipper et al (2021). Echter, in tegenstelling tot beide genoemde studies zijn percelen met buisdrainage wel in beschouwing genomen, omdat:

- het vrijstellen van gedraineerde percelen van een mestvrije rand tot ongewenste effecten zou kunnen leiden van ondoelmatige nieuwe aanleg van buisdrainage
- het in de praktijk moeilijk is vast te stellen of een perceel wel of niet voorzien is van buisdrainage
- onbemeste randen op gedraineerde percelen ook andere functies hebben dan het verminderen en voorkomen van uit- en afspoeling.

Verder is verondersteld dat het oppervlak van een bemestingsvrije perceelsrand in resp. scenario B en C maximaal 5% en 7,5% bedraagt op percelen langs overige wateren en maximaal 10% op percelen langs KRW-waterlichamen bij scenario B en 15% bij scenario C.

Op basis van literatuur is voor stikstof de effectiviteit van een droge bufferstrook voor een standaardbreedte vastgesteld en is aan de hand van het bufferareaal op een perceel een effect geschat. Voor fosfor wordt verondersteld dat een bufferstrook vooral de oppervlakkige afstroming afremt of blokkeert. Op basis van literatuur (Zhang et al. 2010) is aangenomen dat bufferstroken van 5 meter breedte een zuiverend vermogen hebben van ongeveer 50% van de afspoelingsvracht. Voor stroken van 2 meter breed bedraagt zou de vermindering van de afspoelingsflux ca 25% bedragen. Deze getallen uit de literatuur zijn generiek en zijn verder vertaald naar specifieke bodem-grondwaterstands- en perceelskenmerken, zoals hierna wordt uitgewerkt.

Het effect van een bemestingsvrije perceelsrand op de uit- en afspoeling van stikstof wordt evenredig verondersteld met de oppervlaktefractie van de bemestingsvrije rand waarbij onderscheid gemaakt wordt voor 1) de grondsoort, 2) de aanwezigheid van buisdrainage; 3) de aanwezigheid van een keileemlaag op geringe diepte; en 4) de gemiddeld hoogste grondwaterstand als kenmerk van de gemiddelde diepte van het grondwater. De diepte van de grondwaterstand is vooral van belang op

landbouwpercelen met een ondiepe grondwaterstand. Op zandgronden met ondiepe grondwaterstanden wordt verondersteld dat met de bepaling van het deel van de omtrek dat grenst aan waterlopen al impliciet rekening wordt gehouden met de relatie tussen grondwaterstand en effectiviteit van een mestvrije perceelsrand.

Op basis van kennisregels in Noij et al (2012) is een schatting gemaakt van het verblijftijdeffect en onderscheppend effect aanvullend aan het areaaleffect. Daarnaast is er van uitgegaan dat achtergrondbelasting uit bodemlagen dieper dan de wortelzone de effectiviteit verminderen.

Tabel B6.9 Berekening van de vermindering van uit- en afspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater als functie van de fractie mestvrije oppervlak op een perceel (Fractie), de grondsoort, de aanwezigheid van keileem op geringe diepte en de aanwezigheid van buisdrains. Voor veengrond wordt rekening gehouden met de diepte van de grondwaterstand.

Keileem	Grondsoort	Buisdrain	Reductie uit- en afspoeling stikstof	Logica
ja		nee	3 x Fractie	Percelen liggen vaak onder een helling; achtergrondbelasting verwaarloosbaar; Verblijftijd- + onderscheppend effect tweemaal zo groot als areaaleffect
		ja	1,5 x Fractie	Minder effectief door buisdrains, effectiviteit de helft verondersteld van de niet-gedraineerde situatie
nee	Zand	nee	2 x Fractie	Achtergrondbelasting geringe invloed; Verblijftijd- + onderscheppend effect even groot als areaaleffect
		ja	1 x Fractie	Minder effectief door buisdrains, effectiviteit de helft verondersteld van de niet-gedraineerde situatie
	Klei	nee	1.2 x Fractie	achtergrondbelasting grote invloed, daardoor minder effectief dan op zandgronden en zou in principe tot kleiner dan 1 x Fractie leiden, onderschepping van oppervlakkige afstroming leidt toch tot groter dan 1 X Fractie;
		ja	1 x Fractie	Minder effectief door buisdrains in combinatie met achtergrondbelasting, vanwege onderschepping van oppervlakkige afstroming op 1 X Fractie gesteld
Veen		1,5 x Fractie x exp(-ghg in cm/100)	Veelal natte percelen, met vaak een effect van achtergrondbelasting. Voor de veldsituatie in Noij et al (2012) op 1,3 x Fractie verondersteld bij GHG=15 cm. Omgerekend is dat 1,5 x Fractie bij GHG=0 cm.	

Voor scenario B wordt een maximum reductie per perceel van 40% verondersteld en voor scenario C een maximum reductie van 60%.

Voor fosfor wordt een onderscheid gemaakt tussen oppervlakkige afspoeling en uitspoeling via diepere bodemlagen. Het aandeel van de oppervlakkige en ondiepe afspoeling in de totale uit- en afspoeling voor een situatie zonder mestvrije perceelsrand wordt geschat als functie van de aanwezigheid van een keileemlaag, de aanwezigheid van buisdrains en de gemiddelde hoogte grondwaterstand (Tabel B6.1.10). Aangenomen wordt dat voor de P-afspoeling het maximum onderscheppend effect van de strook langs overige wateren in scenario B 50% bedraagt en 90% langs de KRW-waterlichamen omdat de strook toeneemt in breedte, maar de effectiviteit minder dan evenredig toeneemt met de breedte. Voor scenario C wordt ten gevolge van een bredere strook een maximum onderscheppend effect van resp. 70 en 97% aangenomen voor de overige wateren en de KRW-waterlichamen. Het oppervlakkige transport van fosfor naar waterlopen in de referentiesituatie zonder bemestingsvrije randen wordt berekend uit een geschatte P-concentratie afhankelijk van de P-toestand van het perceel (Groenendijk et al, 2021) en een runoff-flux afhankelijk van de grondsoort en de gemiddeld hoogste grondwaterstand. Voor de runoff zijn geaggregeerde waarden gebruikt van een benadering waarin de runoff wordt geschat als functie van grondsoort, grondwaterstand, gewas, gemiddelde perceelshelling en gemiddelde afstand van een willekeurig punt op het perceel tot de dichtstbijzijnde waterloop (Groenendijk et al, 2021).

Tabel B6.1.10 Schatting van oppervlakkige afstroming (mm jr^{-1}) ten behoeve van de bepaling van het risico op oppervlakkig P-transport.

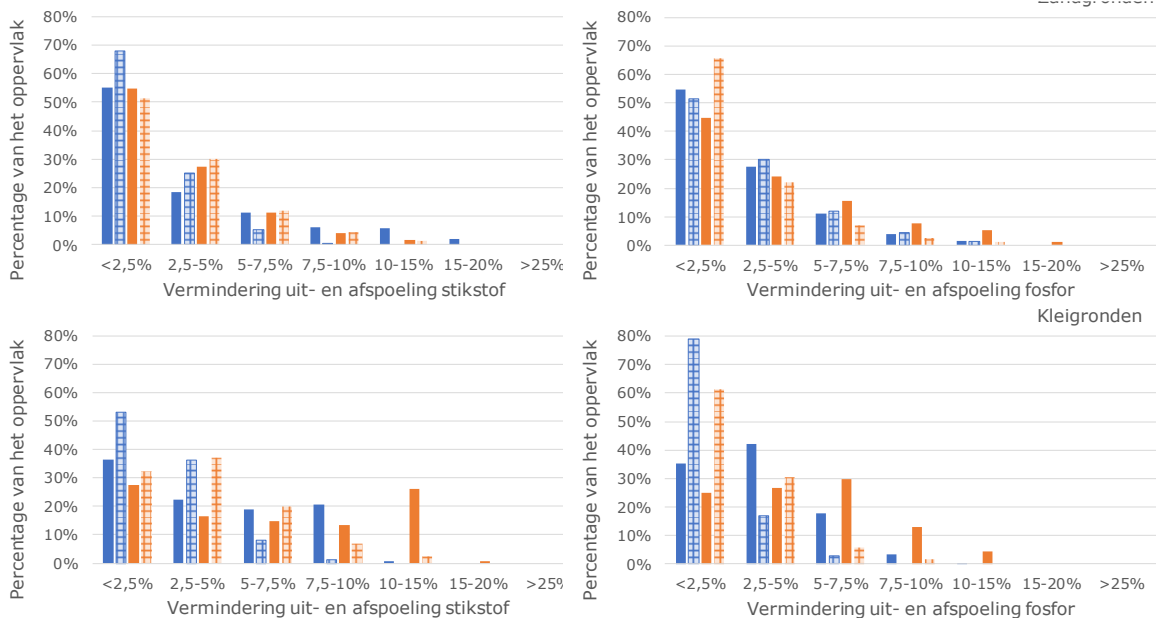
Grondsoort	Gemiddelde hoogste grondwaterstand		
	<25 cm	25 - 50 cm	> 50 cm
Zand en Löss	15	5	2
Klei	20	10	5
Veen	40	20	10

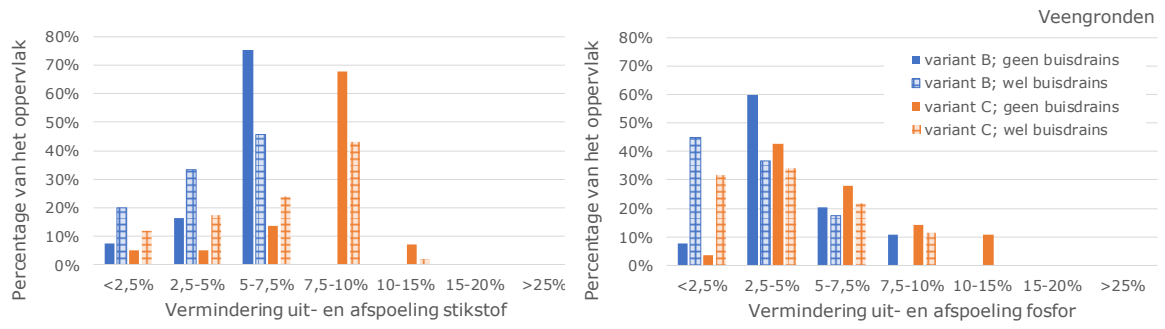
Vervolgens is het totaal reducerende effect geschat door de reductie van oppervlakkig transport te combineren met het reducerend effect van de oppervlaktefractie op het diepere transport. (Tabel B5.1.11). Hierbij is rekening gehouden met de grotere bijdrage van achtergrondbelasting in de totale belasting van oppervlaktewater in veen- en zeekleigronden ten opzichte van zandgronden.

Tabel B6.1.11 Berekening van de vermindering van uit- en afspoeling van fosfor naar het oppervlaktewater in de referentiesituatie als functie van de fractie mestvrije oppervlak op een perceel (Fractie), de grondsoort, de aanwezigheid van keileem op geringe diepte en de aanwezigheid van buisdrains.

Keileem	Grondsoort	Buisdrain	Reductie uit- en afspoeling fosfor	Maximum reductie
ja		ja	Fractie + 1,5 x Reductie Oppervlakkig transport	5 x Fractie
nee	Zand	ja	0,1 x Fractie + 1,0 x Reductie Oppervlakkig transport	2 x Fractie
		nee	0,5 x Fractie + 1,0 x Reductie Oppervlakkig transport	3 x Fractie
	Klei	ja	0,2 x Fractie + 0,8 x Reductie Oppervlakkig transport	2 x Fractie
		nee	0,5 x Fractie + 0,5 x Reductie Oppervlakkig transport	3 x Fractie
	Veen	ja	0,1 x Fractie + 0,3 x Reductie Oppervlakkig transport	4/3 x Fractie
		nee	0,4 x Fractie + 0,3 x Reductie Oppervlakkig transport	2 x Fractie

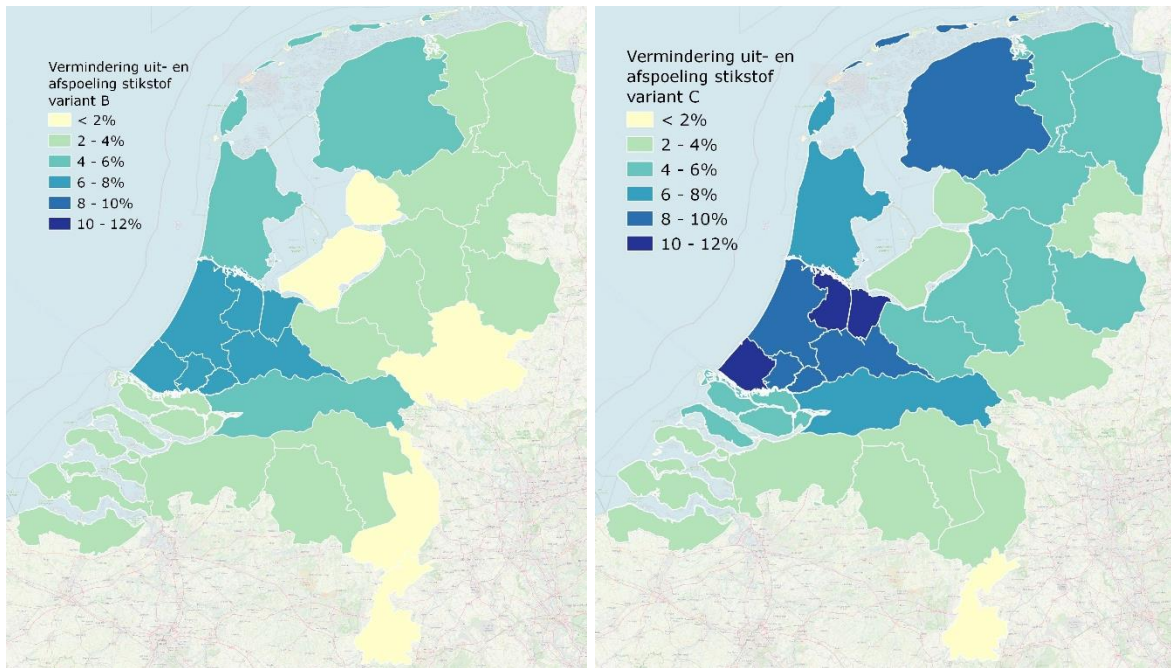
De toepassing van scenario C in plaats van scenario B leidt voor alle percelen tot een groter effect. Het resultaat van de toepassing van deze regels op de percelen van de percelenkaart BRP2019 is als frequentiediagram weergegeven in Figuur B6.1.7. De diagrammen zijn samengesteld door per grondsoort de oppervlakten van percelen in een bepaalde verminderingssklasse te sommeren en vervolgens de som te delen door het totaal areaal per grondsoort.



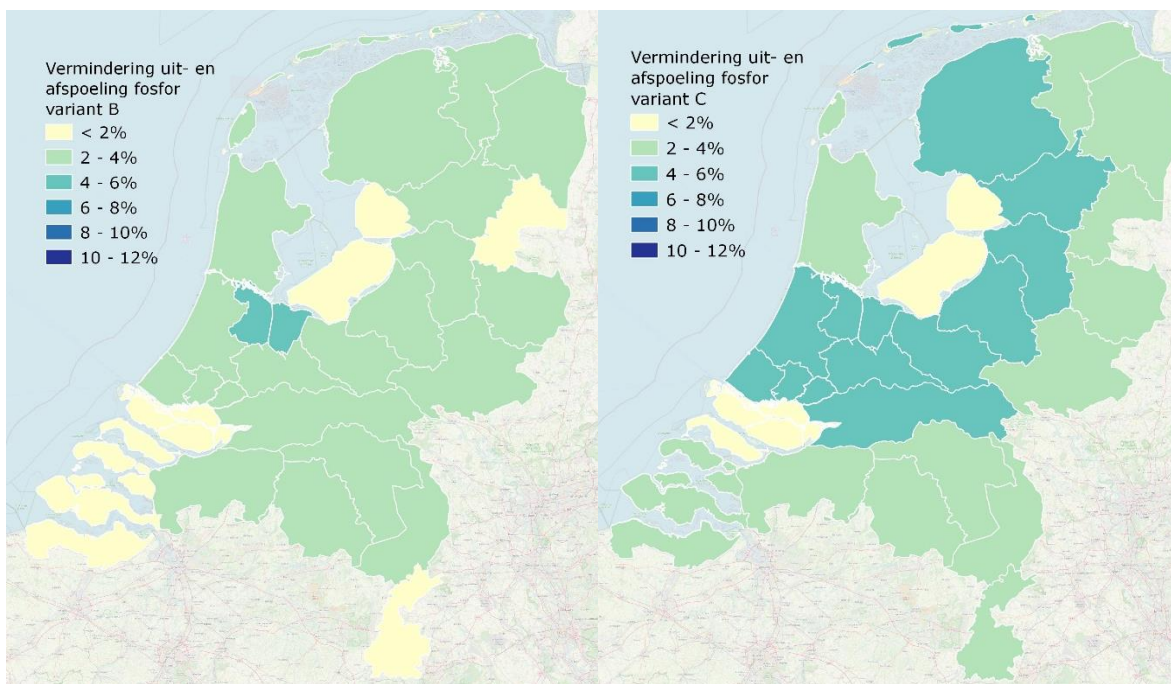


Figuur B6.1.7 Frequentieverdeling van de vermindering van de uit- en afspoeling van stikstof (links) en fosfor (rechts)

Voor veengronden wordt een grotere vermindering berekend dan voor de zand- en kleigronden omdat het areaal mestvrije rand per perceel voor deze grondsoort groter is dan voor andere grondsoorten. Het ruimtelijke beeld van de vermindering van de uit- en afspoeling door de mestvrije randen is voor stikstof weergegeven in Figuur B6.1.8 en voor fosfor in Figuur B6.1.9.



Figuur B6.1.8 Berekende vermindering van de uit- en afspoeling van stikstof door het aanbrengen van bemestingsvrije perceelsranden in scenario B (links) en scenario C (rechts).

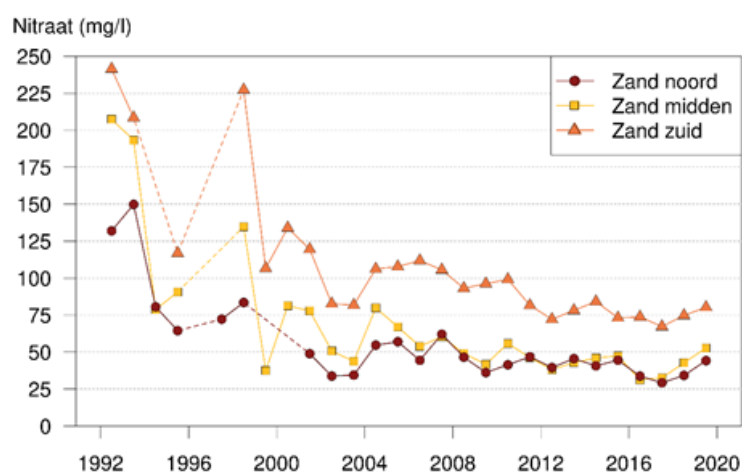


Figuur B6.1.9 Berekende vermindering van de uit- en afspoeling van fosfor door het aanbrengen van bemestingsvrije perceelsranden in scenario B (links) en scenario C (rechts).

B6.2 Vermindering mestgift in en na droge zomers

B.6.2.1 Inleiding

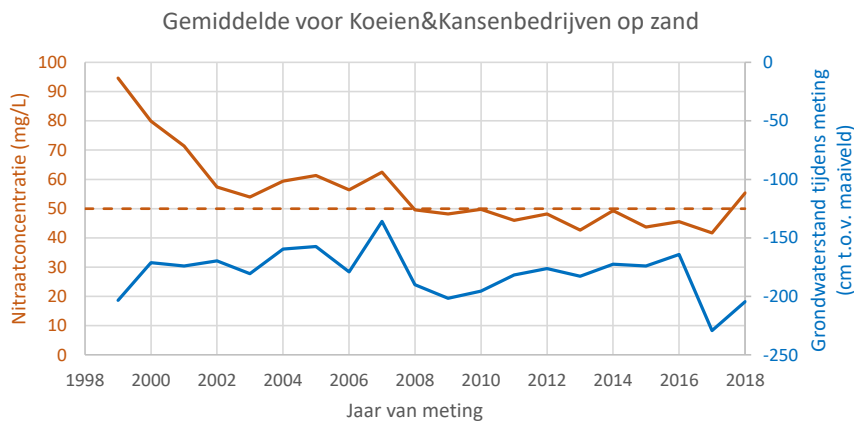
Na een aanvankelijke snelle daling van gemeten nitraatconcentraties in de periode 1992 - 2004, met veel variatie tussen jaren, deed zich in de periode 2006 – 2017 een langzame maar gestage daling voor in het Landelijke Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) (Figuur B6.2.1). In de jaren 2018 en 2019 werden echter hogere concentraties gemeten dan in 2017. Dit wordt mede verklaard door de voorkomende droogte in deze jaren, waardoor de N-benutting afnam (hoger N-bodemoverschot) en er sprake was van indikking (lager neerslagoverschot). In dit hoofdstuk onderzoeken we het effect van droge zomers op nitraat en het perspectief van maatregelen om de verliezen van stikstof na een droge zomer te verlagen.



Figuur B6.2.1 Jaargemiddelde, areaalgewogen gemeten nitraatconcentraties ($\text{mg L}^{-1} \text{NO}_3$) in de bovenste meter van het grondwater op landbouwbedrijven in de gebieden Zand noord, Zand midden en Zand zuid uit LMM in de periode 1992-2019 (Fraters et al., 2020).

Ook op de Koeien & Kansenbedrijven op zandgrond werden in 2018 hogere nitraatconcentraties gemeten dan in de voorafgaande jaren (Figuur B5.2.2). Geconstateerd werd dat in 2018 de metingen

ook op grotere diepten moesten worden uitgevoerd dan in voorgaande jaren (het grondwater stond dieper).



Figuur B6.2.2 Gemiddelde van gemeten nitraatconcentraties en grondwaterstanden ten tijde van de meting op de Koeien & Kansenbedrijven op zandgrond. (Bron: <https://www.wur.nl/nl/nieuws/Stijging-nitraatconcentratie-in-het-grondwater.htm>)

Omdat de jaren 2018, 2019 en 2020 droge zomers hadden bestaat het vermoeden dat het weer een belangrijke invloed heeft gehad op de ontwikkeling van de nitraatconcentraties. Ook in de ontwikkeling van de kwaliteit van oppervlaktewater is het effect van verhoogde uitspoelconcentraties enigszins waarneembaar, zij het veel minder duidelijk dan in de ontwikkeling van nitraatconcentraties in het grondwater (Velthof en Groenendijk, 2021). Voor het effect van droogte op de waterkwaliteit kunnen de volgende argumenten worden gegeven (CDM 2020)²⁰:

- (i) hogere stikstof- en fosfaatoverschotten door lagere gewasopbrengsten en daardoor hogere overschotten van stikstof en fosfaat)
- (ii) indikkingseffecten (doordat er minder water beschikbaar is voor uitspoeling),
- (iii) biologische processen in bodem en sloot (door minder denitrificatie blijft meer nitraat in het uitspoelingswater, door een hogere temperatuur is er meer mineralisatie van stikstof en fosfaat in sloten), en
- (iv) veranderingen in transportprocessen in de bodem ((versneld preferent transport door scheuren in de bodem (klei) of waterafstotendheid (zand) na droogte, meer risico of oppervlakkige afspoeling)

De Commissie Deskundigen Meststoffenwet (CDM, 2019) stelt in een advies over het omgaan met droge zomer de vraag of de gebruiksnormen voor dierlijke mest (en de gebruiksnormen voor stikstof) voor bouwland gedifferentieerd zouden moeten worden naar droogte (CDM 2020)²¹. In het voorjaar is na een droge zomer meer minerale N aanwezig in de bodem en er is een hogere N-vastlegging van een vanggewas / groenbemester geweest waardoor meer N beschikbaar komt voor het volggewas. In het CDM-advies "Structureel omgaan met droogte"²² wordt gesteld dat in geval van *structurele* droogte een herziening van stikstofgebruiksnormen gewenst is, d.w.z. een beperkte basisbemesting, op basis van de hoeveelheid N-mineraal in de bodem, en een top-up bemesting tijdens het groeiseizoen in geval er toch geen sprake is van een groot neerslagtekort (CDM 2020).

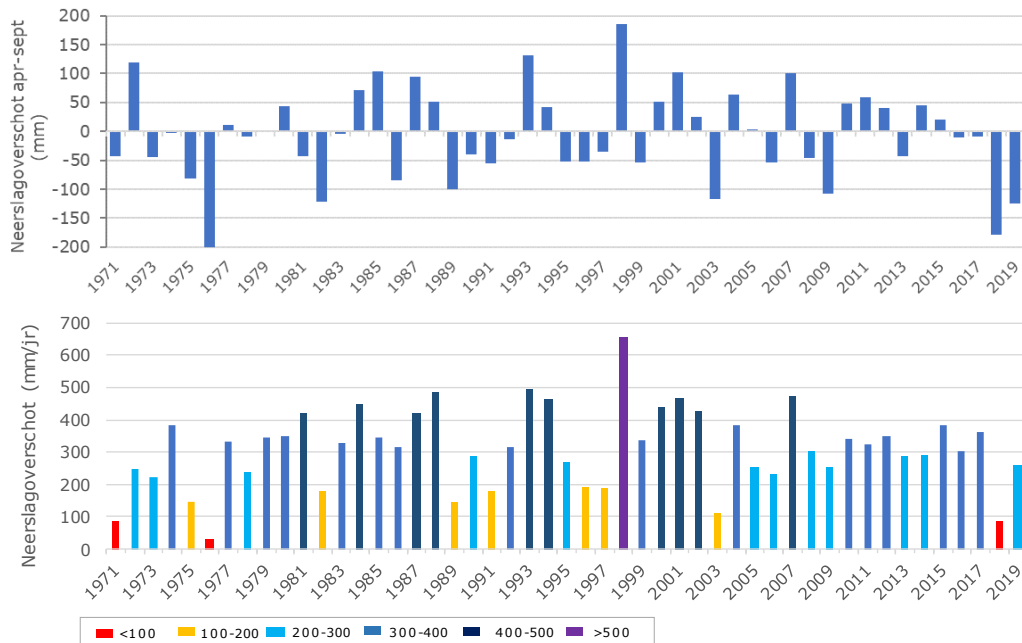
B.6.2.2 Karakterisering van droogte

Om het effect van droogte op de nitraatconcentraties nemen we zowel het neerslagoverschot van de zomer als van het gehele jaar in beschouwing. Een droge zomer gevolgd door een natte winter kan leiden tot een gemiddelde waarde van het neerslagoverschot voor het gehele kalender jaar maar wel een verhoogd risico geven op uitspoeling. Een droge zomer gevolgd door een droge winter leidt tot een lage waarde van het neerslagoverschot voor het gehele kalender jaar maar de uitspoeling zal lager zijn dan in een natte winter volgend op een droge zomer. Figuur B6.3 geeft voor landbouwgronden in de zandregio's een beeld van de zomerneerslagoverschotten en van de neerslagoverschotten van gehele kalenderjaren over de periode 1971 – 2019.

²⁰ <https://www.tweedekamer.nl/downloads/document?id=ed9bb1a0-033e-4077-956e-7215661ec87e&title=CDM-advies%20%E2%80%98Structureel%20omgaan%20met%20droogte%20in%20het%20mestbeleid%E2%80%99.pdf>

²¹ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2019/07/29/cdm-advies-omgaan-met-droogte-2019>

²² <https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/detail?id=2020D47553&did=2020D47553>



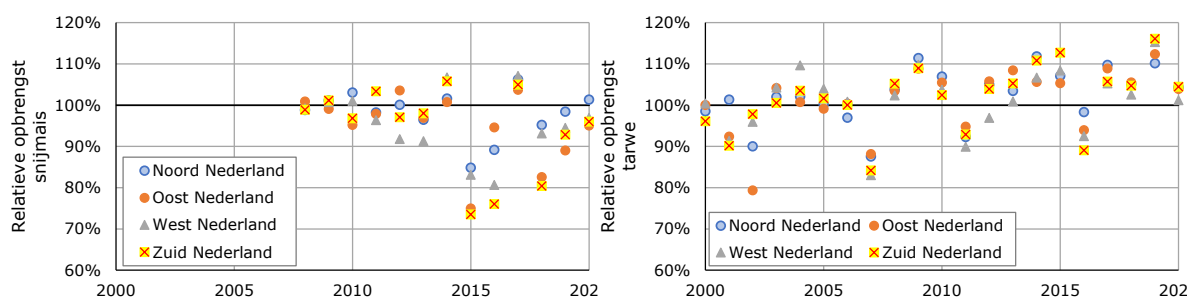
Figuur B6.3 Neerslagoverschot in het zomerhalfjaar (boven) en in het gehele kalenderjaar (onder) van landbouw in de zandregio's en de lössregio in de periode 1971-2019.

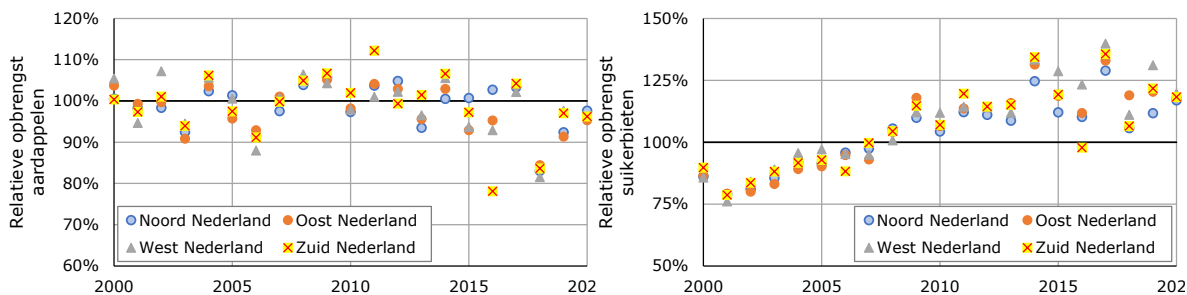
Uit de figuren blijkt dat:

- Over de beschouwde periode alleen de zomer van 1976 een lager neerslagoverschot heeft dan de zomer van 2018
- De som van het neerslagtekort van twee opeenvolgende jaren is in deze periode het grootst voor 2018 en 2019, gevolgd door de som van het neerslagtekort in 1975 en 1976.
- In 2019 het neerslagoverschot voor het gehele kalenderjaar niet laag was, terwijl de zomer wel droog was. Ook in 1986 en 1999 deed zich deze combinatie van droge zomer en gemiddeld neerslagoverschot over het gehele kalenderjaar voor. Dit was ook in 1986 en 1999 het geval. Een natte winter volgend op een droge zomer geeft een hoger risico op uitspoeling dan een droge winter volgend op een droge zomer. Dit effect is nog niet zichtbaar in de metingen van de Koeien- en-Kansenbedrijven in Figuur B6.2.2.

B.6.2.3 Effect van het weer op gewasopbrengsten en bodemoverschotten

In het droge jaar 2018 was de opbrengst bij veel gewassen relatief laag. Een uitzondering hierop was de opbrengst van wintertarwe. In Figuur B5.2.4 zijn de relatieve opbrengsten weergegeven van snijmaïs, wintertarwe, aardappelen en suikerbieten zoals deze zijn af te leiden uit CBS-gegevens. De relatieve opbrengst per regio is bepaald door per jaar de gemiddelde opbrengst te berekenen en vervolgens deze jaargemiddelden te delen door het gemiddelde van de jaaropbrengsten over de periode 2005 – 2009. Voor snijmaïs zijn de jaarlijkse opbrengsten gedeeld door het gemiddelde van 2008 en 2009. Deze normalisatie is uitgevoerd ten behoeve van modelberekeningen in het verkennend onderzoek naar mogelijkheden om effecten van droogte op waterkwaliteit te beperken. Omdat de invloed van weersomstandigheden op gewasproductie per regio kan verschillen, zijn de relatieve opbrengsten weergegeven voor Noord Nederland, Oost Nederland, West Nederland en Zuid Nederland.

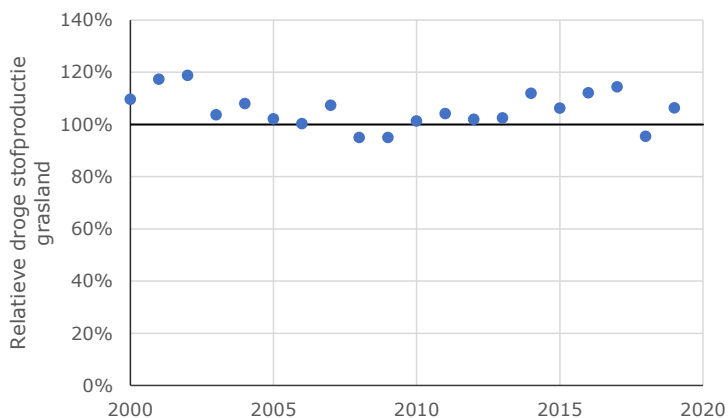




Figuur B6.2.4 Relatieve opbrengst van snijmais, tarwe, aardappelen (totaal) en suikerbieten in de periode 2000-2020, waarbij de opbrengst is genormaliseerd door te delen door de gemiddelde opbrengst in 2008-2009 (snijmais) of 2005-2009 (andere gewassen). Bron: CBS Statline, bewerkt

De relatieve opbrengst van snijmais was in 2015, 2016 en 2018 lager dan in de voorgaande jaren. In 2015 kwam de teelt van snijmais laat op gang door een koud voorjaar. Ook een zomerstorm en een natte augustusmaand hadden een negatieve invloed op het groeiverloop. In 2016 is de teelt van snijmais, evenals van de andere gewassen, beïnvloed door natte omstandigheden in de zomer. Plaatselijk kwam wateroverlast voor in zuidoost Nederland met opbrengstderving als gevolg. Op een aantal percelen is de teelt volledig mislukt en is het gewas ondergeploegd. Uit Figuur B5.2.4 blijkt dat de opbrengsten in 2018 lager waren dan 2017 of de periode 2012-2014, maar dat de natte zomer van 2016 een vergelijkbaar of groter effect heeft gehad op de gewasopbrengsten.

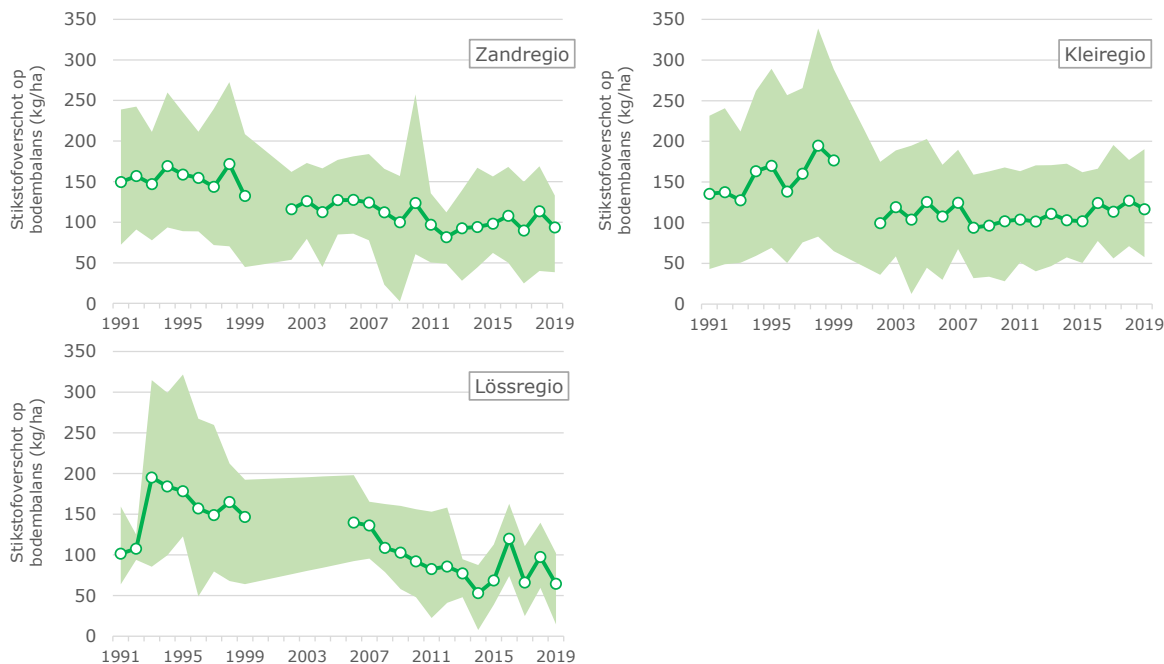
Figuur 6.2.5 geeft het landelijk gemiddelde beeld van de relatieve opbrengst van grasland in de periode 2000-2020. De relatieve opbrengst is hierbij berekend uit de door CBS gepubliceerde data van droge stofopbrengsten, waarbij rekening is gehouden met het graslandmanagement (aandeel maaien en weiden). De opbrengst is genormaliseerd door te delen door de gemiddelde opbrengst in 2005-2009. Voor grasland is vanaf 2008 tot en met 2017 een licht stijgende trend te zien in de relatieve opbrengst. In 2018 was de opbrengst 15% lager dan in het gemiddelde van de drie voorafgaande jaren. In 2019 lag de opbrengst op een vergelijkbaar niveau als in 2015.



Figuur B6.2.5 Relatieve opbrengst van grasland in de periode 2000-2020, berekend uit de door CBS gepubliceerde data van droge stofopbrengsten.

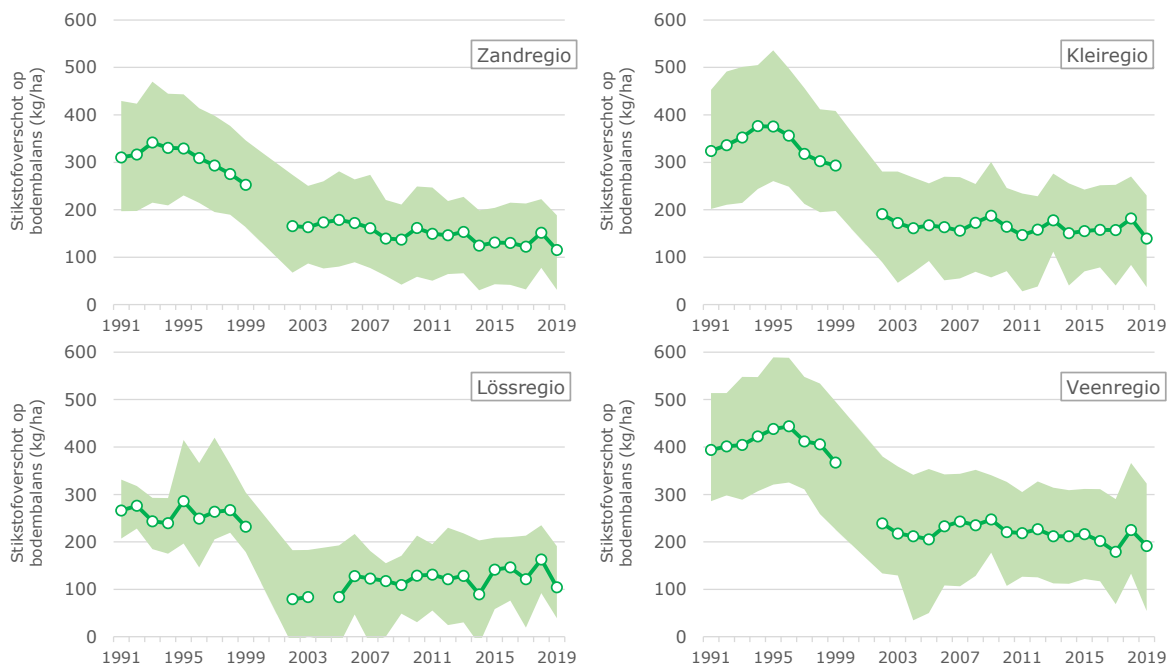
Effecten op bodemoverschotten

Het gemiddeld N-bodemoverschot op akkerbouwbedrijven in 2016 was in de zandregio 17% lager dan het gemiddelde van de vijf voorafgaande jaren. Voor de kleiregio en de lössregio was het N-bodemoverschot 19% en 63% hoger dan het gemiddelde van de periode 2011-2015. In 2017 was de productie bovengemiddeld hoog en daarmee het N-bodemoverschot relatief laag. Evenals in 2016 was in 2018 het N-bodemoverschot ook hoger dan het gemiddelde van de vijf voorafgaande jaren. Voor de zandregio was het N-bodemoverschot 18% hoger, voor de kleiregio 15% hoger en voor de lössregio 27% hoger dan in de vijf voorafgaande jaren.



