

MAATREGELEN OP EN ROND LANDBOUW- PERCELEN TER VERMINDERING VAN DE NUTRIËNTENBELASTING VAN WATER

Achtergrondinformatie effectiviteit landbouwmaatregelen
ten behoeve van de Nationale Analyse Waterkwaliteit

▶▶ KIWK 2021-54



Kennisimpuls
WATERKWALITEIT

▶▶ KIWK IN HET KORT

In de Kennisimpuls Waterkwaliteit werken Rijk, provincies, waterschappen, drinkwaterbedrijven en kennisinstututen aan meer inzicht in de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater en de factoren die deze kwaliteit beïnvloeden. Daarmee kunnen waterbeheerders de juiste maatregelen nemen om de waterkwaliteit te verbeteren en de biodiversiteit te vergroten.

In het programma brengen partijen bestaande en nieuwe kennis bijeen, en maken ze deze kennis (beter) toepasbaar voor de praktijk. Hiermee verstevigen ze de basis onder het waterkwaliteitsbeleid. Het programma is gestart in 2018 en duurt vier jaar. Het wordt gefinancierd door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, STOWA, waterschappen, provincies en drinkwaterbedrijven.

Kennisimpuls Waterkwaliteit. Beter weten wat er speelt en wat er kan.

▶▶ COLOFON

Opdrachtgever

Kennisimpuls Waterkwaliteit

Auteurs

Piet Groenendijk, Luuk van Gerven, Erwin van Boekel en
Peter Schipper (Wageningen Environmental Research)

Gebruikerscommissie

Carlo Rutjes	Waterschap Aa en Maas, voorzitter
Eric van de Lockant	Brabant Water
Michael van der Schoot	LTO
Laurens Gerner	Waterschap Rijn en IJssel
Richard van Hoorn	Waterschap Vallei en Veluwe
Servaas Damen	Rijkswaterstaat
Leo Oprel	Ministerie van LNV
Miriam Collombon	Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard
Hilde Ketelaar	Waterschap Rivierenland
Berry Bergman	Waterschap Drents Overijsselse Delta
Peter Ramakers	Provincie Noord-Brabant
Wim van der Hulst	Waterschap Aa en Maas
Jan Roelsma	Wetterskip Fryslân
Joanneke Spruijt	Waterschap Zuiderzeeland
Sandra Plette	Rijkswaterstaat

Vormgeving

Shapeshifter.nl | Utrecht

STOWA-rapportnummer

2021-54

ISBN

978.90.5773.948.4

Copyright

De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding.
De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar.

Disclaimer

Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de
auteur(s) en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden
of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van dit rapport.

▶▶ VOORWOORD

Geachte lezer,

Als voorbereiding op de 3^{de} stroomgebiedsbeheerplannen (2022-2027) is in 2018 en 2019 een Nationale Analyse Waterkwaliteit (NAW) van de vorderingen in het waterkwaliteitsbeleid uitgevoerd. De resultaten hiervan konden worden gebruikt bij het verder invullen van de 3de stroomgebiedsbeheerplannen. Voor deze berekeningen was inzicht in de effectiviteit van maatregelen op de emissie van nutriënten naar het grond- en oppervlaktewater nodig. Er zijn daarvoor drie verschillende maatregelpakketten met verschillende ambitieniveaus doorgerekend.

Een review en update van de kennis over maatregelen was gewenst om in de NAW een state-of-the-art beeld te schetsen. Het onderhavige rapport geeft op basis van een review van nationale en internationale studies een overzicht van de kennis over de effectiviteit van maatregelen op en rond landbouwpercelen om de emissies van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater en de nitraatuitspoeling naar het grondwater te verminderen. De beschouwde maatregelen hebben betrekking op de verplichte maatregelen in het zesde Nitraat Actie Programma (6^e NAP) en maatregelen die gestimuleerd worden in het Deltaprogramma Agrarisch Waterbeheer (DAW). Ook geeft het rapport concrete voorstellen voor het verwerken van informatie over maatregelen in de invoer van modelinstrumentarium dat voor de NAW is ingezet en ook voor de rekenwijze voor samengestelde maatregelen in pakketten.

De in dit rapport verzamelde kennis is benut voor de NAW en de modelberekeningen van landbouwmaatregelen die hiervoor zijn uitgevoerd. Ook is het benut om de maatregelen-lijst die is opgenomen in de zogenaamde BOOT-lijst te herzien. Na het tot stand komen van de NAW is in de voorbereiding van het zevende Nitraat Actie Programma ook de landbouwmaatregel “duurzame landbouwplannen” in beeld gekomen. Deze maatregel wordt daarom kort in dit rapport behandeld.

LTO-sectorvertegenwoordigers hebben op basis van de in deze studie aangeleverde maatregellijsten inschattingen gemaakt van de mate van draagvlak bij agrariërs om in het kader van het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer deze maatregelen vrijwillig uit te voeren. De maatregelen hebben vooral betrekking op bodem- en nutriëntenbeheer. Maatregelen door waterbeheerders zoals beschreven in stroomgebiedsbeheerplannen worden in een ander deelproject van de NAW beschouwd.

De in dit rapport verzamelde kennis en achtergrondinformatie ondersteunt de verdere uitwerking van het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer en verdere modelontwikkeling om effecten van de maatregelen op de emissies van nutriënten naar bodem en water te kwantificeren. Ook kan het in combinatie met de tool Maatregel op de Kaart die voor de Kennisimpuls is ontwikkeld benut worden om locatie specifieke omstandigheden en effecten nader aan te kunnen duiden.

Carlo Rutjes,

Voorzitter gebruikerscommissie

▶▶ INHOUD

Samenvatting	6
1 Inleiding	10
2 Literatuuroverzicht effectiviteit landbouwmaatregelen	12
2.1 Inleiding	12
2.2 Nutriëntenstromen in de landbouw	12
2.3 Buitenlandse literatuur landbouwmaatregelen	14
2.3.1 Duitsland	14
2.3.2 Engeland	16
2.3.3 Noordwest-Europa	18
2.3.4 Wereldwijd	19
2.3.5 Nadere analyse effectiviteit bodembedekkers (vanggewassen)	21
2.3.6 Nadere analyse effectiviteit Bufferstroken	22
2.4 Landbouwmaatregelen Nationale Analyse Waterkwaliteit	26
2.5 Duurzame bouwplannen	28
2.6 Zuiveringsmaatregelen in en rond het oppervlaktewater	29
2.6.1 Scope van de beschouwde zuiveringsmaatregelen	29
2.6.2 Natuurlijke zuiveringsprocessen	29
2.6.3 Effectiviteit zuiveringsmaatregelen	32
3 Modelsimulaties NAW en andere verkenningen	35
3.1 Landelijk Waterkwaliteitsmodel	35
3.2 Inzet van deelmodellen in de rekenruns	37
3.3 Methode van effectberekening	39
3.3.1 Effecten van combinaties van maatregelen (pakketten)	39
3.3.2 Bepaling van effecten in zichtjaren	42
4 Discussie en perspectief van het onderzoek	45
4.1 Discussie	45
4.2 Perspectief van het onderzoek	49
Literatuur	50
Bijlage 1 Factsheets maatregelen	57
Bijlage 2 Overzicht maatregelen en inschatting effecten	136
Bijlage 3 Voorbeelden methodiek effectbepaling	139

▶▶ SAMENVATTING

Als voorbereiding op de 3^{de} stroomgebiedsbeheerplannen is in 2018 en 2019 een Nationale analyse van de vorderingen in het waterkwaliteitsbeleid uitgevoerd. Naast een verwerking van bronnenanalyses van regionale waterbeheerders tot een landelijk beeld is ook een inschatting gemaakt van het effect van al vastgesteld beleid op de waterkwaliteit zoals deze in 2027 verwacht mag worden als geen andere factoren wijzigen. Daarnaast zijn enkele varianten met maatregelen doorgerekend, zoals deze door het supportteam Deltaplan Agrarisch Waterbeheer in samenspraak met de regionale waterbeheerders zijn gedefinieerd, met een gewoon en een hoog ambitieniveau. Voor deze berekeningen was inzicht in de werking van de maatregelen nodig om ze in de invoer van de rekenmodellen te kunnen beschrijven. Dit rapport geeft een review en update van de kennis over maatregelen met als doel in de Nationale analyse een state-of-the-art beeld te schetsen en om realistische aannames te doen in de modelberekeningen. Het rapport beschrijft de kennis die in 2020 beschikbaar was.

Maatregelen zijn te onderscheiden naar de manier waarop ze effect sorteren: bronmaatregelen, routemaatregelen en end-of-pipe¹ maatregelen. Voor stikstof worden brongerichte maatregelen als een effectieve manier beschouwd voor de verbetering van waterkwaliteit. Voor fosfaat is de historische bodemvoorraad meestal groot en hebben brongerichte maatregelen niet snel genoeg effect om de oppervlaktewaterkwaliteitsdoelen in 2027 te kunnen halen. Voor fosfor zijn daarom vooral routemaatregelen en effectgerichte maatregelen in en om de waterloop nodig om de belasting naar het oppervlaktewater te verminderen.

In de review zijn wetenschappelijke publicaties beschouwd die vanuit Duitsland, Engeland en Noordwest-Europa een overzicht geven van de beschikbare kennis over effecten van landbouwmaatregelen.

Het Duitse onderzoek richt zich vooral op de uit- en afspoeling van stikstof. Voor 49 maatregelen wordt onderscheid gemaakt naar effectiviteit, kosteneffectiviteit, toepasbaarheid en acceptatie. Van de bronmaatregelen wordt de grootste effectiviteit verwacht van vanggewassen, winterbodembedekkers en afzien van het scheuren van grasland (tot ca 60-80 kg/ha mineraal N in de bodem van 0 - 90 cm diep). Natte bufferstroken of wetlands kunnen 50 - 300 kg/ha stikstof verwijderen en worden als de meest effectieve end-of-pipe maatregelen gezien, echter door het beslag op landbouwgrond is de vrijwillige acceptatie van dergelijke maatregelen gering.

Het Engelse onderzoek neemt behalve de nitraatuitspoeling naar grondwater en de stikstofbelasting van oppervlaktewater ook de ammoniakvervluchtiging en de emissies van broeikasgassen in beschouwing, maar geeft geen inschatting voor de afspoeling van fosfaat. Het omzetten van bouwland naar extensief gebruikt grasland, de teelt van vanggewassen en het afzien van het scheuren van grasland in de herfst worden als de meest effectieve maatregelen beschouwd. De kosteneffectiviteit van de maatregelen laat in de literatuur van het Engelse en Duitse onderzoek een grote variatie zien, mede omdat het effect specifiek is voor de lokale omstandigheid. De indruk is dat de kosten voor de maatregelen in de betreffende studie ruim zijn ingeschat en men niet optimistisch is over de vrijwillige bereidheid tot het nemen van maatregelen. De bereidheid is het grootst voor maatregelen die niet direct door een boer genomen worden of die eenvoudig zijn uit te voeren.

In een overzichtsstudie voor Noordwest-Europa zijn zeven maatregelen voor Nederland, Denemarken, Engeland & Wales en Noord-Ierland met elkaar vergeleken. De teelt van vanggewassen wordt als effectieve maatregel gezien in Nederland en Denemarken om het uitspoelbare stikstofresidu in de bodem na de oogst en de nitraatconcentratie in het grondwater te verminderen. Voor Engeland & Wales wordt ingeschat dat deze maatregel ook een verminderend effect heeft op de P-belasting van oppervlaktewater. Bufferstroken worden in Denemarken als effectieve maatregel gezien om de stikstof- en

1 Het begrip end-of-pipe wordt gehanteerd vanuit het perspectief van een landbouwperceel. Wanneer geredeneerd wordt vanuit het perspectief van een waterloop kan de betreffende maatregel een bron- of routemaatregel zijn.

fosforbelasting van oppervlaktewater te verminderen, maar voor Nederland wordt de effectiviteit veel lager ingeschat. Dit verschil is vooral toe te schrijven aan de wijze waarop bufferstroken worden geïmplementeerd. Bij brede buffergebieden zoals in Denemarken zouden in Nederland bufferzones ook effectiever zijn dan de stroken waar men in het onderzoek van Noij *et al* (2021) vanuit ging. De kosten en de kosteneffectiviteit verschillen sterk tussen de verschillende landen en ook voor een bepaalde maatregel binnen een land. Deze aspecten zijn sterk afhankelijk van de lokale omstandigheden.

Voor het onderzoeksprogramma Horizon-2020 van de Europese Commissie is in het project FAIRWAY (zie website <https://www.fairway-project.eu/index.php>) een review van wetenschappelijke artikelen uitgevoerd van de effectiviteit van maatregelen voor de vermindering van nitraatuitspoeling en pesticiden naar drinkwaterbronnen (grondwater en oppervlaktewater). De effectiviteit vertoont een grote spreiding. Uit de studie komt naar voren dat voor vermindering van de nitraatuitspoeling de volgende maatregelen het meest effectief zijn: N-inputcontrolemaatregelen, aanpassing van het gewastype / gewasrotatie, de teelt van vanggewassen, de aanpassing van grondbewerking en het gebruik van nitrificatieremmers. Het overzicht laat verder zien dat de effectiviteit niet alleen verschilt tussen de maatregelen maar ook binnen een maatregel, gezien de grote variabiliteit in het effect van een bepaalde maatregel.

Voor enkele maatregelen zijn voor FAIRWAY ook afzonderlijke meta-analyses uitgevoerd². Een studie naar het effect van winterbodembedekkers toont aan dat de teelt van niet-vlinderbloemige bodembedekkers een effectieve manier is om stikstofuitspoeling te voorkomen. In Scandinavische landen verminderden niet-vlinderbloemige ondergezaaide vanggewassen in zomergraan de stikstofuitspoeling met gemiddeld 50% in vergelijking tot controlegroepen zonder vanggewassen. In een meta-analyse naar het effect van bufferstroken werd een gemiddelde vermindering van de N-belasting van het oppervlaktewater gevonden van 33% en een vermindering van nitraat in grondwater nabij waterlopen van 70%. De studies naar bufferstroken geven ook aan dat de zuiveringsefficiëntie voor N-transport via oppervlakkige afstroming zou afnemen met de leeftijd van de bufferstrook. In een statistisch model op basis van meer dan 50 behandelingen in verschillende veldexperimenten zou een bufferstrook met een breedte van 5 meter voor een vermindering van N- en P-transport zorgen van 50%. Bij een bufferstrookbreedte van 2 meter zou de zuivering ca 25% bedragen. Voor de Nederlandse situatie worden dergelijke getallen als minder representatief beschouwd omdat de oppervlakkige afstroming hier een minder groot aandeel heeft in de totale belasting van het oppervlaktewater dan men in het buitenland gewend is.

Voor 25 maatregelen zijn factsheets samengesteld met beschrijvingen van de referentiesituatie, de maatregel, het toepassingsgebied, gerapporteerde effecten op nitraat en de N- en P-belasting van het oppervlaktewater, mogelijke neveneffecten en een mogelijke aanpak om de maatregel in de invoer van het Landelijke Waterkwaliteitsmodel (LWKM) te verwerken. De geselecteerde maatregelen (Tabel S.1) betreffen die van het zesde Actieprogramma Nitraatrichtlijn en een aantal van de BOOT-lijst zoals deze door het supportteam DAW zijn voorgedragen voor de beschrijving van praktijkgerichte factsheets in een studie van Verloop *et al* (2018).

Voor de zuivering in en rond het oppervlaktewater worden een zevental maatregelen besproken. Over het effect van natuurvriendelijke oevers is weinig kwantitatieve informatie beschikbaar.³ Voor de effectiviteit van moerasbufferstroken, verschillende vormen van helofytenfilters (vloeiend, horizontaal doorstroomd, verticaal doorstroomd) worden in de literatuur uiteenlopende waarden gegeven. Literatuur over helofytenfilters heeft vaak betrekking op de zuivering van afvalwater. De zuiverende werking van slootwater in het landelijke gebied zal meestal minder zijn dan van afvalwater⁴.

2 Een meta-analyse geeft een synthese van literatuur over effecten van ingrepen waarbij kwantitatief gerapporteerde effecten van experimenten (verschil met en zonder behandeling) door normalisatie met elkaar worden vergeleken.

3 Extra plantengroei verhoogt de retentie in het watersysteem. Na aanleg van enkele kilometers robuuste natuurvriendelijke oever langs de Hoge dwarsvaart in Flevoland namen de gehalten fosfor in het uitgemalen water in de zomerperiode duidelijk af, waarschijnlijk door vastlegging in vegetatie. Uiteindelijk leidt dit tot extra slietaanwas en oplading van het systeem.

4 Het inrichten van kavelsloten/greppels met een functie als helofytenfilter (in plaats van strak kaalmaaien tbv waterafvoer) is vaak wel mogelijk over een veel groter oppervlak dan een voor helofytenfilter voor afvalwater

Technologische maatregelen zoals de toepassing van specifiek drainbuis-omhulsel en het toepassen van een puri-oever hebben onder bepaalde omstandigheden (bijv. sterk fosfaatverzadigde bodems van bollenpercelen) het grootste effect en lijken voor die situaties het meest robuust in hun werking.

Bij het combineren van maatregelen in rekenvarianten is rekening gehouden met de aard van hun werking (brongericht, routegericht, end-of-pipe). Aan de hand van een weging van de gerankte effectiviteit voor de vermindering van het stikstofoverschot zijn verschillende brongerichte maatregelen te combineren tot één pakket. Dit pakket is doorgerekend met de bodemmodule van het Landelijke Waterkwaliteitsmodel. Het effect op de vermindering van de N- en P-belasting van het oppervlaktewater is gecombineerd met de effecten van de routegerichte maatregelen en de end-of-pipe maatregelen. De N- en P-belasting zoals berekend door de bodemmodule is vermenigvuldigd met een reductiefactor afgeleid voor de routemaatregelen en een factor afgeleid voor de end-of-pipe maatregelen.

Tabel S.1

Overzicht van de besproken maatregelen op en langs het veld die leiden tot een verminderde belasting van nutriënten naar het grond- en oppervlaktewater.

Categorie	Maatregel	6e AP	DAW
Mest-volume	1. Voorwaarden en gebruiksnormen voor scheuren grasland op zand- en lössgrond	X	
	2a Aanpassing indeling fosfaatklassen en bijbehorende fosfaatgebruiksnormen	X	
	2b Verruiming P-norm bij toepassen org. stofrijke meststoffen op bouwland	X	
	3. Afstemmen bemesting op de N-mineralisatie		X
Mest-toediening	4. Rijenbemesting van maïs op zand- en lössgrond	X	
	5. Verschuiven uitrijdperiode drijfmest bouwland	X	
	6. Verruimen uitrijdperiode vaste mest op grasland	X	
	7. Latere voorjaarstoediening van dierlijke mest op gras- en maisland		X
	8. Optimaliseren stikstofwerking van mest		X
	9. Drijfmest verdunnen bij uitrijden		X
Mestsamenstelling	10. Toepassing van minder uitspoelingsgevoelige minerale N-meststoffen		X
	11. Inzet van compost en organische mest		X
Gewas	12. Eisen aan de teelt van vanggewassen en groenbemesters	X	
	13a Optimaliseren van landgebruik met gras en mais		X
	13b Toepassing van vruchtwisseling op een melkveebedrijf, gericht op behoud en opbouw van organische stof		X
	14. Verlenging van de leeftijd van grasland		X
	15. Gebruik van diepwortelende gewassen en rustgewassen		X
	16. Op tijd zaaien en goed verzorgen van een vanggewas		X
	17. Bodembedekking door toepassing van groenbemesters, tussengewassen en vanggewassen		X
	18. Drempels bij ruggenteelten op klei- en löss (6e AP) en andere gronden (DAW)	X	X
Grondbewerking	19. Voorkomen van bodemverdichting door aanpassen wiellast		X
	20. Toepassen van onderwaterdrainage in veengebieden		X
Waterhuishouding	21. Voorkomen erfafspoeling nutriënten	X ¹	
Inrichting	22. Onbemeste stroken langs waterlopen	X ¹	
	23. Natte bufferstroken		X
End-of-pipe	24. Gebruik baggerpomp voor effectief slootbaggeren		X
	25. Verwijdering van fosfaat uit drainagewater		X

1) Benoemd in 6^e Actieprogramma, uitwerking in DAW

De effecten van de brongerichte maatregelen worden berekend met een dynamisch simulatiemodel waarin het weer een belangrijke drijvende factor is voor de uit- en afspoeling. Voor het beoordelen van de effecten van beleidsmaatregelen en aanvullende maatregelen is het nodig om variaties als gevolg van het weer uit de resultaten te filteren. Voor deze filtering wordt een methode toegepast waarin de mestgiften, gewasopname en bodemprocessen voor een bepaald jaar 30 maal wordt doorgerekend met de 30 verschillende weerjaren uit de reeks 1981 - 2010. Bij elke modelrun hebben de weerjaren dezelfde volgorde.

Bij het beschrijven van de maatregelen is geconstateerd dat een aantal maatregelen in de BOOT-lijst overlap vertonen en/of niet scherp omschreven zijn. Geadviseerd wordt hier aandacht aan te besteden. De BOOT-lijst bevat ook een aantal maatregelen die geen concrete actie inhouden, maar als een advies voor de aanpassing van een bedrijfsstrategie te beschouwen zijn. Daarnaast heeft de BOOT-lijst ook omissies. Maatregelen waarvan is ingeschat dat er geen draagvlak voor zou zijn, zijn niet opgenomen.

Geconstateerd wordt dat *niet alle* maatregelen even goed zijn onderzocht, en dat de effecten van maatregelen sterk afhangen van lokale omstandigheden. Als effecten wel zijn onderzocht in veldonderzoek, zijn deze vaak ook specifiek voor de onderzoekssituatie.

Aanbevolen wordt om bij de prioritering van onderzoek naar effecten van maatregelen rekening te houden met de fysische eigenschappen van het gebied en met de kernopdracht en expertise van de partij die om onderzoek vraagt. Daarnaast wordt aanbevolen om *niet alleen* uit te gaan van maatregelen waar nu draagvlak voor is, maar om opties voor impopulaire maatregelen open te houden. De uitvoering van veldonderzoek en de doorwerking van de resultaten van dergelijk onderzoek duurt een aantal jaren en door nieuwe beleidsthema's (bijv. stikstof in relatie tot Vogel- en Habitatrichtlijn, klimaatmitigatie, energietransitie) kan het draagvlak voor maatregelen over enkele jaren anders zijn dan nu.

►► 1 INLEIDING

Als voorbereiding op de 3^{de} stroomgebiedsbeheerplannen is in 2018 en 2019 een Nationale analyse van de vorderingen in het waterkwaliteitsbeleid uitgevoerd (Van Gaalen *et al*, 2020). De resultaten hiervan kunnen gebruikt worden bij het verder invullen van de stroomgebiedsbeheerplannen. In de Nationale analyse waterkwaliteit (verder aangeduid als NAW) zijn de resultaten van regionale bronnenanalyses verwerkt tot een landelijk beeld. Ook is een inschatting gemaakt van het effect van al vastgesteld beleid op de waterkwaliteit zoals deze in 2027 verwacht mag worden als geen andere factoren wijzigen. Dit is de Basisprognose. Daarnaast zijn twee varianten (basisambitie, hoge ambitie) met mogelijke aanvullende maatregelen doorgerekend, zoals deze door het supportteam Deltaplan Agrarisch Waterbeheer in samenspraak met de regionale waterbeheerders zijn gedefinieerd, met een gewoon en een hoog ambitieniveau. Voor deze berekeningen was inzicht in de effectiviteit van maatregelen op de emissie van nutriënten naar het grond- en oppervlaktewater nodig. Een review en update van de kennis over maatregelen was gewenst om in de NAW een state-of-the-art beeld te schetsen en om realistische aannames te doen in de modelberekeningen.

In het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer (DAW) werken agrariërs en waterbeheerders samen om met een duurzame landbouwpraktijk de waterkwaliteit en de beschikbaarheid van water te verbeteren en wateroverlast te verminderen (waterkwantiteit). Bij het selecteren van maatregelen ontbreekt het vaak aan inzicht in waar en wanneer in een stroomgebied de meeste nutriëntenverliezen optreden. De landelijke en regionale waterkwaliteitsmeetnetten zijn daar te grofmazig voor. Ook ontbreekt de kennis over effecten van maatregelen onder de lokale omstandigheden (gewas, bodem, bouwplan en waterhuishouding). De huidige kennis over maatregelen is gebaseerd op expert-judgement of modelanalyses en slechts in enkele gevallen op veldonderzoek. Het rapport ‘Succes- en faalfactoren Agrarisch Waterbeheer’ van Breman *et al* (2016) geeft aan dat het ontbreken van kennis over de effectiviteit van maatregelen een faalfactor is voor het DAW. Naast de in dit rapport genoemde maatregelen is het werken aan het krijgen en verspreiden van kennis een belangrijk onderdeel van DAW.

In de loop der jaren zijn een aantal maatregellijsten samengesteld om suggesties te doen aan agrariërs en landbouwadviseurs, om structuur te brengen in effectschattingen, als input voor discussies over bestuurlijke verantwoordelijkheden en om beleidsevaluaties te faciliteren. Voorbeelden hiervan zijn gegeven in [Tabel 1.1](#).

Voor de NAW is een beoordeling nodig van de actualiteit van de literatuurgegevens en een vertaling naar de parameters en/of modelinvoer voor rekenmodellen die voor de Analyse worden ingezet. De doelen van de studie zijn als volgt:

1. Verzamelen en analyseren van literatuurgegevens van effecten van maatregelen op en rond het veld op de uit- en afspoeling van meststoffen;
2. Vertaling van deze gegevens naar modelparameters en modelinvoer voor rekenmodellen
3. Voor het faciliteren van het DAW en andere gebiedsprocessen is kennis nodig over hoe eerdere effectschattingen zijn afgeleid en hoe hard de kennis hierover is.
4. Voor het project “KennisImpuls WaterKwaliteit” Nutriëntenmaatregelen wordt veldonderzoek naar de effectiviteit van maatregelen overwogen. Met de literatuurstudie kan de vraag naar welk type veldexperiment het meest zinvol zou zijn beter beantwoord worden.

Voor de analyse van literatuurgegevens zijn de meeste bronnen uit [Tabel 1.1](#) geraadpleegd. Daarnaast zijn een aantal wetenschappelijke artikelen geraadpleegd met een synthese van empirisch onderzoek (reviews; meta-analyses).

[Hoofdstuk 2](#) bespreekt de maatregellijsten en gerapporteerde effecten die worden gehanteerd in omliggende landen en geeft een overzicht voor 25 landbouwmaatregelen die vanuit het 6^e NAP en het DAW zijn geselecteerd. Van ieder van deze 25 maatregelen is in bijlage 1 een uitgebreide beschrijving opgenomen in de vorm van een factsheet. [Hoofdstuk 3](#) geeft informatie over het rekenmodel en de wijze waarop informatie verwerkt wordt in modelberekeningen. In het afsluitende hoofdstuk worden de omschrijving van maatregelen en empirische basis van de effectenschattingen bediscussieerd en worden conclusies getrokken over het perspectief van het onderzoek.

TABEL 1.1

Rapporten met overzichten van maatregelen en effectschatteningen.