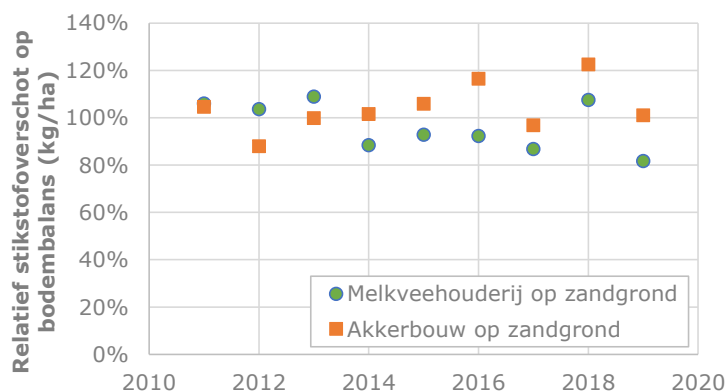
Figuur B6.2.6 Stikstofbodemoverschot op de bodembalans (kg ha^{-1}) van akkerbouwbedrijven in het Bedrijfs Informatie Netwerk. Bron: Agrimatie.NL / BIN

Het verloop van het N-bodemoverschot op de bodembalans van melkveebedrijven in het Bedrijfs Informatie Netwerk is weergegeven in Figuur B6.2.7.



Figuur B6.2.7 Stikstofbodemoverschot op de bodembalans (kg ha^{-1}) van melkveebedrijven in het Bedrijfs Informatie Netwerk. Bron: Agrimatie.NL / BIN

In tegenstelling tot de N-bodemoverschotten op de akkerbouwbedrijven is voor de N-bodemoverschotten op de melkveehouderijbedrijven geen effect van de natte omstandigheden van 2016 waarneembaar. De droge zomer van 2018 heeft wel een effect op het N-bodemoverschot. Voor de zandregio en de kleiregio ligt het N-bodemoverschot in 2018 ca 15% boven de gemiddelde waarde van de vijf voorafgaande jaren. In Figuur B6.2.8 wordt het relatieve N-bodemoverschot weergegeven voor de periode 2011- 2018. Het relatieve N-bodemoverschot is hierin berekend door de jaarlijkse waarden te delen door het gemiddelde van de periode 2011-2015.

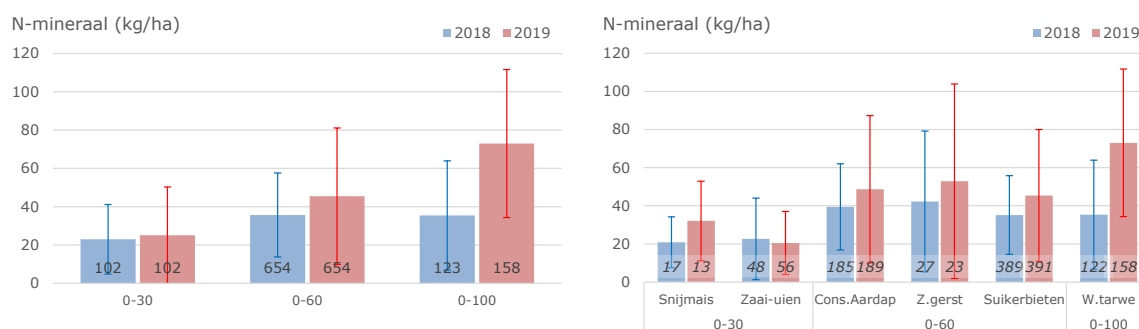


Figuur B5.2.8 Relatief stikstofoverschot op de bodembalans van melkveebedrijven en akkerbouwbedrijven op zandgrond in het Bedrijfs Informatie Netwerk. Bron: Agrimatie.NL / BIN

Voor melkveehouderij op zand is m.u.v. 2018 een dalende trend te zien (Figuur B6.2.8). Voor akkerbouw is het relatieve N-bodemoverschot min of meer constant in de beschouwde periode met hogere waarden in 2016 en 2018.

De hogere N-bodemoverschot in 2018 leidde tot verhoogde gehalten aan minerale stikstof in de bodem en daarmee op een verhoogd risico op uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater. In het CDM-advies 'Hoe om te gaan met gebruiksregels bij aanhoudende droogte in 2019'²³ is een vergelijking gemaakt tussen gemeten N-mineraalvoorraden in het eerste kwartaal van 2018 en die van het eerste kwartaal van 2019 (CDM 2020).

Een deel van de akkerbouwers laat elk jaar op de percelen waar het relevant is voor het N-bemestingsadvies het N-mineraalgehalte bemonsteren, maar het is niet bekend in welke mate de bemonsterde percelen representatief zijn voor Nederland. De betreffende dataset is opnieuw geanalyseerd waarbij voor zover mogelijk een koppeling is gelegd met gewassen (Figuur B5.2.9, rechts). Daarnaast is aanvullend op de analyse in het CDM-advies ook een vergelijking gemaakt van de N-min voorraad in de laag 0 – 100 cm. De bemonstering op deze diepte betreft vooral percelen waarop winter tarwe is ingezaaid.



Figuur B6.2.9 N-mineraal voorraad (kg ha⁻¹) in het eerste kwartaal van 2018 en in het eerste kwartaal van 2019 op verschillende diepten en voor verschillende gewassen. De lijnen duiden plus of min de standaardafwijking aan. Bron: database CDM ten behoeve CDM (2019)

Uit deze analyse blijkt dat er in de bodemlaag 0 – 30 cm geen effect van de droge zomer van 2018 op de N-min voorraad zichtbaar is. Eventuele kleine verschillen tussen gewassen zijn niet significant gezien de grote spreiding in de meetresultaten. In de laag 0 – 60 cm is een verschil te zien van ca 10 kg ha⁻¹, met weinig verschil tussen de gewassen die na de bemonstering geteeld worden. Ook dit verschil is niet significant vanwege de grote spreiding. In de laag 0 – 100 cm is een verschil in Nmin voorraad van ca 40 kg ha⁻¹ gemeten door droogte. Deze verschillen zijn in lijn met de gemeten verschillen in Nmin-voorraad in de laag 0 – 90 cm in de Duitse deelstaat Hessen (zie genoemd CDM-advies). Het effect van de droge zomer van 2018 is nagenoeg niet zichtbaar in

²³ <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/rapporten/2019/07/29/cdm-advies-omgaan-met-droogte-2019/CDM+Advies+Omgaan+met+droogte+in+2019.pdf>

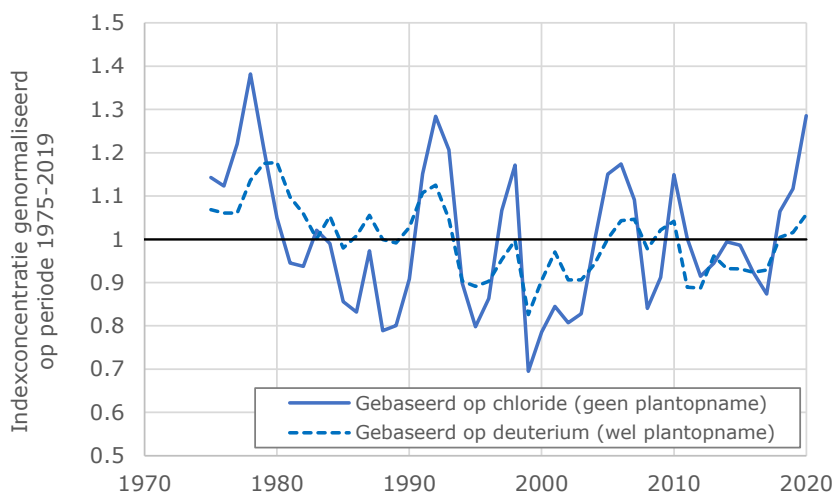
de Nmin-bepalingen voor de diepte 0 – 30 cm en 0 – 60 cm, maar wel voor de diepte tot 90 of 100 cm. Het gebruik van een voorjaarswaarde van de Nmin-voorraad als indicator om uitspoeling na een droge zomer te beperken, heeft dus alleen zin als bemonsterd wordt tot ca 100 cm én als er ook sprake is van een diep wortelend volggewas en een bodemprofiel dat diepe beworteling toelaat. Alleen diep wortelende gewassen zouden de extra Nmin na een droog jaar nog kunnen benutten in een volgend seizoen.

B.6.2.4 Indikking en leeftijd grondwater op meetdiepte

De omvang en het verloop van het neerslagoverschot speelt een grote rol bij het tot stand komen van nitraatvoorraden in het grondwater en de uitspoeling naar oppervlaktewater. Een eerste hydrologisch effect van droogte is de indikking van water dat de wortelzone verlaat. Van de neerslag verdampt normaliter twee derde deel door interceptieverdamping vanaf bladeren, bodemverdamping van kale grond oppervlakken en plantverdamping doordat vegetaties en gewassen water uit de bodem opnemen. Een derde deel verdampt niet en stroomt naar diepere bodemlagen. Een stof die met neerslagwater in de bodem valt en die niet wordt opgenomen door planten is daardoor al een factor drie ingedikt voordat het de wortelzone verlaat. In droge jaren is deze indikking meer en in natte jaren is de indikking minder. Om droge jaren van natte jaren te onderscheiden is het van belang om te kijken naar de relatieve indikking: de indikking in een bepaald jaar gedeeld door de langjarig gemiddelde indikking.

Nitraat in grondwater wordt gemeten in de bovenste lagen van het verzadigde grondwatersysteem met de grondwaterstand als bovengrens, met uitzondering voor situaties waar het grondwater enkele meters onder maaiveld staat. In die laatste situaties wordt het bodemvocht op een gegeven diepte als indicator gebruikt. In het meetnet van het LMM is een diepte van ca 150 cm onder maaiveld (-mv) een normale gemiddelde waarde voor de grondwaterstand (Fraters et al, 2020). De reistijd van een waterdruppel tussen het moment van het verlaten van de wortelzone en het arriveren op de meetdiepte is afhankelijk van de diepte van de grondwaterstand. Naarmate deze reistijd groter is leidt dit tot meer vertraging in verandering van concentraties op de meetdiepte als gevolg van veranderingen aan maaiveld (N-bodemoverschot en neerslagoverschot).

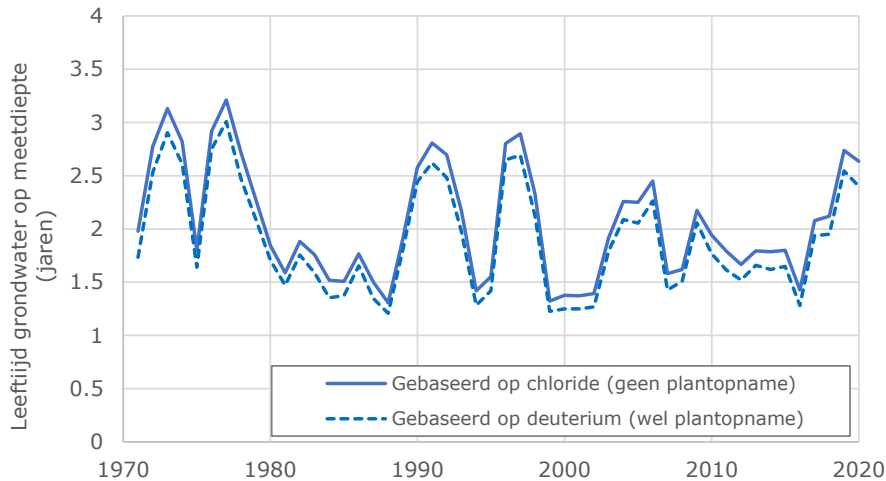
Met het rekenmodel SWAP (Kroes et al, 2017) is de relatieve indikking op de meetdiepte en de leeftijd van het water vanaf het moment dat het als neerslag op de bodem viel, berekend. Dit is ook het model waarmee de neerslagoverschotten zijn berekend voor het berekenen van de uitspoelfracties op basis van LMM. Met het model wordt het transport van een stof gesimuleerd die constant in de tijd op het oppervlak wordt aangevoerd. Voor het gedrag in de wortelzone is zowel gekozen voor een stof niet door planten wordt opgenomen (in dit geval chloride) als voor een stof die evenredig aan de wateropname door planten wordt opgenomen (in dit geval deuterium). Per rekentijdstap wordt de gemiddelde concentratie berekend van de bovenste meter van het verzadigde grondwatersysteem, die overeenkomt met de grondwatermonsters in LMM. Vervolgens worden jaargemiddelde waarden berekend. De relatieve indikking is in Figuur B5.2.10 weergegeven als indexconcentratie, berekend door de jaarwaarden van de gesimuleerde grondwaterconcentraties te delen door de langjarig gemiddelde waarden van de periode 1975-2019.



Figuur B6.2.10 Indikking van neerslagwater berekend als concentratie van een stof op de meetdiepte

gedeeld door de langjarig gemiddelde concentratie berekend voor landbouw in de zuidelijke zandregio met grondwatertrap VII.I.

De indexconcentratie laat zien dat na een droog jaar de indikking van chloride 20 à 30 procent bedraagt en de verdunning na een nat jaar ook 20 à 30 ten opzichte van de langjarig gemiddelde indikking. Als uitgegaan wordt van een stof die evenredig aan de wateropname door het gewas wordt opgenomen is de berekende indikking en verdunning minder. Het patroon van indikking en verdunning is voor beide stoffen ongeveer gelijk. De droge jaren van 2018 en 2019 leiden in 2020 tot een relatieve indikking van maximaal 30%. Met hetzelfde model is ook de gemiddelde leeftijd van uitgespoeld regenwater op de meetdiepte berekend, wat een indruk geeft van de tijdsperiode tussen het moment van de nutriëntenverliezen (of extra mineralisatie) door droogte en het moment van de nitraatconcentratie op de meetdiepte. In Figuur B6.2.11 wordt het resultaat getoond voor de landbouw op zandgrond in de zuidelijke zandregio met een veelvoorkomende grondwatertrap VII.



Figuur B6.2.11 Gemiddelde leeftijd van uitgespoeld regenwater op de meetdiepte berekend voor een stof die niet door planten wordt opgenomen en een stof die wel door planten wordt opgenomen berekend voor landbouw in de zuidelijke zandregio met grondwatertrap VII.

Uit deze analyse blijkt dat de keuze voor een stof die niet of wel wordt opgenomen door planten slechts een geringe invloed heeft op de berekende gemiddelde leeftijd van het uitgespoelde regenwater op de meetdiepte. Na een reeks van gematigde of natte jaren is de gemiddelde leeftijd op de meetdiepte ongeveer 1,5 jaar. Na droge jaren kan de gemiddelde leeftijd oplopen tot ca 3 jaar. Dat betekent dat het effect van nutriëntenverlies of extra mineralisatie door droge omstandigheden na kan ijlen tot meer dan 3 jaar na het optreden van deze omstandigheden. De effecten van de droge zomer van 2018 zijn daardoor nog niet helemaal zichtbaar zijn in de metingen van 2019 en 2020.

B.6.2.5 Mogelijkheden voor sturen

De bovenstaande gegevens en inzichten maken duidelijk dat:

- In het verleden hebben zich vaker extreme weersomstandigheden voorgedaan die geleid hebben tot opbrengstderving en nutriëntenverlies. De recente periode is bijzonder door het voorkomen van drie droge zomers achter elkaar en een voorafgaande periode met gematigde zomers. Het bereiken van de nitraatdoelen in de periode 2010 – 2018 van melkveebedrijven op zand is naast de inspanning van de agrariërs daardoor ook mede te danken aan het gematigde weer in die periode.
- Door de natte zomer van 2016 zijn voor snijmais en een aantal akkerbouwteelten de opbrengsten in dat jaar lager geweest dan gemiddeld en de nutriëntenoverschotten hoger dan gemiddeld. Mogelijk heeft dit nog een effect gehad op de nitraatmetingen van 2018 en 2019. Dit geeft aan dat voor het beperken van concentratieoverschrijdingen zowel droge als natte omstandigheden van belang zijn.
- Het weersverloop ná een droog jaar bepaalt in welke mate geleden nutriëntenverliezen ook leiden tot een stijging van nitraatconcentraties. Een maximale inperking van uitspoelingsrisico's vraagt om een benadering waarin uitgegaan wordt van ongunstige omstandigheden gedurende enkele jaren ná het droge jaar. Dit zou kunnen betekenen dat de standaardbemesting structureel verlaagd moet worden om zo het eventuele risico van een droog jaar te voorkomen dan wel dat structureel mitigerende maatregelen worden ingezet om verliezen in het opvolgend jaar te beperken.

- Er zijn vanuit landbouwkundig oogpunt zowel tactische als strategische sturingsmogelijkheden in het bouwplan. Het verdient aanbeveling om na een droog jaar met hogere nutriëntenoverschotten een diep wortelend volggewas te telen, en de voorraad minerale stikstof in de bodem in het voorjaar (op basis van een Nmin meting van 0-90 of 100 cm-mv) te verrekenen met de bemesting. Verruiming van het bouwplan met dieper wortelende gewassen (minder groenten en aardappelen) draagt hieraan bij omdat de agrariër dan na een droog jaar vaker het bouwplan kan afstemmen op de door droogte veroorzaakte hogere nutriëntenoverschotten. Het telen van minder groenten en aardappelen draagt daarnaast bij aan minder uitspoeling omdat dit uitspoelingsgevoelige gewassen zijn.
- Om gericht te sturen op de ontstane verliezen kan in het voorjaar een Nmin-bemonstering worden uitgevoerd. Wel moet de meetdiepte dan voldoende zijn; de "agronomische" meetdiepte van 0 – 30 en 0 – 60 cm volstaat niet voor het milieukundige doel van het beperken van uitspoeling. Anderzijds is het nog onduidelijk in welke mate een volggewas gedurende het groeiseizoen daadwerkelijke stikstof uit de laag dieper dan 60cm kan opnemen. Dit hangt samen met de diepte van de grondwaterstand, de mogelijkheid van capillaire opstijging en de beworteling van het bodemprofiel. Analyse van Nmin in het najaar dient tegelijk een ander doel en biedt ondernemers inzicht in de effectiviteit van de uitgevoerde bemesting.

B.6.2.6 Modelberekeningen

B6.2.6.1 Aanpak

Voor het in beeld brengen van de effecten van droogte op de nitraatuitspoeling en van maatregelen om dit te beperken, wordt gebruik gemaakt van een aantal modellen: het LWKM 1.2 (regionaal/landelijk; gewas, bodem en hydrologie), het WOGWOD (regionaal, gewas) en het Nitraatmodel DSG-project (bedrijf; gewas, bodem). Waar LWKM 1.2 de uitspoeling berekent met een dynamisch/deterministische benadering, maken WOGWOD en Nitraatmodel DSG-project gebruik van een berekend bodemoverschot in combinatie met uitspoelfactoren. WOGWOD berekent het bodemoverschot op basis van totaalstikstof, Nitraatmodel DSG-project op basis van werkzame stikstof. WOGWOD gebruikt (empirische) uitspoelfactoren die van LMM zijn afgeleid, terwijl Nitraatmodel DSG-project uitspoelfactoren heeft afgeleid door middel van Machine Learning, waarbij het algoritme is getraind op specifieke meetgegevens van het WML meetnet Duurzaam Schoon Grondwater (bedrijven op löss).

Landelijk Waterkwaliteitsmodel (LWKM 1.2)

Met het Landelijk Waterkwaliteitsmodel versie 1.2 (Van der Bolt et al, in prep.) zijn simulaties uitgevoerd om het effect van droge zomers op het verloop van de nitraatconcentraties te berekenen en een schatting te maken van de mate waarin een droge periode tot hogere concentraties kan leiden. Voor deze berekeningen zijn de volgende aannames gedaan:

- De hydrologische invoerbestanden zijn afgeleid van een simulatie met het weerpatroon tussen 2000 en 2019.
- De berekening voor de periode 2000 – 2019 is éénmaal herhaald, met de eindtoestand van de eerste run als begintoestand voor de tweede run.
- Weerseffecten zijn niet gefilterd voor weersvariatie zoals wel gedaan wordt voor de vergelijking van scenario's met verschillende bemestingsniveaus.
- De opgelegde jaarlijkse bemesting is constant in de tijd, ter grootte van de mestgiften die corresponderen met de berekende giften voor 2019 bij de geïnstrumenteerde gebruiksnormen van het 6^e Actieprogramma Nitraat.
- In de modelinvoer is de tijdreeks van de parameter waarmee potentiële gewasopname wordt berekend zodanig bijgesteld dat in de periode 2000 – 2019 geen trend aanwezig is.

De berekende nitraatconcentraties worden gepresenteerd voor grasland en akkerbouw op zandgrond voor de regio's Zand midden en Zand zuid. In deze zandregio's waren de effecten van de droge zomer van 2018 op de gewasopbrengsten groter dan in de regio Zand Noord.



Figuur 6.2.12 Berekend verloop van het netto-neerslagoverschot en nitraatconcentraties van grasland en akkerbouw op zand in de regio Zand midden en Zand zuid bij een jaarlijks gelijke mestgift afgestemd op de gebruiksnormen van het 6^e Actieprogramma Nitraat.

Het effect van de droge zomers van 2018 en 2019 is nog niet geheel zichtbaar omdat gegevens voor 2020 ontbraken en verhoogde nitraatconcentraties zich ook na enkele jaren nog manifesteren. Dit is te zien aan de nitraatconcentraties in de periode 2003 – 2007. De tijdvertraging is groter naarmate de grondwaterstand zich dieper bevindt. Bij de matig natte gronden zet zich vanaf 2018 eerder een stijging van nitraatconcentratie in dan bij de droge gronden. In het verloop van het netto-neerslagoverschot en van de nitraatconcentratie is te zien dat 2018 een droog jaar was, maar dat het binnen de tijdperiode 2001 – 2020 niet een uniek droog jaar was. De zomerdroogte was wel extreem,

maar gerekend over gehele kalenderjaren wordt voor 2003 ongeveer hetzelfde neerslagoverschot berekend als voor 2018.

Voor Zand zuid wordt een groter effect berekend dan voor de droge gronden. De piekwaarden na de droge jaren 2003 en 2007 en na 2018 liggen in Zand zuid 16 – 29 mg L⁻¹ hoger dan de langjarig gemiddelde nitraatconcentratie. In Zand midden liggende piekwaarden 9 – 20 mg L⁻¹ hoger dan de dan de langjarig gemiddelde nitraatconcentratie. Voor akkerbouw is het effect groter dan voor grasland. Daarmee liggen de nitraatconcentraties als gevolg van droogte van enkele jaren 21 – 36 % hoger dan de waarden die berekend wordt voor het langjarige gemiddelde.

Perceelsmodellen (WOGWOD / Nitraatmodel DSG-project)

Het WOGWOD-model rekent met een regionaal bouwplan afgeleid van de oppervlakten van verschillende teelten in een regio. Voor de onderhavige studie zijn de regio's Zand noord, Zand midden, Zand zuid en het lössgebied onderscheiden. Het model houdt geen rekening met de vruchtopvolgving.

De verdeling van gewassen in WOGWOD is conform BRP2019. Hiermee kan 90 tot 98% van het bouwplan in kaart worden gebracht voor de AT-gewassen. Kijkend naar het volledig areaal inclusief grasland en maisland, dan is de potentiële afwijking hiermee beperkt. De gebruikte grondwatertrapverdeling per type landgebruik (AT, mais, grasland) en grondsoort (zand noord, zand midden en zand zuid) met bijbehorende uitspoelfractie volgt de areaalverdeling. Voor het lössgebied wordt uitgegaan van een grondwatertrap groter dan VII. De N-aanvoer via bemesting volgt de gegevens van INITIATOR zoals deze beschikbaar zijn voor de verschillende regio's en landgebruiken.

Nitraatuitspoeling wordt berekend als functie van het stikstofbodemoverschot (bemesting minus NH₃-aanwendingsemissie minus netto gewasafvoer plus depositie plus eventuele N-binding), het neerslagoverschot en een uitspoelfractie. De uitspoelfractie varieert daarbij per grondsoort en per grondwatertrap en landgebruik (grasland, mais, akker- en tuinbouw). De uitspoelfractie is afgeleid van metingen in het LMM en zijn geldig voor de gemiddelde weersituatie, bemestingspraktijk en beweidings- en teeltmanagement, waarvoor ze zijn afgeleid (zie Fraters et al., 2012).

Effecten van droogte worden op de volgende wijze in het model gebracht:

- de opbrengst en de N-opname van het hoofdgewas is minder dan normaal door een tekort aan water;
- het stikstofbodemoverschot is daardoor hoger dan normaal;
- het jaarlijkse neerslagoverschot is minder dan normaal, waardoor het niet opgenomen nitraat na het groeiseizoen nog deels in de bewortelbare laag aanwezig is.
- De uitspoelfractie zoals deze is bepaald op basis van LMM-meetgegevens hangt af van het gemiddelde neerslagoverschot. Een hoger neerslagoverschot zorgt enerzijds voor meer uitspoeling maar anderzijds voor meer verdunning (zie B5.2.4). Onder droge omstandigheden daalt de grondwaterstand. Naarmate de grondwaterstand dieper wordt, wordt de uitspoelfractie groter. Volgens Fraters et al. (2012) leidt dit per saldo tot een hogere uitspoelfractie.

In WOGWOD wordt het effect van droogte in een verandering van het N-bodemoverschot verdisconteerd (als bron, resultante van zowel mestgift als gewasopname), en van de uitspoelingsgevoeligheid ($UG = 443 \cdot \text{uitspoelfractie} / \text{neerslagoverschot}$). Deze verhoging is een resultante van een diepere grondwaterstand en een verlaagd neerslagoverschot. We nemen aan dat de UG 15% hoger ligt en N opname van gewas 20% lager ligt in het droge jaar dan in de baseline situatie.

Verschuivende scenario's van maatregelen zijn doorgerekend met het WOGWOD-model voor de vier regio's. Dezelfde scenario's zijn ook getest met het Nitraatmodel DSG-project, maar alleen voor lössgronden (zie volgend hoofdstuk). De berekening bestaat voor elk scenario uit twee deelberekeningen, het eerste jaar met droogte (jaar t) en het volgende jaar met gemiddelde weersomstandigheden (jaar t+1). Vervolgens worden de effecten van deze twee jaren gemiddeld. Als referentie is ook een baselinescenario gesimuleerd met twee jaar gemiddelde

weersomstandigheden. De resultaten worden geaggregeerd voor drie scenario's die bestaan uit combinaties van één of meerdere maatregelen en voor elke regio afzonderlijk vergeleken met het basisscenario zonder maatregelen ('baseline droogte').

- **Scenario Nk** bevat alleen maatregelen die binnen het groeiseizoen van een droog jaar genomen kunnen worden. Dit betreft maatregelen die leiden tot een verminderde mestgift in grasland, mais en aardappel.
- **Scenario Vg** betreft de teelt van een vroeg vanggewas na de oogst van het hoofdgewas (mais en aardappel) in het droge jaar zonder aanpassing van de bemesting van het volggewas. Als gevolg van de droogte wordt verondersteld dat de oogst van de mais en de aardappelen al begin september plaatsvindt.
- **Scenario Vg-AW** omvat de teelt van een diepwortelend gewas, in dit geval wintertarwe, na de teelt van het aardappelgewas. Verondersteld wordt dat vervanging van aardappel door wintertarwe in het regionale AT-bouwplan plaatsvindt zonder aanpassing van de bemesting van de wintertarwe. Om ruimte te creëren voor de extra tarwe in het bouwplan van jaar t+1 worden in dat jaar geen aardappelen geteeld. De maatregel behelst dus feitelijk een combinatie van vervanging van aardappel door wintertarwe en de teelt van een diepwortelend gewas (in jaar t+1)
- **Scenario Vg-Nk** is een milieuvriendelijker versie van Scenario Vg. In scenario Vg-Nk leidt het onderwerken van een vanggewas tot een vermindering van de kunstmestgift van het volggewas gelijk aan de stikstof-"recovery" van het ondergewerkte vanggewas (60% van de door het vanggewas opgenomen N). In **Scenario Vg-Nk-AW** wordt naast de vervanging van aardappel door wintertarwe ook de bemesting van wintertarwe gekort. De wintertarwe wordt immers in staat geacht naar de diepte verplaatste stikstof nog te kunnen opnemen, waardoor de bemesting kan worden verlaagd. Hierbij is aangenomen dat de stikstofbemesting op tarwe met 40 kg ha⁻¹ N kan worden gekort.

Tabel B6.2.2. Overzicht van scenario's bij droogte (jaar t is jaar van droogte, jaar t+1 is jaar na droogtejaar)

Scenariomamen	Maatregelen
Tabel 3.3	
Baseline geen droogte	Geen maatregel, geen droogte
Baseline droogte	Geen maatregel, eerste jaar droogte, tweede jaar geen droogte
Scenario Nk	Korting van 25% op de stikstofgift in het groeiseizoen van het droge jaar bij grasland, mais en aardappel
Scenario Vg	Na de oogst van het bouwlandgewas: een verplicht vanggewas (zonder verlaging bemesting)
Scenario Vg-AW*	Na de oogst van het bouwlandgewas: een verplicht vanggewas (zonder verlaging bemesting) en daarna of in combinatie met Wintertarwe als hoofdgewas i.p.v. aardappel (zonder verlaging bemesting)
Scenario Vg-Nk	Na de oogst van het bouwlandgewas: een verplicht vanggewas waarbij de mestgift voor het volgende hoofdgewas wordt gekort
Scenario Vg-Nk-AW*	Na de oogst van het bouwlandgewas: een verplicht vanggewas waarbij de mestgift voor het volgende hoofdgewas wordt gekort en daarna of in combinatie met Wintertarwe als hoofdgewas i.p.v. aardappel

*Alleen voor AT

De hierboven beschreven scenario's worden voor melkveehouderij (gras en mais) verder uitgewerkt in Tabel B6.2.3. De resultaten van grasland en maïsland zijn per regio areaalgewogen gemiddeld. De aannames voor AT worden uitgewerkt in Tabel B6.2.4.

Tabel B6.2.3. Uitwerking van scenario's 'tegengaan van uitspoeling door droogte' voor grasland en maisland in WOGWOD (UG=uitspoelingsgevoeligheid, Stand = standaard)

Scenario	Jaar t					Jaar t+1				
	Weer	N-bemesting	N-opname	UG	Verplicht vroeg vanggewas (kg ha ⁻¹ N)	Weer	N-bemesting	N-opname	UG	Verplicht vroeg vanggewas (kg ha ⁻¹ N)
Grasland										
Baseline geen droogte	Gem	Stand	Stand	Stand	n.v.t.	Gem	Stand	Stand	Stand	n.v.t.
Baseline droogte	Droog	- 20%	-20%	+15%	n.v.t.	Gem	Stand	Stand	Stand	n.v.t.
Scenario Nk (korting N-gift)	Droog	- 20%	-20%	+15%	n.v.t.	Gem	Stand	Stand	Stand	n.v.t.
Scenario Vg (vanggewas, zonder verlaging bemesting) ¹	Droog	Stand	-20%	+15%	n.v.t.	Gem	Stand	Stand	Stand	n.v.t.
Scenario Vg-Nk (vanggewas, met verlaging bemesting) ¹	Droog	Stand	-20%	+15%	n.v.t.	Gem	Stand	Stand	Stand	n.v.t.
Maisland										
Baseline geen droogte	Gem	Stand	Stand	Stand	Ja (40)	Gem	Stand	Stand	Stand	Ja (40)
Baseline droogte	Droog	Stand	-20%	+15%	Ja (40)	Gem	Stand	Stand	Stand	Ja (40)
Scenario Nk (Korting N-gift)	Droog	- 20%	-20%	+15%	Ja (40)	Gem	Stand	Stand	Stand	Ja (40)
Scenario Vg (vanggewas, zonder verlaging bemesting)	Droog	Stand	-20%	+15%	Ja (70)	Gem	Stand	Stand	Stand	Ja (40)
Scenario Vg-Nk (vanggewas, met verlaging bemesting)	Droog	-N recovery vanggewas	-20%	+15%	Ja (70)	Gem	Stand	Stand	Stand	Ja (40)

Tabel B6.2.4. Uitwerking van scenario's 'tegengaan van uitspoeling door droogte' voor AT-gewassen in WOGWOD (UG=uitspoelingsgevoeligheid, Stand = standaard)

Scenario	Jaar t					Jaar t+1				
	Weer	N-bemesting	N-opname	UG	Verplicht vroeg vanggewas (kg ha ⁻¹ N)	Weer	N-bemesting	N-opname	UG	Verplicht vroeg vanggewas (kg ha ⁻¹ N)
AT-gewassen										
Baseline geen droogte	Gem	Stand	Stand	Stand	Nee	Gem	Nee	Stand	Stand	Stand
Baseline droogte	Droog	Stand	-20%	+15%	Nee	Gem	Nee	Stand	Stand	Stand
Scenario Nk (Korting N-gift)	Droog	- 25% bij aardappel	-20%	+15%	Nee	Gem	Nee	Stand	Stand	Stand
Scenario Vg (vanggewas zonder verlaging bemesting)	Droog	Stand	-20%	+15%	Ja	Gem	Nee	Stand	Stand	Stand
Scenario Vg-AW (Wintertarwe i.p.v. aardappel zonder verlaging bemesting)	Droog	Stand	-20%	+15%	Nee	Gem	Ja	Stand	Stand	Stand
Scenario Vg-Nk (vanggewas, met verlaging bemesting)	Droog	-N recovery vanggewas	-20%	+15%	Ja	Gem	Nee	Stand	Stand	Stand
Scenario Vg-Nk-AW (Wintertarwe i.p.v. aardappel, met verlaging bemesting)	Droog	Stand	-20%	+15%	Nee	Gem	Ja	- 40 kg ha ⁻¹ N bij tarwe	Stand	Stand

B6.2.6.1 Scenario-analyse WOGWOD model

Akker- en tuinbouw

De resultaten van de berekeningen met het WOGWOD-model zijn voor akker- en tuinbouw in Tabel B6.2.5 weergegeven. De belangrijkste conclusies zijn:

- Als geen maatregelen worden genomen wordt voor de situatie van een droog jaar, gevolgd door een normaal jaar, gemiddeld over deze twee jaar een 21 – 25% hogere nitraatconcentratie berekend dan in een situatie zonder droogte

- Een korting van 25% op de stikstofgift bij aardappelen in een droog jaar (Scenario A) leidt tot een verlaging van de nitraatconcentratie met 3-8%. Als een korting op de stikstofgift van 50% wordt toegepast wordt een verlaging van 6 – 15% berekend (niet weergegeven in de tabel). Een dergelijke korting is in de praktijk niet realistisch omdat bij gedeelde mestgiften de laatste stikstofbemesting doorgaans al in juni plaatsvindt en er daardoor slechts beperkt tot niet meer kan worden ingespeeld op droogte die daarna plaatsvindt. De effecten van droogte op drogestofproductie manifesteren zich juist in de periode juli-augustus.
- Het effect van een verplicht vanggewas op het tegengaan van een verhoogde uitspoeling is beperkt (2-3% verlaging van de nitraatconcentratie) als bij de bemesting van het volggewas geen rekening wordt gehouden met de bemestende waarde van het ondergeploegde vanggewas (Scenario Vg). Als aardappel wordt vervangen door wintertarwe (Scenario AW), neemt de nitraatconcentratie maximaal 7% af. Als bij de mestgift op het volggewas rekening gehouden wordt met de bemestende waarde van het ondergeploegde vanggewas (Scenario Vg-Nk), wordt de stijging van de nitraatconcentratie tegengegaan. Voor deze maatregel wordt een daling van de nitraatconcentratie berekend van 7-11% in vergelijking met de waarde berekend de situatie zonder maatregel. Als aardappelen worden vervangen door wintertarwe met een verlaagde bemesting (Scenario AW-Nk, -40 kg ha⁻¹ N), dan is het effect het grootste, met uitzondering van de lössregio: de nitraatconcentratie daalt met 4-14%. De nitraatconcentratie is dan echter nog steeds hoger dan gemiddeld voor een reeks normale jaren.
- Wanneer in Scenario Vg-AW* alleen een vanggewas werd toegepast op aardappel in plaats van op alle mogelijke gewassen, dan wordt de daling van de nitraatconcentratie iets kleiner: 7% voor Zand noord, 5% voor Zand midden, 4% voor Zand zuid, en 3% voor Löss. In de regio's waar het aandeel aardappelen in het AT-areaal groot is, is het effect van alleen een vanggewas na aardappelen en een korting van de stikstofgift bij op aardappelen het grootst.

Tabel B6.2.5. Met WOGWOD berekende effecten van maatregelen om uitspoeling door droogte tegen te gaan voor akker- en tuinbouw. Resultaten zijn berekend als het gemiddelde van een droog jaar gevolgd door een gemiddeld jaar.

Scenario	Regio	Nitraat (mg L ⁻¹)	Effect (mg L ⁻¹)	Effect (%)	Fosfaatoverschot (kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅)	N-bodemoverschot (kg ha ⁻¹ N)	Netto N-opname (kg ha ⁻¹ N)
Baseline geen droogte	Noord	86			16	98	128
	Midden	83			16	94	117
	Zuid	78			27	88	102
	Löss	71			11	81	129
Baseline droogte	Noord	106			21	110	115
	Midden	101			21	106	106
	Zuid	94			31	98	92
	Löss	89			17	93	117
Scenario Nk (25% Korting N-gift bij aardappelen)	Noord	97	8,6	8	23	102	112
	Midden	95	5,8	6	21	100	103
	Zuid	90	3,5	4	31	94	90
	Löss	86	2,6	3	17	91	115
Scenario Vg (Verplicht vanggewas; NIET verrekend in de bemesting volggewas)	Noord	104	1,7	2	22	108	117
	Midden	99	1,9	2	20	104	108
	Zuid	92	1,8	2	30	96	94
	Löss	86	2,6	3	16	91	119
Scenario AW (W.Tarwe i.p.v. aardappelen)	Noord	98	7,5	7	21	102	108
	Midden	96	5,7	6	21	99	99
	Zuid	91	2,2	2	31	95	87
	Löss	89	0,1	0	16	93	114
Scenario Vg-Nk (Verplicht vanggewas; WEL verrekend in de bemesting volggewas)	Noord	98	7,1	7	21	103	116
	Midden	94	7,7	8	21	98	106
	Zuid	87	6,4	7	31	91	93
	Löss	79	9,6	11	16	84	117
Scenario Vg-AW (W.Tarwe i.p.v. aardappel *)	Noord	90	15,2	14	21	93	108
	Midden	90	10,8	11	21	93	99
	Zuid	87	6,3	7	31	91	87
	Löss	86	3,2	4	16	90	114

*: N bemesting bij tarwe verlaagd (- 40 kg N per ha)

De resultaten van de scenario's voor melkveehouderij (grasland + mais) zijn weergegeven in Tabel B5.2.6. Een vermindering van de stikstofgift (Scenario Nk) verlaagt de nitraatconcentratie met 8-11%. Het effect van een verplicht vanggewas (Scenario Vg) is relatief beperkt in vergelijking tot het effect berekend voor akker- en tuinbouw, omdat deze maatregel alleen van toepassing is op maisland dat slechts 19-36% van de oppervlakte beslaat. Met een verplicht vanggewas en een verlaagde bemesting van het volggewas (Scenario Vg-Nk) komt de nitraatconcentratie weer bijna op het normale niveau zonder droogte.

Tabel B6.2.6. Met WOGWOD berekende effecten van maatregelen om uitspoeling door droogte tegen te gaan voor melkveehouderij (gras+mais). Resultaten zijn berekend als het gemiddelde van een droog jaar gevolgd door een gemiddeld jaar.

scenario	regio	Nitraat (mg L ⁻¹)	Effect (mg L ⁻¹)	Effect (%)	Fosfaat-overschot (kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅)	N-bodemoverschot (kg ha ⁻¹ N)	Net N-opname (kg ha ⁻¹ N)
Baseline geen droogte	Noord	39			5	82	263
	Midden	37			2	76	258
	Zuid	33			-1	62	233
	Löss	38			-4	66	252
Baseline droogte	Noord	43			6	82	257
	Midden	41			4	77	252
	Zuid	39			2	64	226
	Löss	42			-2	66	246
Scenario Nk (Korting N-gift)	Noord	39	4,1	10	7	76	255
	Midden	37	4,3	11	4	70	250
	Zuid	35	4,2	11	3	58	222
	Löss	39	3,4	8	-1	61	242
Scenario Vg (Verplicht vanggewas*1)	Noord	43	0,4	1	6	82	257
	Midden	41	0,5	1	3	76	253
	Zuid	38	1,0	3	1	63	227
	Löss	42	0,7	2	-2	65	247
Scenario Vg-Nk (Verplicht vanggewas*2)	Noord	40	3,0	7	7	79	256
	Midden	38	3,3	8	4	73	251
	Zuid	34	4,7	12	2	59	225
	Löss	39	3,4	8	-2	62	246

*1: Alleen geldig voor maisland. Niet verrekend met de bemesting volggewas

*2: Alleen geldig voor maisland. WEL verrekend met de bemesting volggewas

B6.2.6.2 Scenario analyse Nitraatmodel DSG-project

De scenario's zijn ook uitgevoerd met het Nitraatmodel DSG-project voor een bedrijfsgemiddeld bouwplan van een akker- en tuinbouwbedrijf in het lössgebied. In tegenstelling tot de berekening met het WOGWOD-model waarin met één droog jaar gevolgd door één normaal is gerekend, is het Nitraatmodel van het DSG-project voor een tijdreeks van 20 jaar met droog weer gedraaid waarbij een 4-jarige vruchtwisseling is toegepast. Het bedrijfsgemiddelde effect op de nitraatconcentratie is berekend als het gemiddelde van de meest voorkomende (mediane) effecten. De resultaten van de scenariostudie zijn weergegeven in Tabel B6.2.7. Uit de modelanalyse blijkt:

- de nitraatconcentratie substantieel hoger wordt berekend na een droog jaar als gevolg van een hogere uitspoelfractie en een hoger N-bodemoverschot (72 in plaats van 51 mg L⁻¹ nitraat);
- Voor de maatregel waarbij aardappels worden vervangen door een diep wortelend gewas (wintertarwe) het grootste effect op de nitraatconcentratie wordt berekend. Met deze maatregel kan de nitraatuitspoeling die zou optreden na een periode van droogte met 29 - 37% worden verlaagd.
- De maatregel waarbij de stikstofbemesting wordt verlaagd (generiek of na een vanggewas) leidt daarnaast tot een verlaging die kan oplopen tot 16%.
- De teelt van een vanggewas (na elk gewas of alleen na aardappel) heeft een relatief beperkt effect (kleiner dan 13%) omdat de opgenomen stikstof na onderploegen van het vanggewas weer

beschikbaar komt. Als de bemestende waarde van een ondergeploegd vanggewas wordt verrekend met de bemesting van het volggewas is het effect groter dan bij een normale bemesting van het volggewas.

De voorspelde nitraatconcentratie is 29% lager voor baseline zonder droogte en 19% lager voor baseline met droogte in vergelijking met WOGWOD. Dit verschil wordt veroorzaakt door:

- 1) de coëfficiënten in het WOGWOD-model zijn gebaseerd op metingen en registraties in het LMM en het Nitraatmodel DSG-project is gebaseerd op de gegevens van het programma Duurzaam Schoon Grondwater. LMM is opgezet voor een gebiedsrepresentatieve monitoring en het DSG-programma is opgezet om de voortgang in milieuprestatie van de deelnemers aan dit programma te monitoren. Een ander verschil is de analysemethode van nitraat in bodemonsters wat tot een systematisch verschil in concentraties leidt. Het Nitraat-model DSG-project is getraind op lagere concentraties dan de concentraties die met de LMM-methode gemeten zouden zijn. Het verschil bedraagt vaak meer dan 20 mg L⁻¹.
- 2) het WOGWOD-model gebruikt een hogere, niet gewasspecifieke waarde voor de uitspoelingsgevoeligheid van bouwland. Het nitraatmodel DSG-project rekent met gewasspecifieke UG-waarden, die vaak later liggen dan die van WOGWOD, en die bovendien specifiek zijn voor het DSG-meetnet in de lössregio.

Het effect van 25% korting op de stikstofbemesting bij aardappel (Scenario Nk) op de nitraatconcentratie wordt berekend op 11,4 mg L⁻¹ of 16%. Dit effect is substantieel hoger dan het door WOGWOD voorspelde effect (2,6 mg L⁻¹). Dit verschil is gedeeltelijk toe te schrijven aan de keuze om de N-korting in WOGWOD alleen voor het eerste (droge) jaar toe te passen maar niet voor het tweede (normale) jaar, terwijl de simulatie met het Nitraatmodel DSG-project een 20-jaars gemiddelde in kaart brengt. Het vanggewas zonder verrekening van zijn bemestende waarde voor het volggewas (Scenario Vg) vermindert het stikstofbodemoverschot slechts marginaal, omdat na onderploegen de opgenomen stikstof weer vrij komt. De nitraatconcentratie wordt in dit scenario gemiddeld 3% hoger berekend (maar als mediaan 12% lager) dan in de baseline. In het Nitraatmodel DSG-project is aangenomen dat stikstof uit vanggewassen slechts tot 1 jaar na de toepassing vrijkomt, hoewel zij in werkelijkheid langer stikstof kunnen naleveren. Op lange termijn kan het effect van een vanggewas op de verlaging van het N-bodemoverschot dus nog kleiner zijn. Wanneer de bemestende waarde van het vanggewas wel wordt verrekend met de bemesting van het volggewas (Scenario Vg-Nk), vermindert de nitraatconcentratie met 13%. Wanneer aardappel wordt vervangen door wintertarwe (Scenario Vg-AW), daalt de nitraatconcentratie met 29%. Hoewel deze maatregel nauwelijks van invloed is op het stikstofbodemoverschot, leidt een lagere uitspoelfractie van wintertarwe in het Nitraatmodel DSG-project dan van aardappelen tot een verlaging van de nitraatconcentratie. Het WOGWOD-model berekent een kleiner effect van deze maatregel, omdat het geen gewasspecifieke uitspoelingfractie gebruikt. Wanneer aardappelen worden vervangen door wintertarwe met verrekening van de bemestende waarde van een ondergeploegd vanggewas met de bemesting van het volggewas (Scenario Vg-Nk-AW), daalt de nitraatconcentratie verder met 37%. Bij dit scenario wordt bijna het concentratieniveau bereikt dat berekend wordt voor een reeks normale jaren.

Tabel B6.2.7. Bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties berekend met het Nitraatmodel DSG-project voor een tijdreeks van 20 jaar akkerbouw op lössgrond. Voor de nitraatconcentratie worden zowel de gemiddelde als de mediaanwaarde (tussen haakjes) weergegeven, omdat de nitraatconcentratie over de jaren niet normaal verdeeld is.

Scenario	Nitraat (mg L ⁻¹)	N-bodemoverschot ^{*4} (kg ha ⁻¹ N)	Net N-opname (kg ha ⁻¹ N)	Effect (mg L ⁻¹)	Effect (%)
Baseline geen droogte	51 (43)	105	120		
Baseline droogte	72 (58)	129	96		
Scenario Nk (25% korting N-gift aardappel)	61 (57)	116	96	11 (1)	16 (1)
Scenario Vg (Verplicht vanggewas ^{*1})	74 (51)	118	124	-2 (7)	-3 (12)
Scenario Vg-AW (W.Tarwe i.p.v. aardappel)	51 (49)	130	96	21 (9)	29 (16)
Scenario Vg-Nk (Verplicht vanggewas ^{*2})	62 (45)	101	124	10 (13)	13 (23)
Scenario Vg-Nk-AW (W.Tarwe i.p.v. aardappel ^{*3})	45 (44)	111	96	27 (14)	37 (25)

*1: geen verrekening van de bemestende waarde van het vanggewas met de mestgift

*2: wel verrekening van de bemestende waarde van het vanggewas met de mestgift

*3: N bemesting bij tarwe verlaagd (- 40 kg N per ha)

*4: het Nitraatmodel DSG-project berekent het N-bodemoverschot als de som van het overschot aan werkzame stikstof uit toevoegingen en bodemlevering (NLV).

B6.2.7 Conclusies en discussie

Algemeen

Na een droog jaar is het risico op nitraatuitspoeling groter door het hogere stikstofbodemoverschot door een lagere gewas-N-opname en een indikking van het uitspoelend water uit de wortelzone. Met de modellen WOGWOD en het Nitraatmodel DSG-project is in beeld gebracht wat de effecten zijn van droogte als ook een aantal maatregelen worden genomen die het risico op nitraatuitspoeling verkleinen. Deze maatregelen variëren van een korting op de N-bemesting in het droge seizoen (bij gras, mais en aardappelen), de teelt van een (vroeg) vanggewas na (verdroogde) gewassen tot een verplichte opvolging van het verdroogde uitspoelingsgevoelige gewas aardappel met wintertarwe. Ook is onderzocht wat het effect is van het telen van een vanggewas, met en zonder verrekening van de bemestende waarde van een ondergeploegd vanggewas met de bemesting van het volggewas.

AT-gewassen zand (WOGWOD)

Uit de analyse blijkt dat de nitraatuitspoeling in AT substantieel (>10%) hoger wordt door droogte in vrijwel alle zand- en lössgebieden. De meest effectieve maatregelen op zand zijn de teelt van een vanggewas met corresponderende verlaging van de bemesting (reductie tussen 7 en 11%) en een verlaging van de N-bemesting in het droge jaar (reductie variërend tussen 3 en 8%). Vervanging van aardappel door wintertarwe levert 0-7% reductie op. Indien tevens de N-bemesting van de wintertarwe wordt verlaagd (doordat er na een droog jaar meer N in de bodem beschikbaar is voor de diep-wortelende tarwe) bedraagt de reductie 4-11%. De teelt van een vanggewas heeft alleen substantieel effect als de bemesting van het volggewas erop is afgestemd.

AT-gewassen löss (Nitraatmodel DSG-project)

Wanneer in meer detail wordt gekeken naar een bouwplan op bedrijfsniveau, dan blijkt gewasopvolging de belangrijkste sturende variabele te zijn, en het effect kan zelfs substantieel hoger liggen (oplopend tot 37%) dan op regionaal niveau in beeld is gebracht.

Melkveehouderij gras (WOGWOD).

Op grasland wordt het grootste effect bereikt door een verlaging van de N-kunstmestbemesting in de latere sneden (reductie oplopend tot 11%). Op grasland zijn de effecten van een verlaging van de kunstmestgift hierdoor groot, maar deze aanpassing is deels ook al de huidige praktijk: na droogte wordt wel alle dierlijke mest tot aan de gebruiksnorm opgebracht, maar wordt de dan overbodige kunstmestgift vaak niet meer gegeven.

De effecten van maatregelen tegen droogte, die we in deze studie hebben berekend moeten opgevat worden als een best-case, niet alleen voor grasland. De mogelijkheden tot bijsturing van de kunstmestgift binnen het seizoen zijn op bouwland (AT en mais) sowieso beperkt omdat vrijwel alle stikstof in mest al gegeven is (laatste bemesting in juni) voordat helder is dat het seizoen droog wordt met substantiële opbrengstschade (effecten van droogte bij mais en aardappel zijn doorgaans het grootst in juli-augustus). Voor zowel aardappel als mais zijn er bijmestsystemen/adviezen beschikbaar. Hiermee zou in principe kunnen worden ingespeeld op situaties van vroege droogte (mei-juni). Bijmestsystemen zijn er voor enkele gewassen zoals aardappel. Zeker op zand ligt hier nog potentie voor bijsturingmogelijkheden omdat het niet standaard praktijk is.

Metingen van Eurofins Agro laten zien dat er in het voorjaar na een droog jaar tot 40 kg N ha⁻¹ aanwezig is in de bodemlaag 0-90 cm, en in de berekeningen is verondersteld dat deze stikstof ook daadwerkelijk ten goede komt aan het volggewas. Dit is goed mogelijk op diep doorwortelbare gronden zoals löss- of diepe esgronden (zand) mits een diepwortelend gewas wordt geteeld, maar onwaarschijnlijk in geval van minder diep doorwortelbare zandgronden en/of ondiep wortelende gewassen als groenten en aardappelen. Bijkomend punt is dat in veel gangbare bouwplannen het gewas aardappel al opgevolgd wordt door wintertarwe of een ander diep wortelend gewas. Dat betekent dat het huidige bouwplan in veel situaties al de effecten realiseert die met de bovengenoemde berekeningen wordt geschat.

Bij de teelt van de diepwortelende wintertarwe na aardappelen is ervan uitgegaan dat het extra areaal wintertarwe 'gevonden' wordt deze te telen i.p.v. aardappel. Het extra areaal kan ook worden gevonden door andere (uitspoelingsgevoelige) gewassen te vervangen waardoor het effect op de nitraatuitspoeling even groot kan zijn.

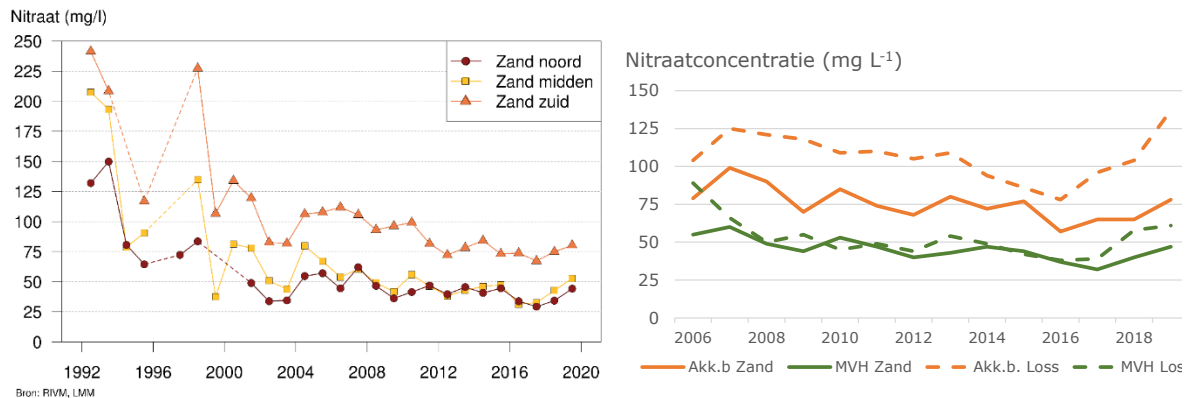
Verder kunnen, afhankelijk van de bodemgezondheidssituatie, de mogelijkheden voor maximale inzet van vanggewassen worden beperkt, doordat vanggewassen bepaalde bodempathogenen (o.a. aaltjes) kunnen vermeerderen.

B6.3 Verlagen stikstofgebruiksnormen op zand- en lössgronden

B6.3.1 Inleiding

In het zuidelijke zandgebied en de lössregio wordt gebiedsgemiddeld nog niet aan de nitraatnorm van 50 mg L⁻¹ voldaan (Figuur B6.3.1, links). Een oorzaak hiervoor is dat op akkerbouwbedrijven in de zandregio en de lössregio de nitraatconcentraties nog vaak de waarde van 50 mg L⁻¹ overschrijden. Metingen in het basismetnet van LMM geven aan dat gebiedsgemiddeld op melkveebedrijven de nitraatconcentratie in de periode 2014 – 2018 wel aan de norm voldeed (Figuur B6.3.1, rechts). De gebiedsgemiddelde nitraatconcentraties in Zand midden voldoet in de periode 2012-2018 aan de grenswaarde van 50 mg L⁻¹, in 2019 is de gemeten nitraatconcentratie hoger dan deze waarde. Dit kan mede veroorzaakt zijn door de droogte van 2018 en door hogere stikstofbodemoverschotten in voorliggende jaren door ongunstige groei- en oogstomstandigheden.

Het stikstofbodemoverschot is sturend voor de nitraatuitspoeling. Een verlaging van het stikstofbodemoverschot kan gerealiseerd worden door een vermindering van de stikstofbemesting en/of een verhoging van de benutting van de toegediende mest. De verwachting is dat in de nabije toekomst de stikstofopname door akkerbouwgewassen niet in die mate zal stijgen dat gebiedsgemiddeld de nitraatconcentratie op akkerbouwbedrijven in de zand- en lössregio structureel zal dalen. Eén van de beschouwde maatregelen in het 7^e Actieprogramma is de verlaging van de stikstofbemesting van niet-rustgewassen. Deze groep gewassen is groter dan de groep uitspoelingsgevoelige gewassen.



Bron: RIVM, LMM

Figuur B6.3.1. Links: nitraatconcentraties (arealgewogen jaargemiddelde van gemeten concentratie in $\text{mg L}^{-1} \text{NO}_3$) in het water dat uitspoelt uit de wortelzone op landbouwbedrijven in de zandgebieden (bron: Fraters et al., 2020) en rechts: Nitraatconcentraties in de zand- en lössregio gemeten op akkerbouw en melkveehouderijbedrijven (bron: selectietool Imm.rivm.nl).

B6.3.2 Aanpak

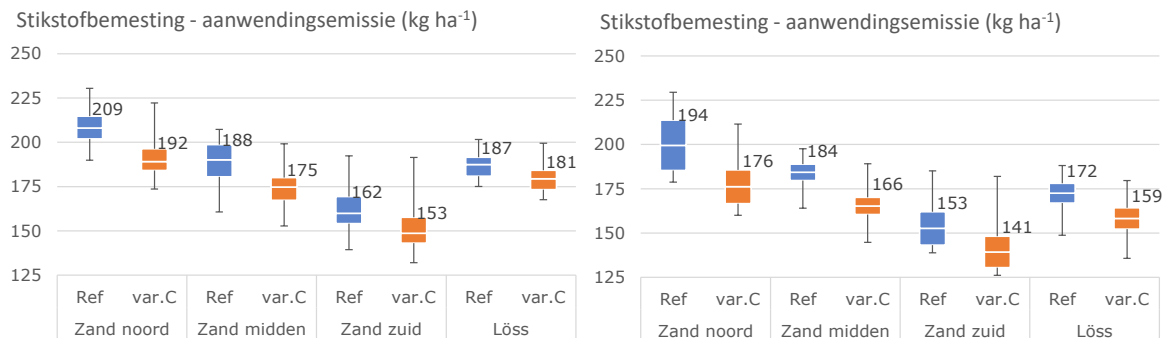
De niet-rustgewassen zijn gedefinieerd als de groep graangewassen, vezel- en olieproducerende gewassen, grasgewassen, stikstofbindende groenvoeders (klaver, luzerne), groenbemesters en enkele kleine gewassen (peterselie, quinoa).

Voor Zand noord en Zand midden wordt in dit scenario een generieke korting van de stikstofgebruiksnorm van 15% voor de niet-rustgewassen verondersteld ten opzichte van de gebruiksnormen zoals deze voor 2021 gelden (RVO.nl). Voor het zuidelijk Zandgebied en het Lössgebied wordt een korting van de stikstofgebruiksnorm van 30% voor deze gewassen doorgevoerd ten opzichte van de gebruiksnormen zoals deze tot en met het 4^e Actieprogramma golden. In het 5^e Actieprogramma zijn de gebruiksnormen voor uitspoelingsgevoelige gewassen in het zuidelijk Zandgebied en het Lössgebied met 20% verlaagd. Daar nu een extra korting van 12,5% op te leggen wordt de korting 30% ten opzichte van de waarden in het 4^e Actieprogramma.

Bij het verrekenen van de kortingspercentages is uitgegaan van de bemesting berekend voor de Referentie 2027 (scenario A). Effecten in de ontwikkeling van de omvang van de veestapel, de excretiewaarden en het landgebruik zijn hierin al verrekend. Er is van uitgegaan dat de korting in eerste instantie te realiseren is door een verminderde kunstmestgift. Als de kunstmestgift kleiner is dan de korting, wordt ook een korting op de dierlijke mestgift verondersteld. Hierbij is ervan uit gegaan dat in eerste instantie gekozen zal worden voor een vermindering van de gift aan rundveemest, omdat deze mestsoort een hogere stikstof/fosfaat-verhouding heeft dan varkensmest. Voor enkele situaties wordt voor de referentie berekend dat de bemesting hoofdzakelijk uit varkensmest bestaat. In dergelijke gevallen wordt de korting ook verondersteld door een verminderde gift aan varkensmest. Het opleggen van de korting van de stikstofgebruiksnorm heeft daarmee ook een geringe verlaging van de fosfaatgift tot gevolg.

B6.3.3 Resultaten

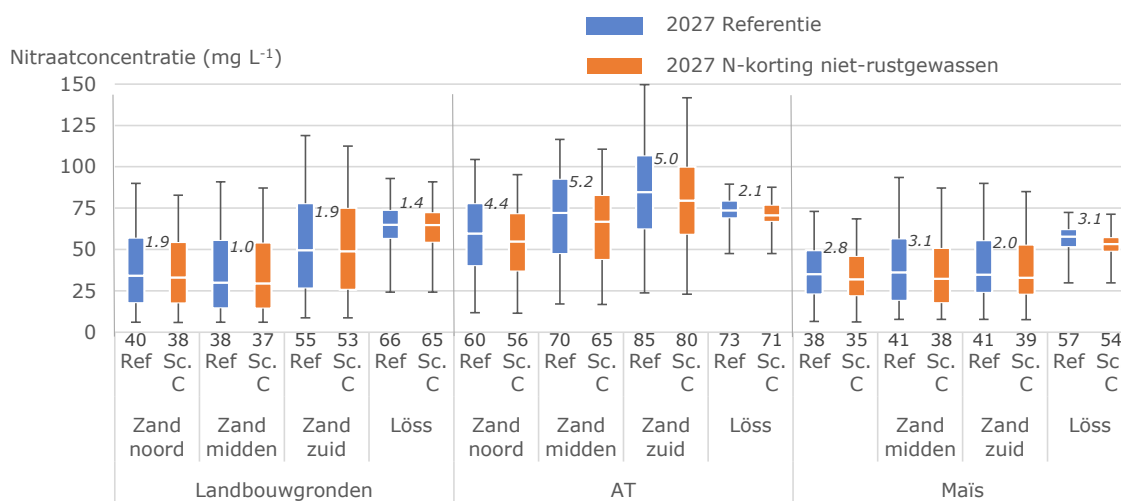
Het effect op de stikstofbodembelasting met mest van AT-gewassen (links) en mais (rechts) is weergegeven in Figuur B6.3.2. Voor de AT-gewassen leidt de korting tot een vermindering van de stikstofbodembelasting door mest met resp. 8%, 7%, 6% en 3% in Zand noord, Zand midden, Zand zuid en het lössgebied. Voor mais leidt de korting tot een vermindering van resp. 9%, 10%, 8% en 8% in Zand noord, Zand midden, Zand zuid en het lössgebied. Deze percentages zijn lager dan het veronderstelde kortingspercentage. Het kortingspercentage heeft betrekking op de werkzame stikstof en de stikstofbodembelasting is berekend aan de hand van de totale stikstofgift. Doordat bij dierlijke mest de totale stikstofgift 1,25 – 1,67 maal zo groot is als werkzame stikstof en de korting vooral is opgelegd aan kunstmestgiften, is de uiteindelijke vermindering van de totale stikstof gift kleiner dan de kortingspercentages. Voor snijmais. Figuur B6.3.2 geeft de frequentieverdeling (weergegeven als boxplots) van de stikstofbodembelasting weer na aftrek van de aanwendingsmissie.



Figuur B6.3.2. Areaal gewogen frequentieverdeling (weergegeven als box-plots) van de N-bemesting verminderd met de aanwendingsmissie op AT-gewassen (links) en mais (rechts) in de zandgebieden en de lössregio voor Referentie 2027 (Ref) en scenario C met 15/12,5% korting van stikstofgebruiksnormen van niet-rustgewassen. Getallen duiden de areaal gewogen gemiddelde waarden aan

De opgelegde kortingen leiden tot een iets lagere gewasopname. De vermindering van het stikstofbodemoverschot is daarmee kleiner dan de vermindering van de stikstofbemesting. In deze context wordt het stikstofbodemoverschot berekend als de stikstofbodembelasting met mest en depositie minus gewasopname. Berekend wordt dat het stikstofbodemoverschot van AT-gewassen met resp. 10, 8, 6 en 3 kg ha⁻¹ afneemt in Zand noord, Zand midden, Zand zuid en het Lössgebied en dat het stikstofbodemoverschot van mais met resp. 8, 7, 4 en 3 kg ha⁻¹ afneemt in deze gebieden. De vermindering van het stikstofbodemoverschot bedraagt voor AT-gewassen in de zandgebieden 55 – 65% van de vermindering van de stikstofbodembelasting door mest en voor mais 30 – 40% van de vermindering van de stikstofbodembelasting door mest. Voor de lössregio zijn de percentages voor zowel AT-gewassen als mais lager.

De verminderde stikstofbodemoverschotten leiden tot een daling van de nitraatconcentraties (Figuur B6.3.3).



Figuur B6.3.3. Areaal gewogen frequentieverdeling van nitraatconcentraties (mg L⁻¹) in de zandgebieden en de lössregio voor Referentie 2027 (Ref) en het scenario met 15/12,5% korting van stikstofgebruiksnormen van niet-rustgewassen (Sc.C). Getallen onder de horizontale as duiden de areaal gewogen gemiddelde nitraat-concentraties aan en getallen tussen de vlakken de vermindering ervan als gevolg van de maatregel.

De grootste daling van de nitraatconcentratie onder AT-gewassen wordt berekend voor Zand midden en Zand zuid (5,2 en 5,0 mg L⁻¹). Voor Zand noord wordt met 4,4 mg L⁻¹, ondanks een grotere vermindering van het stikstofbodemoverschot toch een lagere daling berekend omdat de uitspoelgevoeligheid in Zand noord lager is dan in de andere zandgebieden. Het kleinste effect wordt berekend voor het lössgebied; hier was het effect op de stikstofbodemoverschot ook het kleinst.

De effecten op de nitraatconcentraties voor snijmais zijn kleiner dan voor AT-gewassen. Bij mais is het effect op de gewasopbrengst van de verminderde mestgift groter dan bij AT-gewassen, waardoor het effect op het stikstofbodemoverschot kleiner is. De stikstofgebruiksnormen voor mais zijn kritischer

voor de gewasopbrengst dan die van AT-gewassen. Daarnaast wordt in de modelbenadering in de Referentie 2027 na de teelt van snijmais altijd een goed geslaagd vanggewas geteeld waardoor effecten van wijzigingen in mestgiften enigszins gebufferd worden.

6.3.4 Conclusies en discussie

Een verlaging van de stikstofgebruiksnormen van niet-rustgewassen resulteert in een daling van de nitraatconcentratie met 1 – 2 mg L⁻¹ gemiddeld voor alle landbouwgronden in de zandgebieden, 4,4 – 5,2 mg L⁻¹ voor AT gewassen in de zandgebieden en 2 – 3,1 voor snijmais in de zandgebieden. Voor het lössgebied wordt een daling van 2,1 mg L⁻¹ voor AT-gewassen en 3,1 mg L⁻¹ voor snijmais berekend. De maatregel draagt bij aan het beter voldoen aan de norm van 50 mg L⁻¹, maar het zelfstandige effect van de maatregel is onvoldoende om in zuidelijk zandgebied en het lössgebied aan de norm te gaan voldoen.

Het achterliggende doel van de maatregel is om de teelt van rustgewassen te stimuleren. Het simuleren van een dergelijke gedragsverandering vraagt om een andere aanpak waarbij afwegingen van een agrariër expliciet en kwantitatief worden gemaakt. Als een agrariër ervoor kiest om ondanks de korting vast te houden aan het bouwplan zou een situatie als geschetst in B6.3 kunnen ontstaan. Maar bedacht moet worden dat een agrariër de opbrengst van het meest renderende gewas als eerste zal willen veiligstellen. Een korting op een niet-rustgewas zal in de praktijk vaak worden uitgevoerd met een verminderde stikstofgift op een minder renderend rustgewas. De vermindering van de nitraatuitspoeling op bedrijfsniveau is dan kleiner dan hierboven berekend. Een minder goed geslaagde groei van het rustgewas levert een geringere bijdrage aan bodemkwaliteit. Het doel van de maatregel is o.a. om de bodemkwaliteit te bevorderen maar door de bedrijfsbenadering voor het berekenen van de gebruiksruimte kan de veronderstelde maatregel tegengesteld aan het beoogde doel uitpakken.

Een aspect dat in de bovenstaande modelberekeningen niet is beschouwd betreft de mogelijkheid om naast een korting op niet-rustgewassen tegelijkertijd een verruiming van de gebruiksnormen voor rustgewassen in het vooruitzicht te stellen. Ook hiervan is het doel om agrariërs ertoe te bewegen een groter aandeel rustgewassen in het bouwplan op te nemen. Nog meer dan in de situatie dat een dergelijke verruiming niet gegeven wordt is het te verwachten dat de verruiming als eerste zal worden gebruikt voor het binnen bedrijfsverband “compenseren” van de korting van de gebruiksnorm voor het niet-rustgewas. Het niet-rustgewas heeft doorgaans een hoger rendement.

Bijlage 7 Perceelsmaatregelen

B7.1 Verruiming fosfaatgebruiksnorm bij toepassing compost en organische stofrijke mestsoorten

7.1.1 Inleiding

Naast een aangepast bouwplan en een aangepast grondbewerking is de aanvoer van compost en de aanvoer van organische stofrijke mest een mogelijkheid het organische stofgehalte van de bodem te verhogen. Echter, de mogelijkheden om organische stof aan de bodem toe te voegen met organische meststoffen en bodemverbeteraars zijn de afgelopen jaren beperkt door aanscherping van de fosfaatgebruiksnormen. Een verruiming van de fosfaatgebruiksnorm voor mestsoorten met veel organische stof mag echter niet leiden tot een verslechtering van de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater. Met andere woorden: een verhoging van de aanvoer van organische stof mag in de praktijk niet leiden tot *extra* uitspoeling van stikstof en fosfaat.

In een eerdere bureaustudie (Van Rotterdam & Postma, 2016) is nagegaan wat het effect is van compostgebruik op de fosfaatbeschikbaarheid en -uitspoeling uit de bodem. De resultaten lieten een grote spreiding zien. Verschillende factoren, zoals fosfaattoestand van de bodem, tijd (tussen toediening en effect), en de gebruikte meetmethode zijn van belang voor het vaststellen van de werkingscoëfficiënt van compost ten opzichte van een referentiemeststof, zoals tripelsuperfosfaat. Net als voor fosfaat is ook de relatie tussen organische stofaanvoer en nitraatuitspoeling niet eenduidig (CDM, 2017a). Op basis van rekenmodellen leidt het gebruik van organische stofrijke mestproducten tot grotere N-bodemoverschotten en daardoor tot een hogere nitraatuitspoeling (Schröder et al., 2007) door ontijdige mineralisatie van de organische N. Anderzijds zou bij meer organische stof de gewasopname en de denitrificatie kunnen toenemen waardoor de uitspoeling daalt. Op dit moment loopt detail- en systeemonderzoek in Nederland om meer inzicht te krijgen in het effect van organische stof op de nitraatuitspoeling. Het is nog niet mogelijk om hieruit al conclusies te trekken.

7.1.2 Bestaande kennis

7.1.2.1 Eigenschappen van verschillende soorten OS-rijke mestsoorten

Bij de aanvoer van organische stof is er discussie over de afwenteling op nutriëntemissies. Om deze discussie beter te kunnen duiden is het zinvol om onderscheid te maken tussen organische meststoffen en bodemverbeteraars (Van Rotterdam, 2019). Organische meststoffen worden primair ingezet voor de levering van nutriënten. Bodemverbeteraars worden daarentegen primair ingezet voor de levering van organische stof. Postma & Veeken (2017) stellen voor een onderscheid te maken tussen organische meststoffen en bodemverbeteraars op basis van de verhouding tussen de hoeveelheid effectieve organische stof (EOS) en de hoeveelheid beschikbare nutriënten (voor stikstof in de vorm van N_{min} en voor fosfaat op basis van het totaalgehalte). EOS is het percentage van de toegediende organische stof dat na een jaar nog over is. Op korte termijn is er ook variatie in de P-werking (Van Dam & Ehlert, 2008) van bodemverbeteraars en organische meststoffen.

Een inzichtelijk manier om organische producten te karakteriseren is op basis van de verhouding tussen EOS/N_{min} en EOS/P₂O₅ (Postma & Veeken, 2017). De dikke fracties uit verwerkte varkensdrijfmest bevatten relatief veel fosfaat: met 1000 kg EOS wordt meer dan 200 kg P₂O₅ aangevoerd. Vooral gft- en groencompost springen eruit door zowel een hoge EOS/N_{min} als een hoge EOS/P₂O₅. Per kg EOS wordt voor deze producten dus relatief weinig N en P aangevoerd. De voorgestelde grenswaarden voor OS-rijke bodemverbeteraars en OS-rijke mestproducten liggen bij een EOS/N_{min}-verhouding van 150 kg kg⁻¹ en bij een EOS/P₂O₅-verhouding van 35 kg kg⁻¹. Als de actuele waarden voor beide parameters hoger zijn dan de grenswaarden is sprake van een bodemverbeteraar en als ze (of één van beide) lager zijn van een organische meststof.

Tabel B7.1.1 geeft een overzicht van de gemiddelde gehalten zoals gevonden in de literatuur aan organische stof en effectieve organische stof (EOS) en gemiddelde samenstelling van verschillende OS-rijke mestsoorten.

Tabel B7.1.1. Gemiddelde samenstelling van 13 mestproducten met veel organische stof. RM staat voor rundermest en VDM voor varkensdrijfmest, dig voor digistaat, OS voor organische stof, HC voor humificatiecoëfficiënt, NWC voor N werkingscoëfficiënt. Bron: Postma en Veeken 2017, Termorshuizen & Postma 2021

Meststof	DS	OS	HC	N-tot	Nmin	Norg	NWC	P ₂ O ₅	K ₂ O	EOS/ Nmin	EOS/ P ₂ O ₅
	kg ton ⁻¹		fractie	kg ton ⁻¹			%	kg ton ⁻¹		ratio	
<i>Organische meststoffen</i>											
Runderdrijfmest	85	64	0,70	4,1	2,0	2,1	45-60	1,5	5,2	22	30
Vaste RM grupstal	267	155	0,70	7,7	1,1	6,6	40	4,3	8,8	99	25
Vaste RM potstal	247	167	0,70	6,1	1,3	4,8	40	3,1	9,9	90	38
Dikke fractie VDM	246	185	0,33	10,2	4,0	6,2	55	12,7	5,3	15	5
Dikke fractie VDM-dig	290	220	0,35	11,2	6,0	5,3	55	17,3	5,1	13	4
Dikke fractie RDM-dig	256	183	0,75	8,8	3,2	5,6	40	8,8	5,2	43	16
Betafert vast (Cosun)	370	160	0,50	9,0	4,5	4,5	50	5,5	6,0	18	15
Betafert vloeibaar	75	40	0,50	4,0	2,7	1,3	50	1,5	5,5	7	13
Berm- & slotmaaisel	350	140	0,25	3,5	0,5	3,0	50	1,6	4,2	70	22
Bokashi	220	178	0,2	3,4	0,4	3	65	1,5	4,4	89	24
Champost	336	211	0,50	7,6	0,4	7,2	25	4,5	10,0	264	23
<i>Bodemverbeters</i>											
GFT-compost	652	222	0,90	7,8	0,8	7,0	10	4,2	6,7	250	48
Groencompost	594	185	0,90	5,3	0,5	4,8	10	3,4	6,9	333	49

Naast het direct gebruik van vers berm- en slotmaaisel wordt dit materiaal ook wel ingekuild, analoog aan de inkuiling van gras voor veevoer. **Bokashi** is de merknaam van inkuiling met een bepaalde receptuur waaronder additie van "effectieve micro-organismen", kalk en mineralen die vaak toegepast wordt op berm- en slotmaaisel, maar ook kan bestaan uit andere reststoffen. Quiroz & Céspedes (2019) geven in een overzichtsartikel aan dat het organische-stofgehalte van Bokashi kan variëren van 29 tot 94%. Aangezien er geen aanwijzingen zijn dat ingekuild berm- en slotmaaisel duidelijk wordt beïnvloed door de receptuur van Bokashi, worden beide typen (vers en ingekuild) gezamenlijk beoordeeld. Aangezien het inkuilen van gras is gericht op conservering van het organische materiaal, zal de stabiliteit normaal gesproken niet veel anders zijn dan van onbewerkt materiaal. Römken et al. (2020) geven dat ook aan in hun literatuurstudie en noemen een humificatiecoëfficiënt (HC) van 0,30, die in dezelfde orde van grootte ligt als die van varkens- en pluimveemest. Ze geven echter ook aan dat er nog veel niet bekend is. Termorshuizen & Postma (2021) schatten de humificatiecoëfficiënt van bokashi op 0,2. Evenals bij onbewerkt maaisel zal het gebruik van ingekuild maaisel tot een verhoogde nitraatuitspoeling kunnen leiden als er bij het vaststellen van de giften met overige meststoffen geen rekening wordt gehouden met de aanvoer van nutriënten met dit materiaal. Het risico hierop is aanzienlijk als het wordt toegepast binnen de Vrijstellingsregeling Plantenresten (hetgeen niet is toegestaan), aangezien het materiaal dan niet wordt meegeteld voor de mestboekhouding.

De EOS-aanvoer per ton **vaste rundvee- en geitenmest** is bij een gemiddelde samenstelling aanzienlijk, en hoger dan bij rundveedrijfmest het geval is (resp. 110-120 en 50 kg EOS/ton). Uitgedrukt per kg fosfaat (P₂O₅) is de EOS aanvoer met de vaste mesten echter lager dan bij de drijfmesten (resp. 23-25 en 33 kg EOS/kg P₂O₅ voor de vaste mesten en de drijfmest). Dit betekent dat met de vaste mesten binnen de fosfaatgebruiksnormen minder EOS kan worden aangevoerd dan met rundveedrijfmest. Vergelijkbare conclusies zijn van toepassing op vaste varkensmest. Aangezien het grootste deel van de N in vaste mest aanwezig is in organische vorm (ca. 85% in vaste rundveemest), is de N-werking in het eerste jaar beperkt tot 25-30%, en zal een groot deel van de organische stikstofverbindingen achterblijven in de bodem en bijdragen aan het N-leverend vermogen

op langere termijn. Dit blijkt uit het eerdergenoemde lange-termijnexperiment, waarin de N-mineralisatie in de behandeling met vaste stalmest na 17 jaar hoger was dan alle andere behandelingen (Koopmans & Bloem, 2018). De fosfaat en kalium in vaste mestsoorten zijn in het algemeen goed beschikbaar voor het gewas.

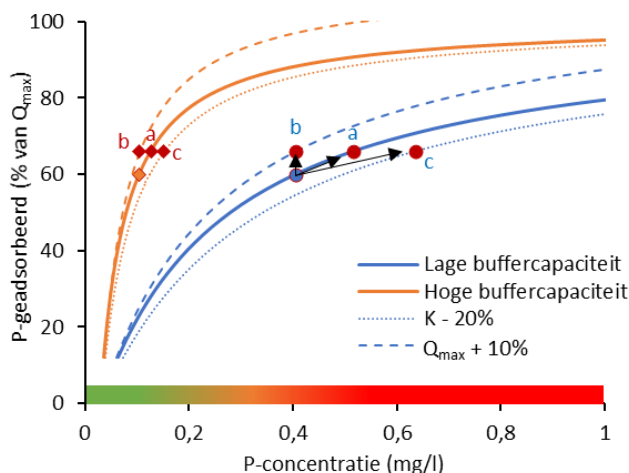
Vaste **varkensmest** en **pluimveemest** hebben een relatief lage EOS/P2O5 en EOS/Nmin houding, en lage humificatiecoëfficiënt (d.w.z. sneller afbraak) in vergelijking met vaste rundermest. Dit betekent dat zij bij veeljarige toepassing leiden tot een verhoging van de N-levering van de bodem. Op korte termijn is het risico van nitraatuitspoeling vrij laag, op langere termijn neemt dit toe, tenzij rekening wordt gehouden met de hogere N-levering.

7.1.2.2 Effect van OS-rijke mestsoorten op uitspoeling van nitraat

Het effect van OS-rijke meststoffen op de N-uitspoeling hangt af van 1) de omzettingsprocessen in de bodem, en 2) de omvang en het tijdstip van de N-opname door het gewas in verhouding tot de N-levering door de bodem en toegevoegde meststoffen. Er zijn vele pogingen ondernomen om de werkelijke effecten van OM-rijke meststoffen op de uitspoeling van N te onderzoeken door middel van veldproeven (CDM 2017a). Zoals verwacht door de complexe wisselwerking tussen biochemische processen en plantengroei zijn de resultaten van de experimenten wisselend. Twee reviewstudies (Diacono and Montemurro 2010; Edmeades 2003) tonen aan dat het langdurig gebruik van OS-rijke meststoffen leidt tot een toename van het gehalte van organische stof, accumulatie van stikstof en fosfor in bodem, verbeterde bodemstructuur, verbetering van de biologische functies van de bodem (b.v. biodiversiteit, enzymactiviteit). De effecten van OS-rijke meststoffen op nitraatuitspoeling zijn echter wisselend. Vaak is er geen effect, maar er zijn ook studies waarin de nitraatuitspoeling afnam (e.g. Hartl and Erhart, 2005; Erhart et al., 2007) of toenam (e.g. Maeda et al. 2003; Basso and Ritchie 2005), of de effecten veranderen in de loop van tijd (De Haan et al., 2018).