Thema	Initiatieven / studies
Landbouw en KRW	Van Boekel et al (2009) Ex-ante evaluatie landbouw en KRW : achtergrondstudie: effecten van aanvullende maatregelen. Wageningen, Alterra, rapport 1987. Groenendijk et al (2016). Landbouw en de KRW-opgave voor nutriënten in regionale wateren. Wageningen, Wageningen Environmental Research, rapport 2749.
COST869	COST Action Mitigation options for nutrient reduction in surface water and groundwaters: http://www.cost869.alterra.nl/
BOOT-LIJST	BOOT-lijst maatregelen agrarisch waterbeheer. Herziene lijst met maatregelen vastgesteld in het Bestuurlijk Overleg Open Teelten en veehouderij (BOOT) van 7 juni 2017: http://agrarischwaterbeheer.nl/document/boot-lijst-maatregelen-agrarisch-waterbeheer
Quick scan DAW maatregelen	Rozemeijer et al (2016). Expertbeoordeling van landbouwmaatregelen voor oppervlaktewaterkwaliteit. H2O-online / 28 november 2016; Noij et al (2016) Quick scan van kosten en effecten van DAW maatregelen. Expert judgement kosten-effectiviteit van maatregelen om de belasting van oppervlaktewater met nutriënten vanaf landbouwgrond terug te dringen. (Verkrijgbaar als PDF bij PBL: Frank.vanGaal@pbl.nl)
PlanMER 5 ^{de} Actieprogramma Nitraatrichtlijn	Schoumans et al (2012) Analyse maatregelen om nutriëntenemissies uit de landbouw te verminderen: deskstudie ter voorbereiding van planMER. Wageningen, Alterra, rapport 2385.
PlanMER 6 ^{de} Actieprogramma Nitraatrichtlijn	Groenendijk et al (2017) Milieueffectrapportage van maatregelen zesde Actieprogramma Nitraatrichtlijn. Op planniveau. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2842.
Verkenning vermindering uit-en afspoeling fosfaat	Van der Salm et al (2015) Opties voor benutten van de bodem voor schoon oppervlaktewater. Wageningen, Alterra, rapport 2588
Boeren voor drinkwater	Van den Brink et al (2017) Evaluatie Boeren voor Drinkwater 2010-2016. WATBD1135101100R003WM
Joint Nutrient program	Boekel, E.M.P.M. van, 2015. NW European Policy-Science Working Group on Reducing Nutrient Emissions : mitigation options: Evaluating the impact of implementing nutrient management strategies on reducing nutrient emissions from agriculture in NW Europe. Wageningen, Alterra, report
BTO-rapport	Loon, A.H. van. Gebiedsgerichte maatregelen in het mestbeleid: het perspectief voor de drinkwatersector. BTO 2017.016, Maart 2017.
Themadag 2017 CBGV	Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen. Themadag 2017. 'Efficiënte ruwvoerteelt met minder verliezen' http://www.bemestingsadvies.nl/nl/bemestingsadvies/Themadagen/Themadag-2017.htm
Wettelijk instrumentarium KRW maatregelen	Velthof et al (2018) Wettelijk instrumentarium voor landbouwmaatregelen om waterkwaliteit te verbeteren. Realisatie van nutriëntendoelstellingen uit de Kaderrichtlijn Water. WOT-rapport 129
Achtergronden factsheet BOOTlijst	Verloop et al (2018) Achtergronden bij informatie in de BOOT-lijst factsheets. Wageningen, Wageningen Plant Research rapport 842

▶▶ 2 LITERATUUROVERZICHT EFFECTIVITEIT LANDBOUWMAATREGELEN

2.1 Inleiding

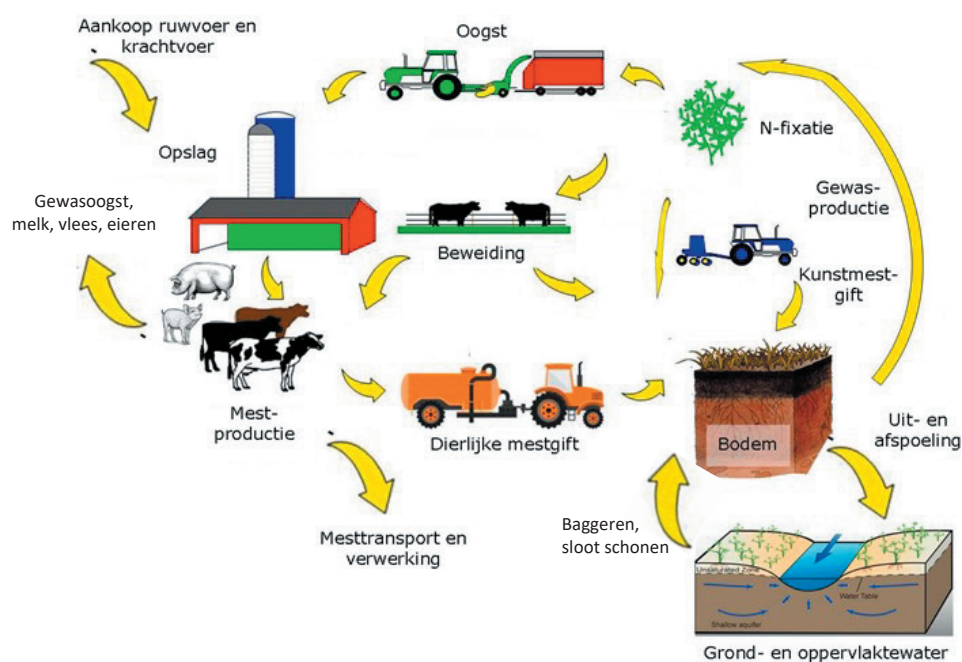
Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de kennis over de effectiviteit van landbouwmaatregelen op en langs percelen. Eerst wordt in [paragraaf 2.2](#) ingegaan op de nutriëntenstromen binnen landbouwbedrijven, omdat dit inzicht biedt in de complexiteit, samenhang en terugkoppelingen van de handelingen rond nutriënten binnen het bedrijf. [Paragraaf 2.3](#) geeft vanuit de bestudeerde internationale literatuur een overzicht van de kennis over de effectiviteit van landbouwmaatregelen. Hierbij wordt in meer detail ingegaan op de effectiviteit van bodembedekkers (vanggewassen en groenbemesters) en bufferstroken. [Paragraaf 2.4](#) geeft een overzicht van 25 landbouwmaatregelen die vanuit het 6^e NAP en het DAW voor deze studie zijn geselecteerd. Van ieder van deze 25 maatregelen is in bijlage 1 een uitgebreide beschrijving opgenomen in de vorm van een factsheet. In [paragraaf 2.5](#) wordt kort ingegaan op het effect van duurzame bouwplannen, omdat dit een belangrijke pijler is in het concept 7^e NAP en geen onderdeel is van het 6^e NAP en de BOOT-lijst. Het hoofdstuk wordt in [paragraaf 2.6](#) afgesloten met een overzicht van end-of-pipe maatregelen in en rond het oppervlaktewater die gericht zijn op het zuiveren van uit- en afspoelend landbouwwater voordat het in het regionale oppervlaktewater terecht komt.

2.2 Nutriëntenstromen in de landbouw

Er zijn in de loop der tijd veel maatregelen gedefinieerd om de nutriëntenbelasting vanuit landbouwbodems naar het oppervlaktewater te verminderen. Dergelijke maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit vragen om bewuste inspanningen van agrariërs. Voor een agrariër staat zo'n inspanning niet op zichzelf maar heeft deze effect op allerlei andere handelingen. Dit wordt geïllustreerd door [Figuur 2.1](#) waarin te zien is hoe allerlei nutriëntenstromen elkaar beïnvloeden. Dit betekent dat er verschillende manieren zijn om tot vermindering van emissies te komen, maar ook dat door de terugkoppelingen van nutriëntenstromen binnen landbouwbedrijf het niet altijd mogelijk is om het effect van een handeling helemaal te overzien. Vanuit de complexiteit, zoals die in [Figuur 2.1](#) is aangeduid, is het ook te begrijpen dat er een grote variatie in bedrijven bestaat (managementstijl, fysische omstandigheden, ketenpartners, etc.).

FIGUUR 2.1

Schematische weergave van nutriëntenstromen op een landbouwbedrijf met vee.

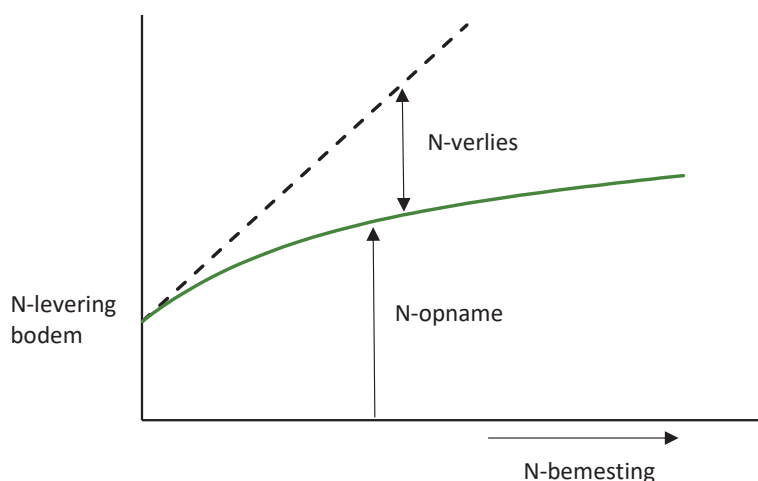


Maatregelen ter preventie en vermindering van uit- en afspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater worden doorgaans ingedeeld aan de hand van het bron-route-receptor concept. Zo worden bronmaatregelen, routemaatregelen en end-of-pipe maatregelen onderscheiden (zie bijv. Burt *et al.*, 1993; Van Boekel 2015). Voorbeelden van brongerichte maatregelen zijn de gebruiksnormen, evenwichtsbemesting, maatvoering in opslagcapaciteit en de uitrijdperioden. Voorbeelden van routemaatregelen zijn drainage, bufferstroken, groenbedekking en maaiveldaanpassing. Voorbeelden van effectgerichte (end-of-pipe) maatregelen zijn (natuurvriendelijk) baggeren, aanleg van natte bufferstroken en zuiveren van water uit buisdrains. Voor stikstof worden brongerichte maatregelen als een effectieve manier beschouwd voor de verbetering van waterkwaliteit. Voor fosfaat zijn brongerichte maatregelen minder effectief (zeker op korte termijn) en zijn vooral routemaatregelen en effectgerichte maatregelen nodig om de belasting naar het oppervlaktewater te verminderen (Groenendijk *et al.*, 2016).

De uit- en afspoeling van stikstof (N-verlies) wordt sterk bepaald door de N-input via o.a. bemesting in relatie tot de gewasopname (Figuur 2.2).

FIGUUR 2.2

Conceptueel verband tussen mestgift en stikstofverlies in de bodem.



Bij het overwegen van maatregelen moet men bedenken dat de respons van gewasproductie op de N-input niet-lineair is, gekarakteriseerd door de wet van de afnemende meeropbrengsten. Bij een lage stikstofbeschikbaarheid is de gewasrespons op een verandering van de input hoog en is het risico op N-uitspoeling relatief laag. Bij een grote stikstofbeschikbaarheid is de gewasrespons op een veranderde input achter een stuk lager. De verliezen zijn dan ook relatief groot omdat het gewas niet in staat is om het overschot op te nemen. Het risico op N-uitspoeling is daarmee tegengesteld aan de wet van de afnemende meeropbrengsten: het risico neemt meer dan lineair toe met de N-input tot een bepaald niveau. Boven dit niveau neemt het risico min of meer lineair toe met de N-input.

De uit- en afspoeling van fosfaat wordt sterk bepaald door het fosfaatgehalte van de toplaag van de bodem, de grondwaterstand, het reliëf van het maaiveld, extreme neerslaggebeurtenissen en de aanwezigheid van storende lagen in de bodem waardoor plassen op het maaiveld kunnen ontstaan. In west en noord Nederland speelt zogenoemde achtergrondbelasting door kwel, uitloging van sedimenten en oxidatie van veen een rol bij de belasting van oppervlaktewater.

2.3 Buitenlandse literatuur landbouwmaatregelen

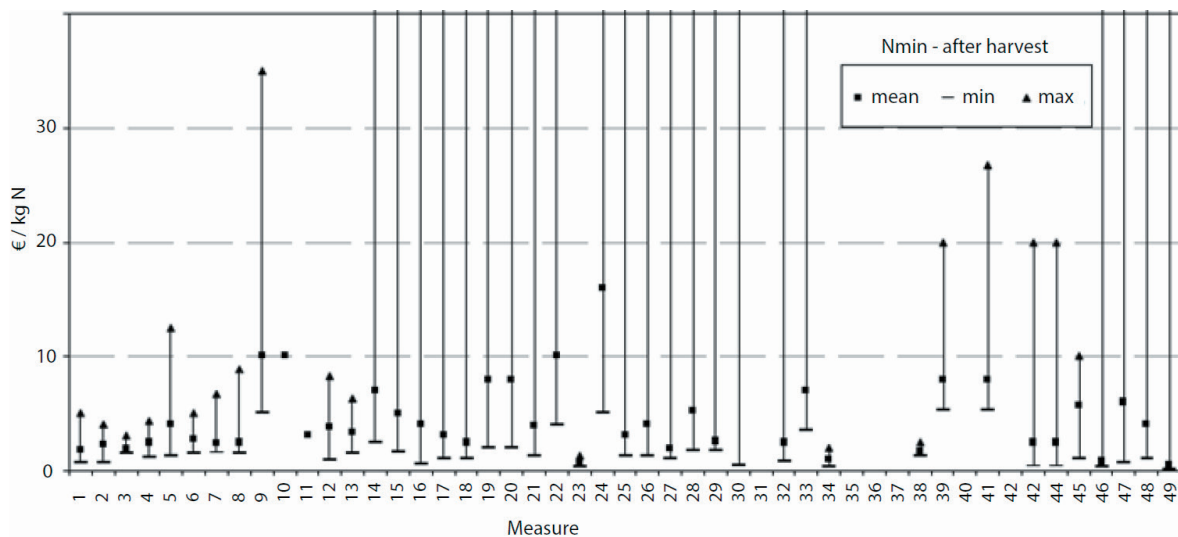
Deze paragraaf geeft een overzicht van kennis over de effectiviteit van landbouwmaatregelen die in buitenlandse literatuur is beschreven. Het betreft literatuuroverzichten vanuit Duitsland, Engeland en Noordwest-Europa, alsmede een review en meta-analyse naar het effect van maatregelen wereldwijd. De paragraaf sluit af met een nadere analyse van de effectiviteit van bodembedekkers (vanggewassen en groenbemesters) en droge bufferstroken in meerdere landen.

2.3.1 Duitsland

Osterburg *et al* (2007) heeft in het kader van de uitwerking van de Kaderrichtlijn Water voor Duitsland een overzicht samengesteld van 49 maatregelen om de nitraat- en stikstof uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater te verminderen. Het overzicht is samengesteld en de kosteneffectiviteit (euro per kilo verminderde N-min in de herfst) is geschat voor verschillende bedrijfstypen en bodem/klimaatomstandigheden op basis van literatuuronderzoek, interviews en expert judgement. Zij gebruikten drie indicatoren: (i) het stikstofoverschot op de bodembalans, (ii) de hoeveelheid mineraal N in de bodem van 0 tot 90 cm na de oogst, en (iii) de netto N belasting van grond- en oppervlaktewater. De kosteneffectiviteit van de 49 maatregelen is samengevat in **Figuur 2.3** voor de indicator hoeveelheid mineraal N in de bodem van 0 tot 90 cm na de oogst.

FIGUUR 2.3

Samenvattend overzicht van de kosteneffectiviteit van 49 maatregelen ter vermindering van stikstofverliezen uit landbouwgrond in Duitsland. Voor elke van de maatregelen zijn boven en ondergrenzen en een mediaanwaarde gepresenteerd in euro per kilo verminderde N-min in de herfst. (bron: Osterburg *et al.*, 2007). De maatregelen zijn omschreven in Tabel 2.1.



De mediane waarde van de kosten varieert van 1 tot 5 euro per kg N, maar de onzekerheid in de schatting is groot voor de meeste maatregelen (0 tot 40 euro per kg N). De onzekerheid van de kosteneffectiviteit hangt samen met een aantal factoren:

- De effectiviteit van de maatregel wordt meestal bepaald door locatie specifieke omstandigheden zoals bodem, gewas, bedrijfsgrootte en bedrijfsstructuur, en ook door persoonlijke attitude en kennisniveau van de agrariër
- De berekeningswijze van de netto kosten en het effect op het bedrijfssaldo. Voor een aantal maatregelen is het moeilijk om baten te schatten, terwijl dat voor andere maatregelen wel kan. Ook het onderscheid tussen investering, afschrijving en jaarlijkse onderhoudskosten is niet altijd eenduidig. Dit leidt tot een onevenwichtigheid in de kosten-toerekening, die mede tot uiting komt in de geschatte onzekerheid
- De schaal waarop de maatregel wordt toegepast. Als een maatregel op grote schaal wordt toegepast, worden de kosten per hectare meestal lager

TABEL 2.1

Samenvattend overzicht van de geschatte effectiviteit voor vermindering van de hoeveelheid N-min in de herfst, de kosteneffectiviteit van verminderde N-min in de herfst, de toepasbaarheid en de acceptatie van 49 maatregelen in Duitsland (Osterburg et al., 2007). Toepasbaarheid: laag: +, medium: ++, hoog: +++. Acceptatie door agrariërs, nee: 0, laag: +, medium: ++, hoog: +++.

Nr	Measure	Effectiveness Kg N/ha	Efficiency Euro/kg N	Appli- cability	Accep- tance
1	Cover cropping, early plough down	20-60	0.7-5.0	++	+++
2	Cover cropping, late plough down	30-60	0.7-4.0	++	+++
3	Growth of rapeseed before winter wheat	20-40	1.5-3.0	++	++
4	Growth of winter hardiness cover crop	30-60	1.2-4.3	++	++
5	Growth of cover crop in between cereals	10-40	1.3-12.5	++	+
6	Growth of annual grass fallow crop, with plough down in	30-60	1.5-5.0	+++	++
7	Growth of two-year grass fallow crop, with plough down in	30-70	1.6-6.7	+++	++
8	Growth of many-years grass fallow crop, with plough down in	40-80	1.5-8.8	+++	+
9	Crop rotation; growth of less N demanding crops	10-30	5.0-35.0	++	++
10	Early harvest of maize followed by cover crop	20-40	7.5-15	++	+
11	Growth of cover crop after rapeseed	30-70	1.7-8.3	++	+
12	Growth of cover crop after potato	30-60	1.0-8.3	++	+
13	Growth of cover crop after vegetables	40-80	1.5-6.3	++	+
14	Crop rotation; growth of less N demanding crops	0-20	>2.5	+	++
15	Increasing planting density of maize	0-15	>1.7	++	+
16	Mulching of crop residues	0-20	>2.0	++	++
17	Zero tillage	0-20	>2.0	+++	+
18	Minimum tillage after rapeseed	0-40	>0.6	+++	+
19	No soil cultivation in autumn after harvest of cereals	0-20	>1.0	+++	++
20	No soil cultivation in autumn after harvest of maize	0-20	>1.0	+++	++
21	Intensification of grassland	0-20	>4.0	++	+
22	Restricted grazing in autumn	0-40	>1.3	+	++
23	No reseeding and cultivation of grassland	40-80	0.3-1.3	++	++
24	Small reduction of N fertilization of arable crops	0-10	>5.0	0	+
25	No N fertilization of arable crops in late summer and autumn	0-20	>1.0	0	++
26	Use enhanced efficiency fertilizers, including nitrification	0-20	>1.3	++	++
27	Use of CULTAN; injection of liquid fertilizers	0-20	>1.3	+++	++
28	Improved fertilizer spreading	0-10	>1.8	++	++
29	Band application of fertilizer with potato	0-15	>1.7	+	++
30	Precision N fertilization	0-20	>0.5	+++	+
31	Covering manure storages	1-3	0.7-4.0	+++	++
32	Low-emission manure application	0-20	>0.8	+++	+++
33	Improved application technique for solid manure	0-10	>3.5	+++	+++
34	No manure application to land after 15 September	20-40	0.3-1.5	++	++
35	Ban on manure application from 1 October to 15 February	10-20	1.3-2.5	++	++
36	Lowering the maximum manure application rate to 150 kg per	?	?	++	++
37	Low-protein feeding of pigs	?	?	+++	+++
38	Low-protein feeding of poultry	?	?	+++	+++
39	Transformation of arable land into grassland	30-70	5.3-20.0	+++	0
40	Bufferstrips	?	?	+++	+
41	Contour cropping on sloping land	?	?	+++	0
42	Reduced drainage	30-70	5.3-26.7	+++	0
43	Introduction of riparian zones	50-300	0.4-20.0	+++	0
44	Re-introduction of wetlands	50-300	0.4-20.0	+++	0
45	Transformation to organic farming	20-80	1.0-10.0	+++	+
46	Nutriënt management planning	0-30	>0.3	+++	+++
47	Using soil mineral N analyses for nutrient management	0-30	>0.7	+++	++
48	Using plant N analyses for nutrient management planning	0-20	>1.0	+++	+++
49	Using manure N analyses for nutrient management planning	0-40	>0.1	+++	++

Behalve effectiviteit en kosteneffectiviteit maakten Osterburg *et al* (2007) ook een kwalitatieve schatting van de mate waarin maatregelen toepasbaar zijn op een agrarisch bedrijf en de acceptatie door agrariërs (tabel 2.1).

Van de bronmaatregelen wordt de grootste effectiviteit verwacht van vanggewassen, winterbodembedekkers, afzien van het scheuren van grasland (tot ca 60-80 kg/ha mineraal N in de bodem van 0 - 90 cm diep) en niet bemesten na 15 september. Natte bufferstroken of wetlands (nr. 43 en 44) kunnen 50 - 300 kg/ha stikstof verwijderen en worden als de meest effectieve end-of-pipe maatregelen gezien, echter door het beslag op landbouwgrond is de vrijwillige acceptatie van dergelijke maatregelen gering.

2.3.2 Engeland

Newell-Price *et al.* (2011) stelde voor Engeland een overzicht samen van 42 maatregelen om de nitraatuitspoeling naar grondwater en de stikstofbelasting van oppervlaktewater te verminderen. Daarnaast beschouwden zij ook het effect op ammoniakvervluchtiging en de emissie van broeikasgassen. Het overzicht stelden zij samen op basis van literatuur review en expert judgement.

Het doel van hun studie was het ondersteunen en ontwikkelen van beleid voor het selecteren van mitigerende maatregelen. De maatregelen zijn samengevat in tabel 2.2 en vermelden per maatregel de effectiviteit, de kosteneffectiviteit de toepasbaarheid en de bereidheid van boeren tot het nemen van de maatregel. De inschatting van de kosteneffectiviteit is uitgedrukt in de kosten van de maatregelen voor een geheel bedrijf. Hierdoor kunnen maatregelen op het erf en in de stal worden vergeleken. De kosten variëren van een paar honderd Britse ponden tot meer dan een paar duizend Britse ponden per bedrijf per jaar. De toepasbaarheid en de bereidheid tot het nemen van de maatregel zijn geschat met de klassen “laag”, “gemiddeld” en “hoog” en zijn geschat op basis van expert judgement.

Aanpassingen in het landgebruik zijn het meest effectief, maar de bereidwilligheid voor toepassing is laag. Het zou een grote aanpassing in de bedrijfsstructuur vergen, die veelal gepaard gaat met inkomstenverlies. Ook het effect van vanggewassen (nr. 5 en 6), grasland scheuren in het voorjaar in plaats van najaar (nr. 7) en nitrificatieremmers (nr. 29) wordt hoog ingeschat. Van enkele maatregelen (zoals bodemverbetering en bufferstroken) is de effectiviteit op de nitraatverliezen onbekend en hebben toch hoge kosten. Een verbeterde nutriëntenbenutting heeft een hoge bereidwilligheid om toe te passen omdat dit ook het inkomen van de agrariër ten goede kan komen, maar de effectiviteit hiervan wordt laag tot gemiddeld ingeschat. De kosteneffectiviteit van de maatregelen laat een grote variatie zien, mede omdat het effect specifiek is voor de lokale omstandigheid. De indruk is dat de kosten voor de maatregelen in de betreffende studie ruim zijn ingeschat en men niet optimistisch is over de bereidheid tot het nemen van maatregelen

TABEL 2.2

Overzicht geschatte effectiviteit, kosteneffectiviteit, toepasbaarheid en bereidheid tot het nemen van de maatregel voor 42 gereviewde maatregelen in Engeland (bron: Newell-Price et al., 2011). De effectiviteit is uitgedrukt in de relatieve vermindering van stikstof (nitraat) verliezen naar grond- en oppervlaktewater met vier klassen: 'negative', i.e. verliezen nemen toe, 'low'; verliezen nemen af met gemiddeld 10% (range 1-30%), 'moderate'; verliezen nemen af met gemiddeld 40% (range 20-80%), en 'high'; verliezen nemen af met gemiddeld 70% (range 50-90%).

Nr	Measure	Effectiveness	Efficiency Euro/farm	Applicability	Adoptability
1	Change the land use from arable cropping to unfertilised grassland (without livestock) and associated manure inputs	High	200 – 4000	Specific areas only	Low
2	Change the land use from arable cropping to permanent grassland, with a low stocking rate and low fertiliser inputs	High	1000-50000	Specific areas only	Low
3	Conversion of arable land to permanent woodland	High	500-1000	Specific areas only	Low
4	Convert land to biomass cropping (i.e. willow, poplar, miscanthus)	High	500-1000	Specific areas only	Low

Nr	Measure	Effectiveness	Efficiency Euro/farm	Applicability	Adoptability
5	Establish cover crops in the autumn	High	100-400	After specific crops only	moderate
6	Establish autumn sown cover crops earlier	High	1000-15000	After specific crops only	Low
7	Plough out grassland in spring rather than the autumn	high	100-4000	Specific areas only	Low-moderate
8	Minimum tillage	moderate	-4500-500	Specific areas only	Low-moderate
9	Amelioration of compacted soils and cover cropping	unknown	50-2000	Specific areas only	moderate
10	Contour soil cultivation on sloping land	unknown	50-600	Specific areas only	moderate
11	Leave autumn seedbeds rough	unknown	100-3000	Specific areas	low
12	Use tines to disrupt tramlines (compacted soils)	Unknown	10-1000	Specific crops, areas	Low-moderate
13	Maintain and enhance soil organic matter	unknown	-7000 - 1000	Moderate to high	Moderate to high
14	Establish grass buffer strips	Unknown	50 - 4000	Moderate to high	Low to Moderate
15	Establish riparian buffer strips	Unknown	1000 - 12000	Specific areas	moderate
16	Reduce surface runoff by loosening topsoil	Low	1000 - 2000	High	moderate
17	Allow existing (old) drainage systems to naturally deteriorate i.e. cease to maintain them	Low or negative	50 - 2000	Specific areas only	low
18	Actively maintain drainage systems	unknown	500-3000	Specific areas only	low
19	Clear out ditches regularly	Negative	0-1500	high	high
20	Use genetic resources to improve lifetime efficiency of livestock systems	low	-9000-2000	high	high
21	Develop new plant varieties	low	-3000 - -150	high	high
22	Improve accuracy and spread patterns of fertiliser spreaders	unknown	50-200	high	high
23	Use of a recognised fertilisation recommendation	unknown	-4000-500	high	moderate
24	Use of a recognised fertilisation recommendation + make full allowance of nutrients from manure	unknown	-8000 - -1000	high	moderate
25	Reduce the amount of manufactured N and P fertiliser applied to crops below the economic optimum rate.	low	1200 - 54000	high	low
26	Keep fertilisers away from water course	low	20 - 4000	high	Moderate to high
27	Do not spread fertiliser on wet soils	low	50-1000	high	Moderate to high
28	Place nutrients close to germinating or established crops to increase fertiliser N and/or P recovery.	low	20-100	high	Moderate to high
29	Use of nitrification inhibitors	high	500-4000	high	Low to moderate
30	Replace urea-based fertilisers by ammonium-nitrate based fertilizers	low	-900- 200	high	low
31	Use of urease inhibitor in urea fertilisers	unknown	<1000	high	Low to moderate
32	Use of clover in grassland to replace N fertiliser	moderate	<500	high	moderate
33	Do not apply manufactured N and P fertilisers to soils when soil fertility levels are high	unknown	<100	high	moderate
34	Low-protein and low-P animal feeding	low	1000-7000	high	Low to moderate
35	Phase feeding	low	400-2000	high	Low to moderate
36	Extension of the grazing season	negative	-1500-6000	moderate	Low to moderate
37	Extension of grazing when soils allow so	unknown	-1500- 500	high	low
38	Reduced grazing, especially on wet soils	moderate	1000-6000	high	Low to moderate
39	Strip grazing	unknown	100-600	moderate	Moderate
40	Construct water troughs with a firm base to reduce poaching damage to the soil.	low	200-1000	high	moderate
41	Reduce the total number of livestock on the farm i.e. the number of stock per unit of land area.	moderate	5000- 35000	high	Very low
42	Use of buffer strip to slow down water (and solute) transfer to surface water	moderate	500 - 5000	moderate	low

2.3.3 Noordwest-Europa

Van Boekel (2015) heeft een review uitgevoerd van geïmplementeerde maatregelen in Noordwest-Europa. Zeven mitigatie opties werden gedefinieerd waar vanuit Nederland, Vlaanderen, Denemarken, Engeland en Wales, Noord-Ierland en Ierland informatie is aangeleverd in de vorm van factsheets.

Tabel 2.3 geeft de mediane waarde voor de vermindering van de N- en P-uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater. Hierbij is een onderscheid gemaakt naar de vermindering van (i) de N-uitspoeling uit de wortelzone; (ii) de nitraatconcentratie in het grondwater en (iii) de belasting van het oppervlaktewater. Tabel 2.4 vermeldt ook de ingeschatte kosteneffectiviteit van de maatregelen.

Deze resultaten laten zien dat de inschatting van de effectiviteit en de kosteneffectiviteit voor verschillende landen sterk kunnen verschillen. De natuurlijke omstandigheden verschillen voor de landen, maar ook de manier waarop de schattingen zijn gedaan leidt tot grote verschillen. Een grondige analyse van de effectiviteit en kosteneffectiviteit wordt aanbevolen.

TABEL 2.3

Overzicht van de effectiviteit (mediane waarden in mg N/l, kg N ha⁻¹ en kg P ha⁻¹) van maatregelen voor: 1) de wortelzone, 2) het grondwater en 3) het oppervlaktewater.

Maatregel	Nederland	Denemarken	Engeland en Wales	Noord Ierland
Stikstof				
Wortelzone <i>kg N ha⁻¹</i>				
Vanggewassen	33	26		
Toedieningstijdstip	24			
Grondbewerking		15		
Grondwater <i>mg/l N</i>				
Vanggewassen	41			
Bufferstroken	5.4	50		
Oppervlaktewater <i>kg N ha⁻¹</i>				
Vanggewassen			13	
Toedieningstijdstip			2.1	
Bufferstroken	0.73		27	
Grondbewerking		6.7		
Wetlands	0.20			23
Fosfor				
Oppervlaktewater <i>kg P ha⁻¹</i>				
Vanggewassen			0.16	
Toedieningstijdstip			0.03	2.2
Bufferstroken	0.013	3.1	0.010	

De teelt van vanggewassen wordt als effectieve maatregel gezien in Nederland en Denemarken om het uitspoelbare stikstofresidu in de bodem na de oogst en de nitraatconcentratie te verminderen. Voor Engeland & Wales wordt ingeschat dat deze maatregel ook een verminderend effect heeft op de P-belasting van oppervlaktewater.

Het effect van bufferstroken op de nitraatconcentratie hangt samen met de samenstelling van de bodem en ondergrond en de relatie tussen grondwater en oppervlaktewater. Voor deze maatregel is een groot verschil te zien tussen Nederland en Denemarken. Een deel van het verschil wordt verklaard door de manier waarop een bufferstrook wordt ingericht. In Denemarken zijn het meestal brede dicht begroeide zones en stroken langs min of meer natuurlijke stromen, terwijl het in Nederland veelal smalle onbemeste stroken langs perceel- en kavelsloten zijn.