7.1.2.3 Effect van OS-rijke mestsoorten op uitspoeling van fosfaat

De P-concentratie in het bodemvocht is indicatief voor de concentratie van uit- en afspoelend water. De relatie tussen de P-concentratie in het bodemvocht en de hoeveelheid aan de bodem gebonden fosfaat wordt bepaald door de hoeveelheid oppervlak dat fosfaat kan binden (Q_{max}) en de bindingssterkte (K). Het gedrag van P kan vervolgens beschreven worden via een eenvoudige adsorptie-isotherm (zie figuur B7.1.1) voor een hypothetisch voorbeeld. Als een gewas fosfaat onttrekt dan wel als er via bemesting fosfaat wordt aangevoerd, dan is het effect op de P-concentratie bodemafhankelijk. De buffercapaciteit van de bodem bepaalt hoe de P-concentratie in het bodemvocht verandert. Als er bijvoorbeeld een fosfaatrijke meststof wordt toegediend aan de bodem, dan zal een bodem met een lage buffercapaciteit de P-concentratie relatief sterk reageren op deze mestgift en de P-concentratie in de bodemoplossing stijgt (richting positie a in Figuur B7.1.1, blauwe lijn). Dit komt omdat deze bodem weinig mogelijkheden heeft om via adsorptie de P-concentratie in het bodemvocht vast te houden op de initiële P-concentratie.



Figuur B7.1.1. Twee theoretische adsorptie-isothermen met een lage (blauw) en een hoge buffercapaciteit bij lage P-concentratie (oranje). Naast deze doorgetrokken lijnen zijn ook de situaties weergegeven wanneer het adsorptiemaximum Q_{max} wordt verhoogd met 10% (gestreepte lijnen) en wanneer de sorptieconstante K met 20% wordt verlaagd (gestippelde lijnen). De gekleurde balk geeft een inschatting van het risico op P-verliezen naar het watersysteem. Bron: Van Rotterdam (2019).

Wanneer het toevoegen dan wel onttrekken van fosfaat tot geen of slechts een kleine verandering van de P-concentratie leidt, dan spreken we van een bodem met een hoge buffercapaciteit. De bodemvariabelen die dit gedrag sturen (Schoumans, 2015) zijn de hoeveelheid aluminium- en ijzeroxiden (die bepalen Q_{max}) als wel de hoeveelheid ijzeroxiden en beschikbaar aluminium (die bepalen de affiniteit om P te binden, K). De mate waarin de bodem is opgeladen met fosfaat is daarnaast een andere factor die relevant is omdat deze de buffercapaciteit beïnvloedt: bij een hoge P-verzadiging (dat wel zeggen een grote hoeveelheid geadsorbeerd hoeveelheid P, zie figuur B7.1.1) neemt de buffercapaciteit af en heeft bemesting een relatief groot effect op de P-concentratie in de oplossing. Goede indicatoren voor het risico op P-uitspoeling zijn extractiemethodes die dicht aansluiten bij de P-concentratie in de bodemoplossing. Dit zijn bijvoorbeeld extractiemethodes die gebruik maken van water of 0,01M $CaCl_2$.

Bewerkte en onbewerkte OS-rijke mestproducten kunnen op verschillende manieren het gedrag van fosfaat in de bodem beïnvloeden. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt tussen directe en indirecte effecten. Als de bodem wordt bemest, dan wordt er fosfaat toegevoegd aan de bodem. Hiermee wordt direct de P-toestand van de bodem verhoogd. Of deze toegevoegde P resulteert in een verhoogde P-concentratie in de bodemoplossing hangt af van de adsorptie-isotherm: bodems met een lage buffercapaciteit laten daarbij een grotere verandering in P-concentratie zien dan bodems met een hoge buffercapaciteit. Dit is in het bijzonder het geval wanneer een meststof aan de bodem wordt toegevoegd met een hoge directe P-beschikbaarheid (zoals kunstmest, drijfmest). Voor organische bodemverbeteraars (compost, gecomposteerde mest) spelen naast dit basisprincipe nog twee aspecten een rol: de eigenschappen van het product en de interactie met de bodem. Als het product ook minerale (bodem)deeltjes of extra calcium dan wel ijzer- of aluminiumoxide bevat, dan wordt via het product ook het adsorptieoppervlak voor fosfaat in de bodem vergroot (zie de gestreepte lijnen in Figuur B7.1.1). Het toevoegen van soortgelijke producten aan de bodem hoeft dan, zelfs in een situatie met een lage buffercapaciteit, niet te leiden tot een hogere P-concentratie. Dit wordt bevestigd in een recente uitspoelingsproef (Van Rotterdam, 2018) waar werd aangetoond dat er op korte termijn geen effect is van het toedienen van compost en (gecomposteerd) bermmaaisel op de P-uitspoeling, ondanks dat een relevante hoeveelheid P werd toegediend ($\sim 100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$) aan beide zandgronden. Bij de organische mestproducten met een hoge P-beschikbaarheid was er met de helft van de dosis ($50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$) en uitgezonderd drijfmest op de duinzandgrond, wel een significante verhoging van de P-uitspoeling.

Deze resultaten komen overeen met een eenjarige incubatieproef waar is onderzocht wat het effect is van het toedienen van tripelsuperfosfaat (TSP, hoge P-beschikbaarheid), stalmest en keur-compost (beide voor toevoegen eerst gedroogd en gemalen) aan twee duinzandgronden op de fosfaattoestand (Elhert et al., 2004) beide met een lage buffercapaciteit. Hierdoor kon door het toevoegen van TSP de directe P-beschikbaarheid snel toenemen. Compost had bij eenzelfde P-dosering ook een verhoogd effect op de directe P-beschikbaarheid maar deze was twee tot drie keer lager dan bij TSP. Het effect van stalmest was niet eenduidig. Bij het ILVO (België) is daarnaast onderzoek gedaan naar de lange termijn effecten op P-uitspoeling van het toevoegen van verschillende organische producten ten opzichte van TSP en een controle behandeling. Ondanks dat met compost (en ook kunstmest) fosfaat werd aangevoerd ($50\text{-}100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$) had dit op twee zandleemgronden (één met neutrale- en één met hoge fosfaattoestand) na respectievelijk 8 en 16 jaar geen effect op de P-uitspoeling in vergelijking met de behandeling zonder P. In deze periode nam een maat voor de directe P-beschikbaarheid ($P\text{-CaCl}_2$) ook niet toe, maar weerspiegelde de verandering in de P-reserves wel het bemestingsniveau van de behandelingen. Ook het toedienen van kunstmest P (lagere dosering dan compost) had in deze proef geen effect op de P-uitspoeling. Bijzonder is dat het toedienen van runderstalmest wél een duidelijk significante verhoging gaf van de P-uitspoeling en ook van de P-beschikbaarheid (zoals gemeten met $P\text{-CaCl}_2$ en $P\text{-AL}$) ten opzichte van de controle. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de jarenlange continue toediening van runderstalmest heeft geleid tot een verlaging van de affiniteit van de bodem voor P (verlaging van de sorptieconstante K van de adsorptie-isotherm). Wanneer de affiniteit voor P kleiner wordt verandert de adsorptie-isotherm (gestippelde lijn in Figuur B7.1.1) en kan de P-concentratie in de bodemoplossing, en daarmee het risico op P-emissie naar het watersysteem, snel toenemen (verandering naar punt c in Figuur B7.1.1). Na het her-analysen van oude proefveldmonsters lijkt het veeljarig gebruik van organische bodemverbeterende middelen de sorptiemaxima van de bodem voor P te verlagen ten opzichte van

uitsluitend gebruik van minerale meststoffen (Ehlert et al., 2004). Dit wordt tegengesproken door een recentere studie (Vanden Nest et al., 2014) waar proefresultaten laten zien dat de adsorptiecapaciteit van de bodem wordt verhoogd door het langdurig gebruik van compost.

Samenvattend, toedienen van meststoffen met een hoge P-beschikbaarheid (kunstmest en drijfmest) zorgt direct voor een verhoging van de P-concentratie in de bodemoplossing (en daarmee in P-uitspoeling) zoals gedicteerd door de adsorptie-isotherm (Van Rotterdam, 2019). Met organische bodemverbeteraars met een lage P-beschikbaarheid is bij eenzelfde dosis het effect op de directe P-beschikbaarheid in de bodem veel kleiner of afwezig (Ehlert et al., 2004). De P-beschikbaarheid van een product en het effect op de bodemeigenschappen die de adsorptie-isotherm bepalen dient dus te worden meegenomen bij het vaststellen van het risico op P-emissies na toedienen. Naast de lagere P-beschikbaarheid van het product zelf is het mogelijk dat organische bodemverbeteraars en mogelijk ook organische meststoffen, de ad- en desorptie-eigenschappen van de bodem wijzigen, omdat met deze producten ook organische stof en minerale bodembestanddelen worden aangevoerd. Compost bestaat voor gemiddeld 60 tot 80% uit minerale bodem met een lage P-verzadiging, en 70 % van P in compost bestaat als anorganische P en 30% als organische P (van Dam & Ehlert 2008). Daarnaast kan vooral gft-compost ook veel Calcium bevatten (Van Rotterdam 2016). Calcium kan in de compost zelfs leiden tot slecht beschikbare Ca-fosfaat neerslag en zorgt in het algemeen voor een verhoogde P-adsorptie (Weng et al., 2012). Dit kan na toediening aan de bodem tot een verhoging van het P-adsorptie-maximum leiden waardoor de sorptie-isotherm verschuift naar een evenwicht met een lagere P-concentratie in de bodemoplossing.

7.1.2.5 Indirecte effecten van OS-rijke producten

Naast de hierboven beschreven directe effecten op het gedrag van N en P in de bodem kan het toevoegen van organische meststoffen ook indirect een effect uitoefenen op het risico op N- en P-uitspoeling. Deze indirecte effecten hangen samen met het mogelijke effect van de meststof op de zuurgraad van de bodem, de bodemstructuur, het watervasthoudend vermogen en de bewortelbaarheid. Deze kunnen indirect zorgen voor een hogere gewasopbrengst en daarmee voor een hogere gewasopname. Een hogere gewasopname zorgt – gegeven de buffercapaciteit van de bodem – voor een lagere P-concentratie en daardoor een lager risico op P-uitspoeling. Ook de inzet van de juiste toedieningstechniek kan de opname-efficiëntie verhogen. Om te zorgen voor minder N- en P-verliezen naar het grond- en oppervlaktewater moet dan wel de gift zijn verlaagd.

Wanneer de toegevoegde dosis compost of een ander organisch product in grote hoeveelheden (ruim boven de gebruiksnormen) wordt toegediend, worden naast de bodemprocessen de eigenschappen van de producten steeds bepalender voor de P-uitspoeling. In een uitspoelings-experiment met een hoge dosis compost en digistaat ($240 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$) kon de P-uitspoeling op drie verschillende gronden niet alleen worden bepaald door de bodem of door de P-beschikbaarheid in het organische product. De auteurs stellen dat naast de P-beschikbaarheid ook de verandering in de waterretentie – gerelateerd aan deeltjesgrootte (interactie-oppervlak) van het toegediende product – belangrijk is voor P-uitspoeling (Garcia-Albacete et al., 2014). Een ander belangrijk aspect is de zuurgraad van de bodem. Compost, maar ook andere organisch producten hebben een hoge pH en kunnen, afhankelijk van de bodem, de pH verhogen (Sinaj et al., 2002). Zoals eerder beschreven kan dit resulteren in een verhoging van de P-concentratie in de bodemoplossing wanneer in een zure zandgrond het adsorptiecomplex voor P minder positief geladen wordt en daardoor P minder sterk bindt. In neutrale en basische gronden kan een verhoging van de pH echter leiden tot een sterkere binding van P door co-adsorptie met calcium-ionen. Het is goed mogelijk dat de redelijk grote hoeveelheden beschikbaar Ca in met name gft-compost en de co-adsorptie met P aan negatief geladen bodemdeeltjes (één van) de reden(en) is waarom het toedienen van compost weinig tot geen effect heeft op P-uitspoeling bij een dosis binnen de fosfaat-gebruiksnormen. Wat precies het effect is van Ca in compost op de fosfaatbeschikbaarheid en uitspoeling dient echter nader onderzocht te worden.

7.1.3. Scenario-analyse extra aanvoer OS-rijke meststoffen

7.1.3.1 Aanpak

Om de invloed van het gebruik van OS-rijke meststoffen te evalueren op hun effect op de waterkwaliteit zijn drie opties doorgerekend. Omdat de effecten van OS-rijke mestproducten op de

uitspoeling sterk in mate afhankelijk zijn van de P-toestand van de bodem als ook de kwaliteit van het product, wordt hier onderscheid gemaakt tussen het type meststof, de P-toestand van de bodem en de grondsoort. Hierbij werden twee soorten OS-rijke producten onderscheiden conform de methodiek van Postma & Veeken (2017): OS-rijke meststoffen en OS-rijke bodemverbeteraars. Organische meststoffen (bv. vaste mest) worden primair ingezet voor de levering van nutriënten terwijl bodemverbeteraars (bv. compost) primair worden ingezet voor de levering van organische stof. Organische meststoffen hebben lager EOS/N_{min} en EOS/ P₂O₅-verhouding dan bodemverbeteraars (zie ook 7.1.2.1).

De opties zijn als volgt geformuleerd:

- A: volledige verruiming van de P-gebruiksnorm voor bodemverbeteraars (bv. compost) in P-toestandsklasse arm, laag en neutraal, en 50% verruiming voor organische meststoffen (bv. vaste mest) in P-toestandsklasse arm en laag. In alle andere gevallen is er geen verruiming.
- B: volledige verruiming van de P-gebruiksnorm voor bodemverbeteraars en 25% verruiming voor organische meststoffen in P-toestandsklasse arm en laag, 50% verruiming voor bodemverbeteraar in P-toestandsklasse neutraal. In alle andere gevallen is er geen verruiming.
- C: alleen 50% verruiming van de P-gebruiksnorm voor bodemverbeteraars in P-toestandsklasse arm en laag. In alle andere gevallen is er geen verruiming.

De wettelijke stikstofwerkingscoëfficiënten van de organische meststoffen en de N-gebruiksnorm worden niet gewijzigd.

Tabel B7.1.2. Optie voor het berekenen van effecten van een grotere aanvoer van organische stof met bodemverbeteraars (BV) en organische meststoffen (OM).

Optie	P-ontheffing per P-klasse		
	Laag en arm	Neutraal	Ruim en Hoog
A	BV: 100% OM: 50%	BV 100% OM: 0%	BV: 0% OM: 0%
B	BV: 100% OM: 25%	BV 50% OM: 0%	BV: 0% OM: 0%
C	BV: 50% OM: 0%	BV 0% OM: 0%	BV 0% OM: 0%

De resultaten worden net als bij de andere maatregelen in beeld gebracht voor de gebieden löss, Zand zuid, Zand midden en Zand noord en voor de verschillende typen landgebruik akker- en tuinbouw, grasland en mais. Gegeven de natuurlijke organische stofopbouw onder grasland, is extra aanvoer van organische meststoffen niet zinvol. Daarom focussen we op bouwland (akker- en tuinbouw en mais).

De bovengenoemde opties zijn *in plaats van* de bestaande vrijstelling voor fosfaat uit compost (50% tot een maximum van 3,5 kg fosfaat per ton droge stof ongeacht de fosfaattoestand). In de fosfaattoestandsklassen ruim en hoog wordt in de doorgerekende opties geen verruiming meer toegestaan in verband met de hoge P-beschikbaarheid in de bodem. Het beleid streeft naar P-toestandsklasse neutraal.

De huidige fosfaatruimte wordt bepaald door een combinatie van twee indicatoren: P-CaCl₂ en P-AL. Deze gecombineerde fosfaatindicator vervangt het PAL-getal voor grasland en het Pw-getal voor bouwland. De hoeveelheid fosfaat die mag worden toegediend (P-gebruiksnorm) varieert van 40 tot 120 kg ha⁻¹ P₂O₅, afhankelijk van grondgebruik (gras of bouwland) en de P-toestand van de bodem (RVO, 2021).

Op basis van de Basisregistratiepercelenkaart (RVO) en gegevens van Eurofins is in kaart gebracht welk percentage van de percelen valt in de klasse laag (incl. arm), neutraal en de klasse ruim en hoog (Tabel B7.1.3). Hieruit blijkt dat op ongeveer 20% van het landbouwareaal een eventuele verruiming van fosfaatgiften aan de orde kan zijn. Het percentage van het areaal met P-klasse laag is het grootst in het lössgebied en is vrij laag in de regio Zand zuid.

Tabel B7.1.3. Oppervlaktepercentage van de bouwlandpercelen die zijn ingedeeld in de fosfaatklaasne ruim en hoog, neutraal of arm en laag, afgeleid van metingen van P-CaCl₂ en P-AL conform de nieuwe indicator voor de fosfaatgebruiksruimte.

Fosfaatklaasne	Zand noord	Zand midden	Zand zuid	Löss
Arm en laag	30	20	6	44
Neutraal	34	21	7	20
Ruim en Hoog	35	59	87	36

Een extra verruiming van de netto fosfaattoevoeging aan de bodem wordt in beeld gebracht in Tabel B7.1.4, waarbij de huidige gift is afgeleid van INITIATOR onder de aanname dat bemest wordt volgens gebruiksnormen. Binnen de zandregio's en de lössregio komt ook een beperkt areaal klei- en veengronden voor. Het grootste deel van de fosfaatgift wordt toegediend als onbewerkte dierlijk mest en een klein deel als kunstmest. De compostgift werd niet afgeleid van INITIATOR-resultaten. Deze aanvoer bedraagt ongeveer 5% van de totale fosfaataanvoer in Nederland.

Tabel B7.1.4. De huidige fosfaatbemesting (kg ha⁻¹ jr⁻¹ P₂O₅), gemiddeld per type landgebruik en regio.

	Zand noord		Zand midden		Zand zuid		Löss	
Gemiddelde fosfaatklaasne	neutraal		hoog		hoog		laag	
Huidige fosfaatgift	53	62	52	55	45	47	56	59
Waarvan kunstmest	2,8	1,9	1,8	1,2	1,1	1,4	7,0	6,7

De opties zijn uitgewerkt voor de aanvoer van Bodemverbeteraars (BV) en organische meststoffen (OM) onder de volgende randvoorwaarden:

- Als bodemverbeteraars zoals compost een volledige verruiming zouden krijgen, dan gaan we uit van een gangbare dosering zoals die in de praktijk wordt toegepast. Deze wordt gemaximaliseerd op 20 ton per hectare per jaar. Hogere jaarlijkse giften zijn door de hoge kosten voor compost vrijwel nooit rendabel. Ook is de beschikbaarheid beperkt. Dit betekent een netto aanvoer van 60 tot 80 kg P₂O₅ per hectare. Omdat een deel van deze fosfaat minder beschikbaar is voor gewasopname in het jaar van toediening, zal deze aanvoer van fosfaat niet in mindering worden gebracht op de basisbemesting.
- Wanneer bodemverbeteraars geen volledige verruiming krijgen, dan gaat de extra aanvoer van de bodemverbeteraars mest ten koste van de onbewerkte mest. De mestplaatsingsruimte wordt grotendeels opgevuld met onbewerkte mest van runderen of varkens; mest met een relatief hoge P-beschikbaarheid. Bij de opties waarin de bodemverbeteraars niet een volledige P- verruiming krijgt, wordt ervan uitgegaan dat 80% van de fosfaatruiimte wordt opgevuld met onbewerkte dierlijke meststoffen. De overige 20% wordt dan gebruikt voor inzet van bodemverbeteraars. Omdat het percentage fosfaat dat als kunstmest wordt toegediend vrij beperkt is (gemiddeld 3% van totale fosfaataanvoer), wordt er in onze doorgerekende opties niet van uitgegaan dat kunstmest wordt vervangen door bodemverbeteraars.
- Organische meststoffen zoals strotijke vaste mest en vaste rundermest bevat gemiddeld 3 tot 4 kg ton⁻¹ P₂O₅, champost 4,5 kg ton⁻¹ P₂O₅, en bokashi gemiddeld 1,5 kg ton⁻¹ P₂O₅, waarbij het fosfaatgehalte in Bokashi sterk kan variëren. Gegeven de relatief hoge fosfaatbeschikbaarheid van deze producten, is het mogelijk om deze producten voor een deel mee te tellen in de fosfaatgebruiksruimte. In de genoemde opties is dit ofwel 25 of 50% (alleen voor de klassen arm en laag). Dit betekent dat er in een onbemeste situatie in theorie 160-240 kg ha⁻¹ P₂O₅ kan worden bemest bij een verruiming van 50%, en het dubbele ervan als de fosfaat maar voor 25% meetelt. We nemen aan dat, net als voor de bodemverteraars, slechts 20% van de fosfaatgebruiksruimte wordt benut door OS-rijke meststoffen, waarbij de gebruiksruimte maximaal wordt opgevuld.
- De kunstmestaanvoer van N wordt aangepast zodat de totale werkzame N gelijk blijft. Indien de OS-rijke meststof vaste mest is, dan geldt de N-gebruiksruimte voor dierlijke mest (170 kg N per ha). Volgens rekenresultaten van INITIATOR is er gemiddeld nog wat stikstofruimte van dierlijke mest (34 kg ha⁻¹ voor bouwland en 16 kg ha⁻¹ voor maisland). Als de N-aanvoer via vaste mest deze waarden overschrijdt, dan wordt de hoeveelheid P-aanvoer verminderd. Merk op dat de N-

gebruiksruimte voor dierlijke mest hoger wordt op graasdierbedrijven bij derogatie (tot 230-250 kg ha⁻¹). In deze beschouwing is echter geen rekening gehouden met het effect van derogatie.

Deze aannames leiden tot een extra aanvoer van P₂O₅ (Tabel B7.1.5).

Tabel B7.1.5 Extra aanvoer van P (kg ha⁻¹ P₂O₅) voor bouwland. De aanvoer van werkzame N blijft gelijk. BV: bodemverbeteraar, OM: organische meststof.

Omschrijving	P-klasse arm & laag		P-klasse neutraal		P-klasse ruim & hoog	
	BV	OM	BV	OM	BV	OM
Huidige P-gift	80-120		70		40-60	
Optie A	+80 ^{*1}	+32 ^{*2*3}	+80 ^{*1}	0	0	0
Optie B	+80 ^{*1}	+21 ^{*2*3}	+28 ^{*2}	0	0	0
Optie C	+32 - +48 ^{*2}	0	0	0	0	0

*1: Bepaald door praktische maximum

*2: Bepaald door realistische hoeveelheid uitruilbare onbewerkte meststoffen (20% van P gebruiksruimte)

*3: Indien vaste mest, bepaald door N-gebruiksruimte van dierlijke mest. Uitgaande van de huidige gemiddelde bemestingsniveaus in löss- en zandgebieden, wordt dit dan +18 kg ha⁻¹ P₂O₅ voor bouwland en +9 kg ha⁻¹ P₂O₅ voor mais.

7.1.3.2 Resultaten

Voor elke optie is het aanvoerniveau van bodemverbeteraars (BV), organische mest (OM) en overige meststof (met name gangbare onbewerkt dierlijk mest en kunstmest) berekend, afzonderlijk voor verschillende P-toestand. Merk op dat verschillende producten van OM resulteren in enigszins verschillende aanvoerniveaus als gevolg van verschillen in de wettelijke werkingscoëfficiënt en N- en P₂O₅-gehalten van het product. Daarom zijn de effecten berekend voor drie soorten organische mest: vaste rundermest, champost, en bokashi. De resultaten zijn weergegeven voor de fosfaatklasse laag (Tabel B7.1.6, voor vaste rundermest, champost en bokashi afzonderlijk) en voor de fosfaatklasse neutraal (Tabel B7.1.7) voor bouwland. De resultaten voor maisland wijken enigszins af van die van bouwland als gevolg van een verschil in veronderstelde N-gebruiksruimte voor dierlijk mest.

Tabel B7.1.6. Extra aanvoer van fosfaat (kg ha⁻¹ P₂O₅), stikstof (kg ha⁻¹ N) en EOS (ton ha⁻¹) voorakker- en tuinbouw bij fosfaatklasse laag. De aanvoer van werkzame N blijft gelijk. BV: bodemverbeteraar, OM: organische meststof, Overig: gangbare meststoffen zoals kunstmest en drijfmest.

Optie	Fosfaataanvoer (kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅)				Stikstofaanvoer (kg ha ⁻¹ N)			EOS (ton ha ⁻¹)	
	BV	OM	overig	P totaal	BV	OM	overig		N totaal
Huidig			80				136		
		Vaste mest			Vaste mest				
Optie A	+80 ^{*1}	+18 ^{*3}	-9	+89	+149	+34	-28	+154	+4,0
Optie B	+80 ^{*1}	+18 ^{*3}	-14	+85	+149	+34	-28	+154	+3,9
Optie C	+32 ^{*2}	0	-16	+16	+59	0	-6	+53	+1,0
		champost			champost				
Optie A	+80 ^{*1}	+32 ^{*2}	-16	+96	+149	+54	-28	+174	+4,1
Optie B	+80 ^{*1}	+21 ^{*2}	-16	+85	+149	+36	-24	+161	+3,8
Optie C	+32 ^{*2}	0	-16	+16	+59	0	-6	+53	+1,0
		bokashi			bokashi				
Optie A	+80 ^{*1}	+32 ^{*2}	-16	+96	+149	+73	-62	+159	+4,1
Optie B	+80 ^{*1}	+21 ^{*2}	-16	+85	+149	+48	-46	+151	+3,8
Optie C	+32 ^{*2}	0	-16	+16	+59	0	-6	+53	+1,0

*1: Bepaald door praktische maximum

*2: Bepaald door realistische hoeveelheid uitruilbare onbewerkte meststoffen (20% van P gebruiksruimte)

*3: Bepaald door N-gebruiksruimte van dierlijke mest. Aanname hier is dat er nog 34 kg ha⁻¹ N ruimte is voor N-gebruiksruimte voor dierlijke mest.

Tabel B7.1.7. Extra aanvoer van fosfaat ($\text{kg ha}^{-1} \text{P}_2\text{O}_5$), stikstof ($\text{kg ha}^{-1} \text{N}$) en EOS (ton ha^{-1}) voorakker- en tuinbouw bij fosfaatklaasneutraal. De aanvoer van werkzame N blijft gelijk. BV: bodemverbeteraar, OM: organische meststof, Overig: gangbare meststoffen zoals kunstmest en drijfmest.

Optie	Fosfaataanvoer ($\text{kg ha}^{-1} \text{P}_2\text{O}_5$)				Stikstofaanvoer ($\text{kg ha}^{-1} \text{N}$)				EOS (ton ha^{-1})
	BV	OM	overig	P totaal	BV	OM	overig	N totaal	
Huidig			70				136		
Optie A	+80	0	-14	+66	+149	0	-15	+134	3,4
Optie B	+28	0	-14	+14	+52	0	-5	+47	0,9
Optie C	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Bij het evalueren van effecten op de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater is het belangrijk om onderscheid te maken tussen de werking op korte en langere termijn. Alle OS-rijke mestproducten en bodemverbeteraars zorgen op termijn voor een verhoging van het N-leverend vermogen van de bodem. Een eventuele extra milieubelasting die hieruit voortvloeit kunnen gedeeltelijk worden gemitigeerd door bij de bemesting rekening te houden met de verhoogde N-levering en door het toepassen van vanggewassen. Op korte termijn is de extra milieubelasting hierdoor te beperken omdat de aanvoer van werkzame-N (meestal gebaseerd op de eerstejaarswerking) meetelt bij toegestane stikstofgebruiksruimte, en de hoogte van het werkzame N-overschot is sturend voor nitraatuitspoeling. Om lange termijneffecten op uitspoeling te beperken is het van belang het extra N-leverend vermogen in het bemestingsplan te betrekken.

Een kwalitatieve schatting van de mogelijke gevolgen van extra aanvoer van bodemverbeteraars en organische stofrijke mest voor N- en P-uitspoeling op lange termijn is gegeven in Tabel B7.1.8.

Tabel B7.1.8. Schatting van het effect van extra aanvoer van bodemverbeteraars en organisch stofrijke mest op de N- en P-uitspoeling op langere termijn (BV=bodemverbeteraar, OM=organische stofrijke mest, - is niet van toepassing, 0 = geen effect, + klein verhogend effect, ++ verhogend effect).

Omschrijving	Fosfaatklaasarm & laag		Fosfaatklaasneutraal		Fosfaatklaasruim & hoog	
	BV	OM	BV	OM	BV	OM
Risico op uit- en afspoeling van stikstof op lange termijn						
Optie A	++	+	++	-	-	-
Optie B	++	+	+	-	-	-
Optie C	+	-	-	-	-	-
Risico op uit- en afspoeling van fosfor op lange termijn						
Optie A	0	0	+	-	-	-
Optie B	0	0	0	-	-	-
Optie C	0	-	-	-	-	-

Het gebruik van bodemverbeteraars verhoogt de retentiecapaciteit van de bodem. Bij continue toediening leidt dit tot een gestage toename van de retentiecapaciteit, wat het effect van extra fosfaattoediening op de P-uitspoeling beperkt, ook op de langere termijn. Het effect voor de fosfaatklaas laag is sowieso beperkt, zeker als de bodem een lage fosfaatverzadiging heeft (wat vaak het geval is bij de fosfaatklaas laag) en daardoor het vrijkomende P uit de bodemverbeteraars snel wordt gebonden. Ook geldt de (gedeeltelijke) verruiming in de klassen arm en laag maar voor minder dan 20% van het bouwlandareaal in de zand- en lössregio. Voor de fosfaatklaasneutraal leidt een fosfaatverruiming voor bodemverbeteraars tot een hoger risico, vooral als de verruiming voor bodemverbeteraar volledig is (zoals in Optie A). Hoewel bodemverbeteraars bij eenzelfde hoeveelheid voor minder milieubelasting zorgen dan gangbare bemesting, leidt extra toegediende fosfaat met bodemverbeteraars (zonder of geringe afname van de toediening van andere meststoffen) tot een accumulatie van totaal fosfaat in bodem. Daar tegenover staat dat als fosfaat in de bodem accumuleert, de fosfaattoestand zal stijgen waardoor het perceel in een hogere fosfaatklaas terecht komt waar minder of geen fosfaatverruiming meer mogelijk is.

Het effect van organische mest op P uitspoeling is daarnaast beperkt vanwege de lage hoeveelheid die opgebracht kan worden (i.v.m. de gebruiksruimte) en praktische beperkingen. Voor zover de verruiming voor organische mest niet volledig is, wordt de aanvoer van organische mest beperkt door

de hoeveelheid gangbare meststoffen die kan worden vervangen. Bovendien wordt de aanvoer van OM met dierlijke mest (b.v. vaste mest) beperkt door de N gebruiksruimte voor dierlijke mest. Met een relatief gering aanvoer zal het effect van organische mest bij P-klasse laag ook beperkt zijn.

Het effect van OS-rijke meststoffen op de P-uitspoeling is ook afhankelijk van de grondwaterstand. Uit de modelstudie op landelijk niveau van Van der Salm et al. (2014) bleek dat, naast het fosfaatbindend vermogen van de bodem en fosfaattoestand, ook de grondwaterstand een sterke invloed heeft op de uitspoeling van P. In percelen met een ondiepe grondwaterstand is de P-uitspoeling naar het oppervlaktewater groter dan in drogere percelen. Daarom zou het effect van de extra aanvoer van OS-rijke meststoffen groter kunnen zijn voor percelen met een ondiepe grondwaterstand. In percelen met diepe grondwaterstand is het risico van P-uitspoeling kleiner. Vaste (dierlijke) mest moet normaliter binnen een dag worden ondergewerkt. Dat betekent dat het risico op oppervlakkig transport beperkt is, en dat het effect op een extra afspoeling van fosfaat met bodemdeeltjes verwaarloosbaar is. Zolang het grondwater voldoende diep staat (wat voor het merendeel van de akkerbouwpercelen het geval is) kan het extra aangevoerde fosfaat worden gebonden in de bodem.

Over het gedrag van in de waterfase opgeloste organisch gebonden P is weinig bekend. In organische bodems en organisch stofrijke minerale gronden bestaat de uitgespoelde P voor een deel uit opgeloste organisch gebonden P. Modelstudies met het ANIMO-model (Groenendijk et al, 2016) geven aan dat bij een toename van de voorraad organisch gebonden P in de bodem op termijn ook de concentraties van opgeloste organisch gebonden P stijgt. In een veldonderzoek naar de lange termijn effecten van constante P-uitmijning werd een verschuiving van P gebonden aan de minerale bodemfase naar een organisch gebonden vorm gevonden. In een enkel geval werd een sterke afname van de ortho-P concentratie gevonden die gepaard ging met een toename van het verschil tussen totaal-P en ortho-P. Als het verschil tussen totaal-P en ortho-P in bodemwater is aan te duiden als opgelost organisch P, zou dit op een evenredigheid tussen deze opgeloste P-fractie en de voorraad organisch gebonden P kunnen wijzen. Opgeloste organisch gebonden P mineraliseert doorgaans vrij snel, maar in gronden met korte transporttijden (ondiepe grondwaterstanden) bereikt toch een deel het oppervlaktewater. Het vergroten van de voorraad organisch P in de bodem kan daarmee op termijn tot een hoger risico op P-uitspoeling leiden.

Het effect van bodemverbeteraars en organische mest op de N-uitspoeling op korte termijn is gering, omdat de N toegediend door kunstmest via de wettelijke werkingscoëfficiënt wordt aangepast om hetzelfde niveau van werkzame N te bereiken. De totale N aanvoer zal echter worden verhoogd en daardoor zal er sprake zijn van accumulatie van N in bodem. De jaarlijkse N-aanvoer stijgt t.o.v. de referentie voor percelen in de klasse laag met 154-175, 151-161 en 53 kg ha⁻¹ voor, respectievelijk, optie A, B en C bij fosfaatklasse laag van bouwland. De relatieve toename van de totale N aanvoer is hoger voor bodemverbeteraars dan voor organische mest door hun lage (wettelijke) N werkingscoëfficiënt en de hogere fosfaatverruiming (en daardoor lage benodigde reductie in kunstmest N). Tussen de verschillende soorten organische mest verschilt de totale N aanvoer ook: zo is de totale N aanvoer relatief hoog voor champost en laag voor bokachi. Op lange termijn, als de gemineraliseerde N in de bodem niet voor gewasopname wordt benut of ontwijkt als gasvormige N, neemt het risico van N-uitspoeling door de aanvoer van bodemverbeteraars dus toe. Het effect van organische mest op de N-uitspoeling is in onze doorgerekende optie klein vanwege het lage toedieningsniveau en de hoge N werkingscoëfficiënt.

Elke optie heeft ook een verschillend effect op de opslag van koolstof in de bodem. Aangezien de verhouding tussen EOS en P₂O₅ in bodemverbeteraars hoger is dan in organische mest, zal het verwachte effect van verruiming van bodemverbeteraars op de koolstofaccumulatie hoog zijn. Vervanging van gangbare kunstmest door organische mest heeft weinig effect op koolstofaccumulatie vanwege vergelijkbare EOS/P₂O₅-verhoudingen van drijfmest, vaste mest, en andere organische mest.

Het effect van de drie doorgerekende opties op de toename van de totale P-aanvoer is weergegeven in Tabel B7.1.9. Optie A leidt tot een 54% toename van de totale P-aanvoer, gevolgd door 34% door Optie B. De sterke stijgingen zijn vooral het gevolg van een veronderstelde 100%-verruiming bij bodemverbeteraars. Opgemerkt wordt dat de omvang van de toename bij deze optie grotendeels zal afhangen van de hoeveelheid beschikbare compost. Voor de berekening is uitgegaan van een gift van

20 ton compost per hectare. Met een verruiming van 100% voor percelen met de fosfaattoestand laag en neutraal (Optie A), wordt de totale hoeveelheid compost die in 4 regio's wordt toegediend geschat op 2,9 miljoen ton, wat vergelijkbaar is met de huidige hoeveelheid die landelijk potentieel beschikbaar is (ca. 4 miljoen ton van GFT en groenafval, Groenendijk et al. 2017). De hoeveelheid compost nodig voor optie B, die 100% verruiming geeft voor de fosfaatklasse laag en 50% voor fosfaatklasse neutraal, bedraagt 1,95 mln. ton.

Tabel B7.1.9. Totale P aanvoer in bouwland en maisland in 4 regio's (Löss, Zand zuid, Zand midden, Zand noord). Eigenschappen van compost en vaste rundermest zijn gebruikt voor de berekeningen voor bodemverbeteraar (BV) en organische mest (OM).

Gewas	Fosfaat-toestand	Areaal (ha)	Fosfaataanvoer (kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅)			Cumulatieve fosfaataanvoer (ton P ₂ O ₅)				
			Huidig	Optie A	Optie B	Optie C	Huidig	Optie A	Optie B	Optie C
akkerbouw	hoog	100632	40	40	40	40	4025	4025	4025	4025
	ruim	36533	40	40	40	40	1461	1461	1461	1461
	neutraal	54250	70	136	84	70	3798	7378	4557	3798
	laag	30118	80	169	165	96	2409	5092	4955	2891
	arm	12572	120	209	205	144	1509	2628	2571	1810
mais	hoog	80125	40	40	40	40	3205	3205	3205	3205
	ruim	14470	40	40	40	40	579	579	579	579
	neutraal	24704	70	136	84	70	1729	3360	2075	1729
	laag	19201	80	164	162	96	1536	3154	3113	1843
	arm	12844	120	204	202	144	1541	2624	2596	1850
							Huidig	Optie A	Optie B	Optie C
<i>Totaal P</i>			<i>(ton P₂O₅)</i>				21793	33505	29138	23192
<i>waarvan OM</i>			<i>(ton P₂O₅)</i>				0	1046	1046	0
			<i>(mln. ton product)</i>				0	0,26	0,26	0
<i>waarvan BV</i>			<i>(ton P₂O₅)</i>				0	12295	8190	2798
			<i>(mln. ton product)</i>				0	2,93	1,95	0,67
<i>Toename P</i>			<i>(%)</i>					53,7%	33,7%	0,4%

7.1.4 Conclusies en discussie

Het effect van de extra aanvoer van bodemverbeteraars en organische stofrijke mest het risico op N- en P-uitspoeling is als volgt samen te vatten:

Voor fosfaatuitspoeling

- Het effect van het toedienen van een hoeveelheid direct beschikbaar fosfaat op de P-uitspoeling wordt bepaald door de sorptie-eigenschappen van de bodem. Organische producten met een lage P-beschikbaarheid leiden tot een lagere P-uitspoeling dan (organische) producten met een hoge P-beschikbaarheid. Ze beïnvloeden ook de sorptie-eigenschappen van de bodem. Een extra verruiming van de gebruiksnorm voor bodemverbeteraars op bodem met lage fosfaatklasse levert naar verwachting geen of een heel gering risico op voor verhoogde uitspoeling naar het grond- en oppervlaktewater.
- Over het gedrag van in de waterfase opgeloste organisch gebonden P is weinig bekend. Het vergroten van de voorraad organisch gebonden P in de bodem zou kunnen leiden tot een toename van opgeloste organisch gebonden P en daardoor tot een hoger risico op uitspoeling van totaal-P, vooral op percelen met ondiepe grondwaterstanden.

Voor stikstofuitspoeling

- Een extra aanvoer van organische stofrijke meststoffen en bodemverbeteraars leidt op de langere termijn tot een verhoging van de stikstofvoorraad in de bodem en ook tot een toename van het N-leverend vermogen. Op korte termijn zal het effect op nitraat- en stikstofuitspoeling beperkt zijn

omdat de aanvoer van werkzame-N in mindering komt op de stikstofgebruiksruimte, en de hoogte van het werkzame N-overschot is mede sturend voor nitraatuitspoeling. Op de langere termijn kan de geaccumuleerde stikstof in de bodem leiden tot extra mineralisatie. Als geen aanvullende maatregelen worden getroffen zou dit kunnen leiden tot extra uitspoeling. Met een aanvullende maatregel, gericht op het benutten van het grotere N-leverend vermogen van de bodem, kan het risico op extra uitspoeling grotendeels worden beperkt. Desondanks is een (heel) geringe verhoging van het risico op N-uitspoeling is niet uit te sluiten.

B7.2 Verruiming vruchtwisseling akker- en tuinbouw op uitspoelingsgevoelige gronden

7.2.1 Inleiding

Een van de mogelijke maatregelen om nitraatuitspoeling te verminderen is een verbod op de achtereenvolgende teelt van twee uitspoelingsgevoelige gewassen. Een dergelijk verbod is in deze studie niet doorgerekend. Een verbod op de teelt van twee achtereenvolgende uitspoelingsgevoelige gewassen is niet direct een beleidsvoornemen, maar de maatregel is in deze studie opgenomen om het potentiële effect van een dergelijke maatregel te verkennen.

Het principe van een eventueel verbod is een verruiming van de vruchtwisseling als middel voor het terugdringen van de nitraatuitspoeling onder AT gewassen. In deze studie is dit principe vertaald in een vervanging van uitspoelingsgevoelige gewassen, zoals veel vollegrondsgroenten en aardappelen, door niet-uitspoelingsgevoelige gewassen zoals de meeste granen. Dit is een relatief dure maatregel omdat de saldi van de uitspoelingsgevoelige gewassen fors hoger zijn dan van de niet-uitspoelingsgevoelige gewassen.

7.2.2 Aanpak

In de berekeningen met WOGWOD is in eerste instantie gekozen voor invulling van deze maatregel door het vervangen van consumptieaardappelen met wintertarwe. Om het maximale effect te verkennen is daarbij gekozen voor volledige vervanging. Op een vergelijkbare manier is dat ook in beeld gebracht voor het Nitraatmodel DSG-project op lössgronden. Hierbij is gerekend met een referentiebouwplan voor het lössgebied van 1:4 consumptieaardappel, met opvolgend de volgende gewassen consumptieaardappel (25%), wintertarwe (23%) en korrelmais (2%), suikerbiet (25%), opgevolgd door zomergerst (22%) en korrelmais (3%). Na de teelt van wintertarwe en zomergerst volgt normaliter een groenbemester, maar dit scenario gaat uit van een situatie zonder een dergelijke groenbemester.

7.2.3 Resultaten

Met een vervanging van consumptieaardappelen door wintertarwe neemt het gemiddelde N-bodemoverschot in de zand- en lössgebieden af (Tabel B7.2.1), omdat het N-bodemoverschot van consumptieaardappelen hoger is dan voor wintertarwe. Dit effect is het grootst in Zand noord, omdat het aandeel consumptieaardappelen in het bouwplan daar het grootst is. Het gemiddelde N-bodemoverschot neemt daar af met 17 kg ha^{-1} (18%), in Zand Midden (12 kg ha^{-1}) en Zand Zuid (5 kg ha^{-1}) is de afname van het N-bodemoverschot kleiner. In het lössgebied is het effect echter vrijwel nihil, omdat in het lössgebied de N-gebruiksnorm op wintertarwe 30 kg N ha^{-1} hoger ligt dan in de zandgebieden, waardoor het verschil in N-bodemoverschot tussen consumptieaardappelen en wintertarwe grotendeels wegvalt.

De daling van de nitraatconcentratie is in WOGWOD per definitie evenredig met de daling van het N-bodemoverschot en bedraagt 0 (Lössgebied) tot 15 mg L^{-1} (17,4% in Zand noord). Het effect op de productie (relatieve N-opname) wordt niet weergegeven omdat de productie van consumptieaardappelen wordt vervangen door extra wintergraan. Het effect op het bedrijfsresultaat zal echter groot zijn omdat het saldo van consumptieaardappelen veel hoger is dan van wintergraan.

Tabel B7.2.1 Effect van het volledig vervangen van consumptieaardappel door wintertarwe op het gemiddelde N-bodemoverschot (NBO) en de berekende gemiddelde nitraatconcentratie²⁴ van AT gewassen in de zand- en lössgebieden volgens WOGWOD en het Nitraatmodel DSG-project (alleen voor Löss).

Regio	Aandeel aardappel	Referentie 2027		Na maatregel		Effect (mg L ⁻¹)	Effect (%)
		Nitraat (mg L ⁻¹)	NBO (kg ha ⁻¹)	Nitraat (mg L ⁻¹)	NBO (kg ha ⁻¹)		
Zand Noord	0,43	86,5	98	71,4	81	15,1	17,4
Zand Midden	0,29	83,6	94	72,2	82	11,4	13,6
Zand Zuid	0,23	77,6	88	73,2	83	4,4	5,7
Löss	0,18	71,3	81	71,1	81	0,2	0,2
Nitraatmodel DSG-project	0,25	55,8	118*	44,8	118*	11	25

* het nitraatmodel DSG-project maakt gebruik van een werkzaam N-overschot (inclusief NLV).

Voor een gemiddeld akkerbouwbedrijf in het lössgebied wordt een gemiddelde nitraatconcentratie in het ondiepe bodemvocht (als proxy van het grondwater) berekend van 55,8 mg L⁻¹. De vervanging van consumptieaardappel door wintertarwe verlaagt de gemiddelde nitraatconcentratie tot 44,8 mg L⁻¹, een daling van 25%. Het verschil in de met WOGWOD berekende nitraatconcentratie en de berekende waarde met het Nitraatmodel DSG-project wordt grotendeels verklaard door het feit dat de uitspoelfracties van WOGWOD gebaseerd zijn op metingen in het LMM en de uitspoelfracties van het Nitraatmodel DSG-project op metingen in het netwerk van Duurzaam Schoon Grondwater (DSG). Studies uitgevoerd in 2013-2015 laten zien dat de metingen in het DSG-meetnet structureel 20% lager liggen dan de metingen in het meetnet van LMM. Het LMM is opgezet voor het bepalen van een gebiedsrepresentatief beeld en het meetnet van DSG heeft als doel de voortgang van deelnemers aan het programma Duurzaam Schoon Grondwater te monitoren. Uitspoelfracties van het Nitraatmodel DSG-project zijn daarmee meer specifiek voor de situatie van Duurzaam Schoon Grondwater. Een ander belangrijk verschil betreft het meetprotocol. In het meetnet van RIVM worden bodemonsters gecentrifugeerd en in het meetnet van WML worden bodemonsters via een schudmethode geëxtraheerd.

Opvallend hierbij is wel dat het effect van een ander bouwplan in het lössgebied in het Nitraatmodel DSG-project substantieel groter is dan dat in WOGWOD. Gebruik makend van het Nitraatmodel DSG-project dat gebaseerd is op een werkzame N-balans, spoelt 76% van het werkzame N-overschot van een aardappelteelt uit naar het grondwater, terwijl dat voor wintertarwe met een uitspoeling van 37% van het werkzame N-overschot uit de teelt substantieel lager ligt. Omdat in de berekening van de bedrijfsbalans uitgegaan wordt van 25% consumptieaardappel heeft een vervanging van dit gewas ook een groot effect op de nitraatuitspoeling. Het werkzame N-overschot blijft vergelijkbaar, terwijl het neerslagoverschot als gevolg van een hogere verdamping heel licht daalt (<2%).

7.2.4 Conclusies

Verruiming van de vruchtwisseling, waarbij de teelt van uitspoelingsgevoelige gewassen wordt vervangen door niet-uitspoelingsgevoelige gewassen kan substantieel bijdragen aan vermindering van de nitraatconcentratie. De vervanging van consumptieaardappelen in de zandgebieden door wintergraan leidt in de berekeningen met het WOGWOD-model tot een vermindering van het N-bodemoverschot met 5-17 kg ha⁻¹ en een vermindering van de nitraatconcentratie met 4-15 mg L⁻¹. In het lössgebied is het met WOGWOD berekende effect vrijwel nihil omdat de gebruiksnorm voor wintertarwe daar 30 kg ha⁻¹ hoger is en er daardoor nauwelijks een verschil is van N-bodemoverschot van de twee gewassen.

De vervanging van consumptieaardappelen door heeft in de berekening van het Nitraatmodel DSG-project wel effect. Berekend wordt dat de nitraatconcentratie met 11 mg L⁻¹ zou afnemen. Het verschil in modeluitkomsten is te verklaren door verschillen in ruimtelijke schalen van de modellen (regionaal representatief versus projectgericht en bedrijfsspecifiek) en de verschillende meetseries waarop de modellen geijkt zijn (LMM-metingen versus WML-metingen). De uitspoelfractie in WOGWOD is

²⁴ De nitraatconcentratie is berekend met de ongedifferentieerde landelijke uitspoelfactoren afgeleid uit LMM, zie verder de discussie in paragraaf 7.5.

gebaseerd op landelijk gemiddelde waarden vertaald naar de lössregio en de uitspoelfracties in het Nitraatmoel DSG-project zijn afgeleid voor de deelnemende bedrijven aan het programma Duurzaam Schoon Grondwater (zie verder paragraaf 7.4).

De kosten van deze maatregel zijn echter hoog omdat uitspoelingsgevoelige gewassen zoals consumptieaardappelen en groenten een hoger saldo hebben dan niet-uitspoelingsgevoelige gewassen zoals granen.

B7.3 Vanggewassen: jaarrond groen, c.q. wintergewassen

7.3.1 Inleiding

Het telen van wintergewassen is een bekende maatregel om nitraatuitspoeling te verminderen en is daarom sinds 2006 op zand- en lössgronden verplicht na een maïsteelt. Wintergewassen nemen een deel van de na de oogst achtergebleven stikstof op en mogelijk ook nog een deel van de organische stikstof die na de oogst nog mineraliseert. Het succes van een wintergewas hangt van diverse factoren af, zoals het inzaaitijdstip (samenhangend met het oogsttijdstip van het hoofdgewas), het weer vanaf inzaai en gedurende de winter en het tijdstip van onderwerken voor de volgende teelt. In de praktijk worden wintergewassen soms nog bemest, voor groenbemesters die vóór 1 september worden gezaaid geldt een gebruiksnorm van 50 (zand) tot 60 (klei) kg ha⁻¹ N. Om de functie van een wintergewas als vanggewas te optimaliseren gaan wij uit van onbemeste vanggewassen.

7.3.2 Aanpak

In WOGWOD is zoveel mogelijk rekening gehouden met de factoren genoemd in de vorige paragraaf bij het inschatten van de N-opname door het wintergewas. Een wintergewas na suikerbieten neemt bijvoorbeeld slechts 7 kg ha⁻¹ N op, terwijl na pootaardappelen wel 90 kg ha⁻¹ kan worden opgenomen. De zaaidatum van een vanggewas is in het model afhankelijk van de oogstperiode van het voorafgaande gewas (Tabel B7.3.1).

Tabel B7.3.1 Oogstperiode van akker- en tuinbouwgewassen zoals gehanteerd in het WOGWOD-model

Oogstperiode akker- en tuinbouwgewassen	Gewas
juli - half augustus	tulp, iris, narcis, krokus, wintergerst, wintertarwe, zomergeerst, triticale, rogge
half augustus - begin september	pootaardappel, zomertarwe, haver, zaaiui
tweede helft september	snijmais op zand+löss
eind september - begin oktober	consumptieaardappel
half oktober	zetmeelaardappel
tweede helft oktober	korrelmais, knolselderij
late herfst en winter	lelie, spruitkool, sluitkool, prei, cichorei, voederbieten, suikerbieten

In het WOGWOD-model wordt standaard een werkingscoëfficiënt van het ondergewerkte groene materiaal van 60% verondersteld. 60% van de stikstof komt als werkzame stikstof additioneel beschikbaar voor het volgengewas. In de praktijk wordt geadviseerd om de N-bemestingsgift met hetzelfde bedrag te verminderen, hoewel dat door de wetgeving niet wordt voorgeschreven. Daarom hebben we ervoor gekozen om twee deelscenario's door te rekenen. In deelscenario 1 wordt de standaard WOGWOD berekening aangehouden, waar extra N beschikbaar komt voor het gewas (zonder verrekening van de bemestende waarde van het vanggewas). Voor deelscenario 2 is een kleine aanpassing in WOGWOD doorgevoerd (Tabel B7.3.2), waardoor het model rekening houdt met een reductie van de werkzame N-gift van 60% van de ondergewerkte hoeveelheid N in het vanggewas (met verrekening). Hierdoor komt geen extra N beschikbaar door het onderploegen van het vanggewas, maar ook niet minder.

Tabel B7.3.2 Reductie van de werkzame N-bemesting van het hoofdgewas in WOGWOD na het telen van een vanggewas volgens scenario 2.

Regio	N-opname vanggewas	Reductie = 0,6 x N-opname in vanggewas	N-kunstmest in referentie	N-kunstmest in scenario 2
	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
Zand noord	23,0	13,8	65,9	52,0
Zand midden	24,6	14,8	58,9	44,1
Zand zuid	20,0	12,0	34,7	22,7
Löss	30,7	18,4	48,5	30,1

In het Nitraatmodel DSG-project wordt de N-bemesting verlaagd voor de gewassen volgend op een vanggewas. Binnen de vruchtwisseling van het model zijn dit suikerbieten en consumptieaardappelen; het vanggewas wordt in de praktijk namelijk gezaaid na de oogst van wintertarwe en zomergerst. Door de teelt van vanggewassen neemt het werkzame N-bodemoverschot af van 118 naar 101 kg ha⁻¹. Vanwege de gewasverdamping van het vanggewas daalt het neerslagoverschot met circa 5%. Als bij de bemesting van het volggewas geen rekening gehouden wordt met de bemestende waarde van het ondergeploegde vanggewas zal een groot deel van de onderschepte stikstof alsnog uitspoelen.

7.3.3 Resultaten

WOGWOD

Bij het toepassen van een vanggewas met verrekening van de bemestende waarde van de ondergeploegde biomassa in deelscenario 1 (zonder verrekening) neemt het gebiedsgemiddelde N-bodemoverschot van AT-gewassen af met 4-6 kg ha⁻¹ of 4-7% (Tabel B7.3.2). Deze waarde is laag omdat de afvoerpost gewasopname door de extra vrijgekomen N toeneemt (relatieve N-opbrengst 1,03-1,05), en deze vrijkomende stikstof uit het vanggewas niet als invoerpost meetelt in het N-bodemoverschot. Deze stikstof is namelijk niet aangevoerd maar is "overgedragen" van het ene jaar naar het volgende jaar, en maakt als zodanig geen deel uit van een externe flux.

De afname van het N-bodemoverschot is groter als er wel wordt gekort (deelscenario 2) op de werkzame N-bemesting (13-19 kg ha⁻¹; 15-23%). Afname van de bemesting in deelscenario 2 werkt sterker door in het N-bodemoverschot dan de toename van de gewasopname in deelscenario 1.

De toename van de N-opname in deelscenario 2 is 4-6 kg ha⁻¹, terwijl de vermindering van de aanvoer 12-18 kg ha⁻¹ bedraagt (Tabel B7.3.3). Deelscenario 2 is dus veel effectiever om de nitraatconcentratie te verlagen (11-16 mg L⁻¹; 11-18%), terwijl de relatieve opbrengst nagenoeg gelijk blijft aan de referentie (1,00-1,01).

Tabel B7.3.3: Effect van toepassen van wintergewassen bij alle AT-gewassen op het gemiddelde N-bodemoverschot (NBO), de gemiddelde nitraatconcentratie en de relatieve N-opbrengst (RO) van AT gewassen in de zand- en lössgebieden volgens WOGWOD en voor het lössgebied berekend met het Nitraatmodel DSG-project.

Regio	Referentie 2027		Deelscenario 1 vanggewas zonder verrekening ¹					Deelscenario 2 vanggewas met verrekening ²				
	Nitraat (mg L ⁻¹)	NBO (kg ha ⁻¹)	Nitraat (mg L ⁻¹)	NBO (kg ha ⁻¹)	Effect (mg L ⁻¹)	Effect (%)	RO	Nitraat (mg L ⁻¹)	NBO (kg ha ⁻¹)	Effect (mg L ⁻¹)	Effect (%)	RO
Zand noord	86,5	98	82,8	93	3,7	4,3	1,03	74,0	83	11,9	12,5	1,01
Zand midden	83,6	94	79,5	90	4,1	4,9	1,03	70,0	79	13,0	13,6	1,00
Zand zuid	77,6	88	73,6	83	3,9	5,1	1,03	66,0	75	11,3	11,6	1,01
Löss	71,3	81	65,7	75	5,7	8,0	1,05	54,0	62	16,4	17,3	1,01
Nitraatmodel DSG-project)	55,8	118 ³	57	101 ³	-1,1	-2	-	51,4	92 ³	4,4	7,9	-

1 de extra bemestende waarde van het vanggewas wordt niet verrekend met de mestgift.

2 de extra bemestende waarde van het vanggewas wordt wel verrekend met de mestgift.

3 het Nitraatmodel DSG-project maakt gebruik van een werkzaam N-overschot (inclusief NLV).

Nitraatmodel DSG-project

Als de bemestende waarde van het ondergeploegde vanggewas niet wordt verrekend met de bemesting van het volggewas kan volgens de berekening met het Nitraatmodel DSG-project de nitraatconcentratie iets stijgen. De onderschepte stikstof wordt bijna geheel opgenomen in de stikstofkringloop van het gewas-bodemsysteem, terwijl het neerslagoverschot iets afneemt en daarmee ook de verdunning iets afneemt. Netto zou dit tot een hogere nitraatconcentratie kunnen leiden.

Voor de situatie dat de bemestende waarde van het ondergeploegde vanggewas wel wordt verrekend met de bemesting van het volggewas wordt met Nitraatmodel DSG-project een daling van de nitraatconcentratie berekend van 4,4 mg L⁻¹. Deze daling is minder dan berekend met het WOGWOD-model, omdat een de uitspoelfactoren in het Nitraatmodel DSG-project over het algemeen lager zijn. Een vermindering van het N-bodemoverschot leidt in dit model tot een kleinere afname van de nitraatconcentratie dan in het WOGWOD-model waarin de uitspoelfactor hoger is.

7.3.4 Conclusies en discussie.

Het telen van een vanggewas is een effectieve maatregel om zowel het N-bodemoverschot als de nitraatconcentratie te verminderen, vooral wanneer de N-gift voor het volgend hoofdgewas wordt gekort voor de bemestende waarde van het ondergewerkte materiaal. Zonder korting op de N-gift vermindert het berekende N-bodemoverschot met 4-6 kg ha⁻¹ en de berekende nitraatconcentratie met 4-6 mg L⁻¹, met korting wordt dat respectievelijk 13-19 kg ha⁻¹ en 11-16 mg L⁻¹. Dit wordt bevestigd door het Nitraatmodel DSG-project voor een gemiddeld akkerbouwbedrijf: de uitspoeling van nitraat wordt met minimaal 8% verlaagd.

In de modelberekeningen is uitgegaan van een ideale situatie waarin een vanggewas direct na de oogst van een hoofdgewas wordt ingezaaid en dat de kieming en opkomst niet geremd wordt door weersomstandigheden. In de praktijk kunnen weersomstandigheden minder gunstig zijn met een vertraagde kieming en opkomst als gevolg en kunnen er redenen zijn waarom een vanggewas toch wat later wordt ingezaaid. Ook kan in de herfst waterverzadiging van de bodem optreden met een ongunstige invloed op de ontwikkeling van het vanggewas. De veronderstelde stikstofopname wordt in de praktijk lang niet altijd gerealiseerd. De resultaten moeten daarom gezien worden als een "best-case".

Ten opzichte van de gangbare praktijk overschat deze berekening waarschijnlijk het effect van de maatregel, omdat er in de praktijk in de uitgangssituatie al vanggewassen worden geteeld. De toegenomen gebruiksnorm door het telen van vanggewassen die voor 1 september kunnen worden ingezaaid leidt nu binnen het bedrijf tot een hogere N-gift en dientengevolge ook een hoger N-bodemoverschot en hogere nitraatconcentratie. In deze gevallen zal het verplichten van een onbemest vanggewas juist leiden tot een groter effect van de maatregel.

Het effect van de maatregel hangt samen met de mogelijke zaaidatum van het vanggewas en daarmee ook met het bouwplan. Enkele gewassen (bijv. wintergraan) functioneren al als wintergewas. Een verruiming van het bouwplan kan ertoe leiden dat minder vaak een vanggewas kan worden geteeld. Een verandering van het bouwplan met minder vroege gewassen en meer late gewassen leidt ook tot een lagere effectiviteit van de maatregel.

B7.4 Verlaging stikstofgebruiksnormen akker- en tuinbouw bij intensief bouwplan

7.4.1 Inleiding

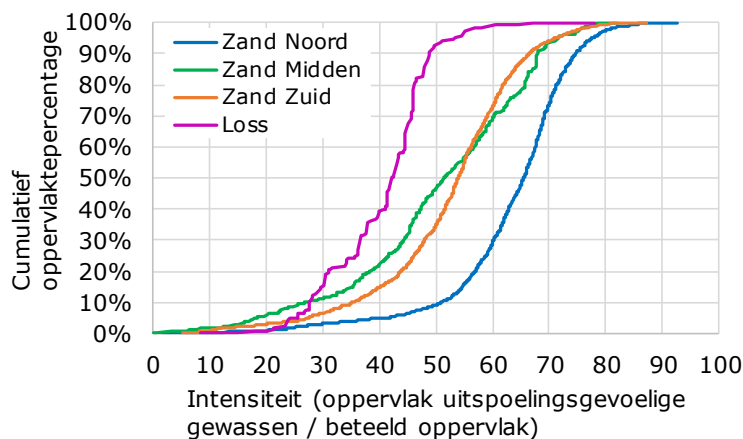
Eén van de mogelijke maatregelen in het 7^e Actieprogramma Nitraat om een verruiming van het bouwplan te stimuleren is een korting van de N-gebruiksnorm voor uitspoelingsgevoelige gewassen. In de onderhavige PlanMER zijn twee scenario's doorgerekend: 10% korting op de N-gebruiksnorm (scenario B) en 20% korting op de N-gebruiksnorm (scenario C) bij uitspoelingsgevoelige gewassen. Scenario B is doorgerekend met het Landelijk Waterkwaliteitsmodel (LWKM1.2), het WOGWOD-model

en het Nitraatmodel DSG-project. Scenario C is doorgerekend met WOGWOD-model en het Nitraatmodel DSG-project, maar niet met LWKM 1.2.

7.4.2 Aanpak

Landelijk waterkwaliteitsmodel (LWKM 1.2)

Voor de berekening met het Landelijk Waterkwaliteitsmodel is aangenomen dat de maatregel betrekking heeft op uitspoelingsgevoelige AT-gewassen. Sniijmais hierbij niet in beschouwing genomen. Voor de rekeneenheden met een AT-gewas is de verdeling van 22 gewassen of gewasgroepen en hun areaal bekend. Voor deze analyse is per rekeneenheid het aandeel van uitspoelingsgevoelige gewassen in het totaal areaal van de rekeneenheid vastgesteld. Dit percentage duiden we aan als "intensiteit". Van de intensiteiten is voor de zandgebieden en het lössgebied een cumulatieve frequentieverdeling opgesteld (Figuur B7.4.1).



Figuur B7.4.1 Cumulatieve frequentieverdeling van de verhouding tussen het areaal uitspoelingsgevoelig gewas en beteeld oppervlak van de rekeneenheden met akker- en tuinbouw in het Landelijk Waterkwaliteitsmodel voor de drie zandgebieden en het lössgebied.

Hierbij wordt verondersteld dat bij een intensiteit kleiner dan 0,5 het altijd mogelijk is om in de vruchtwisseling een uitspoelingsgevoelig gewas af te wisselen met een niet-uitspoelingsgevoelig gewas.

In het lössgebied is de intensiteit van de AT-rekenschappen in het model bijna overal minder dan 0,5 en is het bijna overal mogelijk een uitspoelingsgevoelig gewas af te wisselen met een niet-uitspoelingsgevoelig gewas. In het Noordelijke zandgebied heeft slechts 10% van de AT-rekenschappen een intensiteit lager dan 0,5. Naarmate de intensiteit van een rekeneenheid groter is dan 0,5 komt het, naarmate de intensiteit hoger wordt, steeds vaker voor dat een uitspoelingsgevoelig gewas wordt opgevolgd door een ander uitspoelingsgevoelig gewas.

De opgelegde korting van de stikstofgebruiksnorm wordt per rekeneenheid van het model vastgesteld in afhankelijkheid van de intensiteit. Bij een intensiteit van 50% is er geen korting en bij een intensiteit van 100% bedraagt de korting 10%. In de range tussen 50 en 100% wordt voor het vaststellen van het kortingspercentage lineair geïnterpoleerd. De vermindering van de stikstofgift bedraagt volgens deze rekenwijze 4,5 kg ha⁻¹ gemiddeld voor de AT-gewassen in Zand noord, 2,2 kg ha⁻¹ in Zand midden, 1,3 kg ha⁻¹ in Zand zuid en 0,1 kg ha⁻¹ in het lössgebied.

WOGWOD

WOGWOD rekent met een gemiddeld bouwplan, afgeleid de arealen van gewassen in een gebied. Hierdoor is het niet mogelijk om rekening te houden met de volgorde van gewassen binnen het bouwplan. Er kan dus geen rekening worden gehouden met wel of geen uitspoelingsgevoelige gewassen in opeenvolgende jaren. Binnen WOGWOD komt deze situatie wel tot uiting in een hoger aandeel uitspoelingsgevoelige gewassen in het bouwplan. Het model houdt echter geen rekening met eventuele overdracht van uitgespoelde stikstof uit het ene jaar naar het gewas in het volgende jaar. Dit verschijnsel zou namelijk kunnen optreden op bodems met een hangwaterprofiel (diepe grondwaterstand) na een relatief droog jaar, waardoor het nitraat minder diep is uitgespoeld. In een volgend jaar zou een diepwortelend gewas dan kunnen profiteren van het dieper opgeslagen nitraat of

van nitraat dat capillair vanuit die diepere laag wordt aangevoerd. Om een indruk te krijgen van de ordergrootte van het effect hiervan verwijzen we naar de berekening met het Nitraatmodel DSG-project.

Voor de berekeningen met het WOGWOD model is gebruik gemaakt van de optie om alleen te korten op de uitspoelingsgevoelige AT-gewassen. Snijmais is hierin niet meegenomen (melkveehouderij). Verder is gerekend zonder vanggewassen, behalve waar dit verplicht is.).

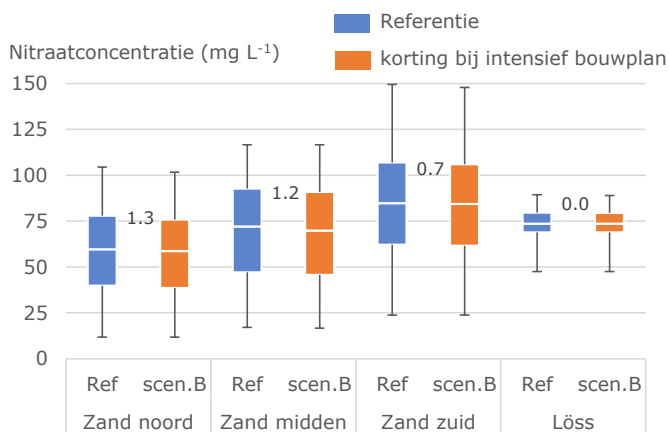
Nitraatmodel DSG-project

Het Nitraatmodel DSG-project beschrijft geen directe relatie tussen de gewasopbrengst en de N-bemesting. Bemestingsniveaus zijn dus niet van invloed op de veronderstelde gewasopname en werken daarmee even groot door op het N-bodemoverschot. Evenals in de berekeningen met WOGWOD is de werkzame N-aanvoer naar de uitspoelingsgevoelige gewassen (consumptieaardappel, zomergerst en snijmais) verlaagd met 10% of 20% van de gebruiksnorm op lössgrond.

7.4.3 Resultaten

Landelijk waterkwaliteitsmodel (LWKM 1.2)

De geringe vermindering van de gemiddelde stikstofgift die volgt uit de gekozen modelbenadering leidt ook tot geringe daling van de nitraatconcentratie (Figuur B7.4.1). Voor de akker- en tuinbouw in Zand noord wordt een daling van 1,3 mg L⁻¹ berekend. Voor Zand midden en Zand zuid wordt een daling van 1,2 en 0,7 mg L⁻¹ berekend terwijl deze maatregel geen effect heeft in het lössgebied.



Figuur B7.4.2. Gebiedsgemiddelde nitraatconcentraties (mg L⁻¹) onder akker- en tuinbouwgewassen in de zandgebieden en het lössgebied voor de referentiesituatie 2027 (Ref) en het scenario met 10% korting van de stikstofgebruiksnormen van uitspoelingsgevoelige gewassen bij een te hoge intensiteit van het bouwplan (Scen.B). Getallen duiden de vermindering (mg L⁻¹) aan door de maatregel.

De geringe effecten zijn een gevolg van 1) het uitsluiten van snijmais bij het opleggen van de korting; 2) de veronderstelling dat bij een intensiteit kleiner dan 50% een vruchtwisseling wordt gehanteerd waarbij twee uitspoelingsgevoelige gewassen niet achtereenvolgens worden geteeld, en 3) de methode voor het vaststellen van het kortingspercentage bij een intensiteit groter dan 50%. Impliciet is hierbij verondersteld dat zoveel als mogelijk een te intensief bouwplan vermeden zal worden. De wijze waarop de maatregel wordt geformuleerd en in gebruiksvoorschriften wordt vastgelegd is sterk bepalend voor het effect van de maatregel.

WOGWOD

De grootste daling van de berekende nitraatconcentratie door korting op de stikstofgebruiksnorm (Tabel B7.4.1) wordt met WOGWOD berekend voor Zand noord (bij 10% korting 8,0 mg L⁻¹ of 9,3%). Dit hangt samen met de grootste daling van het N-bodemoverschot in dit gebied (bij 10% korting 9 kg ha⁻¹, ook ongeveer 9%). De daling is het kleinst in het lössgebied (bij 10% korting 3,5 mg L⁻¹ of 5%). Voor alle regio's geldt dat de relatieve daling van de berekende gemiddelde nitraatconcentratie veel groter is dan de relatieve daling van de N-opbrengst (RO). In Zand midden bijvoorbeeld daalt de nitraatconcentratie bij 10% korting van de stikstofgebruiksnorm met 6,2 mg L⁻¹, terwijl de relatieve

opbrengst daalt met 3%. Het verdubbelen van de korting naar 20% leidt tot iets minder dan een verdubbeling van de effecten.

Nitraatmodel DSG-project

Een verlaging van de N-bemesting voor een gemiddeld bouwplan van een akkerbouwbedrijf werkt lineair door op een verlaging van het bodemoverschot voor de gewassen consumptieaardappelen, korrelmais en zomergerst. Op bedrijfsniveau zorgt dit voor een verlaging van de uitspoeling met 8,7 tot 17,4%.

Tabel B7.4.1: Effect van verlaging van de stikstofgebruiksnorm (10% en 20%) voor uitspoelingsgevoelige AT-gewassen op de gemiddelde nitraatconcentratie (NO₃) en het N-bodemoverschot (NBO), en op de relatieve N-opbrengst van AT gewassen (RO) in de zand- en lössgebieden berekend met WOGWOD en berekend met het Nitraatmodel DSG-project voor het lössgebied.

Regio	Referentie 2027		Korting N-gebruiksnorm met 10%				Korting N-gebruiksnorm met 20%					
	Nitraat (mg L ⁻¹)	NBO (kg ha ⁻¹)	Nitraat (mg L ⁻¹)	NBO (kg ha ⁻¹)	Effect (mg L ⁻¹)	Effect (%)	RO	Nitraat (mg L ⁻¹)	NBO (kg ha ⁻¹)	Effect (mg L ⁻¹)	Effect (%)	RO
Zand Noord	86,5	98	78,5	89	8,0	9,3	0,97	70,9	80	15,6	18,0	0,94
Zand Midden	83,6	94	77,3	87	6,2	7,5	0,97	71,5	81	12,1	14,5	0,95
Zand Zuid	77,6	88	72,1	81	5,5	7,1	0,97	66,8	75	10,8	13,9	0,94
Löss	71,3	81	67,9	77	3,5	4,8	0,98	64,6	73	6,7	9,4	0,96
Nitraatmodel DSG-project)	55,8	118	51,0	111	4,9	8,7	-	46,1	103	9,7	17,4	-

7.4.4 Conclusies en discussie

Een korting op de stikstofgebruiksnorm van akker- en tuinbouwgewassen met 10% of 20% is een effectieve maatregel om het N-bodemoverschot en de nitraatconcentratie onder deze gewassen terug te dringen in de zand- en lössgebieden.

De relatieve afname van het N-bodemoverschot en de nitraatconcentraties in het grondwater is duidelijk groter dan de relatieve daling van de N-opbrengst. Hierbij moet worden bedacht dat de winstmarges in de akker- en tuinbouw vaak zo gering zijn dat een paar procent opbrengstderving een groot effect kunnen hebben op de winst. Anderzijds is de verwachting dat in de praktijk er nog regelmatig situaties voorkomen waar meer wordt bemest dan de adviesgiften, die in principe zijn gebaseerd op bedrijfseconomische uitgangspunten als de marginale meeropbrengst van de kunstmestgift ($\Delta\text{€ output}/\Delta\text{€ input}$).

Het effect van een verlaagde gebruiksnorm wordt voor het lössgebied groter berekend door het Nitraatmodel DSG-project dan door het WOGWOD-model. Met dezelfde korting neemt het N-bodemoverschot in het Nitraatmodel DSG-project sterker af dan in het WOGWOD-model, Mogelijk wordt dit veroorzaakt doordat de gewasopname in het Nitraatmodel DSG-project niet afhankelijk is van het bemestingsniveau en in het WOGWOD-model wel. Bij een verminderde bemesting neemt de stikstofopname door het gewas af in het WOGWOD-model waardoor het verschil tussen bemesting en gewasopname kleiner is dan bij een constant opnameniveau. Mogelijk overschat het Nitraatmodel DSG-project het effect hierdoor, ondanks dat het model specifiek op het lössgebied is toegespitst dan het WOGWOD-model.

B7.5 Preventie afspoeling door tijdelijke aanpassing maaiveld met blokkerend effect (greppels, drempels, kuiltjes)

7.5.1 Inleiding

Drempels in ruggenteelten waren in het zesde Actieprogramma Nitraatrichtlijn omschreven als een maatregel waarbij waarneembare hindernissen, zoals bijvoorbeeld drempels of drempeltjes, of geultjes die niet afwateren op oppervlaktewater, op of rond het perceel worden aangelegd. Overigens hoeft een dergelijke maatregel zich niet te beperken tot ruggenteelten. Bij de zaaibed bereiding van gewassen die niet op ruggen of bedden worden geteeld kunnen kleine drempels /kuiltjes

worden gevormd met de kooirol van de rotoeg. Daarnaast wordt in projecten van het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer de aanleg van infiltratiegreppels gestimuleerd.

Het doel is om gevallen regen ter plaatse op het veld vast te houden en te laten infiltreren. De drempels voorkomen dat bij een gemiddelde regenbui een deel van het water oppervlakkig afstroomt naar een aangrenzende waterlopen of naar het laagste deel van het veld stroomt en daar natte plekken veroorzaakt. Bij hevige neerslag wordt afvoer en erosie geremd en verminderen de drempels en/of greppeltjes het verlies van vruchtbare grond en verminderen de verontreiniging van oppervlaktewater met nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen.

Voor hellende gebieden in Zuid Limburg wordt in de uitvoeringsregeling rechtstreekse betalingen GLB in de paragraaf "Minimaal landbeheer op basis van de specifieke omstandigheden ter plaatse om erosie tegen te gaan" een waterdrempel omschreven als een aarden rug, dwars in de rijen van een teelt op ruggen, dat afstromend water kan bergen. De opvangcapaciteit van de waterdrempels moet dan minimaal 100 m³ per hectare zijn. Dit komt overeen met een waterschijf van 10 mm.

De onderzoeksgegevens betreffen vrijwel altijd de aanleg van drempels in aardappelruggen ter bestrijding van erosie van hellende percelen. In 2001 is door Praktijkonderzoek Plant en Omgeving onderzoek gedaan naar het effect van drempels in de geulen tussen de ruggen op afstroming van water en grond op een perceel met een hellingspercentage van 7%. Ten opzichte van frezen zonder drempels nam het bodemverlies af met 96% en de afstroming van water met 66% (Geelen, 2001). Onderzoek in Wallonië (Barthélémy et al, 2010) laat zien dat door de aanleg van drempels gemiddeld 70% minder water afstroomt (tussen 30 en 98%) en de afspoeling van bodemsediment (erosie) met 90% afneemt. Door de maatregel werd het verlies van gewasbeschermingsmiddelen sterk beperkt en trad een betere herverdeling op van regen met een betere infiltratie van het water in de bodem. Voor de aardappelteelt op de kleigrond van vlakke percelen in de polders, droogmakerijen en het rivierengebied zijn geen onderzoeksresultaten bekend. Het bedrijf van Roskam in Abbenes (Bayer ForwardFarming) werkt met drempels in ruggenteelt ter vermindering van het risico op oppervlakkig transport van gewasbeschermingsmiddelen.

Voor de kwantificering van het effect van deze maatregel met een landelijk model ten behoeve van de Nationale Analyse Waterkwaliteit (Van Gaalen et al, 2020) is op basis van perceelskenmerken een schatting gemaakt van het effect ter grootte van enkele procenten tot maximaal 25% van de totale uit- en afspoeling van fosfor naar oppervlaktewater. Het oppervlak met een relatief groot effect is heel klein en betreft percelen met een grote helling.

In het beleidsondersteunend onderzoek van het ministerie van LNV is in 2020 en 2021 veldonderzoek uitgevoerd naar de effecten van drempels in aardappelteelt in Limburg.

7.5.2 Aanpak

Een kwantificering van het effect van drempels of greppeltjes op het oppervlakkig transport van nutriënten naar waterlopen is momenteel vanwege het ontbreken van voldoende representatieve onderzoeksgegevens niet te geven. Het effect is sterk afhankelijk van het weersverloop gedurende het groeiseizoen, van de kans op extreme neerslag en van de infiltratiecapaciteit van de bodem. Tabel B7.5.1 geeft extreme neerslaghoeveelheden voor verschillende herhalingstijden en verschillende tijdsduren waarin deze neerslag valt.

Tabel B7.5.1 Neerslaghoeveelheid (mm) bij verschillende herhalingstijden (T) en voor neerslagduren van 10 minuten tot en met 4 dagen. Voor een herhalingstijd van 10 jaar is de 95% betrouwbaarheidsrange gegeven. Bron: STOWA rapport 2019-19.

Herhalings- tijd (jaar)	Neerslagduur						
	10 min	30 min	60 min	4 uur	12 uur	24 uur	4 dagen
0,5	8	10	13	19	25	30	50
2	12	17	20	28	37	44	69
10	17-18	24-27	30-33	41-45	51-56	60-66	88-96

Afhankelijk van de grondsoort, de mate waarin de bodem verdicht is, de ruwheid van het maaiveld en de vochttoestand van de bodem wordt de oppervlakkige afstroming na een extreme neerslaghoeveelheid van een dag die eenmaal in de twee jaar voorkomt (44 mm) geschat op 0 en 20 mm (Beltman et al 2021).

Ondanks dat een kwantificering van effecten nog niet goed mogelijk is, kan voor het effect het oppervlakkig transport van fosfor wel inzicht gegeven worden in:

- Het landbouwareaal waarvoor de maatregel zou gelden bij een implementatie op klei- en lössgronden en bij een implementatie op alle grondsoorten
- De gebieden waar het grootste effect verwacht wordt als de kans op extreme neerslag gelijk verdeeld is over Nederland. Op basis van een bodem- en grondwatertrappenkaart, informatie over de perceelshelling, perceelshydrologie en informatie over de P-toestand van percelen is aan te geven waar het risico op oppervlakkig transport van P van akker- en tuinbouwpercelen het grootst is en waar het risico kleiner is.

Het effect van de maatregel op het oppervlakkig transport van stikstof wordt veel kleiner ingeschat dan het effect voor fosfor omdat stikstof zich minder geconcentreerd in de toplaag van de bodem bevindt.

7.5.3 Resultaten

De oppervlaktepercentages van percelen met ruggenteelten op verschillende gronden zijn in Tabel B6.5.2 afgeleid van de Basisregistratie Percelenkaart van 2019 waarbij alle soorten aardappelen, aardperen, cichorei, asperges, (winter-)wortelen en bloembolgewassen als ruggenteelt zijn gekenmerkt. Voor de toekenning van de grondsoort per perceel is gebruik gemaakt van de kaart als bijlage bij art3 van het uitvoeringsbesluit Meststoffenwet.

Tabel B7.5.2 Oppervlaktepercentages van percelen met ruggenteelten op verschillende grondsoorten in de beheergebieden van de waterschappen.