TABEL 2.4

Overzicht van de kosten (€/jaar) en de kosteneffectiviteit (€ kg⁻¹ N, € kg⁻¹ P) van maatregelen ter vermindering van de belasting van het oppervlaktewater.

Maatregel	Kosten €/jaar				Kosteneffectiviteit € kg ⁻¹ N-reductie				Kosteneffectiviteit € kg ⁻¹ P-reductie			
	NL	DK	EN+WL	N-IE	NL	DK	EN+WL	N-IE	NL	DK	EN+WL	N-IE
Vanggewassen	85- 88	56	676	-	3.1- 5.0	4.0	56	-	-	-	4228	-
Toedienings- tijdstip	-	-	195	7599	-	-	167	-	-	-	8739	86
Bufferstroken	0 - 135	-	58- 12741	-	0-9	3.3	3-554	-	22	15	588- 3117647	-
Wetlands, per km natte buffer	4200 0	-	-	4000	-	-	-	-	-	-	171	16

2.3.4 Wereldwijd

In het Europese onderzoeksprogramma Horizon-2020 wordt in het project FAIRWAY (<https://www.fairway-project.eu>) een systematische inventarisatie uitgevoerd waarin gepubliceerde en gereviewde resultaten van veldexperimenten worden samengebracht voor een kwantitatieve analyse van de effecten van maatregelen op stikstof uit- en afspoeling naar drinkwaterbronnen (grondwater en oppervlaktewater). Eerste resultaten, gebaseerd op 84 artikelen, gaven een gemiddelde response ratio per maatregel (Tabel 2.5). De response ratio wordt hierbij berekend als de uitspoeling na het nemen van de maatregelen gedeeld door de uitspoeling in de situatie zonder maatregel:

$$RR = Y_r/Y_c$$

Waarin RR de response ratio is, Y_r is het gemeten resultaat (uitgedrukt in concentratie of flux) van het behandelde perceel of plot, en Y_c is het gemeten resultaat van de referentie. De referentie is meestal de gangbare praktijk. De ratio varieert doorgaans tussen 0 en 1. Bij een waarde gelijk aan 1 is er geen effect. Afhankelijk van de data-beschikbaarheid werd de response ratio soms bepaald aan de hand van concentraties in oppervlaktewater of de hoeveelheid mineraal N in de bodem.

TABEL 2.5

Resultaten literatuuronderzoek naar de effecten van maatregelen op de uit- en afspoeling van nitraat en stikstof naar grond- en oppervlaktewater. De database omvat 173 bruikbare experimentele vergelijkingen (Bron: Oenema et al, 2018).

Measures:	Number of studies	Response ratio (±sd)	Number comparisons	of Outliers
Nitrogen input control	14	0.67 (0.29)	33	1
Fertilization type and method	15	1.04 (0.36)	25	1
Timing of application	3	0.99 (0.43)	16	0
Nitrification inhibitors	2	0.50 (0.16)	10	0
Crop types and crop rotations	20	0.56 (0.36)	27	7
Cover crops	12	0.61 (0.36)	32	0
Mulching/Tillage methods	9	0.66 (0.22)	16	1
Irrigation	4	0.98 (0.69)	13	0
Other*	5	-	9	-

*e.g. experiments about energy crops and drainage, among others

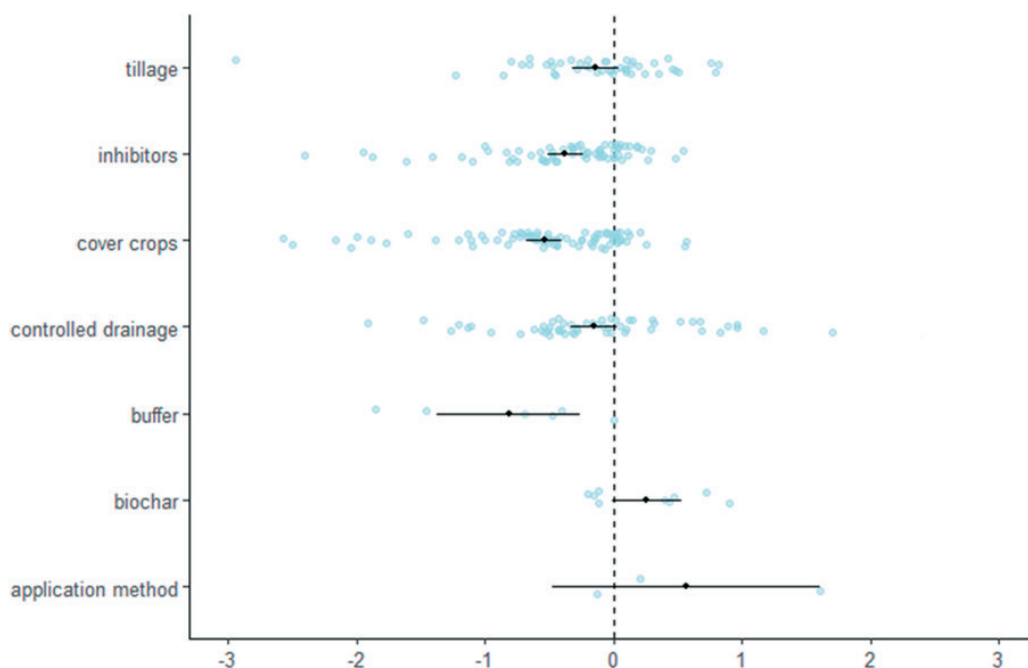
De meeste studies bevatten gegevens over stikstofdosering, mesttype, gewastype, toedieningswijze en vanggewassen. De gemiddelde waarde van RR varieerde van 0,5 tot 1,04, wat wijst op een grote spreiding van de effectiviteit van de maatregelen. De meeste RR-waarde liggen in de range van 0,5-0,7. Het overzicht suggereert dat de volgende maatregelen het meest effectief zijn: N-inputcontrolemaatregelen, aanpassing van het gewastype / gewasrotatie, de teelt van vanggewassen, de aanpassing van grondbewerking en het gebruik van nitrificatieremmers. Het overzicht laat verder zien dat de effectiviteit niet alleen verschilt tussen de maatregelen maar dat een bepaalde maatregel op verschillende locaties een verschillend effect kan hebben.

De in FARWAY uitgevoerde meta-analyse voor uit- en afspoeling van nitraat naar water (Velthof *et al.*, 2020) omvatte 53 studies met 278 waarnemingen voor bodembedekkers (vanggewassen), biochar, peilgestuurde drainage, grondbewerking ('tillage'), bufferstroken en nitrificatieremmers. Over het algemeen waren de gegevens wijd verspreid voor de verschillende beoordeelde maatregelen. **Figuur 2.7** toont het gemiddelde en 95% betrouwbaarheidsinterval voor de effectgrootte (ln(R)) van de verschillende maatregelen.

De resultaten hiervan zijn weergegeven in **figuur 2.3**.

FIGUUR 2.4

Resultaten van een meta-analyse naar het effect van verschillende maatregelen op nitraatverliezen. Zwarte stippen vertegenwoordigen het gemiddelde van de natuurlijke logaritme van de responsverhouding (R). Blauwe stippen vertegenwoordigen individuele waarnemingen en foutbalken geven het 95%-betrouwbaarheidsinterval weer. Bron: Velthof *et al.*, 2020.



De resultaten van de meta-analyse laten zien dat implementatie van een vegetatieve buffer, gebruik van bodembedekkers en toepassing van (nitrificatie)remmers leiden tot een significante afname van NO₃-verliezen (95% betrouwbaarheidsinterval niet overlappend 0). Voor de overige geanalyseerde maatregelen (grondbewerking, peilgestuurde drainage, biochar en andere toepassingsmethodes voor bemesting is in de samengestelde database geen significant gemiddeld effect geregistreerd. Voor enkele maatregelen waren voldoende studies en waarnemingen verzameld om de meta-analyse verder

uit te werken, namelijk voor vanggewassen, alternatieve bodembewerking en nitrificatieremmers. Voor verschillende vanggewassen en DCD-nitrificatieremmers kwam hieruit een afname van de uitspoeling die in lijn is met voorgaande meta-analyses.

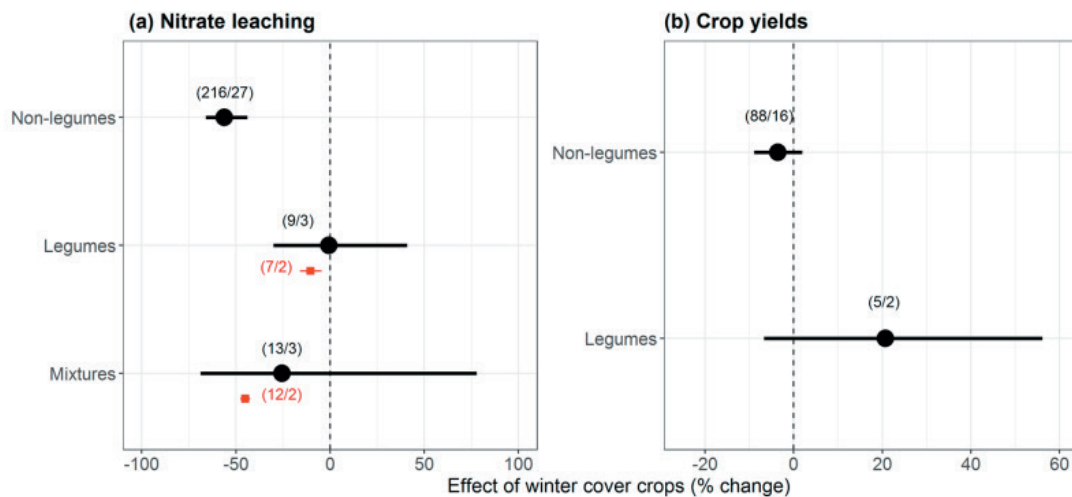
In het navolgende worden de maatregel bodembedekkers en bufferstroken waar in het buitenland veel van wordt verwacht (bijv. Denemarken) nader besproken aan de hand van resultaten van meta-analyses.

2.3.5 Nadere analyse effectiviteit bodembedekkers (vanggewassen)

Thapa *et al.* (2018) onderzochten in een meta-analyse aan de hand van 238 observaties uit 28 studies het effect van bodembedekkers op de nitraatuitspoeling en de opbrengsten van daaropvolgende gewassen. Ze vonden een gemiddeld effect van 56% vermindering van de uitspoeling bij niet-vlinderbloemigen (figuur 2.5).

FIGUUR 2.5

Percentage verandering in (a) nitraatuitspoeling en (b) opbrengsten van daaropvolgende gewassen als gevolg van bodem bedekkende tussenteelten in vergelijking met een referentie zonder maatregel. Nummers tussen haakjes geven het aantal waarnemingen weer gevolgd door het aantal onderzoeken voor elke paarsgewijze vergelijking. Foutbalken geven de 95% betrouwbaarheidsintervallen weer (bron: Thapa *et al.* 2018)



De meta-analyse laat zien dat niet-vlinderbloemigen de meest effectieve bodembedekker zijn met het oog op minder stikstofuitspoeling. De meta-analyse bevestigt daarmee eerdere studies die aantonen dat de teelt van niet-vlinderbloemige bodembedekkers een effectieve manier is om stikstofuitspoeling te voorkomen. De toepassing van alleen vlinderbloemigen bleek veel minder effectief, omdat vlinderbloemigen stikstof uit de lucht kunnen fixeren en daarmee een extra bron van stikstof aanboren. Daarmee had deze bodembedekker wel een positiever effect op de opbrengst van het gewas dat daarna werd ingezaaid. Mengsels van vlinderbloemigen en niet-vlinderbloemigen zitten er qua effectiviteit gemiddeld gezien tussenin, al verschilt het gemeten effect sterk per case. Thapa *et al.* (2018) vonden een aanwijzing dat de vermindering van N-uitspoeling door de teelt van niet-vlinderbloemige bodembedekkers op zandgronden in droge jaren groter is dan onder gemiddelde omstandigheden.

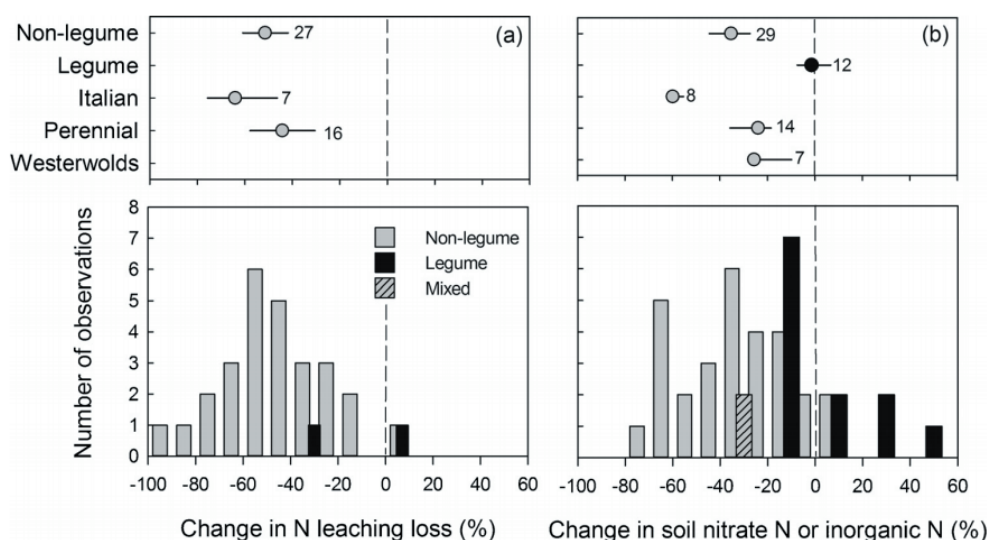
Valkama *et al.* (2015) onderzochten in een meta-analyse het effect van ondergezaaide vanggewassen in zomergraan in Scandinavische landen (figuur 2.6). Niet-vlinderbloemige vanggewassen (voornamelijk raaigras) reduceerden de stikstofuitspoeling met gemiddeld 50% in vergelijking tot controlegroepen zonder vanggewassen. Het mineraal N-gehalte in de bodem na de oogst verminderde met 35%.

Italiaans raaigras onttrok meer stikstof aan de bodem (60%) dan Engels raaigras of Westerwolds raaigras (25%). Daartegenover staat dat vlinderbloemigen het risico op N-uitspoeling niet verminderen. Het onderzaaien van de niet-vlinderbloemige vanggewassen verminderden de opbrengst van het hoofdgewas met 3%. De teelt van vlinderbloemige tussengewassen leidde tot een extra opbrengst van 6% en ook het strikstofgehalte in het product steeg met 6%.

Het resultaat van de in FAIRWAY nader uitgewerkte meta-analyse (Velthof *et al.*, 2020) voor bodembedekkers is weergegeven in [figuur 2.7](#). De hiervoor benutte database omvatte 18 onderzoeken en 84 waarnemingen. Vooral lupine, gras, gerst, haver, mosterd en rogge waren effectief in het verminderen van verliezen. Voor rapen en tarwe was het effect niet significant. De analyse toont geen groot verschil in effectiviteit tussen peulvruchten en niet-peulvruchten, hetgeen wel in andere literatuuroverzichten naar voren komt. Er moet echter worden opgemerkt dat het aantal studies dat in de huidige analyse is opgenomen, relatief beperkt was.

FIGUUR 2.6

Procentuele veranderingen in (a) N-uitspoeling en (b) mineraal-N in de herfst als gevolg van ondergezaaide vanggewassen in vergelijking tot controles zonder vanggewassen. De symbolen geven gewogen gemiddelde responsen weer met 95% betrouwbaarheidsinterval. De stippe lijn geeft de controlegroepen aan. De cijfers geven het aantal waarnemingen aan (bron: Valkama *et al.*, 2015).



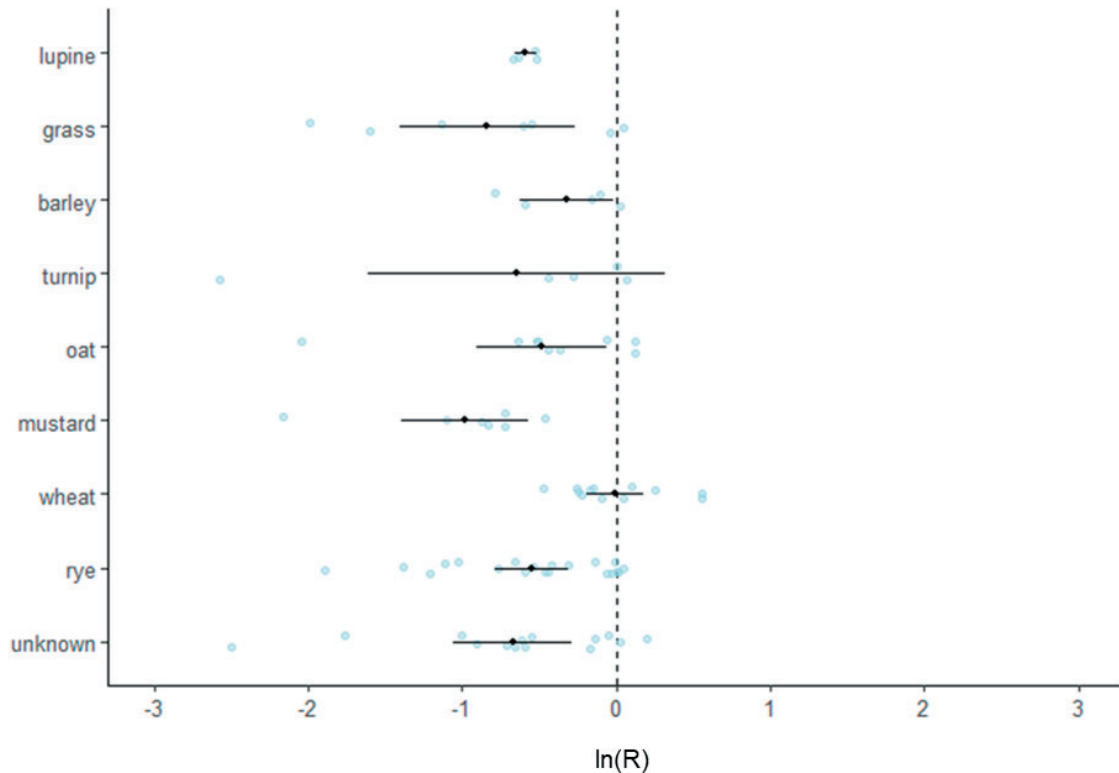
2.3.6 Nadere analyse effectiviteit Bufferstroken

In deze analyse wordt ingegaan op droge bufferstroken (bemestingsvrije perceelranden). Valkama *et al.* (2019) hebben een gewogen meta-analyse uitgevoerd op de effectiviteit van (droge) bufferstroken ten aanzien van nitraat en totaal-N afvoer naar oppervlakte-afvoer en concentraties in grondwater. Zij gebruikten hiervoor 46 studies die gepubliceerd zijn tussen 1980 en 2017 ([figuur 2.8](#)). Het gaat daarbij om een groot aantal internationale informatiebronnen met een grote variatie aan typen bufferstroken. Meestal zijn de bufferstroken niet vergelijkbaar met een bufferstrook (onbemeste perceelrand) in de Nederlandse situatie. Zij vonden een gemiddelde vermindering van de N-afvoer naar oppervlaktewater van 33% (-48 tot -17%, n=25) en een vermindering van nitraat in grondwater van 70% (-78 tot -62%, n = 38). Bovendien verminderden de bufferstroken het transport van totaal-N door oppervlakkige afstroming met 57% (-68 tot -43%, n = 16).

De effecten van de bufferstroken op de N-retentie waren consistent in alle continenten en voor verschillende klimaatzones. De stikstofzuivering nam toe met toenemende initiële N-concentraties in de bronnen. Volgens een meta-regressie nam de N-verwijderingsefficiëntie van N-transport via oppervlakkige afstroming af met de leeftijd van een bufferstrook. De auteurs geven hiervoor geen verklaring. Mogelijk speelt een veranderde botanische samenstelling een rol.

FIGUUR 2.7

Resultaten van een meta-analyse naar het effect van verschillende bodembedekkers op nitraatverliezen. Zwarte stippen vertegenwoordigen het gemiddelde van de natuurlijke logaritme van de responsverhouding (R). Blauwe stippen vertegenwoordigen individuele waarnemingen en foutbalken geven het 95%-betrouwbaarheidsinterval weer (bron: Velthof et al, 2020).



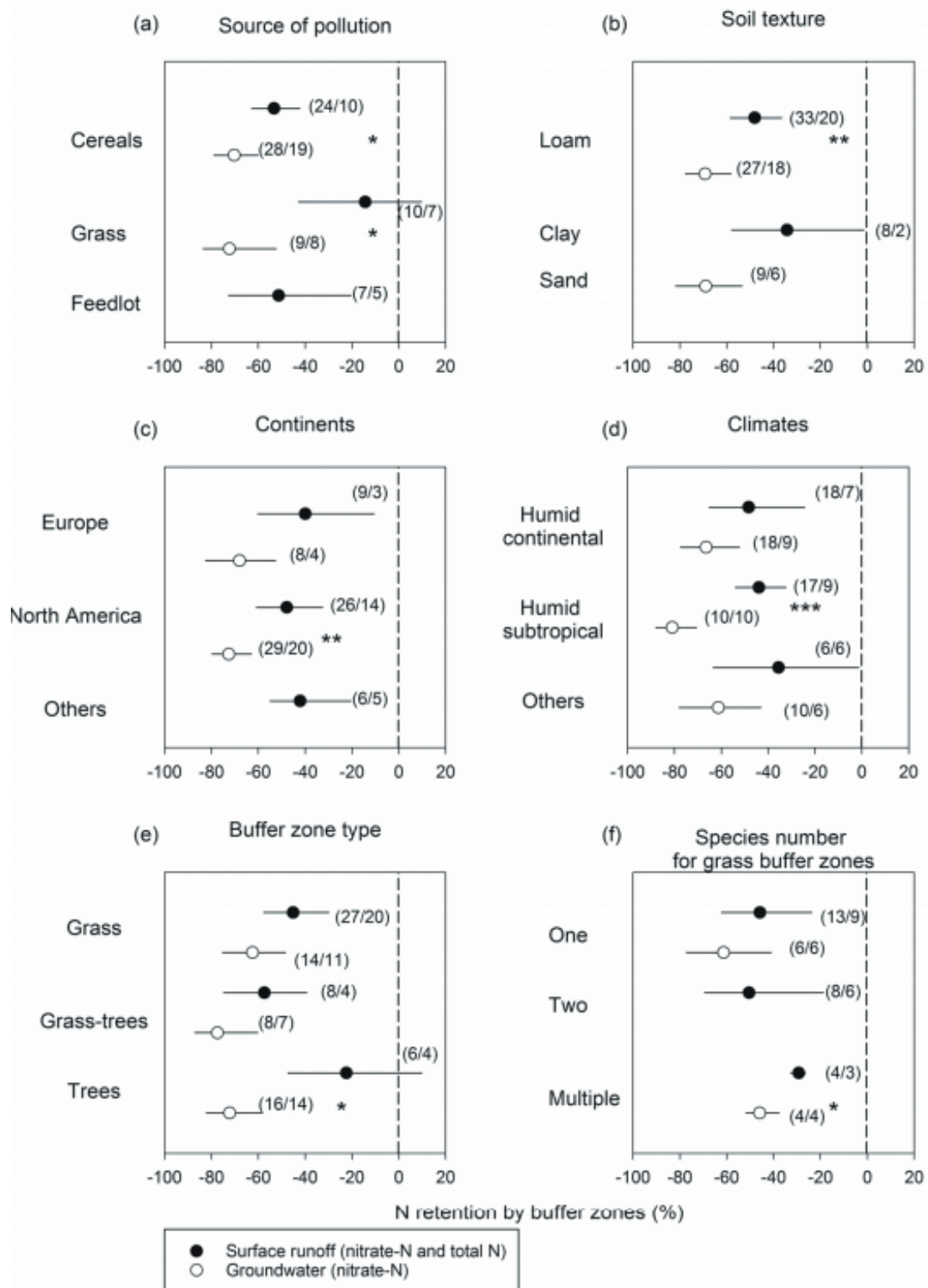
In veldonderzoek kan de effectiviteit van een bufferstrook worden bepaald door concentraties in het grondwater onder een bufferstrook te vergelijken met concentraties in het grondwater van een controle-object zonder bufferstrook of door de vrachten uit een bufferstrook naar oppervlaktewater te vergelijken vrachten uit een controle-object (Noij et al, 2012). Een vergelijking van concentraties in het grondwater levert doorgaans een hogere effectiviteit op. In de Nederlandse situatie bestaat uitstromend water naar oppervlaktewater meestal uit een mengsel van dieper en ondieper toestromend water en is de vracht-methode beter geschikt.

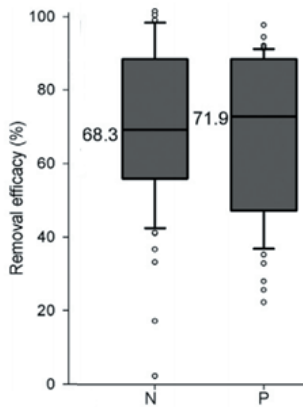
Zhang et al (2010) presenteren een meta-analyse van de effectiviteit van begroeide bufferstroken voor de vermindering van diffuse belasting van oppervlaktewater. De effectiviteit hangt af van drie factoren: (i) de fysische eigenschappen van de buffer, zoals breedte, helling, bodemtype en vegetatie; (ii) de eigenschappen van de verontreinigende stof, zoals deeltjesgrootte van het sediment, de vorm van N of P, of de biofysische eigenschappen van pesticiden (bijvoorbeeld wateroplosbaarheid en halfwaardetijd); en (iii) de positie van de buffer, zoals de afstand tot de vervuilsbron.

Uit 10 studies met verschillende behandelingen en een variatie aan bufferstroken berekende Zhang et al (2010) verschillende statistische indicatoren. Een overzicht hiervan is gegeven in [Figuur 2.9](#).

FIGUUR 2.8

Stikstofverwijdering door bufferzones voor verschillende (a) landgebruiksvormen, (b) bodemtextuur, (c) continenten, (d) klimaattypen, (e) typen bufferstroken, en (f) aantal soorten in een grasbuffer. De symbolen geven gewogen de gemiddelde N-retentie aan met 95% betrouwbaarheidsinterval, de cijfers het aantal waarnemingen en onderzoeken en de stippellijn de referentiesituatie. De stikstofverwijdering werd als significant verschillend van de controles beschouwd als de 95% betrouwbaarheidsintervallen niet met nul overlappen. bron: Valkema et al, 2019.





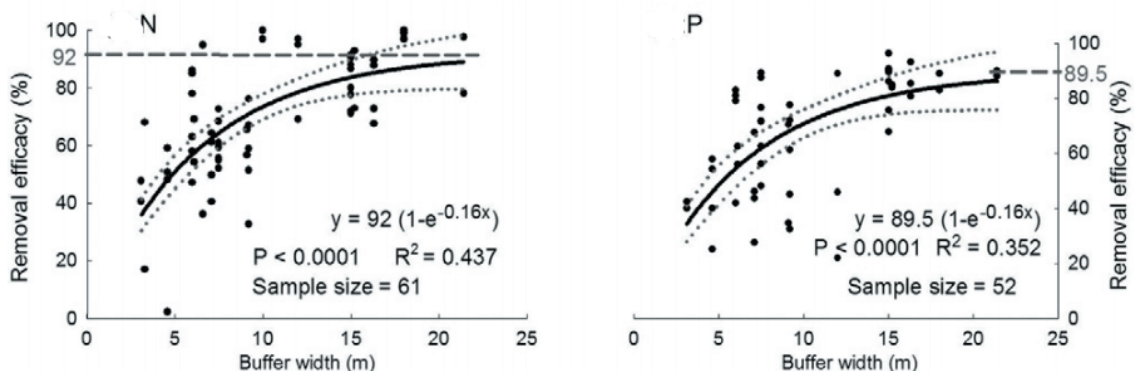
FIGUUR 2.9

Boxplot van de effectiviteit van bufferstroken op de vermindering van N en P-belasting van oppervlaktewater in de studie van Zhang et al (2010). De onder en bovengrens van een box duiden het 25- en 75-percentiel aan. De lijn binnen de box markeert de mediane waarde. Strepen boven en onder een box geven de 90- en 10-percentielwaarde. Het aantal behandelingen waarvan resultaten zijn verwerkt bedraagt 61 voor stikstof en 52 voor fosfor. Bron: Zhang et al, 2010.

Op basis van de informatie in de verschillende literatuurbronnen stelden Zhang et al (2010) een statistisch model op voor de zuiveringseffectiviteit als functie van de breedte van een bufferstrook. Dit is weergegeven in [figuur 2.10](#). De verzameling aan literatuurbronnen vertegenwoordigt een groot aantal verschillende situaties en daarom kan een grote spreiding verwacht worden. De gebruikte relatie is niet willekeurig gekozen. De exponentiële relatie gaat uit van een constante waarschijnlijkheid van zuivering per eenheid van lengte binnen een bufferstrook.

FIGUUR 2.10

Relatie tussen de breedte van de bufferstrook en effectiviteit van N en P verwijdering. De punten zijn waarden uit de literatuur en de getrokken lijn is het gefitte exponentiële model. De stippellijnen duiden het 95% betrouwbaarheidsinterval aan. Bron: Zhang et al, 2010.