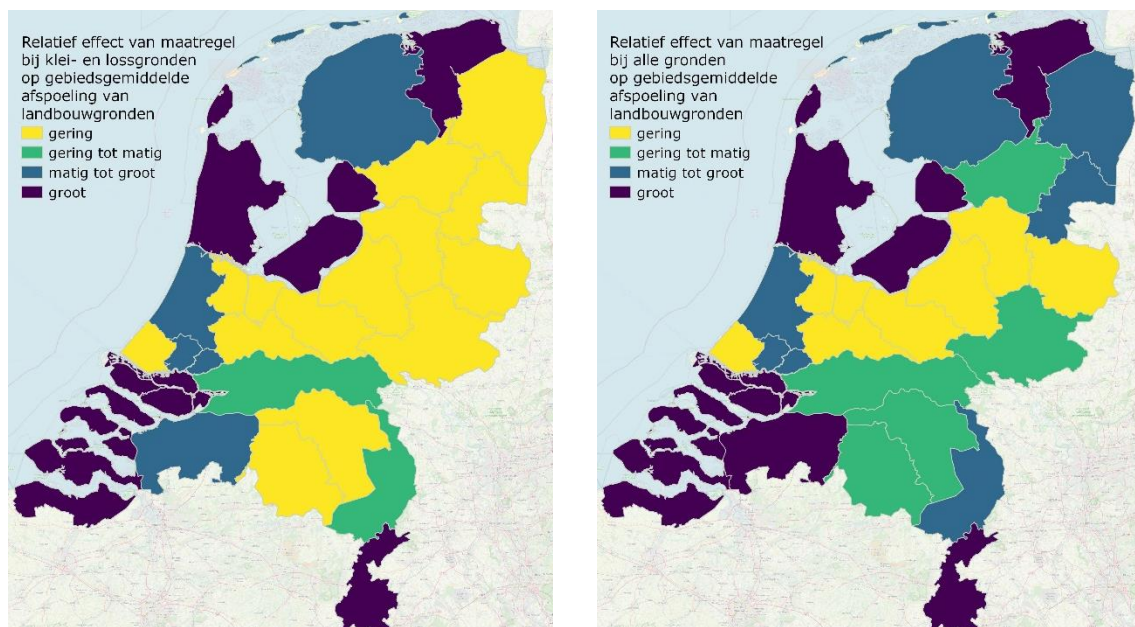
Waterschap	Totaal oppervlak grasland en bouwland (ha)	Percentage ruggenteelt op klei en löss	Percentage ruggenteelt alle grondsoorten
Aa en Maas	79578	0,7%	11,1%
Brabantse Delta	80679	8,9%	14,0%
De Dommel	58067	0,1%	11,3%
Drents Overijsselse Delta	146531	0,3%	6,8%
Hollandse Delta	46461	23,2%	23,3%
HH Amstel, Gooi en Vecht	20979	0,6%	0,7%
HH De Stichtse Rijnlanden	38377	0,1%	0,1%
HH Hollands Noorderkwartier	107696	11,9%	18,1%
HH van Delfland	5883	0,4%	0,5%
HH van Schieland en de Krimpenerwaard	12036	3,5%	3,5%
Hunze en Aa's	128253	1,0%	25,4%
Limburg	96452	4,0%	13,6%
Noorderzijlvest	94485	10,8%	13,6%
Rijn en IJssel	110290	0,8%	4,2%
Rijnland	34082	5,1%	10,9%
Rivierenland	102092	2,5%	2,6%
Scheldestromen	119420	17,9%	18,5%
Vallei en Veluwe	77687	0,1%	1,3%
Vechtstromen	126607	0,1%	10,9%
Wetterskip Fryslân	226707	3,4%	4,7%
Zuiderzeeland	88934	32,8%	33,8%

Voor de percelen van de Basisregistratiepercelen kaart (2019) is een P-afspoeling geschat op basis van de volgende factoren:

- 1) De code voor de toplaag van de bodem met daarmee corresponderend de doorlatendheid bij waterverzadiging. Klei- en lössgronden hebben in het algemeen een kleinere infiltratiecapaciteit dan zand en veengronden.
- 2) De aanwezigheid van buisdrainage. Als een perceel ontwaterd wordt met buisdrains is de kans op waterverzadigde omstandigheden na een extreme regenperiode kleiner dan bij een vergelijkbaar perceel dat niet gedraineerd is.
- 3) De geschatte grondwaterdiepte van de percelen. Bij een diepere grondwaterstand wordt een groter deel van de neerslag in het bodemprofiel geborgen.
- 4) De helling van het perceel. Voor het vlakke deel van Nederland wordt het risico op afspoeling sterker bepaald door het micro-reliëf dan door de gemiddelde perceelshelling, maar voor zowel licht hellende als sterker hellende gebieden is de perceelshelling mede bepalend voor het risico op afspoeling. Voor de vertaling van de factor helling is het van belang om te weten of een perceel wel of niet bol ligt. Deze informatie ontbreekt echter en de perceelshelling is ongeacht de vorm structuur van het maaiveld toegepast.
- 5) De geschatte fosfaattoestand van de bodem., zoals deze gebruikt is in Groenendijk et al (2021), aangevuld met modelschattingen met het STONE-model (Wolf et al, 2003). Verondersteld is dat bij een fosfaatklasse "laag" de P-concentratie in afspoelend water $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ bedraagt en een Pw-waarde van 100 de concentratie $2,5 \text{ mg L}^{-1}$ is. De fosfaattoestand is hiermee medebepalend voor het risico op P-afspoeling en voor het effect van een mitigerende maatregel om afspoeling te verminderen.

Voor bodemverdichting zijn alleen risicokaarten beschikbaar waarbij het risico is afgeleid met deels overlappende informatie van de bovengenoemde punten. Deze informatie is niet verwerkt in de schatting van het effect.

De factoren 1) tot en 4) zijn verwerkt in een schematisering van akker- en tuinbouw-percelen in de studie van Beltman et al (2021). De informatie over waterafvoer bij een extreme regendag en van de fictieve P-concentratie is verwerkt tot een risico op P-afspoeling van percelen met ruggenteelt en van overige landbouwpercelen. In aanvulling hierop wordt verondersteld dat bij een groter risico op P-afspoeling ook een groter effect van de maatregel mag worden verwacht.



Figuur B7.5.1 Kwalitatieve aanduiding van het verwachte effect van drempels in of greppels bij ruggenteelten op de nutriëntenaafspoeling van de ruggenteelten op de gebiedsgemiddelde afspoeling van landbouwgronden.. Links: de maatregel alleen geïmplementeerd op klei- en lössgronden; rechts: de maatregel geïmplementeerd op alle grondsoorten.

Het verwachte effect is het grootste voor de klei- en lössgronden. In een aantal gebieden wordt een groter effect verwacht wordt als de maatregel ook op zand- en veengronden wordt uitgevoerd. Naast

grondsoortverschillen speelt ook het aandeel ruggenteelten een rol bij het te verwachten effect. Uit Tabel B7.5.2 blijkt dat in de beheersgebieden van Hollandse Delta, Scheldestromen en Zuiderzeeland de grootste dichtheid heeft aan ruggenteelten.

Verschillen binnen de zandgebieden worden grotendeels verklaard door het aandeel ruggenteelten in het totale landbouwareaal en voor een beperkt deel door verschillen in de P-toestand van de bodem. Door de hogere P-toestand heeft de maatregel binnen de groep van zandgronden het grootste effect in het zuidelijke zandgebied, maar in de gehanteerde benadering werkt het verschil in bodemeigenschappen en met name de verschillen in infiltratie-eigenschappen tussen grondsoorten sterker door dan de verschillen in de P-toestand en daarom wordt voor het lössgebied en de zeekleigebieden een groter gebiedsgemiddeld effect verwacht dan voor de zandgebieden.

Met de aannames over de P-concentratie in afspoelend water en de waterhoeveelheid die langjarig gemiddeld in het groeiseizoen over het maaiveld afstroomt naar sloten is een berekening gemaakt van het effect van de maatregel voor de situatie dat de drempels alleen op klei- en lössgronden wordt aangelegd en voor de situatie dat de drempels op alle grondsoorten zouden worden aangelegd. Hierbij is op basis van een expertschatting verondersteld dat een drempel 75% van het oppervlakkige transport kan blokkeren.

Tabel B7.5.3 Arealpercentages ruggenteelt en effecten van de maatregel "drempels in ruggenteelt" op de P-afspoeling per hectare ruggenteelt en gebiedsgemiddeld per hectare landbouwgrond.

Regio	Scenario B (klei- en lössgronden) Arealpercentage ruggenteelt	Maximale Vermindering P- afspoeling		Scenario C (alle grondsoorten) Arealpercentage ruggenteelt	Maximale Vermindering P-afspoeling	
		Per ha ruggenteelt	Per ha landbouwgrond Gebieds- gemiddeld		Per ha ruggenteelt	Per ha landbouwgrond Gebieds- gemiddeld
Zand	1%	0,11	0,00	12%	0,04	0,00
Rivierklei	2%	0,15	0,00	2%	0,14	0,00
Zeeklei	17%	0,14	0,02	18%	0,13	0,02
Veen	0%	0,11	0,00	1%	0,08	0,00
Löss	9%	0,20	0,02	9%	0,20	0,02

7.5.4 Conclusies en discussie

Landbouwkundig hebben drempels in ruggen nadelen voor wat betreft kosten bij de aanleg en de bereikbaarheid tijdens het groeiseizoen voor gewasverzorging. Een voordeel is dat neerslag gevallen in milde regenbuien gelijkmatiger over een perceel infiltreert wat de gewasproductie ten goede komt. Daarnaast leidt de preventie van oppervlakkige afstroming tot minder verlies van nutriënten en sediment van een perceel.

Drempels in en greppels bij ruggenteelten kunnen bijdragen aan het verminderen van de belasting van oppervlaktewater met nutriënten. Alhoewel het aspect van gewasbeschermingsmiddelen niet is beschouwd in deze studie wordt op basis van veldonderzoek in Wallonië (Barthélémy et al, 2010) verwacht dat het ook een vergelijkbaar of groter reducerend effect heeft op de emissie van deze middelen naar oppervlaktewater.

Ruggenteelten op klei- en lössgronden en ruggenteelten op zand- en veengronden beslaan beiden ca 6% van het Nederlandse landbouwareaal. In ruggenteelten zijn de nutriëntenverliezen hoger dan in andere teelten en kan de beschouwde maatregel iets bijdragen aan het verminderen van de belasting van oppervlaktewater, maar door het beperkte areaal is de verwachting dat de maatregel een gering effect zal hebben op de totale nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater uit landbouwgronden.

Een kwantificering op basis van representatief veldonderzoek van effecten van de maatregel is op dit moment niet te geven. In modelonderzoek wordt op basis van perceelskenmerken de beperking van de afspoeling van fosfor op gebiedsniveau geschat op enkele procenten, met lokaal een iets groter effect. Een betere onderbouwing van de effecten door modelberekeningen vergt een adequate simulatie van hydrologische processen op en in de ondiepe bodemlaag met kleine rekentijdstappen.

Het grootste effect van de maatregel wordt verwacht voor percelen met een hoog risico op oppervlakkige afspoeling (ruggenteelten, grondsoorten met lagere infiltratiecapaciteit zoals klei en löss) gecombineerd met hoge nutriëntenconcentraties in de bovenste paar centimeter van de bodem. Om die reden wordt voor toegediende stikstof een kleiner effect verwacht dan voor fosfor, omdat stikstof zich sneller naar diepere bodemlagen beweegt.

Bijlage 8 Gevoeligheidsanalyse mestverdeling en ammoniakemissie

Met het INITIATOR-model is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd van de effecten van modelaannamen en gemaakte keuzes bij het gebruik van basisgegevens op de berekende verdeling van mest en ammoniakemissie.

Uitgangssituatie 2019

De berekende mestverdeling voor 2019 (Hoofdstuk 7.2; Bijlage 4) laat zien dat overbemesting een grote rol speelt bij de berekende mestgiften in het zuidelijke zandgebied. Deze overbemesting heeft invloed op de uit- en afspoeling en op emissies naar de lucht. Aan de berekening met INITIATOR van de mestverdeling en de plaatsing van niet binnen de gebruiksnormen te plaatsen dierlijke mest met kleven onzekerheden. Om effecten van deze onzekerheden nader te verkennen is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. De gevoeligheid van de uitkomsten voor de modelaannames is in beeld gebracht met drie varianten.

- 1) *2 marge*: 2% bemesting boven de gebruiksruijme Bemesting boven de gebruiksnormen is niet volgens de regels, maar is moeilijk vast te stellen. Nagegaan is wat het effect zou zijn als een 2% hogere mestgift op alle percelen niet als overbemesting zou worden aangemerkt. Hierdoor wordt het mestoverschot voor een deel diffuus verspreid over Nederland en neemt de mestdruk in de concentratiegebieden iets af.
- 2) *acceptatie AT*: Standaard wordt een maximale acceptatie van stikstof in dierlijke mest bij akkerbouwbedrijven gehanteerd van resp. 100 en 130 kg ha⁻¹ voor de zand- en kleigebieden. Deze acceptatiegraden zijn afgeleid van de Vervoersbewijzen Dierlijke Mest (VDM's). In de gevoeligheidsanalyse is nagegaan wat het effect zou zijn van een maximale acceptatie van dierlijke mest van resp. 105 en 135 kg ha⁻¹ voor de zandgebieden en kleigebieden (ca. 5% hoger). Evenals bij a) wordt hierdoor het mestoverschot voor een deel diffuus verspreid over Nederland en neemt de mestdruk in de concentratiegebieden iets af.
- 3) *verspreiding overschot*: Een grotere afstand waarover de niet binnen de (lokale/regionale) gebruiksruijme plaatsbare mest wordt getransporteerd. Voor dit doel is een kaart samengesteld waarin de Landbouwdeelgebieden van het Landelijk WaterkwaliteitsModel geheel binnen de 31 mestgebieden van het MAMBO-model (Krusemans et al, 2012) passen. Op enkele plaatsen is de begrenzing van de mestregio's aangepast om de Landbouwdeelgebieden van het Landelijk WaterkwaliteitsModel geheel binnen deze regio's te passen (Figuur B8.1). In de gevoeligheidsanalyse wordt de niet binnen de gebruiksruijme plaatsbare mest verdeeld over mais- en akkerbouwpercelen van een mestregio.

combinatie: De drie genoemde varianten zijn ook gezamenlijk doorgerekend.



Figuur B8.1 Landbouwdeelgebieden (begrensd met witte lijn) en 31 aangepaste mestgebieden van het MAMBO-model (aangegeven met kleuren).

Referentie 2027

Voor het scenario Referentie 2027 wordt verondersteld dat geen overbemesting meer plaatsvindt. De gevoeligheid de bemesting in 2027 is onderzocht voor een viertal afzonderlijke aspecten. Daarnaast is een berekening uitgevoerd voor het effect van alle vier alternatieven gezamenlijk.

1. *berekening mestgebruik op tijdelijk grasland en permanent grasland;*
 - a) Voor permanent grasland wordt 'standaard' het rekenkundig gemiddelde van de stikstofgebruiksnorm voor beweiden en voor volledig maaien toegepast. Het aandeel grasland met beweiding is met ruim 70% groter dan het areaal uitsluitend gemaaid grasland. Voor de gevoeligheidsanalyse wordt het volgende verondersteld:
 - o Melkveebedrijven die in de Landbouwtelling geen beweiding voor melkkoeien toepassen hanteren de N-gebruiksnorm voor volledig maaien
 - o Overige melkveebedrijven hanteren de N-gebruiksnorm voor beweid grasland.
 - b) Voor tijdelijk grasland wordt 'standaard' het rekenkundig gemiddelde van de categorieën gebruikt voor het scheuren en vernieuwen van grasland. Voor de gevoeligheidsanalyse wordt verondersteld dat voor het volledige areaal tijdelijk grasland de N-gebruiksnorm 'van 1 januari tot minstens 15 oktober' van toepassing is. Dit is waarschijnlijk het meest voorkomende.
 - c) Het stikstofgebruik op veengronden sterker af te stemmen op het bemestingsadvies. Het verschil in N-gebruiksnorm voor grasland op de grondsoorten zand en veen bedraagt 15 en 20 kg ha⁻¹. In het bemestingsadvies wordt sterker rekening gehouden met het N-leverend vermogen (NLV) van de bodem. Het verschil in NLV tussen zand- en veengrond bedraagt 80-130 kg ha⁻¹ (Van Kekem (2004)). Voor de gevoeligheidsanalyse wordt dit in rekening gebracht door 50 kg ha⁻¹ minder stikstof met kunstmest op grasland op veengrond toe te dienen, ervan uitgaande dat agrariërs het N-leverend vermogen van de bodem sterker in rekening brengen op kunstmestgiften dan waar de N-gebruiksnormen van uitgaan.

2. *bedrijfsspecifieke excretie factoren varkens*

Omdat INITIATOR gebruik maakt van de opgave huisvesting (OHV) voor dieraantallen, staltypen en locaties zijn de diercategorieën alleen als Rav-categorieën bekend. Voor vleesvarkens (d3) betekent dit dat er geen onderscheid wordt gemaakt tussen de WUM-categorieën vleesvarkens, zeugen en opfokberen. Voor het jaar 2018 en 2019 is 'standaard' uitgegaan van het rekenkundig gemiddelde van de WUM categorieën 'vleesvarkens' en 'opfokzeugen en -beren'. Voor de gevoeligheidsanalyse hanteren we voor de OHV/RAV-categorie d3 een naar dieraantallen gewogen gemiddelde excretiefactor in plaats een rekenkundig gemiddelde waarde.

3. *bedrijfsspecifieke excretie factoren melkvee*

De mestproductie uitgedrukt in stikstof en fosfaat per dier wordt in sterke mate bepaald door de samenstelling van het rantsoen (ruwvoer en krachtvoer) en de productie van het dier (bijvoorbeeld melkproductie per koe). Hiervoor hanteren we 'standaard' de generieke WUM-

waarden (die als forfaitaire waarde wordt gehanteerd), maar bedrijven hebben ook de mogelijkheid om gebruik te maken van bedrijfsspecifieke (BEX) waarden, waarmee aangetoond kan worden dat voor een bepaald bedrijf de excreties lager uitvallen dan de forfaitaire waarden. Voor de gevoeligheidsanalyse wordt een 10% lagere excretie voor stikstof en fosfaat verondersteld ten opzichte van de waarden in Referentie-2027. Dit is toegepast op alle bedrijven en alle dieren.

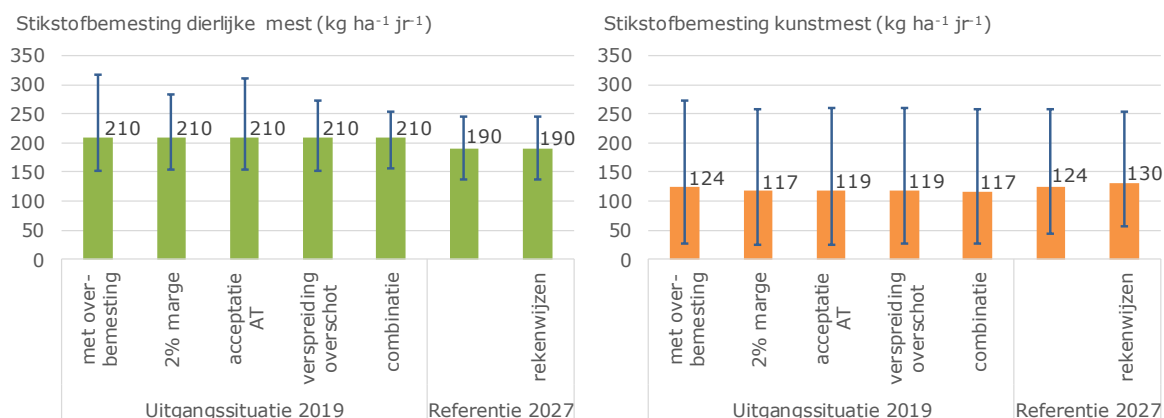
4. *aanpassing van stalemissiefactoren.*

Voor de NH₃-emissiefactoren voor stallen en opslagen en stallen wordt 'standaard' gebruik gemaakt van de recent aangepaste NEMA-emissiefactoren zonder praktijkcorrectiefactor (Van Bruggen et al., 2021). De resultaten van een CBS-studie (Van Bruggen en Geertjes, 2019) gaven aan dat de totale gasvormige stikstof-verliezen uit mest in stallen en mestopslagen groter zijn dan eerder berekend met NEMA. Een deel wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een onderschatting van de ammoniakemissies uit emissiearme stallen en enkele andere stalsystemen. Een ander deel is waarschijnlijk het resultaat van een onderschatting van overige stikstofverliezen, vooral bij stalsystemen met vaste mest. Voor de gevoeligheidsanalyse hanteren we de praktijkcorrectiefactor voor de Rav-emissiefactoren zoals vermeld in Van Bruggen et al (2021).

De vier genoemde aspecten zijn gezamenlijk geïmplementeerd in het INITIATOR model in een variant "rekenwijzen".

B8.2 Resultaten berekende mesttoediening

De resultaten van de berekende landelijk gemiddelde toediening van stikstof met dierlijke mest en kunstmest is voor de verschillende varianten weergegeven in Figuur B8.1.



Figuur B8.1 Stikstofbemesting met dierlijke mest (links) en kunstmest (rechts) in kilogram per hectare landbouwgrond per jaar berekend voor de varianten van de gevoeligheidsanalyse. De strepen geven de minimum- en maximumwaarden aan.

Landelijk gemiddelde stikstof Uitgangssituatie 2019

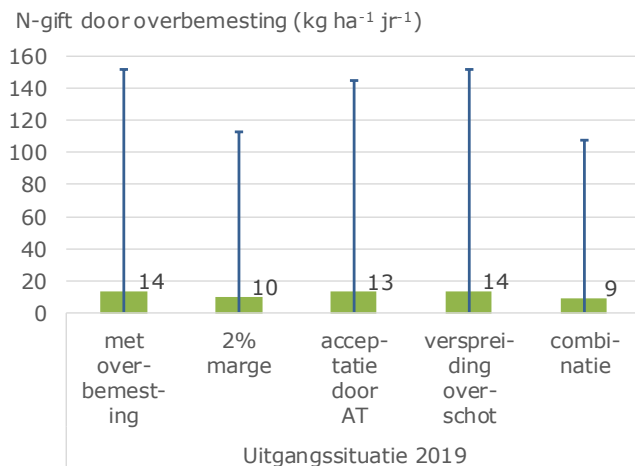
De totale hoeveelheid stikstof in dierlijke mest die niet geplaatst kan worden binnen de gebruiksruimte blijft gelijk voor de verschillende varianten van "Uitgangssituatie 2019". De landelijke gemiddelde mestgift blijft daarmee ook gelijk. Verschuivingen in de plaatsing van het overschot hebben wel effect op de gemiddelde kunstmestgift. Voor de verschillende varianten wordt een 5 of 7 kg ha⁻¹ lagere kunstmestgift berekend. Door meer dierlijke mest op akker- en tuinbouwpercelen toe te passen wordt de resterende stikstofgebruiksruimte daar kleiner.

De maximumwaarde van de per landbouwdeelgebied gemiddelde stikstofgiften met dierlijke mest is voor de variant *2% marge* 35 kg ha⁻¹ lager dan voor de berekende uitgangssituatie met overbesteding. Voor de variant waarin de acceptatie van dierlijke mest op akkerbouwbedrijven 5% hoger zou zijn (*acceptatie AT*) wordt een 7 kg ha⁻¹ lagere maximumwaarde berekend en bij de verspreiding van het mestoverschot over een groter gebied (*verspreiding overschot*) een 46 kg ha⁻¹ lagere waarde. De combinatie van de verschillende aspecten leidt tot een 64 kg ha⁻¹ lagere waarde

van de maximumgift. Bij een groter verspreidingsgebied van het mestoverschot of grotere acceptatie van dierlijke mest worden de maximumwaarden voor de kunstmestgift 12 – 14 kg ha⁻¹ lager omdat in gebieden waar het verschil tussen de N-gebruiksnorm en de dierlijke mestnorm wordt opgevuld met kunstmest meer dierlijke mest wordt toegepast.

De maximumwaarde van de stikstofgift boven de gebruiksnorm neemt in geringe mate af (ca. 6 kg ha⁻¹) in de variant "hogere acceptatie AT" neemt ca. 40 kg ha⁻¹ in de variant "2% marge" en neemt niet af in de variant "grotere verspreiding overschot".

Bij een verspreiding van het overschot wordt het landelijk gemiddelde overschot niet kleiner (Figuur B8.2). De maximumwaarden van de overschotten per landbouwdeelgebied worden wel kleiner. Door eventueel 2% boven de gebruiksnormen te bemesten, en deze extra mestgiften niet als overbemesting aan te merken, zou de landelijk gemiddelde overbemesting met 4 kg ha⁻¹ afnemen. Een ca 5% hogere acceptatie van dierlijk mest op akker- en tuinbouwbedrijven leidt tot een afname van de landelijk gemiddelde overbemesting met 1 kg ha⁻¹ en de combinatie van de verschillende aspecten tot een afname met 5 kg ha⁻¹.



Figuur B8.2 Stikstofgift met dierlijke mest boven de gebruiksruijnte in kilogram per hectare landbouwgrond per jaar berekend voor de varianten van de gevoeligheidsanalyse. De strepen geven de minimum- en maximumwaarden aan.

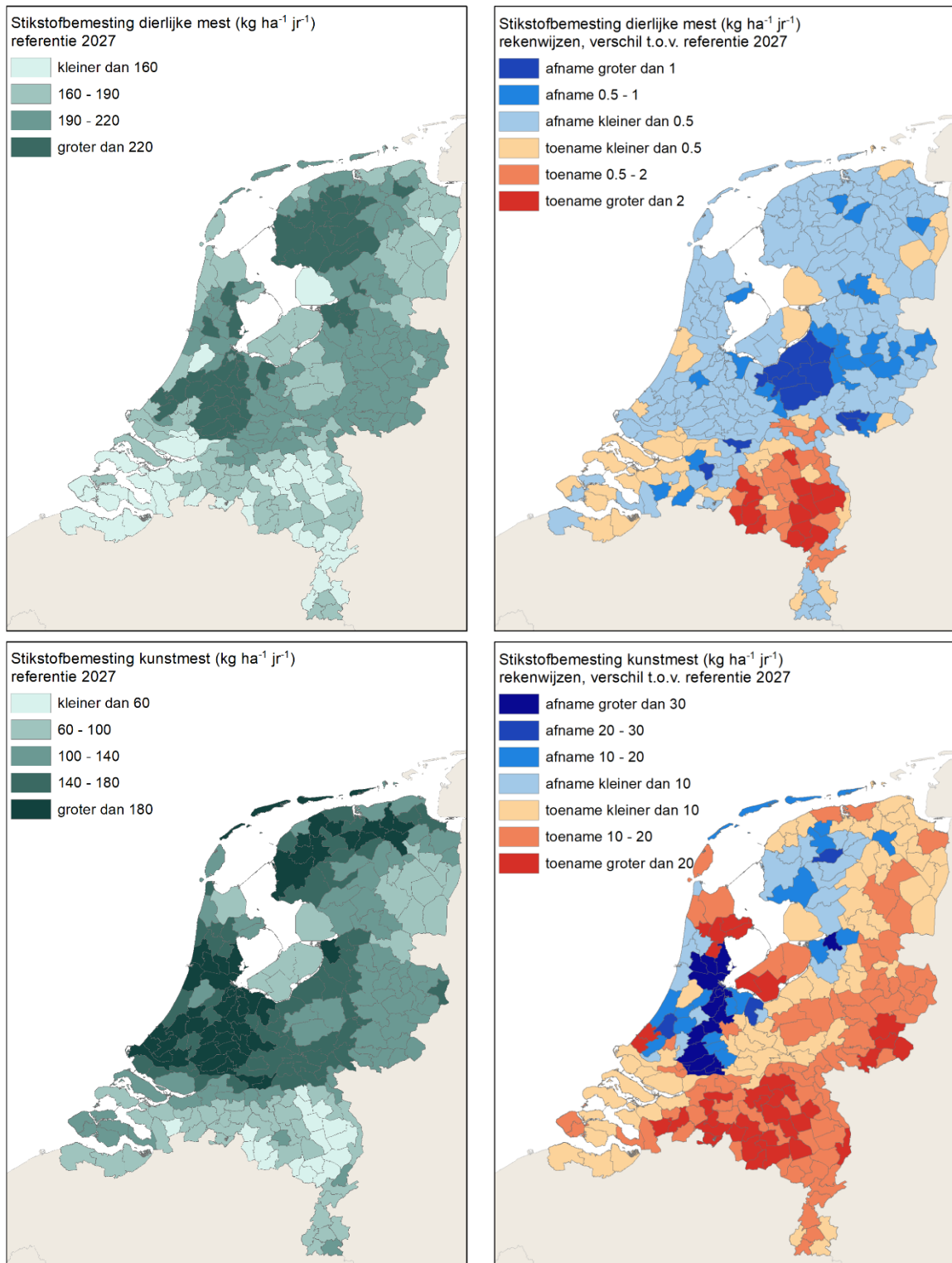
Landelijk gemiddelde stikstof Referentie 2027 In de vergelijking van de variant 'rekenwijzen' met het scenario Referentie-2027 (Figuur B8.1) voor de berekende bemesting is er op de landelijke schaal geen verschil in de stikstofgift met dierlijke mest en wordt een gemiddelde toename van 6 kg ha⁻¹ in het gebruik van stikstofkunstmest berekend. Deze toename is vooral het gevolg van de rekenwijze voor het bepalen van de stikstofgebruiksruijnte van grasland op zand-, klei- en lösspercelen. Voor grasland wordt in een standaardrun een rekenkundige middeling toegepast.

Het ruimtelijk beeld van de berekende stikstofbemesting met dierlijke mest voor de variant "Uitgangssituatie-2019 met overbemesting" en de verschillen van de varianten hiermee is gegeven in figuur B8.3.

betekent dat het op dat schaalniveau minder nauwkeurig is. Op een wat hoger schaalniveau wordt dat grotendeels gecorrigeerd. De modelresultaten van INITIATOR en de modellen die daar gebruik van maken moeten dus op een wat hoger schaalniveau worden geëvalueerd/geïnterpreteerd/beschouwd. De marge van een 2% hogere bemesting dan de gebruiksnorm leidt ertoe dat in het rivierkleigebied en west-Nederland 10 – 20 kg ha⁻¹ minder stikstofkunstmest wordt gebruikt. Bij een hogere stikstofgift met dierlijke mest is er minder gebruikruimte voor kunstmest.

Ruimtelijke beeld stikstof Referentie 2027

Het effect van de alternatieve rekenwijze voor de stikstofbemesting op grasland, bedrijfsspecifieke excretiefactoren en de factoren voor stalemissies heeft in grote delen van Nederland slechts een gering effect op de stikstofgift met dierlijke mest. Het effect op de kunstmestgiften is veel groter. Alleen in de veengebieden wordt minder stikstofkunstmest toegediend omdat het N-leverend vermogen van de bodem in grotere mate is verrekend met de N-giften aan kunstmest. Door het toepassen van de totale jaarlijkse N-gebruiksnorm voor tijdelijk grasland in plaats van een gemiddelde van de normen per categorie (per scheurmoment) valt de uiteindelijke N-gebruiksnorm hoger uit. Omdat in veel gebieden de fosfaattoestand van de bodem of de dierlijke mestnorm beperkend is voor de aanwending van stikstof met dierlijke mest, kan bij hogere gebruiksnorm voor tijdelijk grasland meer kunstmest worden gegeven op deze percelen. Voor een vertaling naar eventuele effecten op nitraatuitspoeling moet bedacht worden dat van stikstofkunstmest een groter deel door grasland wordt opgenomen dan van dierlijke mest. De hogere kunstmestgift zal daarom leiden tot geringere een verhoging van het stikstofbodemoverschot en van nitraatconcentraties.

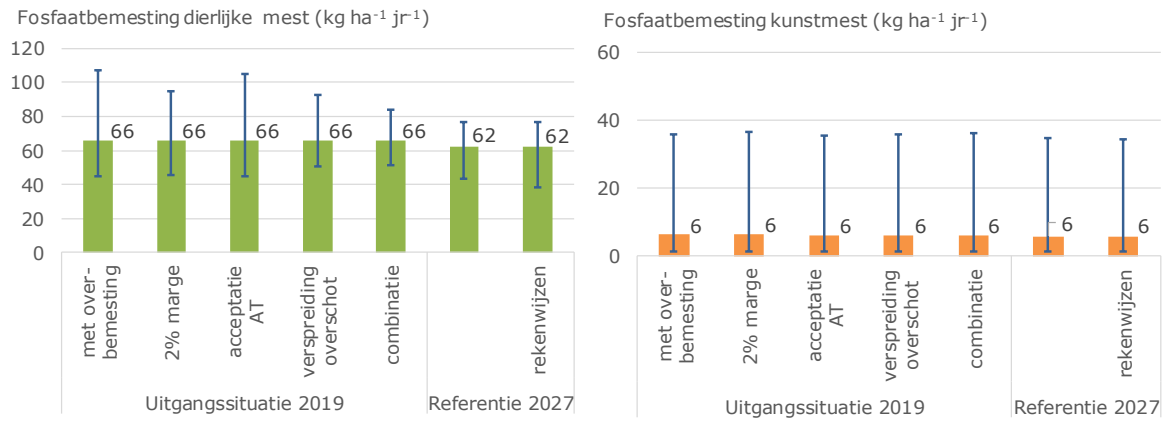


Figuur B8.4 Stikstofbesteding met dierlijke mest (boven) en kunstmest (onder) in kilogram per hectare landbouwgrond per jaar berekend voor de Referentie 2027 en het verschil van de variant "Rekenwijzen" ten opzichte van deze "Referentie 2027".

Landelijk gemiddelde Fosfaat Uitgangssituatie 2019

De effecten van de verschillende aannames zijn voor de berekende fosfaatgiften met dierlijke mest vergelijkbaar met de effecten op de stikstofgiften. Ook voor fosfaat geldt dat het totale mestvolume in deze berekening gelijk blijft en dat daarmee ook de gemiddelde gift per hectare landbouwgrond gelijk blijft (Figuur B8.5). De maximumwaarde van de per landbouwdeelgebied gemiddelde fosfaatgift neemt met 12 kg ha⁻¹ af voor de variant "2% marge". Bij de verspreiding van het mestoverschot over een groter gebied neemt deze af met 15 kg ha⁻¹. Een hogere acceptatie van dierlijke mest door akkerbouwbedrijven heeft een veel kleiner effect op de maximumwaarde van de fosfaatbesteding dan

de andere varianten (2 kg ha⁻¹). Het grootste effect op de maximum waarde wordt berekend voor de combinatie van de varianten (23 kg ha⁻¹).



Figuur B8.5 Fosfaatbemesting (P₂O₅) met dierlijke mest (links) en kunstmest (rechts) in kilogram per hectare landbouwgrond per jaar berekend voor de varianten van de gevoeligheidsanalyse. De strepen geven de minimum- en maximumwaarden aan.

Het effect van de varianten gebaseerd op de uitgangssituatie 2019 op de fosfaatkunstmestgiften is gering. Bij de variant "2% marge" wordt verondersteld dat meer fosfaat met dierlijke mest wordt gegeven en wordt een gemiddeld 0,7 kg ha⁻¹ lagere fosfaatgift met kunstmest berekend.

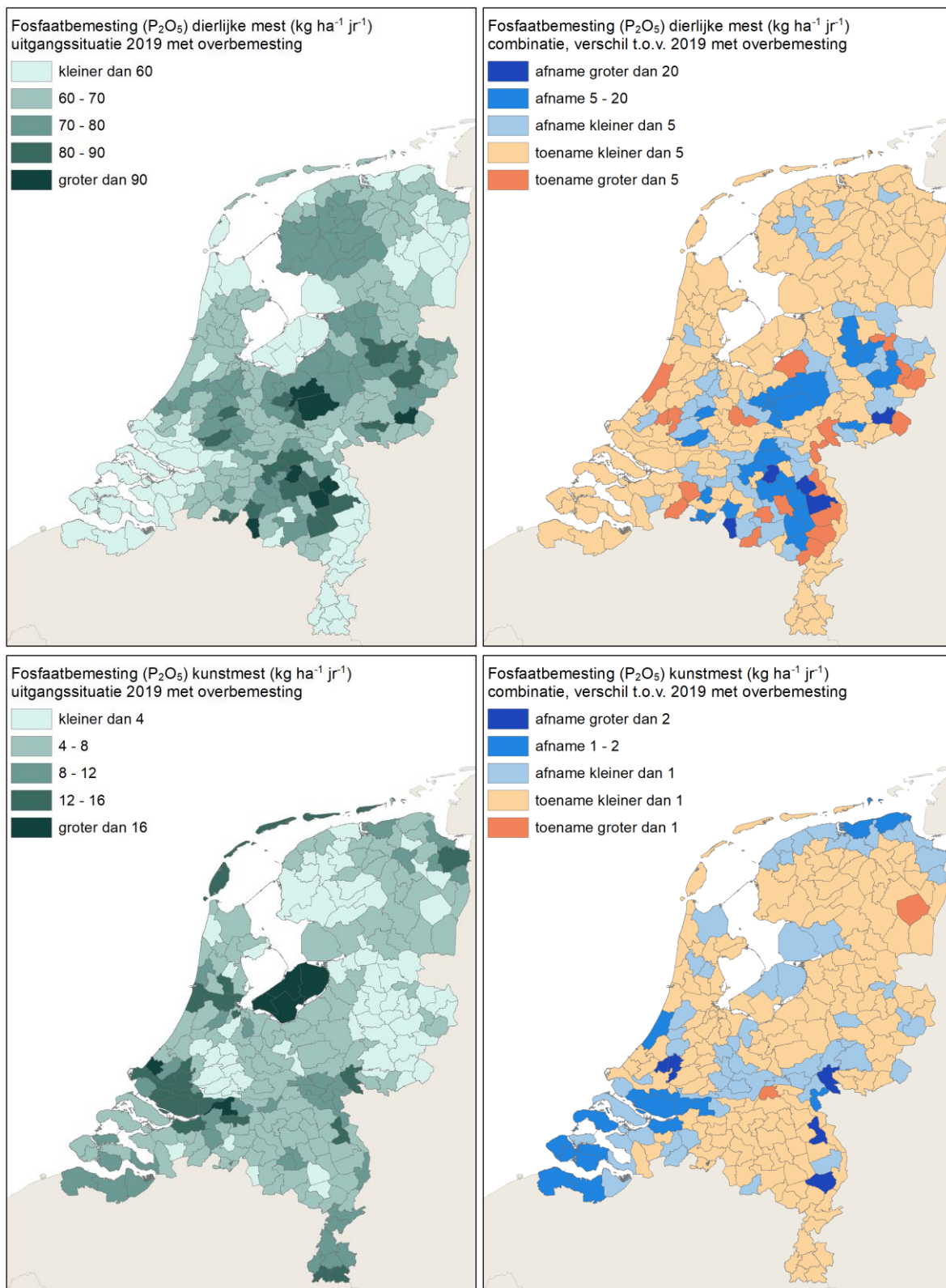
Landelijk gemiddelde Fosfaat Referentie 2027

In vergelijking van de variant 'rekenwijzen' met Referentie-2027 voor de berekende bemesting is er geen verschil in de fosfaatgift met dierlijke mest en met kunstmest gemiddeld voor alle landbouwpercelen. De minimumwaarde van de fosfaatbemesting is voor de variant "rekenwijzen" ca 5 kg ha⁻¹ lager dan de minimumwaarde van Referentie-2027 en wordt veroorzaakt door een iets andere rekenwijze voor bedrijfsspecifieke excretiefactoren.

Het ruimtelijke beeld van de fosfaatbemesting is voor de beschouwde varianten gegeven in Figuur B8.6 en Figuur B8.7.

Ruimtelijk beeld Fosfaat Uitgangssituatie 2019

De gebieden waar een toename of afname wordt berekend wordt van de fosfaatbemesting door de andere rekenwijze voor de verspreiding van het mestoverschot en de iets ruimere bemesting door onder andere een grotere acceptatie van dierlijke mest op akkerbouwbedrijven komen overeen met de gebieden waar ook een toename of afname van de stikstofgift met dierlijke mest werd berekend (Figuur B8.3). In enkele gebieden in Zand zuid en de Achterhoek wordt een afname van meer dan 20 kg ha⁻¹ P₂O₅ berekend. Als een toename wordt berekend is deze niet veel groter dan 5 kg ha⁻¹ P₂O₅. Door de verschuivingen in de mate waarin de gebruiksruijme wordt opgevuld met dierlijke mest kan in de zeekleigebieden iets minder fosfaatkunstmest worden gegeven.

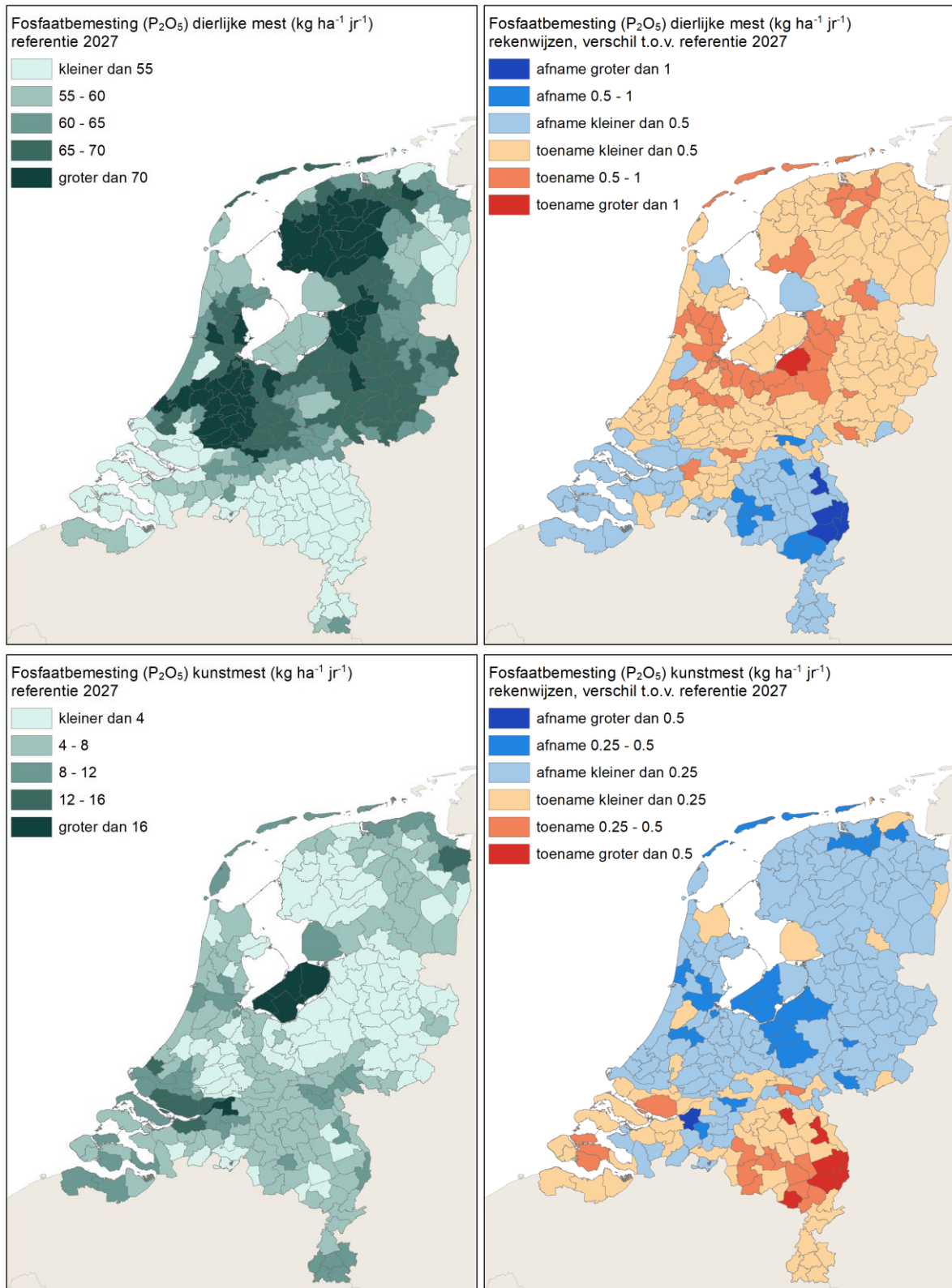


Figuur B8.6 Fosfaatbemesting (P_2O_5) met dierlijke mest (boven) en kunstmest (onder) in kilogram per hectare landbouwgrond per jaar berekend voor de uitgangssituatie in 2019 met overbemesting en het verschil van de variant "combinatie" ten opzichte van deze "Uitgangssituatie 2019 met overbemesting".

Ruimtelijk beeld Fosfaat Referentie 2027

Voor het zuidelijk zandgebied leidt de alternatieve rekenwijze voor de toepassing van bedrijfsspecifieke excretiefactoren en de verschuivingen in mestsoorten als gevolg van de aanpassingen van de stikstofrekenregels een hogere fosfaatbemesting in delen van Zand midden en een iets lagere fosfaatbemesting in Zuid-Nederland, inclusief het zuidwestelijke zeekleigebied.

De effecten op de fosfaatkunstmestgiften zijn erg klein. Doordat in een aantal gebieden de fosfaatgift met dierlijke mest iets toeneemt, vermindert de eventueel nog resterende ruimte voor een fosfaatgift met kunstmest.



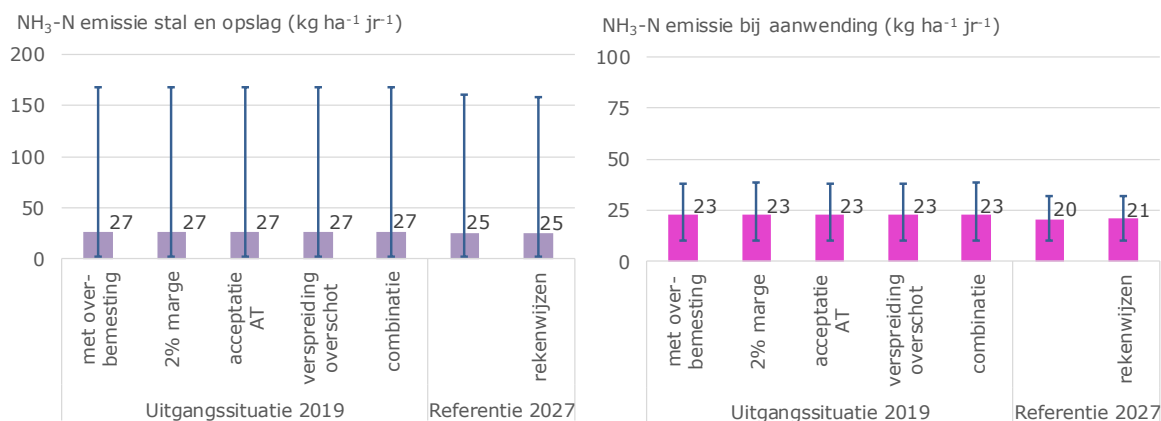
Figuur B8.7 Fosfaatbemesting (P₂O₅) met dierlijke mest (boven) en kunstmest (onder) in kilogram per hectare landbouwgrond per jaar berekend voor de Referentie 2027 en het verschil van de variant "Rekenwijzen" ten opzichte van deze "Referentie 2027".

B8.3 Resultaten berekende ammoniakemissie

De verschillende varianten om de gevoeligheid van resultaten van Uitgangssituatie 2019 voor modelaannames te verkennen laten zien dat deze geen effect hebben op de berekende emissies uit stal en opslag (Figuur B.8). Ook op de berekend emissies bij aanwending is het effect heel gering. De gemiddelde waarde wordt bij de combinatie van aspecten 0,2 kg ha⁻¹ lager berekend en het maximum van per landbouwdeelgebied gemiddelde waarden wordt 0,5 kg ha⁻¹ lager berekend.

Voor de emissies uit stal en opslag geldt dat de aangepaste rekenwijzen inde Referentie 2027 geen effect hebben op de gemiddelde emissie en de maximumwaarde van de emissie. De gemiddelde waarde en de minimumwaarde wordt 0,3 kg ha⁻¹ hoger berekend dan voor de standaard Referentie 2027.

Op landelijk niveau middelen de effecten van gevoeligheden uit. Op lokaal niveau echter niet (Figuur B8.8). Een lagere NH₃-emissies als gevolg van een lagere N-gift op grasland op veen wordt gecompenseerd door de hogere stikstofbemesting op tijdelijk grasland.

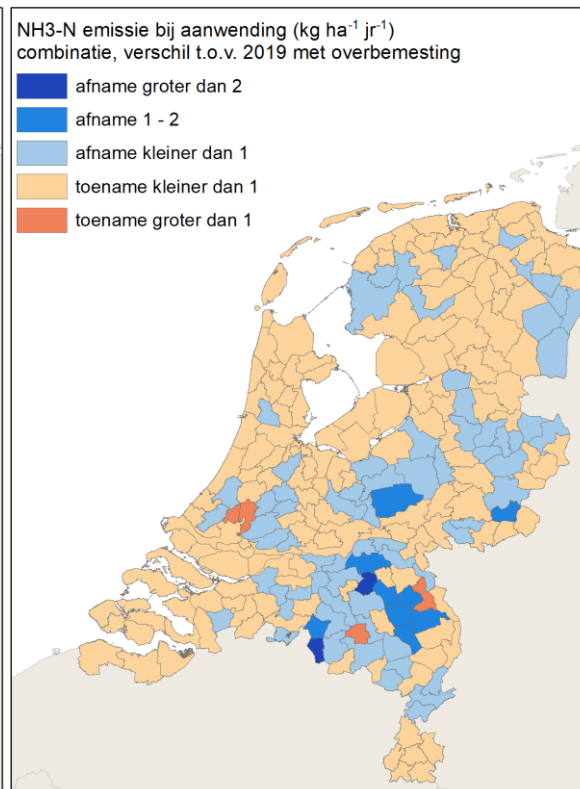
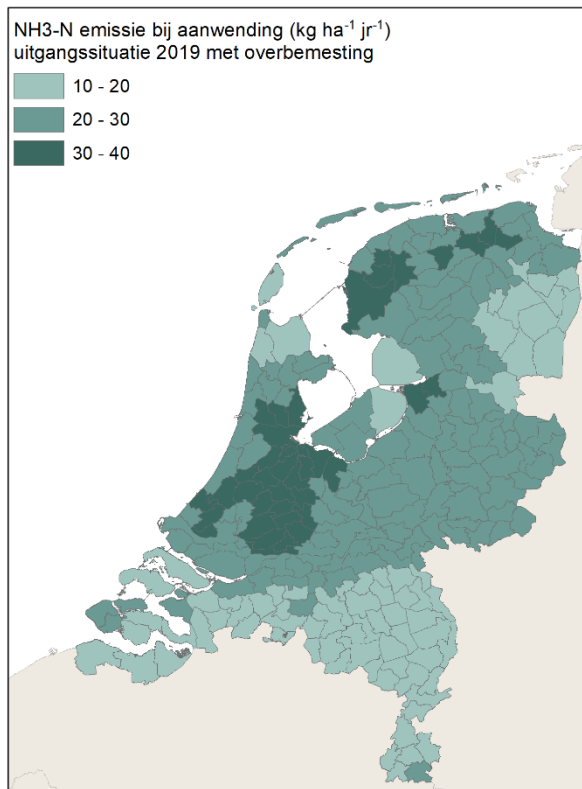
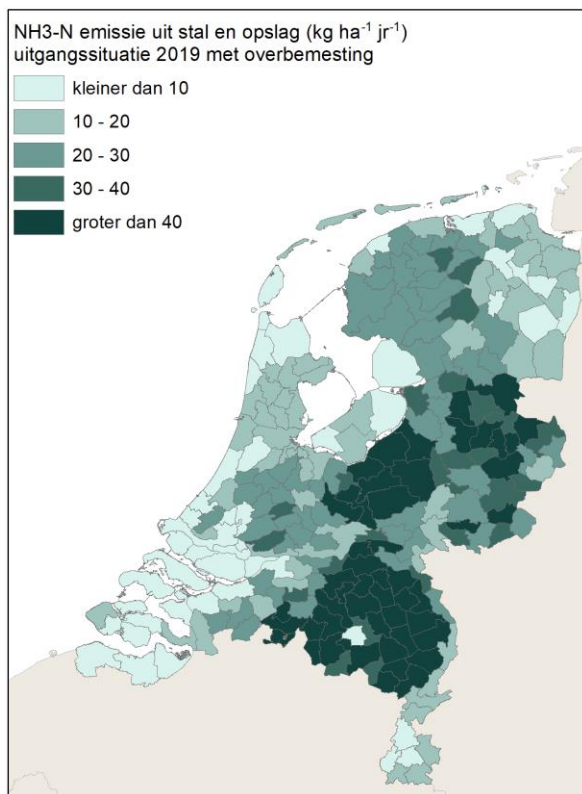


Figuur B8.8 Ammoniakemissie uit stal + opslag (links) en bij aanwending (rechts) in kilogram per hectare landbouwgrond per jaar berekend voor de varianten van de gevoeligheidsanalyse. De strepen geven de minimum- en maximumwaarden aan.

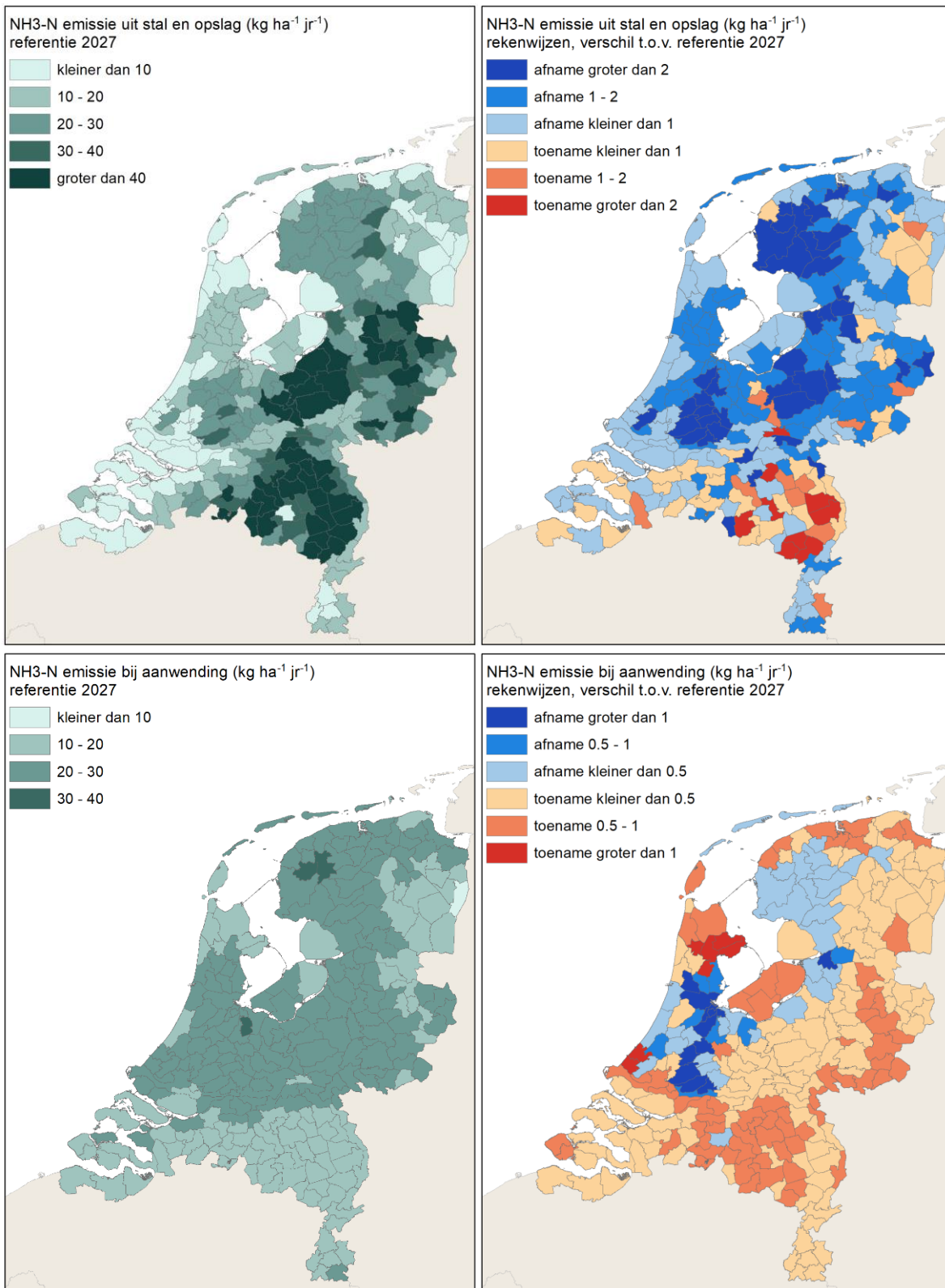
In de ruimtelijke verdeling van het effect van de combinatie van factoren voor het berekenen van de overbemesting in 2019 (Figuur B8.9) is te zien dat in de gebieden waar overbemesting plaatsvond een iets lagere aanwendingsemisssie berekend wordt. Het effect is echter gering. In oostelijk Noord-Brabant, Noord-Limburg en de Gelderse Vallei is het effect het grootste.

De emissies uit stal en opslag verminderen door de alternatieve rekenregels voor de Referentie-2027 het meeste in de concentratiegebieden (Figuur B8.10). De verlaging van factoren voor stal-emissies naar waarden zoals vermeld in Van Bruggen et al (2021) leidt tot een geringe afname in grote delen van Nederland. De combinatie van de alternatieve rekenregels leidt tot een geringe toename in het zuidelijke zandgebied.

In de veenweidegebieden veranderen de aanwendingsemisssies het sterkst bij de alternatieve rekenregels voor de Referentie-2027 (Figuur B8.10). Dit is het gevolg van de veronderstelling dat in de praktijk sterker rekening zal worden gehouden met het stikstofleverend vermogen van de bodem, dan waar de gebruiksnormen van uitgaan. In andere delen van Nederland neemt de aanwendingsemisssie in heel geringe mate toe door een verhoogd gebruik aan stikstofkunstmest.



Figuur B8.9 NH3-N emissie uit stal en opslag (boven) en bij aanwending (onder) per hectare landbouwgrond per jaar berekend voor de uitgangssituatie in 2019 met overbesteding en het verschil van de variant "combinatie" ten opzichte van deze "Uitgangssituatie 2019 met overbesteding".



Figuur B8.10 NH₃-N emissie uit stal en opslag (boven) en bij aanwending (onder) per hectare landbouwgrond per jaar berekend voor de Referentie 2027 en het verschil van de variant "Rekenwijzen" ten opzichte van deze "Referentie 2027".

Bijlage 9

Grondwaterbeschermingsgebieden

B9.1 Inleiding

Met ingang van 2018 is het zesde actieprogramma Nitraatrichtlijn van kracht. Onderdeel van het zesde actieprogramma is een gebiedsspecifieke inzet voor de vermindering van nitraat in grondwaterbeschermingsgebieden, vastgelegd in een bestuursakkoord van LTO, IPO, Vewin en de ministeries van LNV en I&W.

Het is wenselijk om bij de inhoudelijke evaluatie van het landelijk bestuursoverleg af te stemmen op resultaten uit de onderhavige PlanMER van het 7^e Actieprogramma Nitraat. Op basis van (deel)resultaten van de PlanMER wordt een indicatie gegeven van de verwachte effecten van maatregelen op de nitraatconcentraties onder landbouwgronden in grondwaterbeschermingsgebieden. De nitraatconcentraties onder andere landgebruiksvormen (b.v. natuur) worden verder niet besproken. Er wordt dus ook geen indicatie gegeven van het verwachte doelbereik in de periode 2022-2025 voor de grondwaterbeschermingsgebieden als zodanig. De focus ligt op de relatieve impact van een aantal voorgestelde maatregelen om de nitraatconcentratie in het grondwater te verlagen.

B9.2 Aanpak

Maatregelpakketten

Voor het bepalen van de effecten van maatregelen op de nitraatconcentraties onder landbouwgronden in de 34 grondwaterbeschermingsgebieden is gebruik gemaakt van de berekeningen die zijn uitgevoerd in het kader van de PlanMER van het 7^e Actieprogramma Nitraat en die als input dienen voor de ex-ante analyse van de 3^e Stroomgebiedbeheerplannen. Voor de analyse van de nitraatconcentraties onder landbouwgronden zijn vier scenario's van belang:

- 1) Scenario A (Referentiescenario 2027): dit scenario bevat de geïnstrumenteerde maatregelen van het 6^e Actieprogramma Nitraat. De aanvankelijk aangekondigde maatregelen *rijenbemesting in mais op zand- en lössgronden* en *drempels in ruggenteelten op klei- en lössgronden* zijn niet verplicht gesteld en zijn niet opgenomen in dit pakket. Hiermee wijken deze berekeningen dus af zoals deze zijn uitgevoerd voor de Nationale Analyse Waterkwaliteit (Van Gaalen et al, 2020).
- 2) Scenario B: regulerend en stimulerend pakket: In aanvulling op de referentiescenario 2027 zijn de volgende maatregelen meegenomen:
 - a. Een korting van de stikstofgebruiksnorm van 10% voor een uitspoelingsgevoelig gewas op zand- en lössgrond als dat geteeld wordt nadat in het vorige seizoen ook een uitspoelingsgevoelig gewas is geteeld;
 - b. Bemestingsvrije perceelsranden met verschillende breedten langs ecologisch waardevolle beken zoals aangegeven staan op de grondsoortenkaart van art. 3 van het "Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet, KRW-waterlichamen en langs overige permanent watervoerende wateren;
- 3) Scenario C: Meest Milieuvriendelijk Alternatief: In aanvulling op de referentiescenario 2027 zijn de volgende maatregelen meegenomen:
 - a. Een korting van de stikstofgebruiksnorm van 15% voor niet-rustgewassen op zand- en lössgronden in het Noordelijke en het Midden zandgebied en 12,5% in het zuidelijk zandgebied. In het Zuidelijk Zandgebied komt deze bovenop de korting van 20% die reeds is opgelegd met ingang van het 5^e Actieprogramma Nitraat;
 - b. Bemestingsvrije perceelsranden met verschillende breedten langs ecologisch waardevolle beken zoals aangegeven staan op de grondsoortenkaart van art. 3 van het "Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet, KRW-waterlichamen en langs overige permanent watervoerende wateren (breedte is 50% groter dan voor scenario B);

4) **Pakket DAW-maatregelen:** Voor het berekenen van het effect van de DAW-maatregelen is aangenomen dat deze hoger is dan de naar grondsoorten gedifferentieerde implementatiegraad verondersteld voor de Nationale Analyse Waterkwaliteit. Voor de grondwaterbeschermingsgebieden is uitgegaan dat de DAW-maatregelen op 75% van de percelen worden uitgevoerd, niet gedifferentieerd naar beschermingsgebied. In alle beschermingsgebieden wordt op 75% van het areaal het volledige pakket maatregelen genomen. Dit wijkt daarmee af van de implementatiegraad die is aangehouden voor de scenario's die vanuit de PlanMER-studie worden aangeleverd voor de ex-ante analyse van de 3^e stroomgebiedsbeheersplannen. Naast een andere implementatiegraad zijn voor deze berekeningen, in tegenstelling tot de scenario's voor de ex-ante 3^e SGBP, alleen brongerichte maatregelen meegenomen. De routegerichte en end-of-pipe maatregelen zijn buiten beschouwing gelaten omdat in dit onderdeel alleen het effect op nitraatconcentraties is beschouwd. De routegerichte maatregelen en end-of-pipe maatregelen zijn voornamelijk gericht op een vermindering van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater. Ook de uitspoeling van gewasbeschermingsmiddelen is niet in beschouwing genomen.

Het effect van de maatregelen op de nitraatconcentraties onder landbouwgronden wordt onderscheiden in drie deel-effecten:

- Na-ijlings-effect → In bijlage 5.3 wordt aangegeven dat het na-ijlings-effect voor snijmais een gevolg is van de met ingang van 1 januari 2019 aangescherpte regels voor de teelt van een vanggewas. De effecten daarvan manifesteren zich enkele jaren later. Voor de akker- en tuinbouwsector is dit een gevolg van tijdelijk verhoogde stikstofbodemoverschotten in de periode voorafgaand aan 2019, mede door ongunstige weersomstandigheden. Voor de prognoseperiode vanaf 2019 worden iets lagere stikstofbodemoverschotten aangenomen. Deze "sprong" vertaalt zich in een geleidelijke daling over enkele jaren van de nitraatconcentratie. Samenvattend: voor snijmais gaat het om een beleidseffect en voor akker- en tuinbouw gaat het om een effect van "toevallige samenloop van omstandigheden".
- Effect van de korting N-gebruiksnorm bij AT-gewassen bij een te intensief bouwland en niet rustgewassen → combinatie van scenario B en scenario C
- Effect van DAW-maatregelen → pakket DAW-maatregelen

Tabel B9.1. Overzicht van maatregelen in het DAW-pakket met een in maatregelen voor de melkveehouderij en akkerbouw.

Type maatregel	Melkveehouderij	Akkerbouw
Brongerichte maatregel	Uitrijden drijfmest na half maart	Optimale stikstofwerking van mest door keuze van meststoffen en precisietoediening, afgestemd op weer en gewasbehoefte
	Uitrijden drijfmest mais 1 ^e week april	Diep wortelende (rust)gewassen
	Optimale stikstofwerking van mest door timing	Goed vanggewas
	Verleng leeftijd gras	Vervanging van NO ₃ met NH ₄ in kunstmest in vollegroendsgroente
	Verdun drijfmest bij uitrijden	Vanggewas na aardappelen op zand in het Zuidelijke zandgebied ²
	Nul-mest op mais na scheuren grasland	
	Rijenbemesting in mais op zand en lössgrond ²	
<i>Routegerichte maatregelen ¹</i>		<i>Drempels in ruggenteelt op klei- en lössgrond ¹</i>
<i>End-of-pipe ¹</i>		<i>IJzerzand omhulde drains in extreem uitspoelende gronden</i>

1) Deze maatregelen zijn niet meegenomen.

2) Deze maatregel was aanvankelijk verplicht, maar nu vrijwillig

B9.3 Resultaten

De effecten van de scenario's op de nitraatconcentraties onder landbouwgronden zijn berekend met het Landelijk Waterkwaliteitsmodel (LWKM1.2). Voor de toekenning van de rekenresultaten aan landbouw in de 34 grondwaterbeschermingsgebieden is gebruik gemaakt van de Basis Registratie

Percelen (BRP 2019). Percelen van de BRP-2019 zijn op basis van kenmerken ten aanzien van gewas, bodemtype, grondwatertrap en ligging binnen een mestgebied gekoppeld aan rekeneenheden van het LWKM 1.2. Het resulterend areaal landbouwgrond en landgebruik waarmee gerekend is, is per grondwaterbeschermingsgebied vermeld in Tabel B9.2.

Tabel B9.2. Overzicht van de gebiedsarealen, de arealen landbouwpercelen en de arealen grasland, mais en akker- en tuinbouw (AT) volgens BRP-2019.

Provincie	Grondwater-Beschermings-gebied	Gebieds-Oppervlak (ha)	Oppervlak in BRP-2019 (ha)			AT
			Landbouw	Gras	Mais	
Drenthe						
	Havelterberg	1299	500	245	105	150
	Noordbargeres/Valtherbos					
	Valtherbos	2465	1414	284	120	1009
	Gasselte	844	323	46	14	264
	Leggeloo	121	92	45	15	32
Overijssel						
	Archemerberg	702	140	50	64	26
	Herikerberg	649	241	173	66	1
	Wierden	1069	640	448	161	30
	Hooge Hexel	565	316	209	97	9
	Manderheide en Manderveen	909	542	344	145	53
	Holten	485	146	90	47	8
Gelderland						
	Olden Eibergen	557	402	247	133	21
	Dinxperlo	227	153	115	17	21
	Haarlo	292	214	149	58	7
	t Klooster	864	409	250	120	39
N-Brabant						
	Vessem	1877	761	225	229	307
	Helvoirt	191	59	15	1	43
	Gilze	165	97	27	37	33
	Bergen op Zoom	651	73	55	16	3
	Nuland	750	188	44	106	38
	Roosendaal	544	284	164	49	70
	Gilzerbaan	2757	919	439	267	213
	Waalwijk	1016	155	135	2	18
Limburg						
<i>Limburg-löss</i>						
	Heer-Vroendaal	2196	1421	452	220	749
	De Dommel	1550	1065	435	151	479
	De Tombe	812	514	169	87	258
	Ijzeren Kuilen	1123	608	195	63	350
	Roodborn	1564	1248	411	164	674
	Craubeek	488	418	71	51	295
	Waterval	632	335	142	32	161
<i>Limburg-zand</i>						
	Beegden	520	294	68	31	195
	Bergen	690	114	33	5	76
	Breehei	1178	737	151	83	503
	Grubbenvorst	568	299	62	52	184
	Heel	1163	446	137	59	250
	Mookerheide	394	96	78	6	12

De berekende effecten van de maatregelpakketten zijn toegekend aan percelen en vervolgens geaggregeerd naar grondwaterbeschermingsgebieden. Uit een vergelijking van de resultaten van de verschillende scenario's is een afname van de nitraatconcentraties onder landbouwgronden af te leiden (Tabel B9.3). Hierbij zijn de berekende nitraatconcentraties onder landbouwgronden voor de grondwaterbeschermingsgebieden areaalgewogen gemiddeld per provincie. Bij een vergelijking van tussenresultaten van de verschillende maatregelen met het totaal effect blijkt dat de effecten van de maatregelen voor deze gebieden min of meer cumulatief zijn.

Tabel B9.3. Overzicht van de gebiedsgewogen gemiddelde afname van de berekende nitraatconcentraties onder landbouwgronden in de 34 grondwaterbeschermingsgebieden.

Provincie	Grondwater beschermingsgebieden		Berekende gebiedsgewogen gemiddelde afname van de nitraatconcentraties onder landbouwgronden (mg L ⁻¹)			
	Totaal aantal	Nitraatconcentratie < 50 mg L ⁻¹	Na-ijleffect ²	Korting N-gebruiksnorm bij AT-gewassen ³ en niet-rustgewassen	Extra effect DAW-maatregelen	Totaal effect
Drenthe	4	2	3	2	5	10
Overijssel	6	4	10	2	5	17
Gelderland	4	2	10	1	6	18
Noord-Brabant	8	1	12	2	11	25
Limburg	12	0 ⁴ - 7 ⁵	8	1	6	16
Totaal	34	9 - 16				

1. Aantal grondwaterbeschermingsgebieden met een berekende nitraatconcentratie kleiner dan 50 mg L⁻¹ onder landbouwgronden

2 Het na-ijleffect treedt op door de vertraging in effecten van maatregelen op het maaiveld naar de diepte waarop de nitraatconcentraties gemeten worden en de landbouwkundige historie en ontwikkelingen. In bijlage B5.3 wordt dit nader aangeduid

3. Berekend als gemiddelde van scenario B waarin een korting bij AT-gewassen wordt opgelegd aan een uitspoelingsgevoelig gewas als in het voorgaande jaar ook een uitspoelingsgevoelig gewas is geteeld en scenario C waarin aan niet-rustgewassen een korting van de stikstofgebruiksnorm wordt opgelegd

4. Bij stikstofbemesting volgens gebruiksnormen van het 6^e Actieprogramma

5. Bij een N-bodemoverschotten die ca. 20 kg ha⁻¹ lager zijn dan berekend bij stikstofbemesting volgens gebruiksnormen.

Het effect van na-ijling van maatregelen bij akkerbouw in Zand noord wordt lager berekend dan voor de nadere zandgebieden (zie bijlage 5.3). In Tabel B9.3 is het na-ijleffect voor de grondwaterbeschermingsgebieden in de provincie Drenthe dan ook kleiner dan voor de andere provincies.

Het effect van de korting op de gebruiksnormen bij uitspoelingsgevoelige gewassen is klein omdat de gewassenstelling vaak de mogelijkheid biedt een uitspoelingsgevoelig gewas af te wisselen met een niet-uitspoelingsgevoelig gewas waardoor geen korting wordt opgelegd. Voor de rustgewassen wordt geen korting toegepast. Het aandeel niet-rustgewassen varieert sterk per grondwaterbeschermingsgebied. De resultaten geven het gebiedsgemiddelde effect weer. De effecten voor de akkerbouwsector zijn groter.

De effecten van de DAW-maatregelen worden voor de grondwaterbeschermingsgebieden in de provincie Noord-Brabant hoger ingeschat dan voor de andere provincies. De uitspoelingsgevoeligheid in Zand zuid is groter dan in de andere zandgebieden. Een gelijke vermindering van het stikstofbodemoverschot sorteert in Zand zuid een groter effect op de nitraatconcentratie dan in de andere zandgebieden.

Voor het landbouwareaal van de grondwaterbeschermingsgebieden in het lössgebied van de provincie Limburg wordt bij de veronderstelde N-bemesting volgens gebruiksnormen een nitraatconcentratie hoger dan 50 mg L⁻¹ berekend. Echter, het project Duurzaam Schoon Grondwater heeft ertoe geleid dat op veel bedrijven op lössgrond de stikstof-bodemoverschotten zijn gedaald. Deze dalende trend wordt bevestigd door de informatie van het BedrijfsInformatieNetwerk²⁵ voor akker- en tuinbouw, maar niet bevestigd voor de melkveehouderij. Dit betekent dat de modelmatige aanname dat de volledige N-gebruiksruimte wordt opgevuld in de praktijk niet wordt gerealiseerd. De aanname van stikstofbemesting tot aan gebruiksnormen is voor het lössgebied daarom minder plausibel dan voor de zandgebieden. Bij een lager referentieniveau van stikstofbemesting in Limburg met daarmee gepaard een lager stikstofbodemoverschot gaat het landbouwareaal van ongeveer zeven grondwaterbeschermingsgebieden in Limburg aan de norm voldoen.

²⁵ <https://www.agrimatie.nl/SectorResultaat.aspx?subpubID=2232§orID=2245&themaID=2282&indicatorID=2775>

De grootste berekende afname van de gemiddelde nitraatconcentraties onder landbouwgronden is het gevolg van het na-ijleffect.

De sterkste afname wordt berekend voor de grondwaterbeschermingsgebieden in de provincie Noord-Brabant, de kleinste afname wordt berekend voor de grondwaterbeschermingsgebieden in Drenthe. Dat betekent dat gerealiseerde maatregelen in het verleden nog steeds een positief effect laten zien op het verwachte nitraatconcentratie in 2027.

Het effect van de korting op de N-gebruiksnormen (AT-gewassen of niet-rustgewassen) op de berekende nitraatconcentraties is beperkt (1-2 mg L⁻¹). Het geringe effect kan verklaard worden door:

- de maatregel *bemestingsvrije perceelsranden* alleen wordt toegepast op percelen die grenzen aan permanent watervoerende waterlopen van overige wateren, KRW-waterlichamen en ecologisch waardevolle beken en dat in deze gebieden het aantal percelen dat aan permanent watervoerende waterlopen grenzen beperkt is.
- De korting op de N-gebruiksnormen alleen worden toegepast voor AT-gewassen indien er sprake is van een intensief bouwplan of niet-rustgewassen. Uit Tabel 6.2 kan worden afgeleid dat het areaal akker- en tuinbouw in de grondwaterbeschermingsgebieden voor met name Gelderland en Overijssel beperkt is. Voor Drenthe en Limburg is het gebiedsgewogen areaal groter dan 50%. Voor Limburg moet echter opgemerkt worden dat het areaal akker- en tuinbouw dan wel groot is, maar minder intensief t.o.v. andere regio's waardoor de maatregel *Korting N-gebruiksnorm voor AT-gewassen bij een intensief bouwplan* op een klein areaal van toepassing is. CDM (in prep.) geeft aan dat de akker- en tuinbouwsector in het Zand zuid de grootste intensiteit van gewasopvolging heeft.

De maatregelen uit het DAW-pakket resulteren bij een implementatie van het gehele pakket op 75% van het areaal in een afname van de berekende nitraatconcentraties tussen de 5 en 10 mg L⁻¹ waarbij het grootste effect wordt berekend voor de nitraatconcentraties in landbouwgronden voor de grondwaterbeschermingsgebieden in Noord-Brabant.

De gebiedsgewogen gemiddelde afname van de berekende nitraatconcentraties die wordt berekend voor het totale pakket aan maatregelen inclusief het na-ijleffect varieert tussen de 10 en 25 mg L⁻¹. Voor 9 van de grondwaterbeschermingsgebieden resulteert dit in een berekende nitraatconcentratie onder landbouwgronden van 50 mg L⁻¹ of lager.

B9.4 Discussie

In de bovenstaande verkenning zijn resultaten van scenario's die inzichten opleveren voor het formuleren van het 7^e Actieprogramma vertaald naar grondwaterbeschermingsgebieden. Gezien de plausibiliteit en het toepassingsbereik van het landelijk Waterkwaliteitsmodel is het niet mogelijk om per grondwaterbeschermingsgebied een prognose van het doelbereik te geven. Wel geven de resultaten een globale indruk van de mate waarin verminderingen van de nitraatconcentratie door maatregelen te verwachten zijn.

In de berekeningen is verondersteld dat bemesting zou plaatsvinden tot een niveau waarop de gebruiksnormen volledig benut zouden zijn. In situaties waarin de fosfaatgebruiksnorm beperkend is voor de plaatsing van dierlijke mest wordt de hoeveelheid stikstofkunstmest afgestemd op de resterende N-ruimte (N-gebruiksnorm minus werkzame N-gift met dierlijke mest). Deze veronderstelling doet soms geen recht aan de daadwerkelijk situatie in een grondwaterbeschermingsgebied. Als het niveau van stikstofbemesting lager is dan verondersteld in de berekeningen kan ook het aantal grondwaterbeschermingsgebieden dat aan de norm van 50 mg L⁻¹ zal gaan voldoen groter zijn.

In de analyse is uitgegaan van de gewassamenstelling zoals deze kon worden afgeleid van BsisRegistratie Percelen 2019. Er is geen rekening gehouden met een eventuele wijziging in landgebruik. In een aantal gebieden in Nederland intensiveert het landbouwkundig grondgebruik.

Als in de grondwaterbeschermingsgebieden een deel van het graslandareaal wordt omgezet in akkerbouw, of als het bestaande akkerbouwareaal een intensiever bouwplan krijgt, is het te verwachten dat moeilijker aan de grenswaarde van 50 mg L⁻¹ wordt voldaan. Voor het onderscheid tussen uitspoelingsgevoelige gewassen en niet-uitspoelingsgevoelige gewassen geldt:

Uitspoeling-gevoelige gewassen	Gewassen waarbij de nitraatuitspoeling bij toepassing van gangbare de landbouwkundige bemestingsadviezen leidt tot overschrijding van de grenswaarde van 50 mg L ⁻¹ in het uitspoelend water. Dit zijn vooral aardappelen, veel groentegewassen en maïs (snij- en korrelmaïs).
Niet-uitspoelings-gevoelige gewassen	Gewassen waarbij de nitraatuitspoeling bij toepassing van gangbare de landbouwkundige bemestingsadviezen niet leidt tot overschrijding van de grenswaarde van 50 mg L ⁻¹ nitraat het uitspoelend water. Vooral granen (wintertarwe, zomertarwe, wintergerst, zomergerst, winterrogge, haver), pootaardappel, zaaiui, cichorei, voederbiet, erwten (vers en rijp zaad), tuinbonen (vers), winter/waspeen, bospeen, schorseneer, witlof en luzerne

Bijlage 10 DAW-maatregelen

B10.1 Aanpak

Aanvullend op de voorgestelde maatregelen uit het 7^e Actieprogramma Nitraat is aan scenario B en C een pakket DAW-maatregelen (Deltaplan Agrarisch Waterbeheer) toegevoegd met een bepaalde implementatiegraad. Voor scenario B is een implementatiegraad toegekend conform de implementatiegraad zoals deze in de Nationale Analyse Waterkwaliteit (NAW; Van Gaalen et al, 2020) is aangehouden voor het scenario 'voorzien'. Voor scenario C is een implementatiegraad toegekend voor het scenario 'maximaal' zoals aangehouden in de NAW. Tabel B10.1 geeft een overzicht van de DAW-maatregelen waarin onderscheid is gemaakt in DAW-maatregelen voor de melkveehouderij en voor de akkerbouw.

Tabel B10.1 Overzicht van DAW-maatregelen toegevoegd aan scenario B en scenario C zoals die zijn opgenomen in de ex-ante analyse van de 3^e Stroomgebiedbeheerplannen.