Bij een bufferstrook met een breedte van 5 meter zou met het model van Zhang et al (2010) een zuivering van ca 50% berekend worden, voor zowel N als P. Bij een bufferstrookbreedte van 2 meter zou de zuivering ca 25% bedragen. Dit getal is hoog in vergelijking met resultaten van veldonderzoek in Nederland en België (Noij et al, 2012). Bedacht moet worden dat de meeste studies in de literatuur betrekking hebben op hellende percelen met een ondiepe bodem en dat bufferstroken worden ingericht als ruige vegetatie. Op dergelijke percelen wordt de belasting van oppervlaktewater voornamelijk veroorzaakt door oppervlakkige afstroming, waardoor de bufferstroken meer worden doorspoeld en een groter zuiverend effect hebben dan bij vlakke percelen met diepe bodem. Dergelijke hellende percelen komen beperkt voor in Nederland, dat vooral vlakke percelen met diepe bodem bevat.

2.4 Landbouwmaatregelen Nationale Analyse Waterkwaliteit

Binnen de handelingsruimte van een agrarisch bedrijf wordt gezocht naar mogelijkheden om de emissie naar lucht, grondwater en oppervlaktewater te verminderen. Dit rapport richt zich specifiek op maatregelen die de emissie van nutriënten naar het grond- en oppervlaktewater tegengaan. De uit- en afspoeling uit landbouwpercelen staat daarbij centraal. De bespreking richt zich dan ook vooral op de maatregelen die op of in een perceel genomen worden. Hierbij kunnen maatregelen van het voerspoor impliciet een rol spelen. Dergelijke maatregelen komen tot uiting in een gewijzigde samenstelling van dierlijke mest.

Voor deze studie zijn 25 maatregelen geselecteerd waarvoor een overzicht wordt gegeven van de effectiviteit. Ook is voor ieder van deze maatregelen een factsheet opgesteld, welke zijn opgenomen in [bijlage 1](#). De teksten van de factsheets zijn deels overgenomen uit de factsheets van de BOOT-lijst maatregelen (Verloop *et al.* 2018) en de maatregelen van het 6^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn (Groenendijk *et al.* 2017). De geselecteerde maatregelen zijn niet per se de meest effectieve maatregelen, maar ze zijn geselecteerd op basis van:

- Behoeftte aan informatie over maatregelen in het 6^e Actieprogramma (Basisprognose)
- Behoeftte aan informatie over maatregelen die wel genoemd worden in het 6^e Actieprogramma, maar nog niet geïnstrumenteerd zijn (drempels in ruggenteelten, bufferstroken, voorkomen erfafspoeling).
- Voorkeur van het DAW-supporteam voor de update van factsheets voor de praktijk (Verloop *et al.*, 2018b), waaruit blijkt dat men daar draagvlak voor verwacht .

De factsheets hebben de volgende structuur:

- Omschrijving van de referentiesituatie (huidige praktijk waar de maatregel op aangrijpt)
- Omschrijving van de maatregel (definitie van de maatregel)
- Het toepassingsgebied (type teelt, grondsoort, regio en ontwatering waar de maatregel betrekking op heeft)
- Effecten op nitraat en uit- en afspoeling van nutriënten (uit de literatuur volgende effecten op nitraat in het bovenste grondwater, en de N- en P-belasting van het oppervlaktewater)
- Neveneffecten op bodemkwaliteit, biodiversiteit en broeikasgasemissies (volgend uit literatuur)
- Modelaanpak (manier waarop maatregel is doorgerekend binnen het LWKM)
- Literatuur (geraadpleegde bronnen bij het opstellen van de factsheets)

[Tabel 2.6](#) geeft een overzicht van de geselecteerde 25 maatregelen. De maatregelen zijn hierbij ingedeeld in verschillende categorieën. Het gaat om verplichte maatregelen uit het 6^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn, en ook om mogelijke maatregelen met voldoende draagvlak vanuit het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer.

TABEL 2.6

Overzicht landbouwmaatregelen die zorgen voor minder emissie van nutriënten naar het grond- en oppervlaktewater. De maatregelen zijn afkomstig van het zesde Actieprogramma Nitraatrichtlijn (6^e AP) (Groenendijk et al. 2017) en het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer (DAW) (zie kolom 3 en 4 voor hun nummering van DAW factsheets) (Verloop et al. 2018). Alleen DAW-maatregelen met voldoende draagvlak zijn meegenomen, volgend uit een inventarisatie door het supportteam DAW. De rechterkolommen geven aan voor welk type landbouw de maatregelen van toepassing zijn (MV=melkveehouderij, AB=akkerbouw, VG=vollegrondsgroente, BB=bloembollen).

Categorie	Maatregel	6e APN	DAW	MV	AB	VG	BB
mestvolume	1. Aanpassen voorwaarden en gebruiksnormen voor scheuren van grasland op zand- en lössgrond	6		x			
	2A. Aanpassing indeling fosfaatklassen en bijbehorende fosfaatgebruiksnormen	2a		x	x	x	x
	2B. Verruiming P-norm bij toepassen organische stofrijke meststoffen op bouwland	2b		mais	x	x	x
	3. Afstemmen bemesting op de N-mineralisatie		13	x			
mesttoediening	4. Rijenbemesting van maïs op zand- en lössgrond	1		mais			
	5. Verschuiven uitrijdperiode drijfmest bouwland	5a		mais	x	x	x
	6. Verruimen uitrijdperiode vaste mest op grasland	5b		x			
	7. Latere voorjaarstoediening van dierlijke mest op gras- en maisland		10, E1*	x			
	8. Optimaliseren stikstofwerking van mest		11	x			
	9. Drijfmest verdunnen bij uitrijden		24	x			
Mest-samenstelling	10. Toepassing van minder uitspoelingsgevoelige minerale N-meststoffen		12	x	x	x	x
	11. Inzet van compost en organische mest		20		x	x	x
Gewas	12. Eisen aan de teelt van vanggewassen en groenbemesters	4a, 4b			x	x	x
	13A. Optimaliseren van landgebruik met gras en mais		5	x			
	13B. Toepassing van vruchtwisseling op een melkveebedrijf, gericht op behoud en opbouw van organische stof		19	x			
	14. Verlenging van de leeftijd van grasland		6	x			
	15. Gebruik van diep wortelende gewassen en rustgewassen		18	x	x	x	x
	16. Op tijd zaaien en goed verzorgen van een vanggewas		21	mais	x		
	17. Bodembedekking door toepassing van groenbemesters, tussengewassen en vanggewassen		22	mais	x	x	x
	18. Aanbrengen drempels bij ruggenteelten op klei- en lössgrond (6e AP) en op andere gronden (DAW)	9	14			x	x
grondbewerking	19. Voorkomen van bodemverdichting door aanpassen wiellast		29*			x	
	20. Toepassen van onderwaterdrainage in veengebieden		31*	x			
Overig	21. Voorkomen erfafspoeling nutriënten	8		x			
inrichting	22. Onbemeste stroken langs waterlopen	7	7	x	x		
	23. Natte bufferstroken		8	x	x	x	x
end-of-pipe	24. Gebruik baggerpomp voor effectief sloot baggeren		15	x			
	25. Verwijdering van fosfaat uit drainagewater		9B				x

*Staat niet in BOOT-lijst, maar is door het DAW-supportteam toegevoegd als maatregel.

2.5 Duurzame bouwplannen

Met het ontwerp 7^e NAP⁵ wordt in aanvulling op de maatregelen van het 6^e NAP ingezet op duurzame bouwplannen om de waterkwaliteit verder te verbeteren. Dit als uitwerking van een transitie naar een duurzamere manier van telen met minder emissie naar het grond- en oppervlaktewater. Hiervan vormen het telen van (blijvend) grasland, rustgewassen en vanggewassen de kern. Verwacht wordt dat duurzame bouwplannen de basis vormen voor een goede bodem, weerbare teeltsystemen en dat dit de mogelijkheid biedt om naast de waterkwaliteitsopgave ook diverse maatschappelijke opgaven gerealiseerd kunnen worden: betere bodemvruchtbaarheid, waterbuffering, biodiversiteit en koolstofvastlegging. Duurzame bouwplannen levert voor de agrariër een volggewas met een hogere opbrengst, betere weerbaarheid tegen droogte en minder ziektedruk en beter bodemkwaliteit.

Duurzame bouwplannen bestaan uit een drietal onderdelen: rotatie met rustgewassen, toepassen van vanggewassen en rustgewassen en blijvend grasland op graasdierbedrijven. Voor 2023 geldt een basisniveau met minimaal eens per 4 jaar een rustgewas op alle percelen, een vanggewas op 60% van alle percelen op zand en lössgrond (op maispercelen is dit al verplicht), en voor graasdierbedrijven 60% rustgewassen op het in gebruik zijnde areaal. Voor 2027, het einddoel, geldt een rotatie met eens in de 3 jaar een rustgewas op alle percelen, op alle percelen een vanggewas dat op graasdierbedrijven 70% van het in gebruik zijnde areaal rustgewassen worden geteeld (50% voor graasdierbedrijven waarvan permanent grasland).

Om inzicht te krijgen in het effect van deze maatregel heeft het Ministerie LNV advies gevraagd aan de Commissie Deskundigen Meststoffenwet. In dit advies (CDM september 2021) heeft het CDM gekeken naar monitoringsgegevens (het LMM, monitoring van het nitraatresidu in Vlaanderen en het MLSLO), en voorgaande onderzoeken. De conclusies van dit onderzoek zijn als volgt samengevat:

- De onzekerheid in de effecten op de nitraatuitspoeling naar het grondwater en de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar oppervlaktewater zijn relatief groot, vooral vanwege een gebrek aan empirische onderzoeksgegevens over de relatie tussen bouwplansamenstelling (en de teelt van vanggewassen) en waterkwaliteit. Vooral voor de relatie met oppervlaktewater zijn empirische onderzoeksgegevens schaars, waardoor in het advies geen gefundeerde uitspraken over de relatie tussen gewastype en nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater gedaan konden worden.
- Voor rundveebedrijven met derogatie is het effect op de waterkwaliteit klein omdat de kaders voor duurzame bouwplannen globaal overeenkomen met die van graasdierbedrijven met derogatie.
- De nitraatuitspoeling zal afnemen omdat de arealen rustgewassen en vanggewassen toenemen. Vooral op de zand- en lössgronden in het zuiden hebben duurzame bouwplannen een relatief grote potentie om de nitraatuitspoeling te verminderen, omdat i) er verschillen zijn in nitraatuitspoeling tussen grondsoorten en gebieden en ii) een deel van de gebieden nu al voldoet aan de voorgestelde kaders voor duurzame bouwplannen.
- De onderzoeksgegevens over verschillen tussen nitraatuitspoeling van uitspoelingsgevoelige gewassen en rustgewassen geven ogenschijnlijk tegenstrijdigheden.

Vanwege de onzekerheden en de grote impact op het bedrijfssaldo van openteeltbedrijven wordt in het advies van het CDM gepleit voor een gefaseerde en gebiedsgerichte invoering van duurzame bouwplannen in de praktijk en om daarbij te starten in het zuidelijk zandgebied. Verder adviseert het CDM om de invoering te vergezellen met een adequate monitoring, opdat kwantitatieve onderzoeksgegevens kunnen worden verzameld over de relaties tussen bouwplansamenstelling, vanggewassen en nitraatuitspoeling naar grondwater en de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar oppervlaktewater. Verder vindt het CDM het nodig om de lijsten van uitspoelingsgevoelige en rustgewassen kritisch te analyseren en opname van bepaalde gewassen op de lijsten mogelijk te heroverwegen.

5 Zevende Nederlandse Actieprogramma betreffende de Nitraatrichtlijn (2022-2025), Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2021/09/06/factsheet---welke-maatregelen-zijn-nodig-het-7e-actieprogramma-nitraatrichtlijn>

In de PlanMER van het 7^e NAP is geen effect bepaald van het pakket met de combinatie van de rotatie met rustgewassen en de teelt van vanggewassen. Daarom zijn in aanvulling op de PlanMER in opdracht van LNV door de WUR berekeningen uitgevoerd (Addendum PlanMER 7^e NAP, WEnR 4-11-21). Voor de akker- en tuinbouw in het noordelijke zandgebied is een verlaging van de nitraatconcentratie berekend van 10 mg/l, in het zuidelijk zandgebied 18 mg/l en in het lössgebied 7 mg/l. Voor de 34 grondwaterbeschermingsgebieden is een afname berekend van 4-8 mg/l. Voor het oppervlaktewater is berekend dat in de zandgebieden de stikstof uit- en afspoeling afneemt met 6 tot 8%. In de kleiregio is een afname van globaal 1 % berekend, en een extra daling van enkele procenten (maximaal 6) als hier na alle hoofdgewassen een vanggewas geteeld zou kunnen worden. In de studie is aangegeven dat de effecten op afname van de uit- en afspoeling voor fosfor niet exact zijn te kwantificeren en dat deze P-belasting door verschillende factoren en processen zowel kan toenemen als afnemen. Voor de veengebieden wordt een gering effect verwacht omdat de bouwplannen nagenoeg niet wijzigen. In de lössgebieden wordt verwacht dat de effecten op de uit- en afspoeling naar oppervlaktewater zich beperken tot de beekdalen.

2.6 Zuiveringsmaatregelen in en rond het oppervlaktewater

2.6.1 Scope van de beschouwde zuiveringsmaatregelen

De vorige paragrafen gingen in op landbouwmaatregelen ter vermindering van de nutriëntenemissie vanuit landbouwpercelen naar het oppervlaktewater. Deze paragraaf gaat in op end-of-pipe maatregelen die gericht zijn op het zuiveren van het uit- en afspoelende landbouwwater voordat het in het oppervlaktewater terechtkomt. Via een studie van zowel Nederlandse als buitenlandse literatuur is gekeken naar de effectiviteit van dergelijke maatregelen in en rond het oppervlaktewater, en de zuiveringsprocessen die hieraan ten grondslag liggen. Er is beperkte overlap met de voorgaande paragrafen omdat typische end-of-pipe maatregelen zoals natte bufferstroken en de verwijdering van fosfaat uit drainagewater al zijn besproken in de vorige paragraaf (zie maatregel 23 en 25 in [tabel 2.6](#)) en in deze paragraaf nogmaals aan bod komen als ‘moerasbufferstrook’ en ‘drainbuis-omhulsel’.

Bij deze literatuurstudie is de volgende afbakening gehanteerd:

- Focus ligt op maatregelen in het landelijk gebied en niet in het stedelijk gebied. Buiten de scope vallen zuiveringsmaatregelen voor:
 - stedelijk regenwater (Stowa, 2007) zoals lamellenfilters, bergbezinkbassins, en bodempassages zoals lavafilters.
 - huishoudelijk afvalwater, via IBA's (systemen ter Individuele Behandeling van Afvalwater) zoals een septische put.
 - stedelijk afvalwater zoals RWZI's (rioolwaterzuiveringsinstallaties) en daarin toegepaste zuiveringstechnieken (Stowa, 2006), evenals specifieke maatregelen ter nazuivering van RWZI-effluent zoals een waterharmonica (Stowa, 2012), en maatregelen als hydrofytenfilters en watervlooienvijvers die vooral zijn gericht op het verbeteren van de zuurstofhuishouding (levend maken van water) en minder op nutriëntenzuivering (Spoelstra *et al.* 2010).
- Gekeken is naar zuivering/retentie van nutriënten (N en P), en niet naar zuivering van andere stoffen zoals pesticiden, zware metalen, PAK's, medicijnresten en pathogenen. Ook is slechts beperkt gekeken naar de effecten op de CO₂-uitstoot of andere broeikasgassen en de gevolgen van N-depositie.

2.6.2 Natuurlijke zuiveringsprocessen

Alvorens in te gaan op de zuiveringsmaatregelen geven we in [tabel 2.7](#) eerst een overzicht van de natuurlijke zuiveringsprocessen die aan de basis staan van de zuiverende werking van de maatregelen.

De eerste drie processen uit [tabel 2.7](#) gaan over het verlies van N aan de lucht, een vorm van directe verwijdering uit het watersysteem. De overige maatregelen, die gelden voor zowel N als P, zijn vormen van tijdelijke opslag in het watersysteem, die kunnen resulteren in permanente opslag. Deze permanente opslag kun je zien als een vorm van verwijdering. Voor P is deze permanente opslag het enige zuiveringsmechanisme, terwijl N dus ook direct kan worden verwijderd via gasvormige afgifte aan de lucht (hiervoor is geen menselijk handelen nodig). P kan alleen direct worden verwijderd via maaien en baggeren (menselijk handelen), en het vervolgens afvoeren van het maaisel en de bagger. Ter discussie staat of “begraving” wel een vorm van zuivering is, want de N en P kan na baggeren ook weer vrijkomen. Dit geldt eveneens voor sorptie aan waterbodem en Plantopname als de biomassa niet wordt verwijderd.

TABEL 2.7

Overzicht van zuiveringsprocessen in het watersysteem voor stikstof (N) en fosfor (P) (Vymazal 2007, Kadlec et al. 1996, Kadlec et al. 2009)

Proces	Omschrijving	Grijpt aan op
Ammonia vervluchtiging	Omzetting van in water opgelost ammonium (NH ₄) naar ammoniak (NH ₃). Dit ammonium (NH ₄) vormt namelijk een chemisch evenwicht met gasvormige componenten (NH ₃). Bij hogere pH verschuift dit evenwicht richting de gasvormige componenten, leidend tot vervluchtiging die significant is vanaf een pH van 8.	N
Denitrificatie	Omzetting van in water opgelost nitraat (NO ₃) in stikstofgas (N ₂) en soms lachgas (N ₂ O), door bacteriën die organisch materiaal omzetten en daarvoor nitraat gebruiken als oxidator, bij gebrek aan zuurstof. Denitrificatie treedt vooral op bij voldoende hoge temperatuur, voldoende afbreekbaar organisch materiaal en een pH die niet te hoog of te laag is (optimum pH ligt tussen 6 en 8).	N
Anammox	Omzetting van in water opgelost nitriet (NO ₂) en ammonium (NH ₄) in stikstofgas (N ₂), ook wel anaerobe ammonium oxidatie (anammox) genoemd. Net als denitrificatie is anammox een biologisch (bacterieel) proces. De grootte van dit proces is vrij onbekend in vergelijking met denitrificatie, al laat recent onderzoek aan een helofytenfilter zien dat het een significant proces kan zijn: het geproduceerde stikstofgas werd voor een derde deel geproduceerd door anammox en voor de rest door denitrificatie (Zhu et al. 2011).	N
Plantopname (in combinatie met maaieren)	Opname van nutriënten (NO ₃ , NH ₄ en PO ₄) door planten voor hun groei en onderhoud. Dit is een vorm van tijdelijke opslag, bij afsterven van plantmateriaal komen de nutriënten weer terug in de waterkolom. Door te maaien en het maaisel af te voeren worden de door planten opgenomen nutriënten uit het systeem verwijderd.	N & P
Sorptie aan waterbodembodem	Hechting van N (NH ₄) en P (PO ₄) aan organisch of anorganisch materiaal in de bodem. Het gaat om een reversibele binding. Bij veranderende condities kan de binding loslaten (desorptie) bijvoorbeeld wanneer de nutriëntenconcentratie in het water afneemt. De sorptiecapaciteit hangt af van de bodemsamenstelling. Zo kan NH ₄ goed binden aan klei en bindt PO ₄ goed aan klei, ijzer, aluminium en kalk. Bij grote hoeveelheden bindingsmateriaal kan het P ermee reageren en zodoende neerslaan.	N & P
Begraving	Begraving van dood organisch materiaal (detritus) met daarin nutriënten (N _{organisch} en P _{organisch}) in het sediment. Deze begraving wordt veroorzaakt door nieuwe aanwas van sediment/slib door bezinking van detritus en zwevende sedimentdeeltjes. Bij voldoende aanwas wordt het onderliggende sediment op termijn 'begraven'.	N & P

Tabel 2.8 geeft een overzicht, omschrijving en schematische weergave van in Nederland toegepaste zuiveringsmaatregelen. Sommige maatregelen worden frequent toegepast (zoals natuurvriendelijke oevers en helofytenfilters), andere maatregelen nog in beperkte mate (zoals moerasbufferstroken en drainbuisomhulsels).

Het type water dat wordt gezuiverd verschilt per maatregel. Zo zuiveren moerasbufferstroken voornamelijk uit- en afspoelend water, eventueel aangevoerd via drainbuizen, terwijl natuurvriendelijke oevers (NVO's) naar verhouding meer oppervlaktewater zuiveren. Een helofytenfilter (vloeiveld) wordt in het landelijk gebied vooral ingezet ter zuivering van oppervlaktewater, door het water uit de waterloop om te leiden via het vloeiveld. 'Drainbuisomhulsels' zuiveren uitspoelend water dat via de drains naar het oppervlaktewater gaat. Defosfaterings-voorzieningen worden vaak gebruikt ter zuivering van gebiedsvreemd inlaatwater.

TABEL 2.8

Overzicht, omschrijving en eventuele schematische weergave van in Nederland toegepaste zuiveringsmaatregelen in en rond het oppervlaktewater.

Maatregel	Omschrijving	Schematisch figuur
Moeras- bufferstrook	Natte oeverstrook met riet (riparian wetland) die uit- en afspoelend water opvangt alvorens het in de waterloop belandt. Voor een optimale werking dient de moerasbufferstrook minimaal 5 tot 10 meter breed te zijn (bron figuur: Appelboom & Fouss, 2006).	
Natuur- vriendelijke oever	Oevers waarbij naast de waterkerende functie, nadrukkelijk rekening wordt gehouden met natuur en landschap. Vaak hebben ze een flauw talud dat leidt tot een gradiënt aan water- en oeverplanten. Het waterpeil is bij voorkeur dynamisch (bron: Stowa 2011).	
Helofyten- filter	Vloeienveld: Ondiepe vijver of waterloop die beplant is met riet. Een vloeienveld is vaak zo aangelegd dat de stromingsrichting, verblijftijd en het waterpeil te controleren zijn, om de zuiverende werking te optimaliseren (bron: Spoelstra et al. 2010, Vymazal 2007).	
	Horizontaal doorstroomd helofytenfilter: rietveld dat wortelt in filtratiemedium zoals zand of grind. Het te zuiveren water doorstroomt het veld in horizontale richting via een netwerk van aërobe, anoxische en anaërobe zones, ter stimulatie van de zuivering (bron: Spoelstra et al. 2010, Vymazal 2007).	
	Verticaal doorstroomd helofytenfilter: rietveld dat wortelt in filtratiemedium zoals zand en grind. Het te zuiveren water infiltreert in verticale richting. Het water wordt vaak pulsgewijs aangevoerd, leidend tot wisselend aerobe en anaërobe omstandigheden ter bevordering van de zuivering (bron: Spoelstra et al. 2010, Vymazal 2007).	
Drainbuis- omhulsel	Omhulsel om drainbuis met materiaal dat het bodemwater zuivert van N of P voordat dit water de drainbuis bereikt en uitstroomt naar het oppervlaktewater. Het materiaal bestaat uit denitrificatie-stimulerend substraat (zoals houtsnippers) of uit materiaal met een hoge P-bindingscapaciteit (zoals ijzerzand). Bij aanleg kan de drainbuis over de volledige lengte worden omhuld.	
	Alternatief voor drainbuisomhulsels zijn maatregelen die het drainbuiswater bij de uitstroom zuiveren (zoals een denitrificatiebioreactor, Addy et al. 2016). Een dergelijke voorziening is gemakkelijker aan te leggen en het substraat is makkelijk vervangbaar, al kan de voorziening meer ruimte in beslag nemen als deze niet ondergronds wordt aangelegd (Bron: Groenenberg et al. 2013, Christianson et al. 2013, Jansen et al. 2019)	
Defosfatering voorziening	Voorziening om water te zuiveren van P, door toevoeging van P-bindingsmaterialen als ijzerchloride, polyaluminium-chloride of phoslock. Denk bijvoorbeeld aan een 'natuurlijk zandfilter' (vaak langzaam verticaal doorstroomd) of aan een installatie met voorraadtank (ter toediening bindings-materiaal) en bezinkbassin (ter opslag en verwijdering van neergeslagen P). Als alternatief voor ijzerchloride (waarvoor een doseerinstallatie nodig is en het gevormde ijzer-fosfaatslib regelmatig moet worden gebaggerd) wordt sinds kort ook gebruik gemaakt van ijzerhoudend zand en grind afkomstig van de bereiding van drinkwater (zie https://www.waternet.nl/innovatie/schoon-water/defosfatering-oppervlaktewater/). Bedacht moet worden dat dergelijke systemen onderhoud nodig hebben en na een bepaalde levensduur vervangen moeten worden.	

Ook het ruimtebeslag verschilt per maatregel. Moerasbufferstroken en natuurvriendelijke oevers vragen vaak om uitbreiding van de oevers, ten koste van land. Bij voorkeur zijn ze minimaal 5 tot 10 meter breed voor een goede werking. Helofytenfilters worden in principe buiten de waterloop aangelegd. Hun optimale grootte hangt af van de hoeveelheid en nutriëntenrijkdom van het te zuiveren water. Drainbuisomhulsels nemen geen extra ruimte in. Defosfateringsvoorzieningen nemen vaak ook beperkte ruimte in.

Naast positieve effecten zoals nutriëntenzuivering en natuurwaarde, kan een maatregel ook nadelige neveneffecten hebben. Zo gaat N verwijdering via denitrificatie vaak gepaard met de vorming van broeikasgassen zoals lachgas (N_2O). Verder kunnen zuiveringsvoorzieningen (eerste vier maatregelen in [Tabel 2.8](#)) zonder onderhoud na verloop van tijd een bron van P worden. Dit is het geval wanneer de bodem verzadigd is met P en daardoor P kan gaan naleveren. Deze P-nalevering speelt vooral in de zomer.

2.6.3 Effectiviteit zuiveringsmaatregelen

De effectiviteit van effectgerichte zuiveringsmaatregelen zoals die volgens de geraadpleegde literatuurbronnen wordt ingeschat is weergegeven in [tabel 2.9](#). Het literatuuronderzoek laat zien dat de zuiverende werking sterk kan verschillen per maatregel maar ook binnen een maatregel. Het zuiverend effect is namelijk sterk locatie-specifiek en hangt af van meerdere factoren (waarvan voor drainbuisomhulsels en defosfaterings-installaties de punten 4, 5 en 6 van minder belang zijn):

1. Inrichting: hoe groot/breed is de zuiverende voorziening en doorspoelt al het water de zuiveringsvoorziening of slechts een deel? Zijn de verblijftijden van het water lang genoeg om het water voldoende te kunnen zuiveren?
2. Nutriëntenrijkdom van het te zuiveren water: hoeveel N en P bevat het te zuiveren water en in welke vorm? Zo zijn P bezinkingsmaatregelen effectiever als het water meer particulier P bevat, en anders is bijvoorbeeld ijzerzand een betere optie. Het zuiverend vermogen (in kg) van een voorziening neemt vaak toe naarmate het water meer N en P bevat, terwijl het relatieve zuiverende vermogen (in %) af kan nemen.
3. Ouderdom van de voorziening: het zuiveringsrendement van de voorziening neemt vaak af naarmate deze ouder is. Vooral voor P is dit het geval, omdat de P zuivering vooral verloopt via opslag/binding aan de bodem en de voorziening na verloop van tijd P-verzadigd kan raken. Dit is een bekend euvel voor helofytenfilters die na verloop van tijd zelfs een bron van P kunnen worden. Helofytenfilters worden dan ook regelmatig gecombineerd met een defosfaterend zandfilter.
4. Beheer: wordt de voorziening regelmatig gemaaid of gebaggerd? En wordt het maaisel en de bagger afgevoerd? Zo ja, dan zal de voorziening meer N en P zuiveren.
5. Bodem: bevat de (water)bodem voldoende afbreekbaar organisch materiaal als substraat voor denitrificatie? Kan de bodem veel P binden en in hoeverre is de bodem P-verzadigd? Zo pakt het verwijderen van een nutriëntrijke bodem-toplaag meestal positief uit voor de P zuivering, maar mogelijk negatief voor de N zuivering als de overgebleven bodem minder organisch materiaal bevat en daarmee minder substraat heeft voor denitrificatie.
6. Lokale hydrologie: Wat zijn de dominante uit- en afspoelingsstroombanen? Hoe diep zijn deze en lopen deze paden via de zuiveringsvoorziening? Is er buisdrainage? En hoe doorlatend is de bodem? Is er sprake van kwel of wegzijging en hoe ijzerrijk is deze kwel? Valt de voorziening vaker droog? IJzerrijke kwel en tijdelijke droogval stimuleren de P-zuivering namelijk.

Verder verandert het zuiverend vermogen gedurende het jaar (De Klein *et al.*, Van Gerven *et al.* 2009). Zo is de N-verwijdering in het oppervlaktewatersysteem vaak hoger in het zomerhalfjaar dan in het winterhalfjaar, omdat de belangrijkste zuiveringsprocessen voor N zoals denitrificatie en N-opname door planten vooral actief zijn in het groeiseizoen. De P zuivering heeft een andere jaardynamiek; P binding aan de waterbodem vindt voornamelijk plaats in de winter, terwijl er in de zomer veel P-opname is door planten maar er ook grotere kans is op P-nalevering (ontbinding) vanuit de waterbodem (Van Gerven *et al.* 2011).

TABEL 2.9

Effectiviteit van de effectgerichte maatregelen in en rondom het oppervlaktewater, voor N en P, uitgedrukt in een zuiveringspercentage en een absolute hoeveelheid. Aangeduid als gemiddelde, als gemiddelde \pm standaarddeviatie, of als minimum - maximum. Het aantal onderzochte systemen is aangegeven met n. De voor de Nederlandse situatie toepasbare en gevonden rendementen zijn beige gemarkeerd.