Type maatregel	Melkveehouderij (MVH)	Akker- en tuinbouw(AT)
Brongerichte maatregelen	Uitrijden drijfmest op grasland na half maart	Optimale stikstofwerking van mest
	Uitrijden drijfmest op maisland 1 ^e week april	Diep wortelende (rust)gewassen in plaats van uitspoelingsgevoelige gewassen
	Optimale stikstofwerking van mest door betere timing, met maximale inzet van bijmestsystemen. Mestopslag heeft voldoende volume voor uitstel uitrijden i.v.m. weersomstandigheden	Goed vanggewas daar waar mogelijk
	Verlenging leeftijd gras	Vervanging van NO ₃ door NH ₄ in kunstmest in vollegrondsgroenteteelt
	Verdunning drijfmest bij uitrijden	Vanggewas na aardappelen op zand in het zuidelijke zandgebied ¹
	Geen drijfmest of kunstmest op mais na scheuren grasland	
	Rijenbemesting in mais op zand en lössgrond ¹	
Routegerichte maatregelen		Drempels in ruggenteelt op klei- en lössgrond ¹
End-of-pipe maatregelen		IJzerzand omhulde drains in extreem uitspoelende gronden

¹ dit was aanvankelijk verplicht, maar nu vrijwillig

De samenstelling van het DAW-pakket is voor enkele aspecten anders dan de lijst met maatregelen die in de Nationale Analyse Waterkwaliteit (NAW) is beschouwd:

- In de NAW werd er vanuit gegaan dat rijenbemesting in mais op zand- en lössgrond en een vanggewas na aardappelen op zand in het zuidelijke zandgebied een verplichte maatregel zou zijn. Het is daarom als onderdeel van de prognose voor 2027 bij het effect van het 7^e Actieprogramma meegenomen. Bij de effectschatting van rijenbemesting in mais op zand en lössgrond is uitgegaan van inzichten uit 2017 (CDM, 2017b; Groenendijk et al, 2017). Voor een maisperceel zou het kunnen resulteren in een 11 mg L⁻¹ lagere nitraatconcentratie. Mede door voortschrijdend inzicht is besloten de maatregel niet verplicht te stellen en is daarom toegevoegd aan de lijst met DAW-maatregelen. De vervangende maatregel in 6^e Actieprogramma waarmee de uitrijperiode nog sterker wordt begrensd (toediening vanaf 15 maart toegestaan), werd in modelanalyses altijd al als onderdeel van Goede Landbouw Praktijk beschouwd en werd al verondersteld in de modelinvoer bij de referentie.
- In de NAW werd verondersteld dat de aanleg van mestvrije perceelsranden een vrijwillige maatregel zou zijn. In de context van het 7^e Actieprogramma wordt de aanleg van mestvrije

perceelsranden als een verplichting gezien, waarbij de wijze waarop dergelijke stroken beheerd zullen worden nog nader ingevuld moet worden. Deze maatregel vervalt in de lijst van DAW-maatregelen

De implementatiegraad is afgeleid van inzichten van het supportteam Deltaplan Agrarisch Waterbeheer daterend van het eerste kwartaal van 2019. Voor de brongerichte maatregelen werd de implementatie graad geschat voor verschillende grondsoorten (Tabel B10.2).

Tabel B10.2 Implementatiegraad van de brongerichte maatregelen in scenario B en scenario C voor de verschillende grondsoorten voor de melkveehouderij (MVH) en de akker- en tuinbouw (AT).

Sector	Maatregel	Deelname scenario B	Deelname scenario C
MVH	Uitrijden drijfmest na half maart	30% op droge en matig droge zand- en lössgronden; 18% op kleigrond	70% op droge en matig droge zand- en lössgronden; 35% op kleigrond
	Uitrijden drijfmest mais 1 ^e week april	30% op alle gronden	70% op alle gronden
	Optimale stikstofwerking van mest door timing	30% op zand- en lössgronden	70% op zand en lössgronden
	Verleng leeftijd gras	20% op zand en lössgronden	50% op zand- en lössgronden
	Verdun drijfmest bij uitrijden	15% op droge en matig droge zand- en lössgronden	40% op droge en matig droge zand- en lössgronden
	Nul-mest op mais na scheuren grasland	20% van alle gescheurde graslandpercelen	20% van alle gescheurde graslandpercelen
	Rijenbemesting in mais op zand en lössgrond ¹	Implementatiegraad niet aangegeven in de berekeningen voor NAW, omdat deze maatregel eerder als verplicht werd beschouwd. Hiervoor is per rekeneenheid een waarde geschat op basis van het effectief ¹ gemiddelde van de andere brongerichte maatregelen voor mais waarvoor wel een implementatiegraad is gedefinieerd	
AT	Optimale stikstofwerking van mest	5% voor alle gronden	50% voor alle gronden
	Diep wortelende (rust)gewassen	5% op zand- en lössgronden	20% op zand- en lössgronden
	Goed vanggewas ²	Niet aangegeven, hiervoor is analoog aan rijenbemesting in mais op zand- en lössgrond het effectief ¹ gemiddelde van de andere maatregelen voor AT-gewassen verondersteld	
	Vervanging van NO ₃ door NH ₄ in kustmest in vollegrondsgroente	20% voor alle gronden	50% voor alle gronden

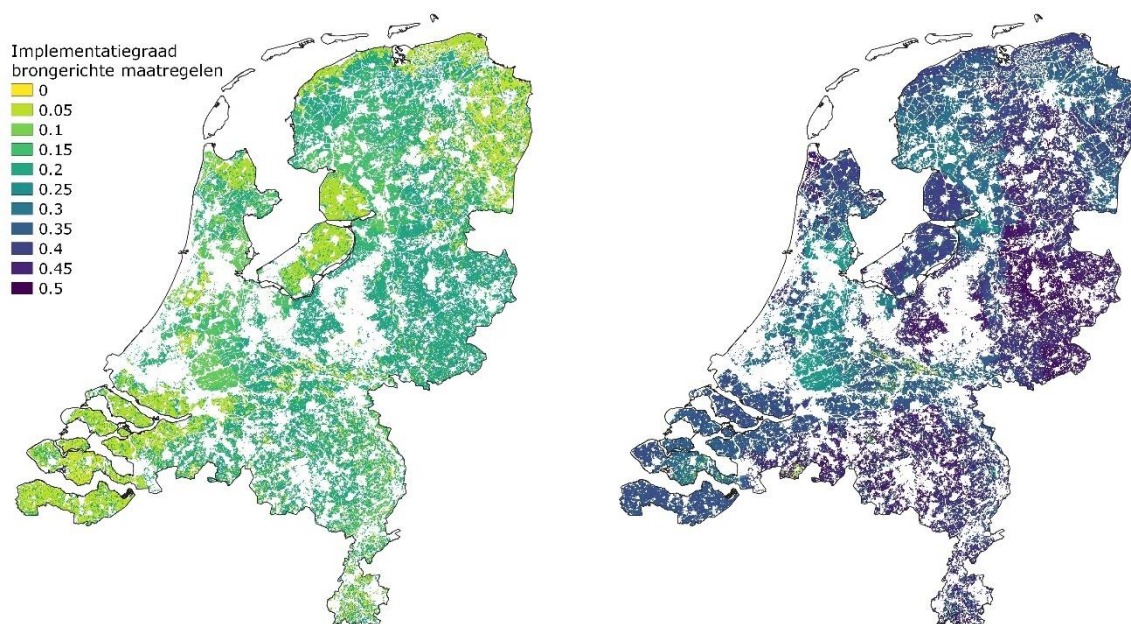
¹ het effectief gemiddelde is in deze context een naar a priori verwacht effect gewogen gemiddelde waarde

² dit inclusief de aanvankelijk aangekondigde maatregel vanggewas na aardappelen op zand in het zuidelijk zandgebied

Op basis van een eerste inschatting van de effectiviteit van een maatregel per grondsoort en per grondwaterklasse is per rekeneenheid van het landelijke model een naar effect gewogen gemiddelde implementatiegraad bepaald. Hierbij is rekening gehouden met de wijze waarop de agrarische praktijk in de modelinvoer wordt gerepresenteerd. Voor een aantal aspecten, zoals de afstemming van het bemestingstijdstip op de gewasbehoefte en een geslaagd vanggewas na mais op zand- en lössgrond, wordt al uitgegaan van een Goede Landbouw Praktijk. Een gevolg is dat het effect van dergelijke maatregelen binnen het DAW-pakket ten opzichte van de veronderstelde referentie relatief klein is. Figuur B10.1 geeft een overzicht van de effectief gemiddelde implementatiegraad van de brongerichte maatregelen in scenario B en scenario C zoals deze is toegepast in de pakketten maatregelen voor de ex-ante analyse van de 3^{de} Stroomgebiedsbeheersplannen (Hoofdstuk 4).

Scenario B van het 7^e Actieprogramma bevat de maatregel "Korting van N-gebruiksnorm voor uitspoelingsgevoelige gewassen als in het vorig jaar ook een uitspoelingsgevoelig gewas werd geteeld" en scenario C bevat de maatregel "Korting van N-gebruiksnorm voor niet-rustgewassen" en beoogt daarmee een ruimere vruchtwisseling te bewerkstelligen. De maatregel "Diep wortelende (rust) gewassen" van het DAW-pakket interfereert met de genoemde maatregelen. Toch is deze maatregel in het DAW-pakket opgenomen omdat voor de maatregelpakketten voor de ex-ante analyse van 3^{de} Stroomgebiedsbeheersplannen geen korting van mestgiften voor DAW-maatregelen is verondersteld en bij de genoemde maatregelen van het 7^e Actieprogramma dit wel het geval is, Daarnaast zijn de

kortingen op de gebruiksnormen als landelijke maatregelen geformuleerd en de betreffende DAW-maatregel als een vrijwillige maatregel met een bepaalde implementatiegraad.



Figuur B10.1 Implementatiegraad van brongerichte perceelsmaatregelen in scenario B (links) en scenario C (rechts). Waddeneilanden niet weergegeven.

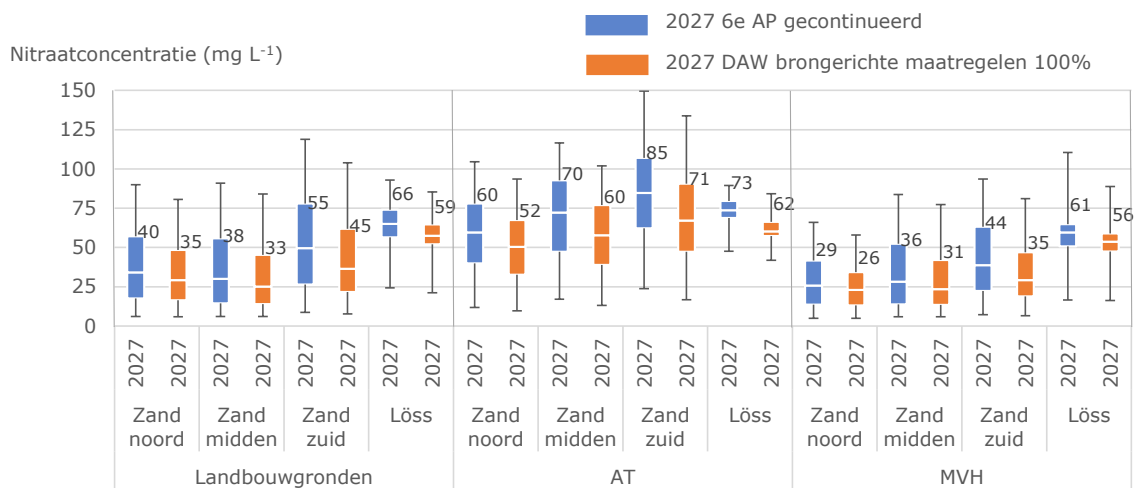
Om inzicht te krijgen in het maximale effect van brongerichte perceelsmaatregelen, voordat de effecten worden gecombineerd met de effecten van routemaatregelen in Hoofdstuk 4, is een extra berekening uitgevoerd (Bijlage 10.2). Hierbij is verondersteld dat de maatregelen op alle percelen worden toegepast. Het geeft een beeld van wat maximale effecten zouden kunnen zijn bij een nog hogere implementatiegraad dan in Figuur B10.1 (rechts).

Effecten van de routegerichte maatregelen worden besproken in Bijlage 6.1 en Bijlage 7.5. De effecten van end-of-pipe maatregelen hebben betrekking op bloembollen op zandgrond in het westelijke zandgebied. De effectiviteit van deze maatregel (ijzerzand omhulde drains) is gelijk verondersteld aan die in de Nationale Analyse Waterkwaliteit (Van Gaalen et al, 2020).

B10.2 Effecten brongerichte maatregelen

Uitgaande van de Referentie-2027 (6^e AP gecontinueerd), zonder extra maatregelen voor 7^e Actieprogramma (verlaagde gebruiksnormen bij een te intensief bouwplan of voor niet-rust-gewassen, mestvrije perceelsranden, of een verplichting tot vanggewassen), is het pakket aan DAW-maatregelen doorgerekend voor alle landbouwpercelen om inzicht te krijgen in het maximale effect van deze maatregelen. In deze berekening is de implementatiegraad dus 100% verondersteld. Bij de berekeningen ten behoeve van de ex-ante analyse van de 3^{de} Stroomgebiedsbeheersplannen (Hoofdstuk 4) zijn de maatregelen van scenario B en scenario C van het 7^e Actieprogramma als uitgangspunt genomen, waaraan het DAW-pakket met een bepaalde implementatie graad is toegevoegd

Voor het gemiddelde van de landbouwgronden wordt voor Zand noord en Zand midden een verlaging van de nitraatconcentratie in het grondwater berekend van 5 mg L⁻¹ (Figuur B10.2). Voor Zand zuid wordt een verlaging van 10 mg L⁻¹ berekend en voor het lössgebied 7 mg L⁻¹.



Figuur B10.2 Berekende nitraatconcentraties in het grondwater voor de Referentie-2027 en voor de situatie dat brongerichte DAW maatregelen op alle landbouwpercelen zouden worden geïmplementeerd. De getallen geven de oppervlakte gewogen gemiddelde concentraties aan.

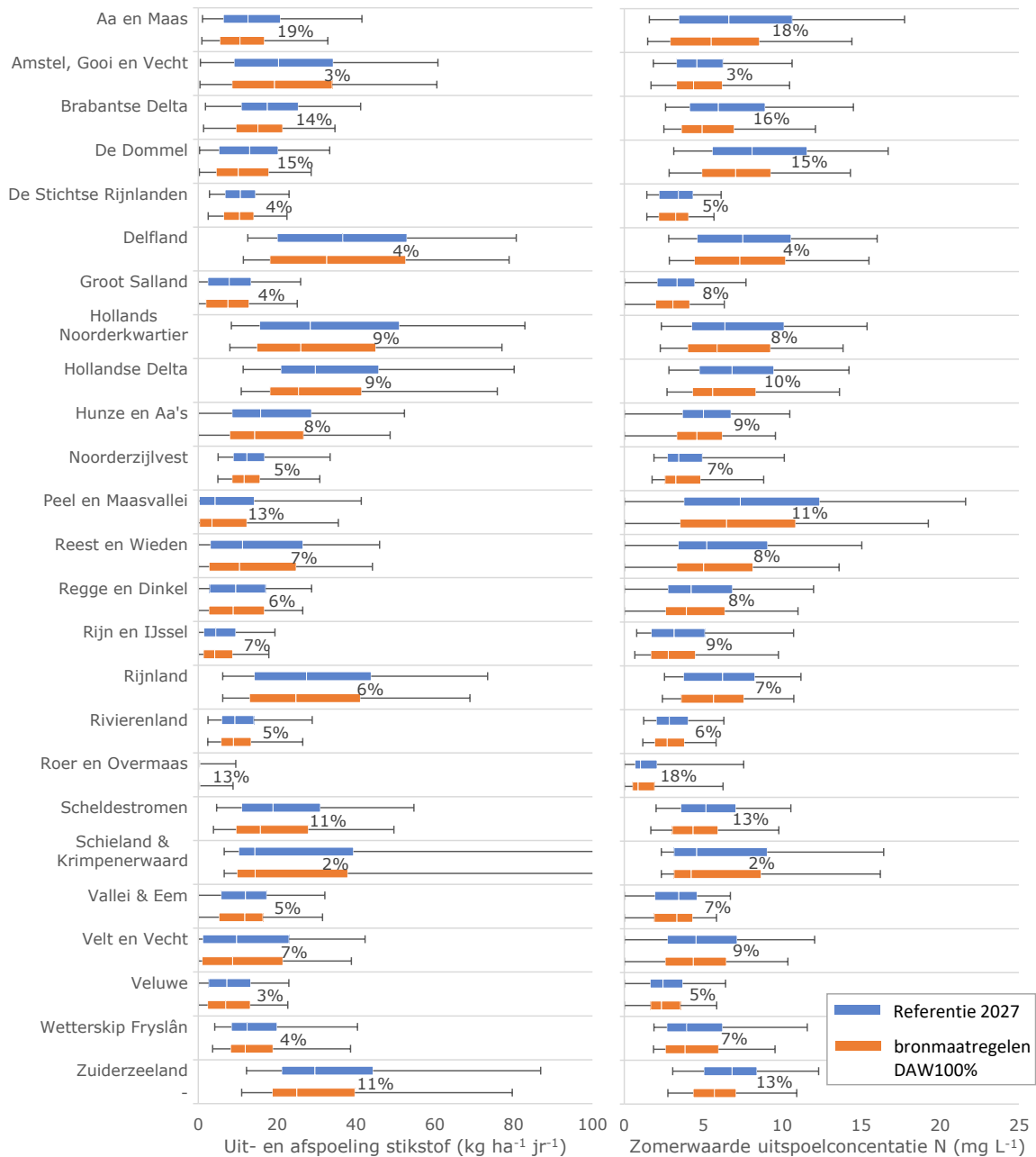
Voor de akker- en tuinbouwsector worden grotere verlagingen berekend, respectievelijk 8, 10, 14 en 11 mg L⁻¹ voor Zand noord, Zand midden, Zand zuid en de Lössregio. Voor de melkveehouderijsector wordt een wat kleiner effect berekend: respectievelijk 3, 5, 9 en 5 mg L⁻¹ voor Zand noord, Zand midden, Zand zuid en de Lössregio.

Het effect voor de melkveehouderijsector is een oppervlakte-gewogen gemiddelde van de effecten voor grasland en snijmais. Het effect voor snijmais is groter dan het effect voor grasland en ligt in dezelfde orde van grootte als voor de AT-gewassen.

Voor de AT is verondersteld dat alle gewassen zo vroeg mogelijk worden geoogst en dat daarna direct een vanggewas wordt ingezaaid dat zich goed kan ontwikkelen. Voor de optimale stikstofwerking van mest wordt verondersteld dat een deel van de kunstmestgift enkele weken na opkomst van het gewas wordt toegediend.

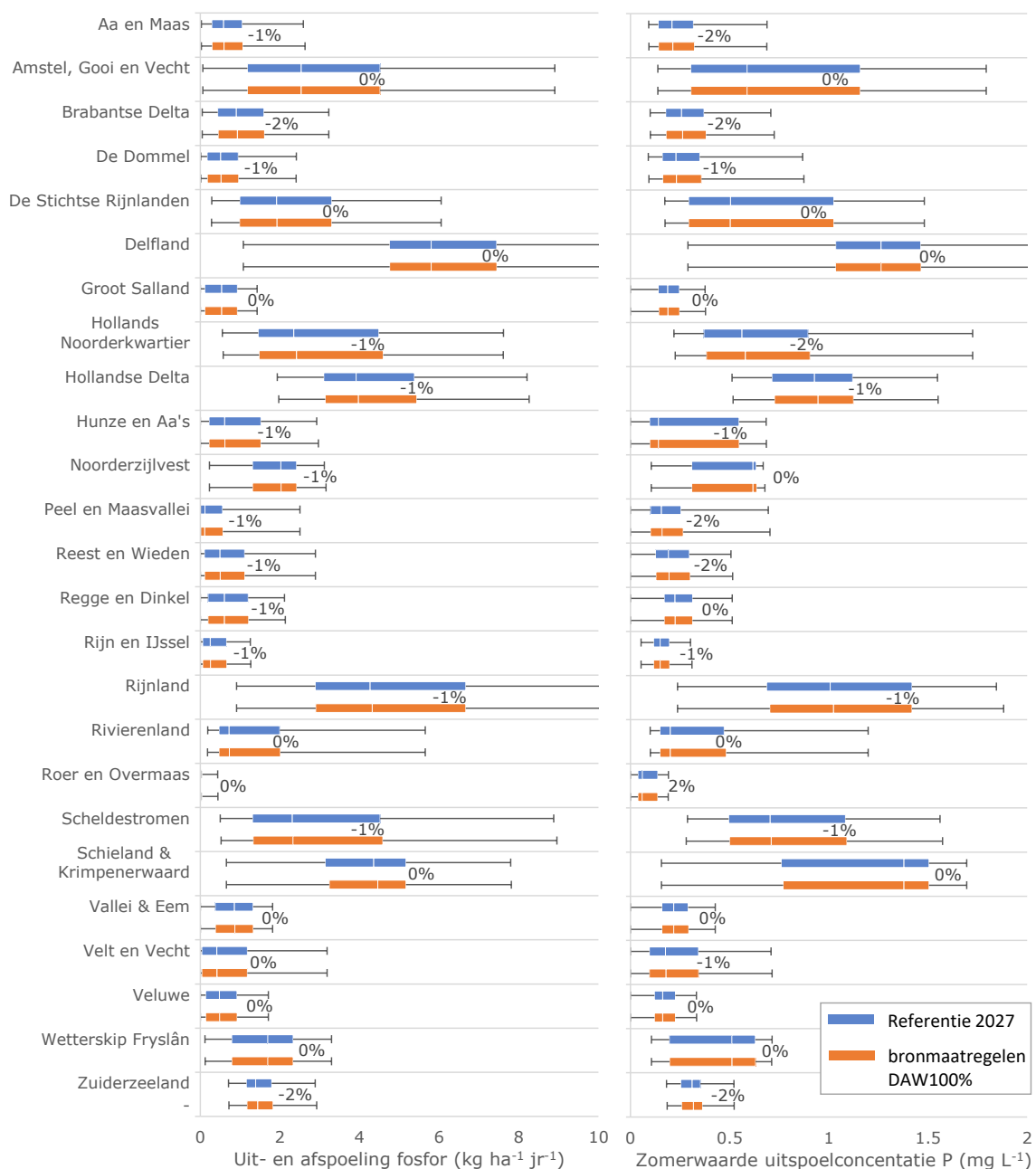
Voor snijmais geldt dat een vanggewas op zand- en lössgrond sinds 2006 verplicht is, waarbij de uiterste zaaidatum in het 6^e Actieprogramma is aangescherpt (uiterlijk 1 oktober). Deze maatregel is onderdeel van Referentie-2027. Het effect voor snijmais is grotendeels toe te schrijven aan de rijenbemesting met dierlijke mest.

In figuur B10.3 en Figuur B10.4 is het effect van de brongerichte perceelsmaatregelen op de jaargemiddelde nutriëntenbelasting van oppervlaktewater in 2027 weergegeven alsmede het effect op de zomerwaarden van de N- en P-uitspoelconcentraties. In Figuur B10.3 is te zien dat in een aantal waterschapsbeheergebieden in het zuidelijk zandgebied, waar voor de Referentie-2027 relatief hoge uitspoelconcentraties worden berekend, een effect berekend wordt van 10 – 20% vermindering van de stikstofuitspoeling. Voor de waterschapsbeheergebieden in het oostelijk en noordelijk zandgebied bedraagt de vermindering 5 – 10%. Voor de veenweidegebieden is het effect relatief gering. De procentuele vermindering van zomer-uitspoelconcentraties is ongeveer gelijk aan de procentuele vermindering van de jaargemiddelde vrachten.



Figuur B10.3 Effect van brongerichte perceelsmaatregelen van het DAW-pakket op de jaargemiddelde stikstofbelasting van oppervlaktewater van landbouwgronden (kg ha⁻¹ jr⁻¹) en de zomerwaarden van de N-uitspoelconcentratie van landbouwgronden (mg L⁻¹) in 2027 bij implementatie van de maatregelen op alle landbouwpercelen. Blokjes geven het 25-, 50- en 75-percentiel aan. Strepen geven het 5- en 95-percentiel aan en de getallen geven de procentuele vermindering van de areaalgewogen gemiddelde waarde weer.

Het effect van de brongerichte perceelsmaatregelen op de jaargemiddelde fosforbelasting van oppervlaktewater in 2027 is bijna nul. Hetzelfde geldt voor het effect op de procentuele vermindering van de zomerwaarden voor de P-uitspoelconcentraties. Voor een aantal gebieden wordt een geringe negatieve vermindering berekend. Dat betekent dat door de maatregelen de uitspoeling in heel geringe mate zou kunnen toenemen. Dit is een contra-intuïtief resultaat maar is wel te verklaren. In het pakket maatregelen is verondersteld dat wordt ingezet op de teelt van vanggewassen en dat zoveel als mogelijk gestreefd wordt naar een jaarrond groene bodembedekking. Het gevolg is dat hierdoor een verschuiving in bodempools zal optreden. Door de vanggewassen en groen-bedekkers wordt extra fosfaat aan de minerale bodemvoorraad onttrokken en de opgenomen fosfaat wordt bij het onderploegen weer als organisch gebonden fosfor aan de bodem toegevoegd. De voorraad organisch gebonden fosfor mineraliseert vervolgens grotendeels en wordt weer aan de minerale voorraad toegevoegd. Echter, een klein deel van de organisch gebonden fosfor wordt omgezet naar een opgeloste organisch gebonden vorm die onderhevig is aan uitspoelingsprocessen.



Figuur B10.4 Effect van brongerichte perceelsmaatregelen van het DAW-pakket op de jaargemiddelde fosforbelasting van oppervlaktewater ($\text{kg ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$) en de zomerwaarden van de P-uitspoelconcentratie (mg L^{-1}) in 2027 bij implementatie van de maatregelen op alle landbouwpercelen. Blokjes geven het 25-, 50- en 75-percentiel aan. Strepen geven het 5- en 95-percentiel aan en de getallen geven de procentuele vermindering van de areaalgewogen gemiddelde waarde weer.

Het berekende effect van de perceelsmaatregelen op de uitspoeling is moeilijk te verifiëren met bestaande veldmetingen. In veldexperimenten met fosfaatuitmijning wordt het effect van de verschuiving van bodempools wel waargenomen.

De berekeningen maken duidelijk dat de brongerichte aspecten van de perceelsmaatregelen niet of nauwelijks bijdragen aan een vermindering van de P-belasting van oppervlaktewater en dat voor dit doel andere maatregelen nodig zijn.

Bijlage 11 Effecten biodiversiteit

Principes voor het beoordelen van effect van maatregelen op biodiversiteit

0 Aquatische biodiversiteit

Voor alle maatregelen geldt dat zij in principe bijdragen aan een verminderde nutriënten belasting van grond- en oppervlaktewater, en daarmee aan het verbeteren van de aquatische biodiversiteit in het open water (principe 0). In vrijwel alle oppervlaktewater is de belasting met stikstof en fosfor van grote invloed op de ontwikkelde vegetatie en (indirect ook) fauna. Verlaging van de belasting met N en P zorgt conform de uitwerking van de KRW leidt op veel locaties dan ook tot een verbetering van de ecologische waterkwaliteit. Voorwaarde voor de effectiviteit is dat ook de andere ecologische sleutelfactoren in orde zijn, zoals het onderhoud van de oever, de slootdiepte en de verblijftijd van het water. De impact van een vermindering van de N- en P-belasting hangt daarnaast samen met

- a) het type watergang. Op eenzelfde locatie is de bijdrage van een maatregel aan de verbetering van de aquatische ecologie in principe evenredig met de bijdrage aan de reductie van de belasting zolang de andere sleutelfactoren gelijk blijven. Deze reductie van de N- en P-belasting door een maatregel komt in de rest van het rapport uitgebreid aan de orde komt.
- b) De verhouding van de vermindering van de N-belasting en de vermindering van de P-belasting van oppervlaktewater, In wateren waarin of de N-concentratie of de P-concentratie limiterend is voor de ecologie is het van belang dat de belasting met het limiterende nutriënt in ieder geval wordt verminderd.

1 Grondbewerking en bodembedekking met gevolgen voor open teelten en grasland

Grondbewerking wordt in het kader van dit rapport als negatief beoordeeld voor de bodembiodiversiteit. Naarmate dieper en intensiever wordt bewerkt is dit effect sterker. Door het beperken van grondbewerking blijft de natuurlijke bodemstructuur in de bovengrond in stand en kunnen bodemorganismen zich ongestoord ontwikkelen om een evenwicht te bereiken dat past bij de aan- en afvoer van organisch materiaal op en in de bodem. Daarnaast wordt de mineralisatie van organische stof door grondbewerking versterkt, waardoor het gehalte aan organische stof en daarmee de mogelijkheden voor diverse bodemorganismen dalen (principe 3). Bodembedekking is in principe positief voor de biodiversiteit omdat het de fluctuaties in bodemtemperatuur dempt en het een continue aanvoer van makkelijk afbreekbaar organisch materiaal verzekert in de vorm van wortel- en gewasresten (principe 3). Daarnaast verkleint het de impact van neerslag op het bodemoppervlak waardoor de vorming van een slemplaag wordt voorkomen. Een slemplaag zou de uitwisseling van water en zuurstof in de bovengrond afremmen. Het gewas biedt daarnaast mogelijk beschutting en voedsel voor organismen gedurende en vlak na de teeltperiode. Aandachtspunt hierbij is het effect van groenbemesters en vanggewassen op de verspreiding van bodem gerelateerde ziektes en plagen. Voor het beperken van de ziektedruk op de hoofdgewassen (aaltjes) is een juiste keuze van het wintergewas cruciaal.

Als dit principe wordt toegepast op het verschil tussen bouwland en grasland dan biedt grasland meer mogelijkheden voor biodiversiteit dan bouwland. Op grasland wordt immers geen grondbewerking toegepast (wel bij graslandvernieuwing maar veel minder vaak) en is de bodem continu bedekt.

Daarnaast biedt grasland de mogelijkheid om monocultuur te voorkomen door meerdere gras soorten en kruidenmengsels incl. vlinderbloemigen in te zaaien. Ook de afwisseling van maaien en weiden biedt kansen op meer variatie door maaien in diverse stadia van ontwikkeling, selectie door het vee tijdens het grazen en door het aanbrengen van mestflatten en eventueel vaste mest.

Binnen akkerbouwmatige teelten wordt de biodiversiteit versterkt door de keuze van het vanggewas, de teeltopvolging, het gebruik van (bloemrijke) akkerranden en de teelt van meerdere gewassen op een perceel (dubbelteelten of strokenteelt). Naast het type gewas draagt ook variatie in de aanvoer van organische meststoffen of reststromen bij aan een groter biodiversiteit. Deze impact kan echter sterk variëren per locatie (Hannula et al., 2021).

2 Productieniveau ('De slechtste grond is de beste', Stortelder et al., 2001).

Er bestaat een omgekeerd evenredig verband tussen de hoogte van de biomassa-productie op een locatie en het aantal soorten dat er voor komt. Minder productieve percelen of plekken binnen percelen bieden een grotere kans op het ontwikkelen van biodiversiteit. Veel ecosystemen zijn daarbij gevoelig voor stikstof en fosfaat gegeven met een hoge mestgift. Een hoge landbouwkundige productie vermindert de kansen op biodiversiteit. In dit verband munten Stortelder et al. (2001) het adagium 'De slechtste grond is de beste': De slechtste grond voor productie is de beste voor biodiversiteit. Deze regel behoeft uiteraard nuancering. Een voorbeeld daarvan is de weidevogel. Weidevogels hebben zowel behoefte aan een vegetatie die voorkomt op armere percelen (beschutting en nestelen) als aan voeding die behoort bij rijkere percelen. En o.a. regenwormen profiteren van vaste mest (CDM, 2020c). In het algemeen zijn gradiënten in voedselrijkdom, vocht, etc. gunstig voor biodiversiteit.

3 Gewasresten, aanvoer organische stof

De bodembiodiversiteit wordt gedreven door de aanvoer van liefst gevarieerd organisch materiaal. Ook materiaal dat op de bodem valt is daarbij van belang (gewasresten). Dit materiaal kan mogelijk ook beschutting en voedsel bieden aan organismen op de bodem. Makkelijk afbreekbaar materiaal wordt vooral door bacteriën omgezet met een snelle stofwisseling, moeilijk afbreekbare fracties vooral door schimmels en actinomyceten. Verondersteld wordt dat de aanvoer van armer materiaal een meer diverse samenstelling van het bodemleven stimuleert.

Ruige stalmest bevat veel voedsel voor regenwormen en wordt daardoor vaak als goede mestsoort voor regenwormen beschouwd. Het aanbod van ruige stalmest is beperkt.

4 minder gewasbeschermingsmiddelen GBM (FAB)

Vergroten van de biodiversiteit bovengronds en ondergronds beperkt de ziektedruk omdat natuurlijke vijanden van parasieten voldoende kans krijgen. Hierdoor is er minder behoefte aan chemische ziektebestrijding met GBM. In dit verband wordt gesproken over functionele agro-biodiversiteit (FAB), bijvoorbeeld waar kruidenrijke perceelranden een habitat bieden aan natuurlijke vijanden van parasieten op het gewas.

5 Ecologische verbinding

Lijnvormige elementen met verhoogde biodiversiteit zoals perceelranden, slootkanten en heggen kunnen zorgen voor ecologische verbindingen tussen natuurkernen, waarlangs organismen zich kunnen verspreiden. Dit vergroot de overlevingskansen van soorten die beperkt worden door de omvang van hun leefgebied in een natuurkern.

6 Weidevogels

Voor het stimuleren van weidevogels zijn plekken nodig die beschutting bieden, maar ook voldoende mogelijkheid bieden aan kuikens om zich te verplaatsen en plekken waar voldoende voedsel kan worden gewonnen voor het nest. Het is daarom lastig aan te geven wat het effect is van verhogen of verlagen van de bemesting op weidevogels. Weidevogels zijn gebaat bij een mozaïeklandschap met armere kruidenrijke percelen (nestelen) en rijkere percelen met bij voorkeur vaste stalmest. Vaste stalmest geeft meer kans op een grotere regenwormenpopulatie waar weidevogels op kunnen foerageren (CDM, 2020c). De beschouwde maatregelen in dit rapport hebben hier weinig invloed op omdat ze nauwelijks sturen op variatie in grasland, m.u.v. maatregel B6.1. B6.1 veroorzaakt juist de omgekeerde beweging, namelijk minder variatie door het vergroten van de fosfaatnorm op (armere) percelen met een lager P-toestand. Toepassing van bodemverbeteraars en organische meststoffen is echter op grasland veel minder aan de orde dan op bouwland, omdat grasland van nature een betere organische stofvoorziening heeft.

Bij een verruiming van de mogelijkheid organische stofrijke meststoffen toe te passen hebben strorrijke mestsoorten uit oogpunt van de bevordering van de weidevogelpopulatie een voorkeur boven compost.

Effect van maatregelen op de biodiversiteit, beoordeling

B5.1 Mestvrije perceelsranden langs waterlopen

++

Onbemeste gras- of kruidenstroken kunnen bijdragen aan de bodembiodiversiteit ter plaatse omdat deze stroken geen grondbewerking behoeven, er andere gewassen groeien en er geen bemesting plaatsvindt. Hierdoor blijft de natuurlijke bodemstructuur in de bovengrond in stand (principe 1) en wordt de bodembiodiversiteit gestimuleerd door een meer gevarieerd aanbod aan resten van wortels en gewas. Bodemorganismen kunnen zich ongestoord tot een bijhorend evenwicht ontwikkelen. Het primaire productieniveau zal door het ontbreken van bemesting op termijn dalen (principe 2), waardoor op termijn meer plantensoorten een kans krijgen om zich te ontwikkelen, en daarmee ook geassocieerde insecten en andere dieren. Het tempo van verschraling hangt af van de mate van onderhoud (biomassa afvoer) en de bodemvruchtbaarheid bij aanvang (vooral P en K, omdat N via vlinderbloemigen kan worden aangevuld).

Hoewel de bijdrage van perceelranden door het beperkte oppervlak beperkt blijft kunnen perceelranden wel een bijdrage leveren aan ecologische verbinding (groenblauwe dooradering, principe 5). Omdat de perceel randen vaak ook gelokaliseerd zijn langs watergangen, biedt dit tevens de mogelijkheden voor verbinding met aquatische ecosystemen. De bijdrage aan verbinding hangt af van de ruimtelijke oriëntatie van natuurkernen, landschapselementen, watergangen en de perceelranden daartussen.

Perceelranden kunnen een toevluchtsoord vormen voor natuurlijke vijanden van parasieten. In dit kader wordt vaak gesproken over functionele agrobiodiversiteit (FAB). Als zodanig kunnen zij dus bijdragen aan een natuurlijke vorm van gewasbescherming en een reductie van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen (GBM). Daling van het GBM gebruik draagt bij aan het behoud van biodiversiteit, m.n. insecten (principe 4).

B5.2 Vermindering mestgift in en na droge zomers

0/+

Verlaging van de bemesting draagt in principe (2) bij aan een lagere biomassa productie en daarom aan meer kansen voor biodiversiteit. In dit geval gaat het echter om een daling van stikstofgebruik die de benutting van stikstof verbetert, waardoor de opbrengstdaling beperkt blijft. Het is slechts een tijdelijke verlaging van de N-gift om het effect van droogte te mitigeren, waarvan de uitwerking op de biodiversiteit zeer waarschijnlijk verwaarloosbaar is ten opzichte van het effect van de droogte zelf.

B5.3 Verlagen stikstofgebruiksnormen op zand- en lössgronden.

+

Verlaging van de bemesting draagt in principe (2) bij aan een lagere biomassa productie van landbouwgewassen en daarom aan meer kansen voor biodiversiteit. De verlaging van de productie die met de voorgestelde verlagingen van de gebruiksnormen gepaard gaan, zijn echter beperkt en dragen daarom slechts in geringe mate bij aan verbetering van de biodiversiteit. Wanneer toepassing van een lagere gebruiksnorm op het maisland van een melkveehouderijbedrijf aanleiding is om het grasland meer gedifferentieerd te beheren, dan kunnen de mogelijkheden voor weidevogels worden vergroot. De maatregel stuurt daar echter niet op.

B6.1 Verruiming fosfaatgebruiksnorm bij toepassing compost en organische stofrijke mestsoorten

0/+

Toepassing van compost en organische stofrijke mestsoorten stimuleren in principe (3) het bodemleven (principe 3; bijlage 6.1; Bloem et al., 2017). Het gebruik van vaste stalmest vergroot de populatie regenwormen en is daarmee gunstig daarmee voor weidevogels (CDM, 2020c). Verruiming van de fosfaatgebruiksnorm zal echter gepaard gaan met een wat hogere aanvoer van N en P uit deze producten, vooral op gronden met een lagere P-toestand (bijlage 6.1, Tabel x). De mate waarin dit leidt tot een hogere productie hangt af van de afbraak- en mineralisatiesnelheid van de producten. Deze is laag voor de categorie van bodemverbeteraars en minder laag voor de organische meststoffen. Het opheffen van een lage P-toestand door het verruimen van de fosfaatgebruiksnorm op

deze gronden bemoeilijkt de eventuele latere ontwikkeling van een hogere biodiversiteit op deze percelen (principe 2 en 6).

B6.2 Verruiming vruchtwisseling akker- en tuinbouw op uitspoelingsgevoelige gronden

++

Verruiming van de vruchtwisseling is in principe goed voor de biodiversiteit. Meer rustgewassen vergroten het aanbod van meer gevarieerde wortel- en gewasresten (3) en beperken de ziektedruk en het daarmee geassocieerde gebruik van GBM (4). Veel rustgewassen (zoals granen) hebben een korter groeiseizoen waardoor de mogelijkheden van het gebruik van groenbemesters en of vanggewassen worden vergroot (zie B6.3; principe 3) Dit verlengt de periode met bodembedekking in de open teelten. Als deze maatregel gepaard gaat met het opnemen van grasland in het bouwplan dan verbetert de bodembedekking verbeterd en beperkt het de grondbewerking. Het opnemen van grasland in het bouwplan biedt tevens de mogelijkheid om een divers graslandmengsel in te zaaien met vlinderbloemigen en kruiden ter stimulering van de biodiversiteit. De voordelen hiervan zijn beschreven bij B5.1, maar gelden hier voor het hele perceel.

B6.3 Jaarrond groen, c.q. wintergewassen

++

Wintergewassen verlengen de periode met bodembedekking (principe 1) en vergroten de variatie en omvang van de aanvoer van organische stof naar de bodem (principe 3). Het gewas en de gewasresten bieden beschutting en voedsel voor diverse organismen gedurende en vlak na de teelt.

B6.4 Verlaging stikstofgebruiksnormen akker- en tuinbouw op uitspoelingsgevoelige gewassen +
(Zie ook B5.3) Verlaging van de bemesting draagt in principe bij aan een lagere biomassa-productie (principe 2) en daarom aan meer kansen voor biodiversiteit. De verlaging van de productie die met de voorgestelde verlagingen van de gebruiksnormen gepaard gaan, zijn echter beperkt en dragen daarom slechts in geringe mate bij aan verbetering van de biodiversiteit.

B6.5 Preventie afspoeling door tijdelijke aanpassing maaiveld met blokkerend effect (greppels, drempels, wafels)

(0/++)

Deze maatregelen die bedoeld zijn om afspoeling te voorkomen, bieden mogelijkheden om in het ontwerp en bij het onderhoud rekening te houden met biodiversiteit, voor zover deze maatregelen zich concentreren op waterberging aan de rand van het perceel. Dit geldt bijvoorbeeld niet voor een drempel tussen aardappelruggen, omdat die niet gecombineerd kunnen worden met extra begroeiing zonder opbrengstderving. Als de maatregel zonder deze extra aandacht worden uitgevoerd hebben ze geen invloed. Combinatie met onbemeste perceelranden (B5.1) is juist goed mogelijk en dan gelden de voordelen die daar zijn benoemd.

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

Wageningen Environmental Research
Rapport xxxx
ISSN 1566-7197

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