Maatregel	Waar	N zuivering		P zuivering		Bron
		%	kg N/ha	%	kg P/ha	
Moerasbufferstrook	Nederland	7.5 \pm 2.5 (n=1)	180 \pm 60 (n=1)	tot 100 ^a (n=1)	12 \pm 0.6 (n=1)	Stowa 2008
	Buitenland	72 \pm 12 (n=7)	39 - 372 (n=13)	30 - 90 (n=3)	0.1 - 30 (n=20)	Mayer 2007, Kronvang et al. 2005, Kovacic et al. 2000, Dosskey 2001, Syversen 2005, Uusi-Kamppa 2005, Hoffmann et al. 2007, Mitsch et al. 1995., Jaynes and Isenhardt 2019
Natuurvriendelijke oever	Nederland	onbekend ^b	onbekend ^b	onbekend ^b	onbekend ^b	Stowa 2011
Vloeveld (helofytenfilter)	Nederland	72 (n=10)	145 (n=10)	60 (n=10)	10 (n=10)	Verhoeven et al. 1999, Stowa 2001, Diepen et al. 2002, Schreijer et al. 2003, Klok et al. 2003, Meuleman et al. 2003, Clevering et al. 2004, Stowa 2005, Clevering et al. 2006, Mulder et al. 2009
	Buitenland	41 ^c (n=85)	2470 ^c (n=85)	49 ^c (n=85)	700 ^c (n=85)	Vymazal 2007 ^c
Horizontaal doorstroomd helofytenfilter	Buitenland	42 ^c (n=137)	2500 ^c (n=113)	41 ^c (n=149)	450 ^c (n=104)	Vymazal 2007 ^c
Verticaal doorstroomd helofytenfilter	Buitenland	45 ^c (n=51)	6300 ^c (n=42)	60 ^c (n=78)	720 ^c (n=62)	Vymazal 2007 ^c
Drainbuis-omhulsel	Nederland	78 \pm 13 ^f (n=3)		82 - 94 ^g (n=2)		Jansen et al. 2019, Groenenberg et al. 2013, Hoogheemraadschap Rijnland, 2015
Defosfateringsinstallatie	Nederland			50 - 90 (n=2) ^d	240 - 260 (n=1) ^e	Lenting et al. 2012
Natuurvriendelijk slootschonen	NL; HDSR	onbekend				onbekend

^a P zuivering zeer hoog door lage P aanvoer en ijzerrijke bodem

^b Er is weinig bekend over het exacte zuiverende vermogen van een natuurvriendelijke oever (NVO). Waarschijnlijk is het zuiverende vermogen vergelijkbaar met dat van een moerasbufferstrook, al zal het eerder lager zijn dan hoger omdat NVO's niet zijn aangelegd met nutriëntenzuivering als hoofddoel, en moerasbufferstroken wel.

^c De onderzochte helofytenfilters zuiveren afvalwater met een gemiddelde concentratie van circa 50 mgN/l en 9 mgP/l. Bij toepassing op landelijk water (met lagere concentraties) zal het rendement (in kg/ha) kleiner zijn dan hier aangegeven.

^d 50% voor installatie met voorraadtank en bezinkbassin, 80 tot 90% voor defosfaterend zandfilter.

^e Voor defosfaterend zandfilter.

^f Voor drainbuis omhuld met houtsnippers in eerste jaar na aanleg. In de twee jaren daarna daalde de verwijderingseffectiviteit, en bedroeg deze 0 tot 60% waarbij de diepst gelegen drainbuis het met 60% het beste bleef doen. Een dergelijk verlies in reactiviteit is een bekend fenomeen voor denitrificatiebioreactors, al stabiliseert hun reactiviteit naar verloop van tijd en hebben ze volgens Christianson et al. (2013) een geschatte levensduur van 40 jaar. Een met houtsnippers omhulde drainbuis is overigens alleen effectief als het bodemwater voldoende nitraat bevat, zoals in goed doorluchte (zand)bodems. In minder doorluchte bodems zoals veenbodems zal een dergelijke drainbuis minder effectief zijn, doordat het bodemwater vaak minder nitraat bevat, en meer ammonium, zeker als de grondwaterstand hoog is.

^g Voor ortho-P in drainbuis omhuld met ijzerzand, met een verwachte zuiverende werking van ongeveer 15 jaar (ongeveer gelijk aan de levensduur van een drainbuis).

Bovenstaande zorgt ervoor dat het effect van een maatregel sterk verschilt in ruimte en tijd en daardoor lastig te voorspellen is. De zuiveringsrendementen van [tabel 2.9](#) geven dan ook slechts een indicatie van het te verwachten effect. Ook is voorzichtigheid geboden bij het toepassen van in het buitenland gevonden rendementen op de Nederlandse situatie. Kenmerkend voor Nederland is het weinige reliëf en de vaak beperkte ruimte om zuiveringsvoorzieningen als moerasbufferstroken en helofytenfilters aan te leggen. Het weinige reliëf zorgt vaak voor minder oppervlakkige afstroom dan in buitenlandse hellende gebieden. Hierdoor hebben maatregelen als (droge) bufferstroken bij voorbaat vaak minder effect in Nederland omdat ze minder worden doorstroomd, en hebben ze mogelijk meer effect als bemestingsvrije zone dan als zuiverende voorziening (Stowa 2008). De beperkte ruimte voor de aanleg van zuiveringsvoorzieningen, zorgt voor beperkte breedtes van (moeras) bufferstroken en natuurvriendelijke oevers en daarmee een beperkter zuiverend vermogen. Ze zijn vaak hooguit 10 meter breed terwijl de buitenlandse literatuur in het algemeen rapporteert over bredere voorzieningen, regelmatig breder dan 50 meter. De kleinere breedte wordt mede bepaald doordat beheer en onderhoud vanaf de kant plaatsvindt. De werkbreedte is dan max 8 meter. Daarnaast zorgen eventuele verschillen in klimaat ervoor dat buitenlandse zuiveringsrendementen niet één op één toepasbaar zijn op de Nederlandse situatie.

▶▶ 3 MODELSIMULATIES NAW EN ANDERE VERKENNINGEN

3.1 Landelijk Waterkwaliteitsmodel

Het Landelijk Waterkwaliteitsmodel (LWKM) wordt ingezet ter berekening van het effect op de oppervlaktewater-kwaliteit (N en P) van de verplichte maatregelen (zesde Actieprogramma Nitraatrichtlijn) en de mogelijke aanvullende maatregelen (Deltaplan Agrarisch Waterbeheer), voor een basisambitie en een hoog ambitieniveau. Het LWKM bestaat uit een keten aan modellen (figuur 3.1). Voor de inzet van het LWKM in de NAW is gebruik gemaakt van de deelmodellen van het LHM, INITIATOR, ANIMO, QUATMOD/MEBOT en de KRW-Verkenner. MT3D-MS is niet voor de NAW ingezet.

Voor de bedrijfsschaal zijn er diverse tools/apps en modellen beschikbaar. Enkele van deze tools zoals de Bedrijfswaterwijzer en de Keukentafeltool hebben een samenhang met de in figuur 3.1 weergegeven modellen.

Door de modelinvoer en/of de modelparameters van de volgende modules aan te passen kunnen maatregelen worden beschreven:

INITIATOR voor bepaling mestgift

- Modelinvoer: dieraantallen, staltypen, toedieningstechnieken, gewassen, mestverwerkingspercentages, fosfaattoestand van de bodem, etc.
- Modelparameters: emissiefactoren, acceptatiegraad voor dierlijke mest, etc.

QUADMOD/MEBOT voor berekening gewasopname

- Modelinvoer: mestgiften (op jaarbasis), mestsamenstelling
- Modelparameters: coëfficiënten gewasproductie en -opname, werkzaamheid mestgift voor gewasopname

MetaSWAP voor waterhuishouding in de bodem en het bovenste grondwater

- Modelinvoer: kaart met aanwezigheid buisdrains
- Modelparameters: criteria voor berekening, weerstanden en diepten buisdrains

ANIMO voor uit- en afspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater

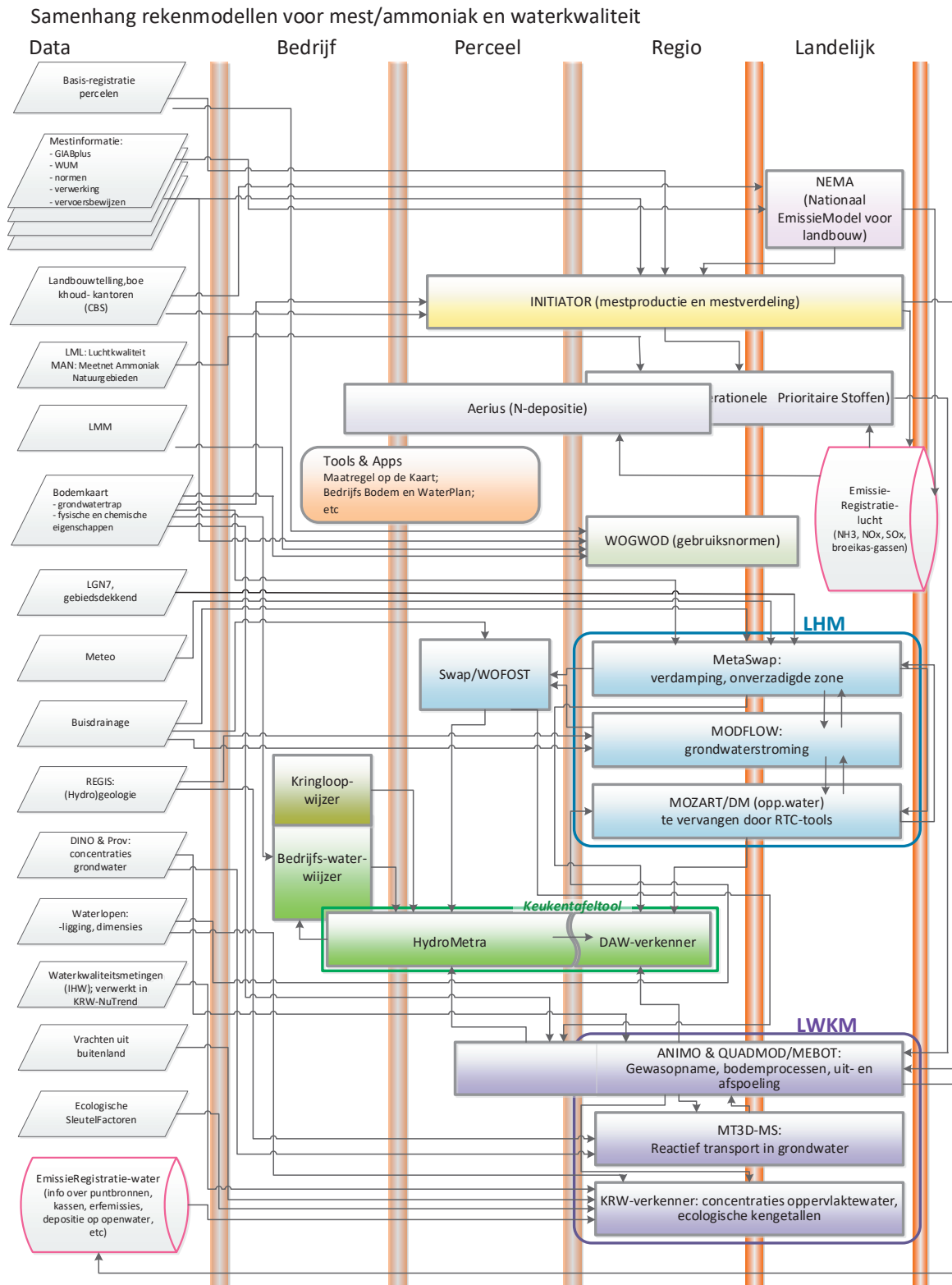
- Modelinvoer: mestgiften (resultaat INITIATOR), gewasopname en gewasresten (resultaat QUADMOD/MEBOT), hydrologische informatie over waterfluxen, grondwaterstanden en vochtgehalten (resultaat MetaSWAP), depositie, fosfaattoestand van de bodem
- Modelparameters: timing bemesting binnen een jaar, diepte van grondbewerking en mestinjectie, oppervlaktepercentage onbemeste perceelsranden, verdeling van bodemlagen die bijdragen aan oppervlakkige afspoeling

KRW-verkenner voor nutriëntenconcentraties van het oppervlaktewater

- Modelinvoer: Aanpassing van vrachten uit EmissieRegistratie (bijv. Erfafspoeling), vrachten uit ANIMO, en eventueel aanpassing hiervan
- Modelparameters: aanpassing retentiefactoren (bijv. natte bufferstroken in haarvaten)

FIGUUR 3.1

Keten van modellen voor de berekening van de invloed van landbouw op waterkwaliteit



3.2 Inzet van deelmodellen in de rekenruns

Voor de NAW zijn drie rekenvarianten samengesteld. In de eerste rekenvariant zijn de maatregelen uit het 6^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn opgenomen (tabel 3.1). In de twee andere rekenvarianten worden de maatregelen specifiek voor DAW daaraan toegevoegd. De maatregelen in de tweede en derde variant zijn dezelfde, alleen verschilt de mate waarin men verwacht dat maatregelen geïmplementeerd worden. In bijlage 2 is een overzicht opgenomen van de kwalitatieve schatting van het effect van DAW-maatregelen op de uit- en afspoeling van nutriënten, hetgeen door DAW-coördinatoren in de periode november 2018 tot en met januari 2019 is benut om een inschatting te maken van het draagvlak voor maatregelen en daarvan voor de NAW af te leiden implementatiegraad. De implementatie zal in de praktijk afhangen van de mate waarin agrariërs overtuigd kunnen worden van het belang ervan, en van de compensaties die men ervoor zou kunnen krijgen (financieel⁶, verlichting regeldruk, etc.).

TABEL 3.1

Overzicht van de besproken maatregelen op en langs het veld die leiden tot een verminderde belasting van nutriënten naar het grond- en oppervlaktewater.

Categorie	Maatregel	6e AP	DAW
Mest- Volume	1. Voorwaarden en gebruiksnormen voor scheuren grasland op zand- en lössgrond	X	
	2A. Aanpassing indeling fosfaatklassen en bijbehorende fosfaatgebruiksnormen	X	
	2B. Verruiming P-norm bij toepassen organisch stofrijke meststoffen op bouwland	X	
	3. Afstemmen bemesting op de N-mineralisatie		X
Mest- Toediening	4. Rijenbemesting van maïs op zand- en lössgrond	X	
	5. Verschuiven uitrijdperiode drijfmest bouwland	X	
	6. Verruimen uitrijdperiode vaste mest op grasland	X	
	7. Latere voorjaarstoediening van dierlijke mest op gras- en maisland		X
	8. Optimaliseren stikstofwerking van mest		X
Mest- samenstelling	9. Drijfmest verdunnen bij uitrijden		X
	10. Toepassing van minder uitspoelinggevoelige minerale N-meststoffen		X
Gewas	11. Inzet van compost en organische mest		X
	12. Eisen aan de teelt van vanggewassen en groenbemesters	X	
	13A. Optimaliseren van landgebruik met gras en maïs		X
	13B. Toepassing van vruchtwisseling op een melkveebedrijf, gericht op behoud en opbouw van organische stof		X
	14. Verlenging van de leeftijd van grasland		X
	15. Gebruik van diepwortelende gewassen en rustgewassen		X
	16. Op tijd zaaien en goed verzorgen van een vanggewas		X
	17. Bodembedekking door toepassing van groenbemesters, tussengewassen en vanggewassen		X
grondbewerking	18. Drempels bij ruggenteelten op klei- en löss (6e AP) en andere gronden (DAW)	X	X
	19. Voorkomen van bodemverdichting door aanpassen wiellast		X
Waterhuishouding	20. Toepassen van onderwaterdrainage in veengebieden		X
Overig	21. Voorkomen erfafspoeling nutriënten	X ¹	
Inrichting	22. Onbemeste stroken langs waterlopen	X ¹	
	23. Natte bufferstroken		X
end-of-pipe	24. Gebruik baggerpomp voor effectief slootbaggeren		X
	25. Verwijdering van fosfaat uit drainagewater		X

¹⁾ Benoemd in het 6^e Actieprogramma, uitgewerkt in DAW

⁶ Het benoemen van mogelijke financiële compensatie valt buiten de context van dit rapport. Hiervoor wordt verwezen naar de rapportage van de Nationale analyse waterkwaliteit.

TABEL 3.2

Deelmodellen van het LWKM waarin modelparameters of modelinvoer worden aangepast voor het simuleren van effecten van maatregelen (van 6^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn en DAW).

Maatregel	Meta-Swap	Initiator	Quadmod / Mebot	Animo	KRW-verkenner
Mestvolume					
1. Aanpassen voorwaarden en gebruiksnormen voor scheuren van grasland op zand- en lössgrond		X			
2a Aanpassing indeling fosfaatklassen en bijbehorende fosfaatgebruiksnormen		X	X	X	
2b Verruiming P-norm bij toepassen organische stofrijke meststoffen op bouwland		X	X	X	
3. Afstemmen bemesting op de N-mineralisatie				X	
Mesttoediening					
4. Rijenbemesting van maïs op zand- en lössgrond			X	X	
5. Verschuiven uitrijdperiode drijfmest bouwland			X	X	
6. Verruimen uitrijdperiode vaste mest op grasland			X	X	
7. Latere voorjaarstoediening van dierlijke mest op gras- en maïsland			X	X	
8. Optimaliseren stikstofwerking van mest			X	X	
9. Drijfmest verdunnen bij uitrijden			X	X	
Mestsamenstelling					
10. Toepassing van minder uitspoelinggevoelige minerale N-meststoffen			X		
11. Inzet van compost en organische mest			X	X	
Gewas					
12. Eisen aan de teelt van vanggewassen en groenbemesters			X	X	
13A. Optimaliseren van landgebruik met gras en maïs			X	X	
13B. Toepassing van vruchtwisseling op een melkveebedrijf, gericht op behoud en opbouw van organische stof	X	X	X	X	
14. Verlenging van de leeftijd van grasland			X	X	
15. Gebruik van diep wortelende gewassen en rustgewassen	X			X	
16. Op tijd zaaien en goed verzorgen van een vanggewas	X	X	X	X	
17. Bodembedekking door toepassing van groenbemesters, tussengewassen en vanggewassen	X	X	X	X	
Grondbewerking					
18. Aanbrengen drempels bij ruggenteelten op klei- en lössgrond (6e AP) en op andere gronden (DAW)				X	
19. Voorkomen van bodemverdichting door aanpassen wiellast	X			X	
Waterhuishouding					
20. Toepassen van onderwaterdrainage in veengebieden	X			X	
Overig					
21. Voorkomen erfafspoeling nutriënten					X
Inrichting					
22. Onbemeste stroken langs waterlopen				X	
23. Natte bufferstroken					X
End-of-pipe					
24. Gebruik baggerpomp voor effectief slootbaggeren				X	X
25. Verwijdering van fosfaat uit drainagewater					X

Maatregelen

Voor het uitvoeren van berekeningen worden per maatregel aanpassingen gedaan in de invoer of de parameters van de modellen. Als een maatregel wordt opgelegd door bijv. de grenswaarden en parameters van fosfaatklassen in het “bemestingsmodel” Initiator te veranderen, wordt Initiator opnieuw gerund. Ook de modellen die afhankelijk zijn van de uitvoer van Initiator (QUADMOD/MEBOT en ANIMO) worden opnieuw gerund. Vervolgens wordt met de nieuwe output van het ANIMO model een run uitgevoerd met KRW-Verkenner. [Tabel 3.2](#) geeft aan in welke modellen parameters en invoer wordt aangepast om de maatregelen door te kunnen rekenen.

Te zien is dat de meeste maatregelen ingrijpen op de gewasopname of werkzaamheid van de mest (QUADMOD/MEBOT) en de uit- en afspoeling van nutriënten (ANIMO). Daarnaast hebben enkele maatregelen een effect op de mestgift (Initiator) en op de waterhuishouding in gewas en bodem (MetaSWAP). Voor maatregelen waar de vruchtwisseling wordt aangepast (maatregel 13B), of waar een extra tussengewas wordt geteeld (maatregel 15, 16 en 17), is een run nodig van MetaSwap om het effect op de plantverdamping te berekenen. Voor de berekening van de opname van nutriënten in het ANIMO-model is namelijk per tijdstap informatie nodig over de plantverdamping.

Van enkele end-of-pipe maatregelen is alleen een aanpassing van de KRW-verkenner nodig. Het gaat dan om het effect van natte bufferstroken (maatregel 23) en verwijdering van fosfaat uit drainagewater (maatregel 25). Ook wordt de bronmaatregel 21 ‘Voorkomen erfafspoeling nutriënten’ doorgerekend met de KRW-verkenner, door een reductie te veronderstellen van de in EmissieRegistratie vermelde erfemissies.

3.3 Methode van effectberekening

Effecten van maatregelen worden verkend met modellen. Om een zuivere vergelijking te kunnen maken is het nodig met een eenduidige methodiek te werken en deze consequent toe te passen. Als methodiek stellen we het volgende stappenplan voor:

- Stap 1: beschrijving referentie
- Stap 2: beschrijving maatregel
- Stap 3: benoemen van wat we onder “effect” en “effectiviteit” verstaan; en op welke termijn (welke zichtjaren)
- Stap 4: kwantificering van het effect voor denkbeeldige percelen
- Stap 5: kwantificering van het potentiële effect voor stroomgebieden
- Stap 6: kwantificering van een realistisch effect voor stroomgebieden

In [Bijlage 3](#) wordt bovenstaande methodiek geïllustreerd aan de hand van twee DAW-maatregelen.

3.3.1 Effecten van combinaties van maatregelen (pakketten)

Voor de modelberekeningen worden pakketten met maatregelen samengesteld. De maatregelen worden aan het model opgelegd door een verandering in hydrologie, mestvolume, mestsamenstelling, gewasopname of bodemparameters.

Voor de stikstofgerichte maatregelen die aangrijpen op de relatie tussen mest, gewas en bodem is het overschot op de bodembalans een belangrijke indicator. Zowel de nitraatuitspoeling naar grondwater als de N-belasting van het oppervlaktewater vertonen een duidelijk verband met het stikstofoverschot.

Voor fosfaat is het verband tussen het P-overschot en de P-belasting van het oppervlaktewater veel minder duidelijk. De P-belasting wordt voornamelijk bepaald door de fosfaattoestand van de toplaag van de bodem, de infiltratiecapaciteit en de waterberging in de bodem, de aanwezigheid van eventueel storende lagen in de bodem, de helling en het reliëf van het maaiveld, de aanwezigheid van gewassen en het voorkomen van extreme neerslaggebeurtenissen.

De fosfaatgerichte maatregelen kunnen in het model worden opgelegd door een verandering in de parameters die van invloed zijn op de routes. Niet in alle gevallen kunnen de maatregelen met het model worden doorgerekend. Dan wordt op basis van literatuur of expert judgement een schatting gemaakt van het effect rekening houdend met gewas, bodem en ontwatering. De informatie in het literatuuroverzicht ([Paragraaf 2.1.2](#)) en de factsheets in bijlage 1 vormt hiervoor de basis.

In de aangereikte lijst met maatregelen zijn drie typen te onderscheiden:

1. Brongerichte maatregelen (werking van mest, vanggewassen, graslandbeheer, etc.)
2. Route gerichte maatregelen (drainage, bufferstroken, drempels in ruggenteelten, etc.)
3. Effectgerichte maatregelen (natte bufferstroken, fosfaatzuivering, etc.)

De brongerichte maatregelen kunnen grotendeels in de modelinvoer van het landsdekkende model verwerkt worden, maar dit geldt niet voor enkele van de route maatregelen en ook niet van de effectgerichte maatregelen. Daarom wordt een methodiek voorgesteld om de resultaten van het landsdekkende model te combineren met schattingen van de effectiviteit van routegerichte maatregelen.

Effecten en deeleffecten worden uitgedrukt als fractie : vermindering van de af- en uitspoeling gedeeld door de af- en uitspoeling in de uitgangssituatie. Als een pakket maatregelen een deeleffect heeft voor zowel de brongerichte aspecten, de route gerichte aspecten als de effectgerichte aspecten, wordt het totale effect berekend met een benadering van serie-schakeling. Voor stikstof is deze benadering als volgt:

$$\text{Totaal effect stikstof} = 1 - (1 - \text{deeleffect bron}) \times (1 - \text{deeleffect route}) \times (1 - \text{deeleffect effectgericht})$$

Omdat voor fosfaat brongerichte maatregelen voor de korte en middellange termijn nagenoeg geen effect sorteren (Groenendijk *et al.*, 2016), wordt het totaal effect voor fosfaat als volgt benaderd:

$$\text{Totaal effect fosfor} = 1 - (1 - \text{deeleffect route}) \times (1 - \text{deeleffect effectgericht})$$

Per aspect wordt een gewogen gemiddelde samengesteld voor de modelinvoer. De brongerichte aspecten worden samengevat in termen van effecten op N-overschot op de bodembalans en P-overschot op de bodembalans. Als meerdere maatregelen een effect hebben op het overschot op de bodembalans wordt een procedure gevolgd om het overall effect te schatten. Het is namelijk niet aannemelijk dat de effecten optelbaar zijn. Door onderlinge beïnvloeding van de maatregelen worden extra maatregelen steeds minder effectief. Om hiermee rekening te houden worden de maatregelen gesorteerd op hun effect op de bodembalans. Het grootste effect wordt volledig meegeteld. De volgende in omvang wordt voor deel meegeteld, de daaropvolgende wordt voor deel meegeteld en zo verder. In het hypothetische geval dat alle maatregelen gelijke effecten op de bodembalans zouden sorteren en een groot aantal maatregelen getroffen zou worden, is het overall effect gelijk aan tweemaal het effect van een individuele maatregel. In [tabel 3.3](#) is een voorbeeld uitgewerkt.

TABEL 3.3

Voorbeeld van de rekenwijze om tot een totaal effect van brongerichte maatregelen in een rekenvariant te komen.

	Effect op overschot (kg/ha)	N- Na sorteren op grootte	Direct effect op overschot (kg/ha)	effect N- Weegfactor	Gewogen effect (kg/ha)
Maatregel 1	20	Maatregel 2	30	1	30
Maatregel 2	30	Maatregel 1	20	½	10
Maatregel 3	5	Maatregel 4	15	¼	3,75
Maatregel 4	15	Maatregel 3	5	1/8	0,625
Totaal effect					44,375

Het totaal effect (verminderd N-overschot) wordt aan het uitspoelingsmodel opgelegd. Hierbij wordt rekening gehouden met de wijze waarop de vermindering tot stand gekomen is (mestsoorten, vanggewassen, landgebruik, etc.).

De keuze voor de weegfactoren is in de voorgestelde methodiek enigszins arbitrair. Als blijkt dat bij toepassing van de weegfactoren een resultaat verkregen wordt dat dicht bij een kritische grens ligt (bijv. rondom 50 mg/L nitraat in de eerste meter van het grondwater) is het aan te bevelen een gevoeligheidsanalyse uit te voeren met het grootste individuele effect als ondergrens en de som van de individuele effecten als bovengrens.

Een aantal route maatregelen zouden ingevuld kunnen worden in de modelinvoer en de modelparameters van het hydrologische model. Echter, gezien de onzekerheden van de resultaten van de met LHM berekende waterfluxen per drainagesysteem (de versie die voor de NAW beschikbaar was), is implementatie van maatregelen in dit deelmodel voor de NAW niet zinvol geacht. Een uitzondering geldt voor de berekening van de verdamping van vanggewassen. Om in het model de ontwikkeling en opname van vanggewassen te kunnen simuleren is een berekening van de verdamping van deze gewassen nodig.

Effecten van route maatregelen worden voor combinaties van sectoren, gewassen, grondsoorten en ontwateringssituaties geschat. Voor de berekening van effecten van een combinatie van routemaatregelen wordt ook het principe met een afnemende weegfactor bij toevoeging van (gesorteerde) maatregelen toegepast.

Voor DAW-maatregelen is per sector en per grondsoort/grondwatertrap aangegeven welk percentage van het areaal zal deelnemen op vrijwillige basis. De ligging van het areaal is niet nader gedefinieerd en daarom kunnen de DAW-scenario's niet direct in een rekenrun worden geïmplementeerd. Om toch rekening te houden met de mate van deelname aan DAW-maatregelen is een weging uitgevoerd van de resultaten van twee modelruns: de referentie (basisprognose) en een rekenvariant waarin de deelname aan DAW-maatregelen op 100% is gesteld. Aan de hand van een weegfactor per grondsoort en grondwatertrap en per sector waarin de implementatiegraad tot uitdrukking is gebracht, zijn voor de DAW-scenario's de resulterende nitraatconcentratie en N- en P-belasting van het oppervlaktewater berekend als:

$$\text{Resultaat} = \text{weegfactor} \times \text{Resultaat bij 100\% deelname} + (1 - \text{weegfactor}) \times \text{Resultaat van Referentie}$$

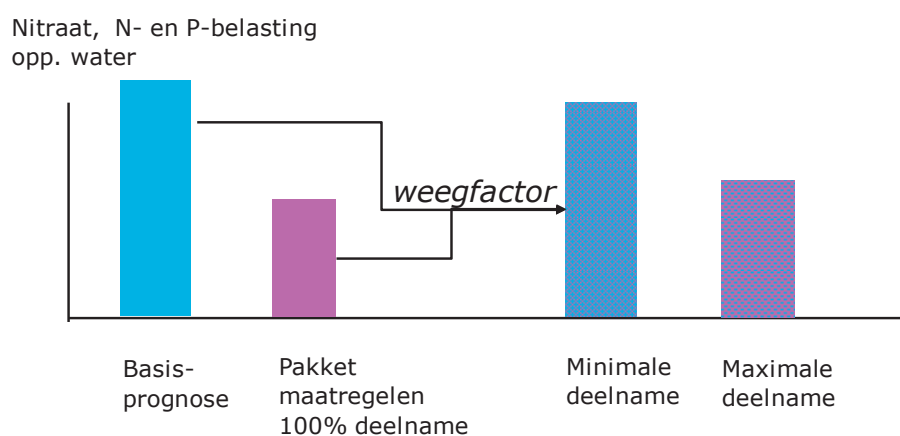
De methode wordt in [figuur 3.2](#) geïllustreerd. Als een pakket een combinatie bevat van brongerichte maatregelen en routegerichte maatregelen wordt eerst een gemiddelde weegfactor voor de brongerichte maatregelen berekend en vervolgens analoog hieraan ook een weegfactor voor de routegerichte maatregelen. Het samenstellen tot een overall waarde gebeurt dan volgens het principe:

$$\text{Overall weegfactor} = 1 - (1 - \text{weegfactor bron}) \times (1 - \text{weegfactor route})$$

Voor de weegfactor voor stikstof wordt rekening gehouden met het deelnamepercentage per maatregel en het effect van de maatregel op het stikstofoverschot. Tabel 3.4 geeft een voorbeeld ter verduidelijking. Van de verschillende brongerichte maatregelen wordt een afzonderlijk effect op het stikstofoverschot geschat. Vervolgens worden de maatregelen gerankt aan de hand van het geschatte N-overschot. Vervolgens worden weegfactoren met een afnemend getal toegepast op de gerankte lijst met maatregelen en wordt een totaal effect op het N-overschot berekend.

FIGUUR 3.2

Weging van resultaten van Basisprognose en van de rekenvariant 100% DAW-deelname om het resultaat van de varianten “minimale deelname” en “maximale deelname” te berekenen



TABEL 3.4

Voorbeeld van de rekenwijze om een gemiddelde weegfactor vast te stellen voor de berekening van de resulterende nitraatconcentratie en N- en P-belasting van het oppervlaktewater in afhankelijkheid van het areaalpercentage waarvoor maatregelen worden genomen.

	Effect op N-overschot (kg/ha)	Deelname percentage	Effect x deelname
Maatregel 1	20	70%	14
Maatregel 2	30	35%	10.5
Maatregel 3	5	50%	2.5
Maatregel 4	15	20%	3
Som	70		30
Gemiddelde weegfactor = som (Effect x deelname) /som(Effect) = 30/70 = 43%			

Als een pakket een combinatie bevat van brongerichte maatregelen en routegerichte maatregelen wordt eerst een gemiddelde weegfactor voor de brongerichte maatregelen berekend en vervolgens analoog hieraan ook een weegfactor voor de routegerichte maatregelen. Het samenstellen tot een overall waarde gebeurt dan volgens het principe:

$$\text{Overall weegfactor} = 1 - (1 - \text{weegfactor bron}) \times (1 - \text{weegfactor route})$$

3.3.2 Bepaling van effecten in zichtjaren

Bij het opzetten van de modelsimulaties wordt rekening gehouden met het doel van de analyse. Een ex-post analyse vraagt om een andere aanpak dan een ex-ante analyse. Bij een ex-post (en ex-durante) analyse staat de vraag centraal wat de huidige toestand is en hoe deze te verklaren is uit het historische verloop. Modelresultaten voor een ex-post en ex-durante analyse kunnen vergeleken worden met metingen. De modellen worden dan gebruikt om verklaringen te zoeken voor mechanismen die niet te meten zijn. In een ex-ante analyse, zoals relevant voor deze studie, staat de vraag centraal wat de toestand zal zijn als huidige “drivers” en “pressures” onverminderd blijven gelden, of wanneer een interventie gepleegd wordt door het opleggen van een maatregel.

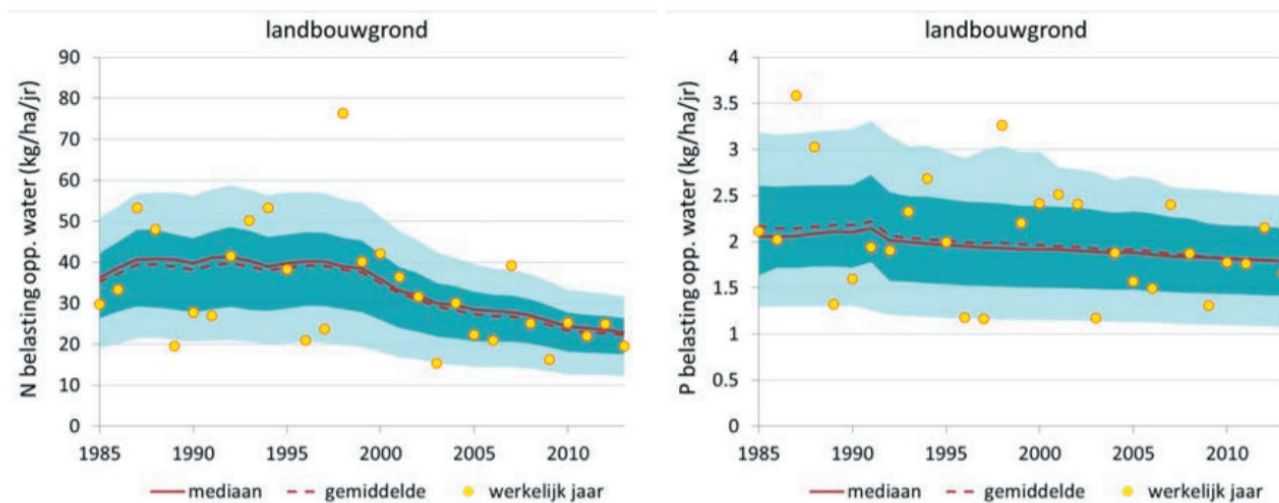
Uit- en afspoeling van nutriënten en de resulterende waterkwaliteit zijn sterk afhankelijk van het weer. De metingen worden ook beïnvloed door het weer. In modelresultaten voor een ex-post analyse is het daarom logisch dat effecten van het weer herkenbaar zijn.

In een ex-ante analyse staat de vraag centraal wat effecten van beleidsvarianten of maatregel(pakketten) zijn op de waterkwaliteit. De variatie in vrachten en concentraties als gevolg van het weer kan storend werken bij de ex-ante analyse. Om die reden is een methode ontwikkeld om effecten van weersvariatie op vrachten en concentraties te filteren. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat het huidige klimaat gedefinieerd is door de meteoreeks van 1981 - 2010. Deze reeks wordt toegepast in scenario's. Met de 30 weerjaren in de reeks worden 30 modelruns uitgevoerd, waarbij de meteoreeks wordt verschoven ten opzichte van de werkelijke jaren. Steeds wordt een ander weerjaar als startjaar gekozen. De volgorde blijft gehandhaafd. Het uiteindelijke resultaat bestaat uit 30 realisaties waarbij voor ieder jaar de vrachten en concentraties mede worden bepaald door de weersomstandigheid van één van de dertig weerjaren.

Van de resultaten van de 30 realisaties kunnen voor een gewenst zichtjaar in de toekomst gemiddelde waarden en percentielwaarden worden bepaald. **Figuur 3.3** geeft een voorbeeld van de resultaten van het STONE-model voor berekeningen van 30 realisaties met een 30-jarige weerreeks.

FIGUUR 3.3

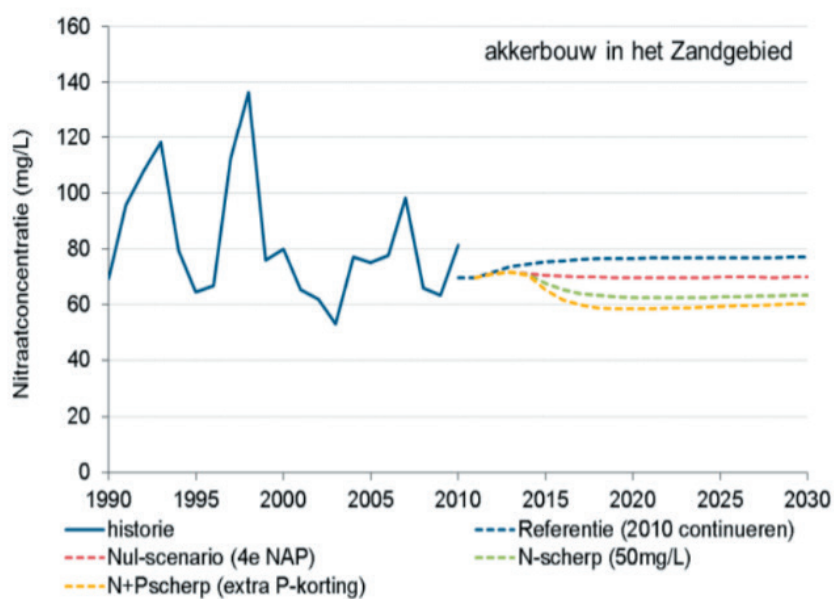
Voor EmissieRegistratie 2013 berekende stikstofbelasting (links) en de fosforbelasting (rechts) (kg ha⁻¹ jr⁻¹) naar het oppervlaktewater uit landbouwgronden berekend met de klimaatreeks. De donkere band omvat 25 tot 75% van de uitkomsten, de lichte band omvat 5 tot 95% van de rekenresultaten. (bron: Renaud et al, 2015).



Deze methode van middelen van vrachten en concentraties heeft als gevolg dat in een startjaar van de ex-ante analyse de waarden kunnen verschillen van de op basis van werkelijk weer berekende waarden in het kader van een ex-post analyse. Een voorbeeld hiervan is gegeven in **figuur 3.4**.

FIGUUR 3.4

Berekend verloop van de nitraatconcentratie voor EMW2012 met reël weer tot en met 2010 en vanaf 2010 met een filtering van weersinvloeden aan de hand van 30 realisaties met een 30-jarige weerreeks (bron: Groenendijk et al, 2012)



Voor het bepalen van de termijn waarop de effecten van de maatregelen in een stabiele eindsituatie komen (volledige effect manifesteert zich) dient de simulatie lang genoeg te worden doorgezet. Met de 30-jarige reeks van weerjaren is het in principe mogelijk om bijvoorbeeld 100 jaar door te rekenen.

►► 4 DISCUSSIE EN PERSPECTIEF VAN HET ONDERZOEK

4.1 Discussie

Dit rapport geeft een overzicht van maatregelen die in Nederland en in het buitenland worden toegepast ter vermindering van de emissie van nutriënten vanuit het landelijk gebied naar het grond- en oppervlaktewater. Per maatregel is gekeken naar de definitie, het toepassingsgebied en de effectiviteit. Daarnaast geeft dit rapport een doorkijk van de manier waarop de in Nederland voorgestelde maatregelen (vanuit DAW en het 6^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn) worden doorgerekend met het Landelijk Waterkwaliteitsmodel (LWKM). De in dit rapport gebundelde kennis over de maatregelen en de voorstelde methodes voor het berekenen van de effecten zijn toegepast in de NAW.

In de lijst met in Nederland verplichte en mogelijke aanvullende maatregelen ligt een sterke nadruk op brongerichte maatregelen (16 van de 25 beschouwde maatregelen). Van de resterende 9 maatregelen zijn er 6 route-gericht en 3 effectgericht. Het merendeel van de maatregelen heeft betrekking op aspecten van de bedrijfsvoering (mest, gewas) die aan de rand of buiten het gezichtsveld van een waterbeheerder staan. Dit vraagt extra inspanning van waterbeheerders om met agrariërs in gesprek te gaan over de mogelijkheden om emissies te beperken.

Tabel 4.1 geeft voor de 25 maatregelen een beoordeling van de duidelijkheid waarmee de maatregelen gedefinieerd zijn, de overlap met andere maatregelen en de mate waarin effecten van maatregelen zijn onderbouwd met empirisch onderzoek.

Bodemverbetering wordt vaak genoemd in inventarisaties van mogelijke maatregelen. Op het punt van bodemverbetering is het voor waterbeheerders gemakkelijker om met agrariërs samen te werken. Vanuit de akker- en tuinbouwsector wordt een pleidooi gevoerd om bij het terugdringen van eutrofiëring als gevolg van uitspoeling in te zetten op bodembeleid en minder op mestbeleid. In de maatregellijst in dit rapport neemt bodemverbetering een minder prominente plaats in. Mogelijk is dit een gevolg van het feit dat vooraf is aangegeven dat effecten van bodemverbetering moeilijk in modelberekeningen zijn te verdisconteren.

Bodemverbetering of het begrip “goede bodem” is een containerbegrip dat een nadere omschrijving behoeft en dat een sterke samenhang heeft met Goede Landbouw Praktijk. Zowel het begrip “goede bodem” als het begrip “Goede Landbouw Praktijk” waren tot voor kort niet duidelijk omschreven en boden de mogelijkheid tot uiteenlopende interpretaties. Het achterwege laten van een nadere specificaties leidt tot een risico op ondoelmatige besteding van gelden of het risico van een oneigenlijke invulling van het begrip in een pleidooi voor vergroting van de plaatsingsruimte van dierlijke mest. Recente ontwikkelingen van de OpenBodemIndex (<https://tools.wenr.wur.nl/obi>) geven een nadere invulling aan de behoefte tot het nader aanduiden van een goede bodemkwaliteit. Voor een nadere aanduiding van het begrip Goede Landbouw Praktijk lopen er verschillende initiatieven vanuit de landbouwsector en de ketenpartijen (Kringloopwijzer, ontwikkeling van kritieke prestatie indicatoren (KPI's) door banken en verzekeringsmaatschappijen).

Naar aanleiding van het literatuuronderzoek zijn een aantal aandachtspunten te formuleren:

- *Toepasbaarheid literatuur*

In de internationale literatuur zijn veel gegevens te vinden over de effecten van maatregelen. Vaak zijn deze gegevens niet direct toepasbaar in de Nederlandse situatie, omdat: 1) de bemestingsniveaus in Nederland en daaraan gerelateerd de agrarische productieniveaus vaak hoger zijn dan in het buitenland; 2) in Nederland veel diepe water doorlaatbare bodems voorkomen met het vermogen nitraat af te breken en fosfaat te binden; 3) veel percelen een directe verbinding hebben met oppervlaktewateren; 4) de hellingen van het maaiveld kleiner zijn dan in het buitenland, waardoor oppervlakkige afstroming meestal een minder prominente rol speelt dan elders. De grote bandbreedtes ten aanzien van effectiviteit en kosteneffectiviteit in de Duitse en Engelse overzichten van maatregelen geven aan dat ook binnen deze landen nog andere factoren een rol spelen dan de hier genoemde ver-

schillen met Nederland. Dit geeft aan dat schattingen van effecten van maatregelen met modellen alleen indicatief zijn. Als voor beleid en beheer een verbeterde onderbouwing (kleinere onzekerheid) gewenst is van de effecten van maatregelen, dient de informatie daarover in systematisch en bij voorkeur wetenschappelijk opgezet veldonderzoek verzameld te worden.

- *Maatregelen vertonen overlap en zijn niet altijd duidelijk gedefinieerd*

Het is niet altijd duidelijk wat de maatregel precies inhoudt, hoe de maatregel zich verhoudt tot het huidige beleid (de referentiesituatie) en wat het exacte toepassingsgebied is (type teelt en grondsoort). Daarnaast vertonen enkele maatregelen overlap, zoals de maatregelen '16. Op tijd zaaien en goed verzorgen van een vanggewas' en '17. Bodembedekking door toepassing van groenbemesters, tussengewassen en vanggewassen'. [Tabel 4.1](#) geeft aan welke maatregelen overlap vertonen en welke maatregelen een duidelijkere definitie behoeven. Het is aan te bevelen om alle maatregelen volgens een vast format te beschrijven. Bij de beschrijving kan bijvoorbeeld gebruik worden gemaakt van het in [paragraaf 3.3](#) genoemde stappenplan. Dit leidt tot een consequent en zuiver vergelijk van maatregelen. Een dergelijke consequente omschrijving (volgens het SMART-principe) is ook van meerwaarde voor de maatregelomschrijving in de DAW-projecten (<http://agrarischwaterbeheer.nl/projectenoverzicht>).

Voor de mate van detaillering van een maatregel en het format zou men ook kunnen denken aan de wijze waarop gebruiksnormen en gebruiksvorschriften worden gepubliceerd op <https://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mestbeleid/mest>.

- *Maatregelen versus aanpassing bedrijfsstrategie*

Maatregelen die een verandering in bedrijfsstrategie inhouden (bijv. toepassing Kringloopwijzer), maar geen concrete handeling betreffen, zijn niet in dit rapport opgenomen. Dergelijke strategiewijzigingen zijn te kenmerken als een transitie van Good Agricultural Practices naar Best Agricultural Practices en grijpen op verschillende punten in op de bedrijfsvoering. Dergelijke strategieën zijn vaak combinaties van verschillende maatregelen. Het succes van dergelijke strategiewijzigingen is wisselend. In het project Boeren voor Drinkwater in Overijssel hebben ca. 20 agrariërs met intensieve begeleiding van landbouwadviseurs hun bedrijfsmanagement gewijzigd. Over een periode van 8 jaar zijn nitraatmetingen verricht en geconcludeerd wordt dat de gebiedsgemiddelde nitraatconcentratie nog steeds meer dan 20 mg/L te hoog is en dat het moeilijk is een gemiddelde concentratie lager dan 50 mg/L te realiseren (Van den Brink *et al* 2017). In het project Duurzaam Schoon Grondwater in Zuid-Limburg is het perspectief op het voldoen aan de nitraatnorm gunstiger. Ook daar worden agrariërs intensief begeleid met advies en passen zij hun bedrijfsvoering aan. Het verschil in uitspoeling gevoeligheid leidt ertoe dat bij toepassen van Best Management Practices in het ene gebied wel aan de milieunormen voldaan kan worden en dat dit in het andere gebied veel moeilijker is.

- *Niet alle landbouwbronnen zijn scherp in beeld*

Alhoewel soms moeilijk te kwantificeren, zijn de belangrijkste bronnen van de belasting van oppervlaktewater in beeld. Voor specifieke situaties zijn er nog bronnen die minder goed in beeld zijn en waarvoor maatregelen effectief kunnen zijn om de waterkwaliteit ter plaatse te verbeteren. Een voorbeeld hiervan zijn vrije uitloopkippen. In 2018 waren er in Nederland ruim 200 biologische kippenbedrijven met vrije uitloop. Daarnaast worden Freiland eieren ook geproduceerd door vrije uitloopkippen. Voor beide categorieën geldt een maximum van 2.500 legkippen per hectare. De uitloopweide moet aan de stal grenzen en er moet maximaal 350 meter loopafstand zijn van de dichtstbijzijnde uitloopopening van de overdekte uitloop. Vooral de zone nabij de uitloop opening wordt zwaar belast met mest terwijl de gewasopname gering is. Dergelijke percelen hebben een verhoogd risico op uit- en afspoeling en maatregelen kunnen bij deze hotspots een lokaal groot effect sorteren.

- *Niet alle maatregelen zijn even goed onderzocht*

Van een groot aantal maatregelen zijn geen empirische gegevens van de effectiviteit bekend. Vaak is voor deze maatregelen de effectiviteit ingeschat op basis van logisch redeneren en expert judgement (met vaak uiteenlopend resultaat). In [tabel 4.1](#) is een indicatie gegeven in welke mate resultaten uit empirisch onderzoek beschikbaar zijn.

- *Effect van maatregelen is locatiespecifiek*

Aansluitend op het bovenstaande punt is het lastig om gemeten effecten in specifieke studies te veralgemeniseren. Het effect van een maatregel hangt namelijk vaak af van factoren die lokaal sterk kunnen verschillen. Denk hierbij aan factoren als bodemtype, waterhuishouding, meteorologie, gewaseigenschappen, bedrijfsvoering en de precieze uitvoering van de maatregel. Dit zorgt ervoor dat het uiteindelijke effect van een maatregel sterk verschilt in ruimte en tijd en daardoor lastig te voorspellen is. Een voorbeeld is de effectiviteit van bufferstroken. Zowel in de internationale literatuur (Mayer *et al.*, 2007; Stutter *et al.*, 2019) als uitgebreid onderzoek in Nederland (Noij *et al.*, 2012; zie ook factsheet 22) wordt erop gewezen dat de effectiviteit sterk afhangt van lokale omstandigheden. Volgens Ex art. 3.81 lid 4 Activiteitenbesluit kan bevoegd gezag (waterschap voor regionale wateren) een bredere teeltvrije zone voorschrijven. Waterschappen kunnen echter niet de wijze waarop een teeltvrije zone wordt ingericht voorschrijven (bijvoorbeeld verplichting tot grasbufferstroken).

Bij doorvertaling van de effecten is het belangrijk om de omstandigheden van de studie te vergelijken die van de percelen, bedrijven of stroomgebieden waarvoor een effectschatting gevraagd wordt. Doordat het effect van een maatregel locatiespecifiek is, wordt bij toepassing van modellen en vuistregels het effect soms onderschat. De toepassing van een maatregel voor een hotspot-situatie kan een groter effect hebben dan geschat wordt met modellen of op basis van expert-judgement. Een voorbeeld hiervan is de verrijking van de bodem met organische stof. Voor percelen met een laag organische stofgehalte (bijv. 1,5%) is het effect van een verhoging hiervan op het bufferend vermogen voor water en nutriënten groter dan voor een normale zandgrond (bijv. 3%).

- *BOOT-lijst bevat een selectie van maatregelen*

De BOOT-lijst wordt bestuurlijk vastgesteld en bevat maatregelen waar voldoende draagvlak voor is bij agrariërs, of waarvoor mogelijkheden voor compensatie zijn. De BOOT-lijst kan daardoor worden gezien als een geselecteerde lijst. Maatregelen met een groot potentieel effect op uit- en afspoeling komen daarmee niet altijd in beeld. Voor maatregelen als preventie van erfafspoeling kan dit voortkomen uit het feit dat voldaan moet worden aan vrij strenge staatssteunregels. Voorbeelden van dergelijke maatregelen die niet zijn opgenomen in de BOOT-lijst zijn (zie ook [Tabel A1.2 in Bijlage 2](#)):

- ‘Extensiveren; onder de landbouwkundige norm voeren en bemesten’
- ‘Volvelds uitmijnen van fosfaat op percelen met fosfaatklasse “hoog” en “ruim voldoende door negatief P-overschot” of afzien van fosfaatbemesting
- Geen mais op natte gronden.

- De BOOT-lijst bevat ook *maatregelen die tot een normale landbouwpraktijk gerekend kunnen worden* waarin verliezen zoveel mogelijk worden voorkomen. Te denken is aan de afstemming van mestgiften en bemestingstijdstippen op de behoefte van het gewas en het voorkomen van erfafspoeling. Het verbod op erfafspoeling is geregeld in het Activiteitenbesluit en vermindering van deze bron van verontreiniging zou ook door versterkte handhaving afgedwongen kunnen worden.

- *Effecten van maatregelen kunnen op meer dan alleen nutriënten gericht zijn*

Bij de Kaderrichtlijn Water gaat het uiteindelijk om de aquatische ecologie. Naast nutriëntenconcentraties zijn ook andere maatregelen van belang voor de biologie. Een voorbeeld hiervan is het natuurvriendelijk slootschonen. Voor wat betreft nutriënten kan het effect beperkt zijn, maar voor de biologie wordt wel een groot effect gezien. Ook kunnen maatregelen meerdere doelen dienen. Een voorbeeld hiervan is een bufferstrook die ook de biodiversiteit ten goede komt. Deze maatregelen vermindert tevens de directe emissie van bestrijdingsmiddelen.

TABEL 4.1

Beoordeling duidelijkheid definitie maatregelen, eventuele overlap met andere maatregelen en mate waarin effecten van maatregelen zijn onderbouwd met empirisch onderzoek. Legenda definitie: ++ duidelijk en kwantitatief omschreven; + omschrijving die ruimte laat voor verschillende interpretaties; 0 kwalitatieve omschrijving waarbij zelf aannames gedaan moeten worden. Legenda onderbouwing: ++ onderbouwd met gerapporteerd/gepubliceerd veldonderzoek; + enig veldonderzoek met summiere rapportage; 0 niet onderbouwd met veldonderzoek, effect beredeneerd op basis van logica en expert-judgement; ? geen inzicht in mate van onderbouwing

Categorie	Maatregel	6e AP	DAW	Definitie	Samenhang	Onderbouwing effect op uitspoeling met veldonderzoek
mestvolume	1. Aanpassen voorwaarden en gebruiksnormen voor scheuren van grasland op zand- en lössgrond	6		++	14	++
	2A. Aanpassing indeling fosfaatklassen en bijbehorende fosfaatgebruiksnormen	2a		++		
	2B. Verruiming P-norm bij toepassen organische stofrijke meststoffen op bouwland	2b		+	11	o
	3. Afstemmen bemesting op de N-mineralisatie		13	o	7, 8, 11, 13B	o
Mest-toediening	4. Rijenbemesting van mais op zand- en lössgrond	1		++		++
	5. Verschuiven uitrijdperiode drijfmest bouwland	5a		++	7	?
	6. Verruimen uitrijdperiode vaste mest op grasland	5b		++		o
	7. Latere voorjaarstoediening van dierlijke mest op gras- en maisland		10, E1	++	5	o
	8. Optimaliseren stikstofwerking van mest		11	o	4, 5, 7, 9, 12	o
Mest samenstelling	9. Drijfmest verdunnen bij uitrijden		24	+	8	+
	10. Toepassing van minder uitspoelingsgevoelige minerale N-meststoffen		12	+		o
gewas	11. Inzet van compost en organische mest		20	+	2B, 13B	+
	12. Eisen aan de teelt van vanggewassen en groenbemesters	4a, 4b		++	8, 16	++
	13A. Optimaliseren van landgebruik met gras en mais		5	+	13B, 14, 15	+
	13B. Toepassing van vruchtwisseling op een melkveebedrijf, gericht op behoud en opbouw van organische stof		19	o	13A, 14, 15	+
	14. Verlenging van de leeftijd van grasland		6	++	13A, 13B	+
	15. Gebruik van diep wortelende gewassen en rustgewassen		18	o	13A, 13B, 14	+
Grond-bewerking	16. Op tijd zaaien en goed verzorgen van een vanggewas		21	+	12, 17	++
	17. Bodembedekking door toepassing van groenbemesters, tussengewassen en vanggewassen		22	+	12, 16	+
	18. Aanbrengen drempels bij ruggenteelten op klei- en lössgrond (6e AP) en op andere gronden (DAW)	9	14	+		NL: o Internationaal: +
	19. Voorkomen van bodemverdichting door aanpassen wiellast		29	+		o
Waterhuis-houding	20. Toepassen van onderwaterdrainage in veengebieden		31	+		++ discussie
overig	21. Voorkomen erfafspoeling nutriënten	8		o		Concentraties: + Vrachten: o
inrichting	22. Onbemeste stroken langs waterlopen	7	7	o		NL: + Internationaal: ++
	23. Natte bufferstroken		8	o		NL: + Internationaal: ++
end-of-pipe	24. Gebruik baggerpomp voor effectief slootbaggeren		15	o		o
	25. Verwijdering van fosfaat uit drainagewater		9B	+		Lokaal

De gehele lijst met maatregelen overziend is er geen maatregel aan te wijzen met een verwacht groot perspectief op effectiviteit die niet al is onderzocht in een bepaalde situatie. Toch is meestal het inzicht in de processen die leiden tot het effect beperkt. Bij de prioritering voor nader onderzoek wordt aanbevolen om:

- Rekening te houden met de fysische eigenschappen van een gebied. De vergelijking van het project Boeren voor Drinkwater in Overijssel met het project Duurzaam Schoon Grondwater in Zuid Limburg geeft aan dat bij een hoge uitspoelingsgevoeligheid door gewone melkveehouderij of akkerbouw zelfs met toepassing van Best Management Practices moeilijk aan de nitraatnorm voldaan kan worden. Nader onderzoek zou gedaan kunnen worden naar: welk type landbouw is mogelijk gezien de draagkracht van het natuurlijke systeem.
- Rekening te houden met de kernopdracht en de expertise van de partij die om onderzoek vraagt. Een groot aantal maatregelen van de lijst heeft betrekking op brongerichte maatregelen die samenhangen met de bedrijfsvoering van een landbouwbedrijf. Voor een waterbeheerder staan dergelijke maatregelen vaak wat verder van z'n kerntaken af. Route-gerichte maatregelen, al of niet in combinatie met waterbeheer, en maatregelen in en bij de sloot staan dicht bij de missie van waterbeheerders.
- Niet alleen uit te gaan van de vraag of er op dit moment draagvlak voor maatregelen is. Veldonderzoek duurt meestal enkele jaren en de verwerking van resultaten naar beleid en praktijk duurt nog langer. De druk op het KRW-dossier zal toenemen en het is niet denkbeeldig dat maatregelen die nu vrijwillig zijn in de toekomst verplicht gesteld zullen worden.

4.2 Perspectief van het onderzoek

Doel van het rapport:

Het primaire doel van dit rapport is om informatie over maatregelen te verzamelen en te beschrijven ten behoeve van de Nationale Analyse Waterkwaliteit (NAW). Het rapport is niet bedoeld voor praktijkadvies. Informatie voor dit doel is te vinden in o.a. Verloop *et al* (2018b). Ook voor het opstellen van bedrijfswaterplannen is dit rapport minder geschikt. Hiervoor ken men beter Verloop *et al* (2018a) raadplegen.

Doorwerking van informatie:

De informatie over een aantal maatregelen zijn verwerkt in de modelaannames en modelinvoer bij berekeningen voor de NAW. Te voorzien is dat op basis van de resultaten van deze analyse discussie kan ontstaan over de accuraatheid van de schattingen. Door de aannames in de modelinvoer bij de analyse van resultaten te betrekken krijgt men beter zicht op sterke en zwakke kanten van de modeluitkomsten. Ook wordt dan duidelijker hoe de modeluitkomsten zich verhouden tot locatie specifieke omstandigheden en eventuele hotspot-situaties.

Vervolg:

Het gebruik van de informatie in dit rapport voor de NAW zal aanleiding kunnen zijn voor een vervolg om locatie specifieke omstandigheden en effecten nader aan te duiden. Op basis van de uitkomsten van de modelberekeningen en detailmetingen, gekoppeld aan de gebied-specifieke opgave voor het verminderen van de nutriëntenuitspoeling, kan men het zoekgebied verkleinen en gericht zoeken naar mogelijkheden voor maatwerk.

Binnen een ander onderdeel van het KIWK-project Nutriëntenmaatregelen is gedetailleerde perceelsinformatie verzameld voor de ontwikkeling van de tool Maatregel op de Kaart. In een vervolg zouden de modeluitkomsten van de NAW en de perceelskenmerken van Maatregel op de Kaart gekoppeld kunnen worden.

►► LITERATUUR

- Addy, K., Gold, A. J., Christianson, L. E., David, M. B., Schipper, L. A., & Ratigan, N. A., (2016). Denitrifying Bioreactors for Nitrate Removal: A Meta-Analysis. *Journal of Environment Quality*, 45(3), 873. <http://doi.org/10.2134/jeq2015.07.0399>
- Akker, J.J.H. van den; Vries, F. de; Vermeulen, G.D.; Hack-ten Broeke, M.J.D.; Schouten, T., 2013. Risico op ondergrondverdrinking in het landelijk gebied kaart. Alterra rapport 2409, Alterra, Wageningen.
- Appelboom, T. W. and Fouss, J. L., (2006). Methods for removing nitrate nitrogen from agricultural drainage waters: A review and assessment. - Proceedings of the American Society of Agricultural and Biological Engineers International Meeting, ASABE, St. Joseph, Mich., Portland, Oregon, July 9-12, 2006. Paper No. 062328.
- Arets, E.J.M.M., J.W.H van der Kolk, G.M. Hengeveld, J.P. Lesschen, H. Kramer, P.J. Kuikman & M.J. Schelhaas, 2015. Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background. Wageningen, Statutory Research Tasks Unit for Nature & the Environment (WOT Natuur & Milieu). WOT-technical report 52.
- Bakkum, R., 2012. Baggernut, maatregelen baggeren en nutriënten. Rapport 2012-40 (77p), STOWA, Amersfoort.
- 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.
- Boekel, E.M.P.M. van, 2015. NW European Policy-Science Working Group on Reducing Nutrient Emissions: mitigation options: Evaluating the impact of implementing nutrient management strategies on reducing nutrient emissions from agriculture in NW Europe. Wageningen, Alterra-report 2670.
- Boekel, E.M.P.M. van, P. Groenendijk, L.V. Renaud, 2017. Maatregelen voor het verlagen van de nutriëntenbelasting uit landbouwpercelen. Effecten van landbouwkundige maatregelen op de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in zes polders in het beheergebied van Wetterskip Fryslân. Wageningen Environmental Research. Wageningen Environmental Research rapport 2824.
- Boekel, E.M.P.M., P.J.T. van Bakel, F.J.E. van der Bolt, W.C. Chardon, O.A. Clevering, W. van Dijk, I.E. Hoving, I.G.A.M. Noij, E.A. van Os, 2009. Ex-ante evaluatie landbouw en KRW: achtergrondstudie: effecten van aanvullende maatregelen. Wageningen, Alterra, rapport 1987.
- Boerenbond, 2012. Dremfels voorkomen erosie. *Management & Techniek* 6, 23 maart 2012.
- Breman, B.C., V. Linderhof en G.J. Noij, 2016. Succes- en faalfactoren Agrarisch Waterbeheer. Wageningen, Alterra-rapport 2718.
- Brink, C. van den, Verloop J., Gielen J., Pasma W., 2017. Landbouw en drinkwaterwinning kunnen goed samengaan. H2O online - 6 september. - 9 p.
- Broos, J., 2011. Erfafspoeling, een inventarisatie van de problematiek en mogelijke oplossingen. Amersfoort, STOWA, STOWA rapport 2011-18. <http://edepot.wur.nl/185030>
- Bruggen, van C., A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, H.H. Luesink, S.V. Oude Voshaar, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk, 2017a. Emissies naar lucht uit de landbouw in 2014. Berekeningen met het model NEMA. Wageningen, WOT Natuur & Milieu, WOT-technical report 90. 96 pp.
- Bruggen, van C., A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, H.H. Luesink, S.V. Oude Voshaar, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk, 2017b. Emissies naar lucht uit de landbouw in 2015. Berekeningen met het model NEMA. Wageningen, WOT Natuur & Milieu, WOT-technical report.
- Burt, T.P., Heathwaite, A.L. and Trudgill, S.T. (Eds.), 1993. Nitrate: Processes, Patterns and Management. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, pp. 444.
- Bussink, D.W., 1999. Niet gepubliceerde resultaten.
- Bussink, D.W., 2014. Tekort aan (kunst)mest? Hoe verdeel ik de kunstmest dynamisch? <https://www.bemestingsadvies.nl/bemestingsadvies/Themadagen/Themadag-2014.htm>
- Bussink, D.W., Boer, H.C., Boons-Prins, E.R. & Schils, R.L.M., 2003. Toetsing van voorjaarsmeststoffen op grasland; 2002. NMI rapport 807.01. Wageningen. pp.68.
- Bussink, D.W., Holshof, G., Vergeer, W.N., Schils, R.L.M. en Bakker, R.F., 2002. Efficiënter stikstofgebruik bij lage bemestingsniveaus op grasland. Gezamenlijke studie van NMI en PV. NMI-Wageningen, pp.139.
- CDM, 2013. Advies 'Beoordeling mestproducten op basis van het Protocol Gebruiksvoorschriften Dierlijke Mest versie 1.0'.

- http://www.wur.nl/upload_mm/f/4/6/3dc5f81d-0857-44ac-91ec-cb5b97d493d8_13-NM0029%20Oene%20Oenema%20bijlage%201%20update%20corrected.pdf
- CDM, 2017a. Advies 'Effecten van rijenbemesting bij maisgewassen op nitraatuitspoeling'. 1716181/WOTNM/JJE
- CDM, 2017b. Advies 'Relatie organische stofgehalte in de bodem en nitraatuitspoeling'. 1716204/WOTNM/JJE http://www.wur.nl/upload_mm/8/8/2/add78125-e96c-420a-ba0e-1ff08ab849a9_1716204_Oene%20Oenema%20bijlage%201.pdf
- CDM, 2017c. Advies 'Aanpassing stikstofgebruiksnormen aan stijging gewasopbrengsten'. 1716206/WOTNM/JJE
- CDM, 2017d. Advies 'Groenbemesters'. 1705577/WOTN&M/JJE. http://www.wur.nl/upload_mm/f/6/f/bf93b904-ac3d-48a6-8e42-817652f23b7a_1705577_Oene%20Oenema%20bijlage%201.pdf
- CDM, 2017e. Advies 'Fosfaatgebruiksnormen en gewasopbrengsten'. 1706449/WOTN&M/JJE http://www.wur.nl/upload_mm/9/c/a/a98876c2-91da-4993-953d-4c023df60f49_1706449_%20Oene%20Oenema%20bijlage%201.pdf
- CDM, 2017f. Advies 'Scheuren en herinzaai grasland'. 1707454/WOTN&M/JJE http://www.wur.nl/upload_mm/5/8/0/8fedf970-f16f-4714-9d8e-30749ffda5e5_1707454_Oene%20Oenema%20bijlage%201.pdf
- CDM, 2021. Advies 'Sturen op duurzame bouwplannen voor verbetering waterkwaliteit'. 2127199/WOTN&M/JvSE.
- Christianson, L. E., J. Tyndall, and M. Helmers. 2013. Financial comparison of seven nitrate reduction strategies for mid-western agricultural drainage. *Water Resour. Econ.* 2–3:30–56. doi:10.1016/j.wre.2013.09.001
- Clevering, O., B. Smit, T. Aendekerk, N. van Wees, 2004. Mogelijkheden voor hergebruik en zuivering van uitgespoelde nutriënten. Deskstudie in het kader van het project Nutriënten Waterproof. LNV-programma's systeeminnovatie open teelten (400-I en 400-III). Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. nr. 530133, December 2004
- Clevering, O.A. et al., 2006. De boer als waterbeheerder, mogelijkheden KRW op bedrijfsniveau. WUR-PPO.
- De Klein, J., 2008. From ditch to delta : nutrient retention in running waters. PhD thesis, Wageningen University.
- De Lijster, E., J. van de Akker, A. Visser, B. Allema, A. van der Wal en W. Dijkman, 2016. Waarderen van bodemmaatregelen. Culemborg CLM Onderzoek en Advies, CLM-rapport 912.
- De Vlieger, B., Van de Weerd, H. & Reeze, A., 2011. Effecten baggeren op ecologie weteringen. Onderzoek naar de bijdrage van kwaliteitsbaggeren (56p), Arcadis, Apeldoorn.
- Dekker P.H.M., G.L. Velthof, A.M. van Dam, W. van Dijk en W.C.A. van Geel, 2005. Stikstofbehoefte gewassen In: Velthof ed. Randvoorwaarden aan het scheuren van grasland met betrekking tot volggewas, periode en bemesting, Alterra-rapport 1204, Alterra, Wageningen.
- Den Boer, D.J., Holshof, G., Bussink, D.W. en van Middelkoop, J.C., 2011. Type en toedieningsvorm van N-kunstmest; Effecten op gewas- en eiwitproductie en -kwaliteit. NMI rapport 1364.N.09, Wageningen, pp. 95.
- Diepen, C.A. van, G.H.P. Arts, J.W.H. van der Kolk, A. Smit, J. Wolf, 2002. Mogelijkheden voor toepassing van effectgerichte maatregelen op gebied van waterbeheer en waterzuivering. Alterra-rapport 527.4. Alterra, Wageningen, 2002.
- Dosskey, M.G., 2001. (2001) Toward quantifying water pollution abatement in response to installing buffers on crop land. *Environmental Management* 28: 577-598.
- Eekeren, N. van, 2016a. Optimaal landgebruik voor bodemkwaliteit: 60% blijvend grasland en 20% grasklaver in rotatie met 20% snijmais. V-focus. December, p. 34-35.
- Eekeren, N. van, G. Iepema, B. Domhof, 2016. Goud van Oud Grasland: Bodemkwaliteit onder jong en oud grasland op klei. 2016-011 LbD. Louis Bolk Instituut, Driebergen. 24 p.
- Eekeren, N. van, H. de Boer, M.C. Hanegraaf, J.G. Bokhorst, D. Nierop, J. Bloem, T. Schouten, R.G.M. de Goede, L. Brussaard, 2010. Ecosystem services in grassland associated with biotic and abiotic soil parameters. *Soil Biology & Biochemistry*. 42(9): 1491-1504.
- Eekeren, N. van, J.G.C. Deru, N.J. Hoekstra, J. de Wit, 2018. Carbon Valley: Organische stofmanagement op melkveebedrijven 2018-002 LbD. Louis Bolk Instituut, Driebergen.36 p.
- Eekeren, N. van, L. Bommelé, J. Bloem, M. Rutgers, R. de Goede, D. Reheul, L. Brussaard, 2008. Soil biological quality after 36 years of ley-arable cropping, permanent grassland and permanent arable cropping. *Applied Soil Ecology*, p. 432-446.
- Eekeren, N. van, S. van de Goor, J. de Wit, A. Evers, M. de Haan, 2016b. Inkomen 7.000 euro hoger bij betere bodemkwaliteit. V-focus. December, p. 36-37.
- Eekeren, van N, 2016. Inventarisatie knelpunten omtrent scheurverbod. Nieuwsflits Vruchtbare Kringloop Achterhoek.
- Gaalen, F. van, L. Osté & E. van Boekel, 2020. Nationale analyse waterkwaliteit. Onderdeel van de Delta-aanpak Waterkwaliteit, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

- Gaast, van der J.W.J. and P.J.T. Van Bakel, 1997. Differentiatie van waterlopen ten behoeve van het bestrijdingsmiddelenbeleid in Nederland. Rapport 526, DLO Staring Centrum, Wageningen.
- Geelen, P.M.T.M., 2001. Beperking van erosie in aardappelen door aanleg van drempels in aardappelen. Projectrapport nummer 11 15105a, PPO Lelystad, 26 p.
- Groenenberg, J. E., W.J. Chardon, W. J., G.F. & Koopmans, G. F., 2013. Reducing Phosphorus Loading of Surface Water Using Iron-Coated Sand. *Journal of Environment Quality*, 42(1), 250.
- Groenendijk, P., E. van Boekel, L. Renaud, A. Greijdenus, 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 Environmental Research rapport 2749.
- 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, Alterra-rapport 2842.
- Groenendijk, P., L.V. Renaud, O.F. Schoumans, H.H. Luesink, T.J. de Koeijer, G. Kruseman, 2012. MAMBO en STONE-resultaten van rekenvarianten van gebruiksnormen. Evaluatie Meststoffenwet 2012: eindrapport ex ante. Wageningen, Alterra-rapport 2317.
- Groenendijk, P., P. Schipper, R. Hendriks, J. van den Akker, M. Heinen, 2017. Effecten van verbetering bodemkwaliteit op waterhuishouding en waterkwaliteit: deelstudies Goede Grond voor een duurzaam watersysteem. Wageningen Environmental Research rapport 2811.
- Haan, J. de, 2015. Vanggewas na maïs ook goed voor de boer. Gaat u meer aandacht aan uw groenbemester besteden? Themadag CBGV, 2015.
- Hendriks, R.F.A. en J.J.H. van den Akker, 2012. Effecten van onderwaterdrains op de waterkwaliteit in veenweiden. Modelberekeningen met SWAP-ANIMO voor veenweide-eenheden naar veranderingen van de fosfor-, stikstof- en sulfaatbelasting van het oppervlaktewater bij toepassing van onderwaterdrains in het westelijke veenweidegebied. Wageningen, Alterra Wageningen UR Alterra-rapport 2354
- Hendriks, R.F.A., J.J.H. van den Akker, K. van Houwelingen, J. van Kleef, M. Pleijter en A. van den Toorn, 2013. Pilot onderwaterdrains Utrecht. Wageningen, Alterra Wageningen UR. Alterra-rapport 2479.
- Hoffmann, C.C., A. Baattrup-Pedersen, 2007. Re-establishing freshwater wetlands in Denmark. *Ecological Engineering* 30:157-166.
- Holshof, G. & Willems, J., 2004. Invloed eerder opstallen en verlagen stikstofbemesting op de hoeveelheid minerale-N in de bodem en de nitraatconcentratie in bovenste grondwater. *Praktijkrapport rundvee* 44. ASG pp 50.
- Hoogheemraadschap van Rijnland, 2015. Pilot Effectgerichte Verwijdering Fosfaat Bollenstreek. Resultaten veldpilot Voorhout en synthese diverse maatregelen. Hoogheemraadschap van Rijnland- rapport.
- Hoogland, T., M. Knotters, M. Pleijter, D.J.J. Walvoort, 2014. Actualisatie van de grondwatertrappenkaart van holoceen Nederland; Resultaten van het veldonderzoek, Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2612.
- Hooijboer, A., Fraters, D., Verloop, K., 2017. Het effect van rotatie van maïs en gras op de nitraatuitspoeling. *Water Matters*, december 2017, pp. 20-23.
- Hospers-Brands, A.J.T.M., G.J.H.M. van der Burgt, L. Janmaat, 2015. Maaimeststoffen in bedrijfs- en ketenverband: Plantaardige meststoffen in de praktijk. 20 p.
- Hoving, I.E., G. André, J.J.H. van den Akker, M. Pleijter, 2008. Hydrologische en landbouwkundige effecten van gebruik 'onderwaterdrains' op veengrond. Wageningen, WUR Livestock Research. Rapport 108.
- Hoving, I.E., J.J.H. van den Akker, M. Pleijter, K. van Houwelingen, 2011. Hydrologische en landbouwkundige effecten toepassing onderwaterdrains in polder Zeevang. Wageningen, WUR Livestock Research. Rapport 449.
- Huijsmans J.F.M. en Goedhart P.W., 2018. Verkenning emissiefactor bovengronds breedwerpig verspreiden jaren '90 rekening houdend met seizoensinvloeden.
- Huijsmans, J.F.M., Hol, J.M.G. & van Schooten, H.A., 2015. Ammoniakemissie bij het toedienen van verdunde mest met een sleepvoetenmachine op grasland. PRI-rapport 633. Pp. 33.
- Huijsmans, J.F.M., R.L.M. Schils, 2009. Ammonia and nitrous oxide emissions following field application of manure: state of the art measurements in the Netherlands. *International Fertiliser Society (IFS), Proceedings No. 655.*
- Jansen, P., H. Massop, P. Groenendijk, L. Renaud en R. Hendriks, 2013. Oppervlakkige afstroming en diepte van modelprofielen; Invloed op N- en P-vrachten in STONE2.3. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2464

- Jansen, S., Stuurman, R., Chardon, W., Ball, S., Rozemeijer, J., Gerritse, J., 2019. Passive Dosing of Organic Substrates for Nitrate-Removing Bioreactors Applied in Field Margins. *Journal of Environment Quality*.
- Jaynes, D.B., and T.M. Isenhardt, 2019. Performance of saturated riparian buffers in Iowa, USA. *J. Environ. Qual.* 48:289-296.
- Kadlec R.H., Knight R.L., 1996. *Treatment wetlands*. Boca Raton, Florida: CRC Press; 1996. 893 pp.
- Kadlec R.H., Wallace S., 2009. *Treatment wetlands*. Second Edition. Boca Raton, Florida: CRC Press; 2009. 1046 pp.
- Klein, J., 2016. Erfafspoeling. Factsheet Emissieschattingen Diffuse bronnen. In opdracht van RIJKSWATERSTAAT – WVL. Uitgevoerd door DELTARES <http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/documenten/Water/Factsheets/Nederlands/Erfafspoeling.pdf>
- Klok, C., P.F.A.M. Romkens, H.S.D. Naeff, G.H.P. Arts, J. Runhaar, C.A. van Diepen & I.G.A.M. Noij, 2003. Gebiedsgerichte milieumaatregelen voor waterkwaliteit en natuur in Reconstructiegebieden van Noord-Brabant. *Alterra-rapport*, 6 mrt 2003, Wageningen.
- Kovacic D.A., David M.B., Gentry L.E., Starks K.M., Cooke RA, 2000. Effectiveness of constructed wetlands in reducing nitrogen and phosphorus export from agricultural tile drainage. *Journal of Environmental Quality* 29:1262-1274
- Kronvang B., Laubel A., Larsen S.E., Andersen H.E., Djurhuus J., 2005. Buffer zones as a sink for sediment and phosphorus between the field and stream: Danish field experiences. *Water Science and Technology* 51:55-62
- Lenting, N., R. Trijbels. E. Baars, 2012. Natuurlijk defosfateren van oppervlaktewater in Blaricum. *H2O* nr 9, 2012, pp. 22-23.
- Loon, A.H. van, 2017. Gebiedsgerichte maatregelen in het mestbeleid: het perspectief voor de drinkwatersector. *BTO* 2017.016, Maart 2017.
- Massop, H. Th.L., C. Schuiling en A.A. Veldhuizen, 2013. Buisdrainagekaart 2012. Update landelijke buisdrainagekaarten voor het NHI op basis van de landbouwtellingen 2010. Wageningen, Alterra Wageningen UR. *Alterra-rapport* 2381.
- Massop, H.Th.L. en C. Schuiling, 2016. Buisdrainagekaart 2015; Update landelijke buisdrainagekaart op basis van de landbouwtellingen van 2012. Wageningen, Alterra Wageningen UR. *Alterra-rapport* 2700.
- Mayer, P.M., S.K.Jr Reynolds, M.D. McCutchen, T.J. Canfield, 2007. Meta-analysis of nitrogen removal in riparian buffers. *Journal of Environmental Quality* 36: 1172-1180.
- Meuleman A.F.M., B. Beltman and R.A. Scheffer, 2003. Water pollution control by aquatic vegetation of treatment wetlands de Meije. *Springer Netherlands*, 12 September 2003.
- Meuleman, A.F.M., R. van Logtestijn, G.B.J. Rijs, J.T.A. Verhoeven, 2003. Water and mass budgets of a vertical-flow constructed wetland used for wastewater treatment.
- Mitsch, W. J., Cronk, J. K., Wu, X. Y., Nairn, R. W. and Hey, D. L. 1995. Phosphorus Retention in Constructed Fresh-Water Riparian Marshes. - *Ecological Applications* 5: 830-845.
- Mulder, H.M., Gerven, L.P.A. van, Querner, E.P., Werf, A.K. van der, 2009. Waterkwaliteit op het landgoed lankheet : zuiverende werking van rietvelden en de Buurserbeek. *Alterra rapport* 1878, Alterra, Wageningen.
- Newell Price, J.P., Harris, D., Taylor, M., Williams, J.R., Anthony, S.G., Duethmann, D., Gooday, R.D., Lord, E.I., Chambers, B.J., Chadwick, D.R., Misselbrook, T.H., 2011. *An Inventory of Mitigation Methods and Guide to their Effects on Diffuse Water Pollution, Greenhouse Gas Emissions and Ammonia Emissions from Agriculture*. User guide, prepared as part of Defra Project WQ0106.
- Noij, G.J., Rozemeijer J., Linderhof, V., E. van Boekel, 2016. Quickscan van kosten en effecten van DAW maatregelen; Expert judgement kosteneffectiviteit van maatregelen om de belasting van oppervlaktewater met nutriënten vanaf landbouwgrond terug te dringen.
- Noij, G.J., W. Corré, E. van Boekel, H. Oosterom, J. van Middelkoop, W. van Dijk, O. Clevering, L. Renaud, J. van Bakel, 2008. Kosteneffectiviteit van alternatieve maatregelen voor bufferstroken in Nederland. Wageningen, Alterra, rapport 1618.
- Noij, I.G.A.M., C. van der Salm, H.Th.L. Massop, E.M.P.M. van Boekel, C. Schuiling, M. Pleijter, O.A. Clevering, P.J.T. van Bakel, W.J. Chardon en D.J.J. Walvoort, 2009. Beleidskader fosfaat Noord- en Midden-Limburg. Wetenschappelijke onderbouwing. Wageningen, Alterra. *Alterra-rapport* 1894.
- Noij, I.G.A.M., Heinen, M., Groenendijk, P., 2012. Effectiveness of nonfertilized buffer strips in the Netherlands. Final report of a combined field, model and cost-effectiveness study. Wageningen, Alterra Wageningen UR, rapport 2290.
- 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, Alterra, Wageningen, *Alterra-rapport* 2290.

- Oenema, J.; Verloop, J., 2008. De invloed van stikstofgebruiksnormen van grasland op zandgrond op de opbrengst en milieubelasting; een gevoeligheidsanalyse. Rapport / Koeien & Kansen 47, pp. 48.
- Oenema, O. et al. 2018. Review of measures to decrease nitrate pollution of drinking water sources. FAIRWAY Project Deliverable 4.1, 125 pp
- Osterburg B., Runge T., 2007. Maßnahmen zur Reduzierung von Stickstoffeinträgen in Gewässer - eine wasserschutzorientierte Landwirtschaft zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. FAL Agricultural Research Special Issue; 307: 1-302.
- Postma, R. en G.H. Ros, 2017. Het gebruik van organische bodemverbeteraars in relatie tot het mestbeleid. Wageningen, Nutriënten Management Instituut. NMI-rapport 1672.N.16
- Prins, U. 2007. Peulvruchten voor krachtvoer: Krachtvoereiwit voor melkkoeien, melkgeiten, kippen en varkens. Louis Bolk Instituut, Driebergen. 76 p.
- Prins, U., J. de Wit, E. Heeres, 2004. Handboek Koppelbedrijven: Samen werken aan een zelfstandige, regionale, biologische landbouw. Louis Bolk Instituut, Driebergen. 112 p.
- Prins, U., M. Zanen, G.J. van der Burgt. 2004. Mestloze akkerbouw. Ekoland 12, 2004.
- Renaud, L.V., L.T.C. Bonten en P. Groenendijk, 2015. Berekening van uit- en afspoeling van nutriënten- en zware metalen ten behoeve van de EmissieRegistratie 2013. Wageningen, Alterra-rapport 2638.
- Reubens B., Ruyschaert G., D'Hose T., D'Haene K., 2012. Eindrapport BodemBreed Interreg: overzicht van resultaten, inzichten en aanbevelingen. Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek (ILVO), Merelbeke, België. 147 p.
- Rietra, R., Van Beek, C. & Harmsen, J., 2008. Uitspoeling van stikstof en fosfaat na toediening van slootbagger op veengrond. Een verkennende laboratoriumstudie. Alterra rapport 1703. Pp 32.
- Ros, G.H. & van Eekeren, J.M., 2012. Evaluatie NLV-concept voor CBGV. Is een update nodig? CBGV Wageningen.
- Ros, G.H., van Schöll, L., Bussink, D.W., 2012. N-advies op nieuwe leest. NMI rapport 1248.N.07.
- Rozemeijer, J., Noij I.G.A.M., Boekel E.M.P.M. van, V. Linderhof, 2016. Expertbeoordeling van landbouwmaatregelen voor oppervlaktewaterkwaliteit. H2O-online / 28 november 2016.
- Salm, C. van der, P. Groenendijk, R. Hendriks, L. Renaud, H. Massop, 2015. Opties voor benutten van de bodem voor schoon oppervlaktewater. Alterra-rapport 2588, Wageningen: Alterra.
- Schils, R.L.M., 1988. Verfijning stikstofbemesting op grasland met nitraatsneltest. In: Waiboerhoeve 1987. Verslag van praktijkgericht onderzoek. PR-publicatie 56, 11-16.
- Schils, R.L.M., 1992. Invloed tijdstip van toediening op stikstofwerking van dunne rundermest op grasland. Proefstation Rundveehouderij, Paardenhouderij en Schapenhouderij, rapport 136.Lelystad pp 139.
- Schipper, P., P. Groenendijk, N. van Eekeren, M. Zanen, J. Rozemeijer, G. Janssen, B. Swart, 2015. Goede grond voor een duurzaam watersysteem. Verdere verkenning in de relatie tussen agrarisch bodembeheer. bodemkwaliteit en waterhuishouding. Amersfoort. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer. STOWA rapport 2015 - 19.
- Schoumans, O.F., J.J. de Haan, J.J. de, F.J. de Ruijter, F.J.E. van der F.J. de; Bolt, F.J.E. van der O. ; Oenema, E.M.P.M. van O.; Boekel, E.M.P.M. van; J.R. van der Schoot, J.R. van der, 2012. Analyse maatregelen om nutriëntenemissies uit de landbouw te verminderen : deskstudie ter voorbereiding van planMER. Alterra, Wageningen-UR, Alterra-rapport 2385.
- Schreijer M., R. Kampf, J.T.A. Verhoeven, S. Toet, 2003. Nabehandeling van RWZI-effluent tot bruikbaar oppervlaktewater in een moerassysteem. Resultaten van een 4-jarig demonstratieproject op praktijkschaal op rwzi Everstekeog, Texel, 1995-1999
- Schröder, J.J., 2018. https://www.bemestingsadvies.nl/upload_mm/4/6/f/ea68ea17-04b5-4e58-9599-66286ad4ecee_I_JSchr_CBGV_MaisEnGras_15februari2018.pdf.
- Schröder, J.J. & D. Fraters, 2016. Ontheffingsregeling voor uitrijdperiode van dierlijke mest en inzaaiplicht van groenbemesters - Ex post vraag 17, Evaluatie Meststoffenwet 2016. Wageningen Plant Research, Business Unit Agrosysteemkunde. <http://themasites.pbl.nl/evaluatie-meststoffen-wet/wp-content/uploads/Ex-Post-EMW2016expostAntwVraag17.pdf>
- Schröder, J.J., J.C. van Middelkoop, W. van Dijk, G.L. Velthof, 2008. Quick scan Stikstofwerking van dierlijke mest; actualisering van kennis en de mogelijke gevolgen van aangepaste forfaits. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-rapport 85.
- Schröder, J.J., W. de Visser, F.B.T. Assinck & G.L. Velthof, 2013. Effects of short-term nitrogen supply from livestock manures and cover crops on silage maize production and nitrate leaching. Soil Use and Management 29, 151-160.
- Schröder, J.J., W. van Dijk W & W.J.M. de Groot, 1996. Effects of cover crops on the nitrogen fluxes in a silage maize production system. Netherlands Journal of Agricultural Science 44, p. 293-315.

- Spoelstra J. en G. Truijten, 2010. Handboek groene waterzuivering. Rapport Van Hall-Larenstein, Velp.
- Stowa, 2001. Handboek zuiveringsmoerassen. Stowa rapport 2001-09, Stowa, Amersfoort
- Stowa, 2005. Vergaande verwijdering van fosfaat met helofytenfilters. Stowa-rapport 2005-19, Stowa, Amersfoort.
- Stowa, 2006. Filtratietechnieken RWZI's. Stand van zaken en ervaringen met zandfiltratie. Stowa-rapport 2006-21, Stowa, Amersfoort.
- Stowa, 2007. Zuiverende voorzieningen regenwater. Verkenning van de kennis van ontwerp, aanleg en beheer van zuiverende regenwatersystemen. Stowa-rapport 2007-20, Stowa, Amersfoort.
- Stowa, 2008. Moerasbufferstroken langs watergangen: haalbaarheid en functionaliteit in Nederland. Rapport 2008-07.
- Stowa, 2008. Moerasbufferstroken langs watergangen; haalbaarheid en functionaliteit in Nederland. Stowa-rapport 2008-07, Stowa, Amersfoort.
- Stowa, 2010. Bufferstroken in Nederland. Praktijk, ervaringen, onderzoek en kansen. Stowa rapport 2010-39a, Amersfoort.
- Stowa, 2010. Bufferstroken in Nederland. Rapport 2010-39 (56p), STOWA, Amersfoort.
- Stowa, 2011. Handreiking natuurvriendelijke oevers. Een standplaatsbenadering. Stowa-rapport 2011-19, Stowa, Amersfoort.
- Stowa, 2012. Waterharmonica, onderzoek naar zwevend stof en pathogenen. Stowa-rapport 2012-10, Stowa, Amersfoort.
- Stutter, M., B. Kronvang, D. Ó hUallacháin, and J. Rozemeijer. 2019. Current Insights into the Effectiveness of Riparian Management, Attainment of Multiple Benefits, and Potential Technical Enhancements. *J. Environ. Qual.* 48:236-247.
- Syversen N., 2005. Effect and design of buffer zones in the Nordic climate: The influence of width, amount of surface runoff, seasonal variation and vegetation type on retention efficiency for nutrient and particle runoff. *Ecological Engineering* 24: 483-490.
- Thapa R., Mirsky S.B., Tully K.L., 2018. Cover Crops Reduce Nitrate Leaching in Agroecosystems: A Global Meta-Analysis. *J Environ Qual.* 2018;47(6) 1400-1411.
- Uusi-Kamppa J., 2005. Phosphorus purification in buffer zones in cold climates. *Ecological Engineering* 24: 491-502.
- Valkama E., R. Lemola, H. Känkänen, E. Turtola, 2015. Meta-analysis of the effects of undersown catch crops on nitrogen leaching loss and grain yields in the Nordic countries. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 203, Pages 93-101.
- Valkama, E., K. Usva, M. Saarinen, and J. Uusi-Kämpä. 2019. A meta-analysis on nitrogen retention by buffer zones. *J. Environ. Qual.* 48:270-279.
- Van den Akker, J.J.H., R.F.A. Hendriks, I.E. Hoving, J. van Kleef, B. Meerkerk, M. Pleijter en A. van den Toorn, 2013. Pilot onderwaterdrains Krimpenerwaard. Wageningen, Alterra Wageningen UR. Alterra-rapport 2466.
- Van der Salm, C., P. Groenendijk, R. Hendriks, L. Renaud en H. Massop. 2015. Opties voor benutten van de bodem voor schoon oppervlaktewater. Wageningen. Alterra Wageningen UR. Alterra-rapport 2588.
- Van der Schans, D., Meuffels, G., Van der Schoot, J.R., van Dijk, W. & Vermeulen, B., 2010. Precisie plaatsing van drijfmest in Maïs. Veldproeven met precieze plaatsing van mest ten opzichte van de maisrij bij bemesten en zaaien in aparte werkgangen en het effect op bodemdichtheid en mineralenbenutting. PPO nr. 3250172710. Lelystad, pp 28.
- Van Boekel, E. en P. Groenendijk, 2017. Evaluatie Meststoffenwet ex-post, beantwoording vraag 11a. <http://themasites.pbl.nl/evaluatie-meststoffen-wet/wp-content/uploads/Ex-Post-Notitie-EMW-ex-post-vraag-11a-28-9-2016.pdf>
- Van Boekel, E.M.P.M. en P. Groenendijk, 2021. Effecten van duurzame bouwplannen op nitraat in uitspoelingswater en de N- en P-belasting van oppervlaktewater. Addendum PlanMER 7e Nitraat Actie Programma, Wageningen Environmental Research 4-11-21.
- Van Gerven, L.P.A., A.A.M.F.R. Smit, P. Groenendijk, F.J.E. van der Bolt, J.J.M. de Klein, 2009. Retentieschatting van N en P in het oppervlaktewater op verschillende schaalniveaus. Alterra Rapport 1848, Wageningen.
- Van Gerven, L.P.A. R.F.A. Hendriks, J. Harmsen, V. Beumer, P. Bogaart, 2011. Nalevering van fosfor naar het oppervlaktewater vanuit de waterbodem in een veengebied. Metingen in de Krimpenerwaard. Alterra rapport 2217, Wageningen.
- Van Schooten, H.A. en Van Houwelingen, K.M., 2017. Bemestende waarde van bagger in het voorjaar. Resultaten van éénjarig oriënterend onderzoek op veenweidegrond. Wageningen Livestock Research. Rapport 1075.
- Van Schooten, H.A., J.F.M. Huijsmans & K.M. van Houwelingen, 2017. Benutting van met water verdunde mest aangewend met sleepvoetmachine op grasland; resultaten éénjarige veldproeven op klei- en veengrond 2106. Livestock Research, Wageningen UR, Wageningen, rapport 1084, 38 pp.

- Van Schooten, H.A., K.M. van Houwelingen en J.F.M. Huijsmans, 2015. Effect van alternatieve mestaanwendingsmethoden op mestbenutting door gras, Resultaten van twee oriënterende veldproeven, Livestock Research, Wageningen UR, Wageningen, rapport 912, 39 pp.
- Vellinga, T., N. van Eekeren, 2017. Effect verandering landgebruik op emissies broeikasgassen. V-focus. April 2017, p. 38-39.
- Velthof, G. et al, 2020. Identification of most promising measures and practices. FAIRWAY-Project Deliverable D4.3, 71 pp.
- Velthof, G.L., Kistenkas F.H., Groenendijk P., Boekel E.M.P.M. van, Oenema O., 2018. Wettelijk instrumentarium voor landboumaatregelen om waterkwaliteit te verbeteren : realisatie van nutriëntendoelstellingen uit de Kaderrichtlijn Water. WOt-rapport (ISSN 2352-2739 ; 129)
- Velthof, G.L., T. Koeijer, J.J. Schröder, M. Timmerman, A. Hooijboer, J. Rozemeijer, C. van Bruggen en P. Groenendijk, 2017. Effecten van het mestbeleid op landbouw en milieu; Beantwoording van de ex-postvragen in het kader van de evaluatie van de Meststoffenwet. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2782.
- Velthof, G.L., W. Bussink, W. van Dijk, P. Groenendijk, J.F.M. Huijsmans, W.A.J. van Pul, J.J. Schröder, Th.V. Vellinga en O. Oenema, 2013. Protocol gebruiksvorschriften dierlijke mest, versie 1.0. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu. WOt-rapport 120. 98 blz. http://www.wur.nl/upload_mm/3/a/c/9caecf7e-1bce-4192-85bb-e4bd6512c0b8_WOt-rapport%20120%20webversie.pdf
- Verhoeven, J.T.A. & A.F.M. Meuleman, 1999. Wetlands for wastewater treatment: Opportunities and limitations. Utrecht University/KIWA
- Verloop, J., Hilhorst, G.J. & Oenema, J., 2007. Stikstof mineralisatie op melkveebedrijf 'De Marke'. Analyse van waarnemingen en van hun betekenis voor het management. Rapport 36 Rapport Plant Research International nr. 132.
- Verloop, Koos Gert-Jan Noij, Idse Hoving , Michel de Haan, 2018a. BedrijfsWaterWijzer Versie 2018.01. Wageningen Plant Research 791, Koeien en Kansen 80. <https://edepot.wur.nl/455615>
- Verloop, Koos; Agtmaal, Maaïke van; Busink, Wim; Eekeren, Nick van; Groenendijk, Piet; Jansen, Stefan; Noij, Gert-Jan; Zanen, Marleen, 2018b. Achtergronden bij informatie in de BOOT-lijst factsheets. Wageningen Plant Research, Business unit Agrosysteemkunde, Rapport WPR 842.
- Vymazal J., 2005. Horizontal sub-surface flow and hybrid constructed wetlands systems for wastewater treatment.
- Vymazal, J., 2007. Removal of nutrients in various types of constructed wetlands. Science of The Total Environment, Volume 380, Issues 1-3, Pages 48-65.
- Wit, J. de, S. van de Goor, J. Pijlman, N.J.M. van Eekeren. 2018. Opbouw organische stof met blijvend grasland. V-focus, p. 32-34
- Wit, J. de., 2013. Bedrijfseconomische effecten van verhoging van het bodemorganische stofgehalte. Louis Bolk Instituut. Publicatienr. 2013-005 LbD.
- Wouters, A.P. & Hassink, J., 1996. Bijsturen van de N-bemesting tijdens het seizoen. In: Loonen, J.W.G.M. & Bach-de Wit, W.E.M. (eds.) Stikstof in Beeld. Naar een nieuw bemestingsadvies op grasland, 60-77.
- Zanen M., P. Belder, W. Cuijpers en M. Bos, 2011. Literatuurstudie deel 1: Duurzaam bodembeheer & Functionele Agrobiodiversiteit in de bodem. Interregproject BodemBreed. 37 p.
- Zhu, G., Wang S., Feng X., Fan G., Jetten M.S.M., and Yin C., 2011. Anammox Bacterial Abundance, Biodiversity and Activity in a Constructed Wetland. Environmental Science & Technology 2011 45 (23).
- Zwart, K, A. Kikkert, A. Wolfs, A. Termorshuizen, G.J. van der Burgt. 2013. Tien vragen en antwoorden over organische stof. Productschap Akkerbouw. Zie ook: www.kennisakker.nl.

Bijlage 1 Factsheets maatregelen

Factsheet 1. Aanpassen voorwaarden en gebruiksnormen voor scheuren van grasland op zand- en lössgrond

	<p>Omschrijving referentiesituatie in 2017, voordat het 6^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn van kracht werd</p> <p>Sinds 2006 zijn er beperkingen gesteld aan het scheuren van grasland op zand- en lössgrond:</p> <ul style="list-style-type: none"> • In de periode 1 februari t/m 10 mei mag grasland worden vernietigd als daarna een stikstofbehoefstig gewas wordt geteeld. • In de periode 1 februari t/m 31 mei mag grasland worden vernietigd als direct daarna gras wordt geteeld. <p>Daarnaast zijn er uitzonderingen bij teelt van bepaalde bloembollen en aaltjesbeheersende gewassen.</p> <p>Als gevolg hiervan kan graslandvernieuwing op zandgrond nog enkel in het voorjaar plaatsvinden. Er zijn duidelijke indicaties dat de regels om de nitraatuitspoeling uit gescheurd grasland te beperken, hebben geleid tot een toename van tussenteelt met een ander gewas (meestal maïs), waarbij grasland in het voorjaar wordt gescheurd, een tussengewas wordt geteeld (vaak snijmaïs) en gras in het najaar wordt ingezaaid (Velthof et al. 2017):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Er is een inventarisatie uitgevoerd vanuit de kennisgroep bodem van het project Vruchtbare Kringloop Achterhoek (Van Eekeren, 2016). Er waren 100 deelnemers van zowel zand- als kleigrond die vragen over het scheurverbod hebben beantwoord (de vragen zijn naar 250 deelnemers gestuurd). Op de vraag “Hoe heeft u problemen met graslandvernieuwing in het voorjaar opgelost?” antwoordde 24% van de veehouders dat ze minder graslandvernieuwing is gaan toepassen. Enkel 8% is graslandvernieuwing in het voorjaar gaan toepassen en 63% is graslandvernieuwing met een tussenteelt gaan toepassen, zodat grasland in het najaar kan worden ingezaaid. Van de 63 veehouders die graslandvernieuwing met tussenteelt toepassen, is de helft dit gaan doen nadat het scheurverbod is ingesteld in 2006. De helft van de veehouders deed dit voordien ook al. Uiteindelijk geeft 62% de voorkeur aan graslandvernieuwing in het najaar met gras op gras, en 36% graslandvernieuwing in het najaar met een tussenteelt van maïs of een ander bouwlandgewas. Van de groep veehouders die minder graslandvernieuwing is gaan toepassen, zit een aantal met het probleem dat het grasland als blijvend grasland staat beschreven in het Gemeenschappelijke landbouwbeleid en graslandvernieuwing met een tussenteelt niet mag toepassen. • Een inventarisatie van het landgebruik door Arets et al. (2015) bevestigt de trend dat er meer grasland in bouwland wordt omgezet. <p>Er zijn geen cijfers op nationaal niveau beschikbaar hoe er momenteel graslandvernieuwing wordt toegepast; hetzij scheuren en herinzaai in het voorjaar, hetzij scheuren in voorjaar, teelt tussengewas en herinzaai in het najaar. De inventarisatie uit Vruchtbare Kringloop geeft aan dat op zandgrond het scheuren in het voorjaar, gevolgd door een tussengewas, het meest wordt toegepast.</p>
	<p>Omschrijving van de maatregel in het 6^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn</p> <p>Per 1 januari 2019 zijn de regels voor het vernietigen van grasland op zand- en lössgrond aangepast door een verruiming van de periode en een voorwaardelijke korting van de gebruiksnorm. Scheuren is toegestaan tot uiterlijk 1 september in plaats van 31 mei. Voor herinzaai met gras geldt dat dit op 10 september moet zijn uitgevoerd.</p> <p>In het geval van vernietigen van de graszode na 31 mei wordt een korting van 50 kg stikstof per hectare op de stikstofgebruiksnorm toegepast. De verplichting voor het nemen van een</p>

	<p>grondmonster ter bepaling van de hoeveelheid stikstof in de bodem vervalst. In de bedrijfsvoering dient er rekening mee gehouden te worden dat het uitrijden van drijfmest uiterlijk op 31 augustus mag plaatsvinden.</p> <p>Vanaf 1 januari 2012 geldt dat als mais wordt ingezaaid na het scheuren van grasland op zand- en lössgrond, het grasland tot en met 10 mei gescheurd moet zijn en de stikstofgebruiksnorm wordt gekort met 65 kg stikstof per hectare.</p>
Toepassingsgebied	
	<p>De maatregel heeft betrekking op grasland op de zand- en lössgronden. Op basis van de Basisregistratie Percelen voor het jaar 2018 (BRP-2018) en de grondsoortenkaart bedraagt het areaal grasland op zandgronden ca. 344.000 ha en grasland op lössgronden ca. 10.750 ha. Ca. 64% van het areaal grasland op zand- en lössgronden heeft als kenmerk '<i>blijvend grasland</i>' en ca. 30% heeft '<i>tijdelijk grasland</i>' als kenmerk.</p>
Effecten op nitraat en uit- en afspoeling nutriënten	
	<p>Uitspoeling van nitraat naar bovenste grondwater</p> <p>De nitraatuitspoeling is hoger bij een tussenteelt dan bij geslaagde herinzaai in het voorjaar, omdat nieuw ingezaaid gras meer stikstof kan opnemen dan snijmais of akkerbouwgewas (ook indien deze stikstofbehoefstig is). De beoogde effectiviteit van het verbod van scheuren van grasland in het najaar om nitraatuitspoeling te verminderen, is dus kleiner door de toename van een tussenteelt na scheuren van grasland.</p> <p>De CDM (2017f) concludeert in een advies over het scheuren van grasland:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Scheuren en herinzaai van grasland in het vroege voorjaar (maart-april) heeft de voorkeur indien het streven is om de nitraatuitspoeling te minimaliseren. Zowel scheuren en herinzaai van grasland in het najaar als scheuren in het voorjaar, in combinatie met maïs als tussengewas en herinzaai in het najaar, leidt tot meer nitraatuitspoeling, mits de herinzaai in het voorjaar is geslaagd. - Een minder geslaagde herinzaai in het voorjaar door onkruidontwikkeling, het optreden van kweek of door droogte kan ertoe leiden dat de opbrengst en kwaliteit van het geoogste gras en de stikstofopname door het grasland minder zijn dan verwacht. Dit leidt dan mogelijk tot een hoger risico op nitraatuitspoeling in het eerstvolgende winterseizoen. Daarnaast zal grasland met een slechte zodeontwikkeling (lage productiviteit en veel onkruid) eerder opnieuw worden gescheurd en ingezaaid dan bij een goede ontwikkeling van de zode (hoge productie en kwaliteit). Kortom, als door een minder geslaagde herinzaai in het voorjaar de frequentie van scheuren gaat toenemen, zal het risico op nitraatuitspoeling ook toenemen. - De nitraatuitspoeling na scheuren en herinzaai van grasland wordt door veel factoren beïnvloed. Ook interacties tussen factoren spelen een rol, maar deze zijn nu onvoldoende bekend, omdat er vrijwel geen onderzoeksresultaten beschikbaar zijn. - Er wordt aanbevolen om proefveldonderzoek uit te voeren waarin de landbouwkundige en milieukundige effecten worden onderzocht van verschillende systemen van grasland-maïsland vruchtwisseling en tijdstippen van scheuren en herinzaai. Daarbij kunnen tevens maatregelen worden getest om nitraatuitspoeling uit gescheurd grasland te beperken. Hierbij wordt gedacht aan het tijdstip van scheuren in voor- en najaar, het oogsttijdstip van maïs en de hoogte van de stikstofbemesting van grasland en maïs. - Het risico op oppervlakkige afspoeling van stikstof en fosfaat is waarschijnlijk groter na scheuren in het najaar dan in het voorjaar, omdat na scheuren in het najaar de bodem natter is en daardoor het risico op afspoeling groter. <p>De maatregel impliceert dat na grasland-vernietiging er vóór 31 augustus een vanggewas of stikstofbehoefstig volggewas moeten worden geteeld of herinzaai plaatsvinden. Bij herinzaai en inzaai van een vanggewas in september zal een deel van de stikstof worden opgenomen en worden</p>

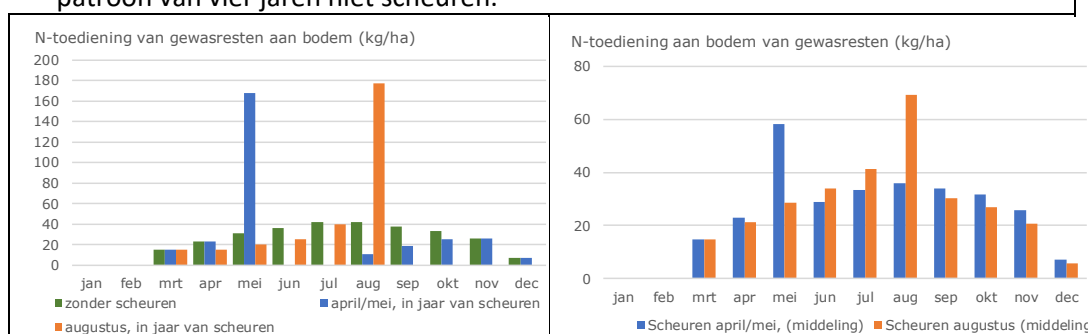
	<p>vastgelegd, hetgeen nitraatuitspoeling beperkt. De lijst met stikstofbehoefte gewassen is lang (https://www.rvo.nl/sites/default/files/2015/01/a3b2e5b3-834d-40cd-afdb-a47ba4c1d51d.pdf).</p> <p>De lijst is ooit opgesteld uitgaande van scheuren van grasland in het voorjaar (Dekker et al. 2005). Veel van de stikstofbehoefte gewassen kunnen niet ingezaaid/geplant worden na 31 augustus en bij de bloembollen, winterprei en wintergranen zal de stikstofopname beperkt zijn. Naast vanggewassen en herinzaai grasland zullen met name graszaad en koolzaad relatief veel stikstof kunnen opnemen. Het toestaan van de teelt van alle stikstofbehoefte gewassen uit de Meststoffenwet bij scheuren tot 31 augustus kan ertoe leiden dat er een gewas wordt geteeld met een lage stikstofopname en daarmee een verhoogd risico op nitraatuitspoeling.</p> <p>Het verlagen van de gebruiksnorm voor bouwland en voor grasland indien na 31 mei gescheurd, heeft een verlagend effect op de nitraatuitspoeling. In het CDM-advies uit 2012 werd korting van de stikstofgebruiksnorm aanbevolen als maatregel om de nitraatuitspoeling te beperken. Uit berekeningen in dit CDM-advies volgt dat voor een gemiddeld bedrijf met een grondwatertrap Gt VI, voor elke procent van het totale graslandareaal dat in het najaar wordt gescheurd – in plaats van het voorjaar – de stikstofgift op zowel gras- en maïsland met 1 kg N per ha worden gekort, om gemiddeld hetzelfde niveau van nitraatuitspoeling te bereiken als bij scheuren in het voorjaar.</p> <p>Concluderend: de effecten van de aanpassing van regels voor scheuren van grasland op de nitraatconcentratie in grondwater zijn moeilijk te kwantificeren, omdat onderzoeksgegevens ontbreken waarin een systeem met scheuren in voorjaar (voor 10 mei), teelt tussengewas en herinzaai najaar wordt vergeleken met een systeem met scheuren voor 31 augustus gevolgd door herinzaai of een stikstofbehoefte gewas. De effecten van scheuren van grasland op waterkwaliteit kunnen op perceelniveau groot zijn. Op regionaal en landelijk niveau zijn effecten kleiner, omdat slechts een deel van de percelen jaarlijks wordt gescheurd. Gemiddeld wordt 1-2% van het totale areaal blijvend grasland in Nederland jaarlijks gescheurd (Van Bruggen et al. 2017a). Op zandgrond zal graslandvernieuwing veel frequenter plaatsvinden dan op klei- en veengrond. Regels over blijvend grasland (ouder dan 5 jaar) in het GLB hebben mogelijk een effect op frequentie van graslandvernieuwing (kan toenemen indien het grasland niet als blijvend grasland moet worden gekenmerkt).</p> <p>Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater</p> <p>De hierboven beschreven effecten op de nitraatuitspoeling naar het bovenste grondwater hebben ook gevolgen voor de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater. Als de maatregel leidt tot minder nitraatuitspoeling naar het grondwater, dan zal de uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater ook afnemen, zij het in mindere mate omdat de uit- en afspoeling ook wordt beïnvloed door andere processen zoals kwel en wegzijging. Daarnaast is het voor de afspoeling van belang wanneer het grasland wordt gescheurd. Het risico op oppervlakkige afspoeling van stikstof en fosfaat is meestal groter na het scheuren in het najaar dan in het voorjaar, omdat na scheuren in het najaar de bodem natter is en daardoor het risico op afspoeling groter.</p>
	<p>Neveneffecten op bodemkwaliteit, biodiversiteit, broeikasgasemissies</p>
	<p>Algemeen</p> <p>Scheuren en herinzaai van grasland in het najaar heeft de voorkeur indien de nadruk wordt gelegd op beperking van lachgasemissie, stabilisering van het gehalte aan organische stof (koolstofopslag) in de bodem en beperking van gebruik van chemicaliën en gewasbeschermingsmiddelen (CDM, 2017f).</p> <p>Bodemkwaliteit</p> <p>Het organische-stofgehalte is gemiddeld hoger in grasland dan in bouwland en het gehalte aan organische stof in de bodem van rotaties van grasland en bouwland ligt tussen die van permanent grasland en permanent bouwland. Het scheuren en direct inzaaien van grasland zal in het algemeen leiden tot een tijdelijke (enkele jaren) en beperkte daling van het gehalte van organische stof ten opzichte van permanent en niet-gescheurd grasland. Naarmate grasland vaker wordt gescheurd, zal de afbraak van organische stof toenemen en het organische stofgehalte lager zijn. Bij</p>

	<p>permanente omzetting van grasland naar bouwland neemt het gehalte aan organische stof sterk af. Als het gehalte aan organische stof afneemt, gaat er koolstof uit de bodem verloren als CO₂.</p> <p>Emissies naar de lucht</p> <p>Het effect van de voorgestelde regels rond scheuren op ammoniakemissie zijn zeer waarschijnlijk beperkt, al is een afname van de ammoniakemissie te verwachten als de verlaagde N-gebruiksnorm leidt tot een verminderd gebruik van dierlijke mest. De emissie van lachgas neemt toe na het scheuren van grasland, zowel bij scheuren in het voorjaar als najaar (CDM, 2017f). De lachgasemissie neemt toe als de frequentie van scheuren toeneemt. Het wordt niet verwacht dat gemiddeld de lachgasemissie sterk veranderd als wordt overgestapt van een systeem met scheuren in voorjaar, teelt tussengewas en herinzaai najaar wordt vergeleken met een systeem met scheuren voor 31 augustus gevolgd door een stikstofbehoefte gewas. Daarnaast kan de verlaagde N-gebruiksnorm leiden tot minder gebruik van kunstmest waardoor de emissie van lachgas afneemt.</p> <p>Biodiversiteit</p> <p>Bij het scheuren van grasland wordt de zode vernietigd, vaak met een chemisch middel. Ook worden extra grondbewerkingen uitgevoerd. Alhoewel geen kwantitatieve effecten op biodiversiteit bekend zijn, wordt beredeneerd dat het scheuren van grasland geen positieve invloed heeft op de biodiversiteit. Daarnaast leidt het scheuren van grasland op de hierboven omschreven manier vaak tot monoculturen van nieuw gras.</p>
Modelaanpak	
	<p>Brongerichte maatregel</p> <p>Drie aspecten:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Wijziging van de regelgeving geldt voor zand- en lössgrond 2. Scheuren toegestaan tot uiterlijk 1 september in plaats van tot uiterlijk 31 mei 3. Als scheuren na 31 mei plaatsvindt en gras wordt ingezaaid geldt een korting van 50 kg/ha op de gebruiksnorm <p>Verondersteld wordt dat:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bij het scheuren van grasland in de tweede helft van mei de gewasonttrekking met twee sneden gras gelijk is aan de hoeveelheid toegepaste mest tot en met 1 mei (bijv. 150 kg/ha). Na inzaai van het gras kan men in de nazomer en herfst nog enkele sneden maaien. De hoeveelheid mest en het geoogste gras van deze sneden worden eveneens gelijk verondersteld (bijv. 100 kg/ha). Door het vernietigen van de zode is door mineralisatie de stikstofbeschikbaarheid groter dan de beschikbaarheid van N in de mest. De stikstofbenutting van de totaal aanwezige voorraad stikstof is echter lager dan 100%. De veronderstelling dat de opname ongeveer even groot is als de bemesting is te verdedigen. - Bij het scheuren van grasland in de tweede helft van augustus is de gewasonttrekking met vier of vijf sneden gras ook gelijk aan de hoeveelheid toegepaste mest, waarbij de korting is toegepast, tot en met 1 augustus (bijv. 220 kg/ha). Door het toepassen van de korting benut het gras de aanwezige minerale stikstof iets beter dan in een situatie met volledige dosering. - Grasland wordt eenmaal per vijf jaar gescheurd. Alhoewel dit oogpunt van de kwaliteit van de graszode niet echt nodig is, kiezen veel agrariërs hiervoor om de status van tijdelijk grasland te behouden. - De vernietiging van de graszode geeft een nalevering van 130 – 160 kg/ha (CBGV, 2017). Dit komt overeen met een hoeveelheid droge stof van 6,5 – 8 ton/ha. De nalevering leidt in principe tot een hogere gewasopname in hetzelfde jaar (scheuren in april/mei) of het volgende jaar (scheuren in augustus) Dit wordt verrekend met het productieverlies in het jaar van scheuren door een of twee gemiste sneden. - Het netto effect is de beschikbaarheid van minerale stikstof en snel mineraliseerbare organisch gebonden stikstof in de voorzomer of het najaar. Hoving en Velthof (2006) vonden een verschil in N_{min} voorraad in de bodem in het najaar van ca 70 kg/ha. Op basis van modelberekeningen geven zij aan dat dit zou kunnen

leiden tot een verschil van ca 30 – 40 kg/ha NO₃-N in nitraatuitspoeling uit een bodemlaag 0 – 50 cm diep.

Het effect van scheuren in augustus t.o.v. scheuren in april/mei in het model opgelegd door:

- een ander tijds patroon te hanteren van de toediening van afgestorven gewasresten aan de bodem door het gewas. Zoals hierboven is beredeneerd compenseren de effecten van verminderde productie in het jaar van scheuren, toename van productie in andere jaren, extra gewasresten in het jaar van scheuren en verminderde gewasresten in volgende jaren elkaar. Dit geldt alleen voor de vergelijking van scheuren in augustus ten opzichte van scheuren in april/mei. Bij de vergelijking van scheuren ten opzichte van niet-scheuren zou wel met een extra toediening van organisch gebonden stikstof rekening gehouden moeten worden. In de onderstaande figuren is aangegeven hoe de gewasresten binnen een jaar verdeeld worden. In de linker figuur is het patroon weergegeven van een situatie zonder scheuren en die bij twee scheurmomenten binnen een jaar. Rechts geeft het patroon weer bij middeling van het patroon in een jaar van scheuren met het patroon van vier jaren niet scheuren.



Figuur B1.1 Verdeling van de bodembelasting met gewasresten van grasland in het jaar bij verschillende tijdstippen van grasland scheuren.

Opgemerkt wordt dat in de referentie geen rekening wordt gehouden met het effect van scheuren in het voorjaar, omdat de effecten hiervan op het N-mineraalgehalte in het najaar klein zijn (Hoving en Velthof, 2006). De modelaanpassing betreft:

- het vervangen van het patroon zoals dat in de linker figuur is weergegeven met de groene balken door het patroon zoals dat in de rechter figuur is weergegeven door de geel/oranje balken.
- een korting van de N-kunstmestgift van 50 kg/ha, eenmaal in de vijf jaar. Omdat niet precies bekend is welk perceel op welk moment gescheurd wordt, wordt de korting diffuus over alle graslandpercelen op zand- en lössgrond verspreid en wordt jaarlijks een gemiddelde korting van 10 kg N/ha toegepast.

Literatuur

- Arets, E.J.M.M., J.W.H van der Kolk, G.M. Hengeveld, J.P. Lesschen, H. Kramer, P.J. Kuikman & M.J. Schelhaas, 2015. Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background. Wageningen, Statutory Research Tasks Unit for Nature & the Environment (WOT Natuur & Milieu). WOT-technical report 52.
- CBGV, 2017. BEMESTINGSADVIES Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen. <https://edepot.wur.nl/413891>
- CDM, 2017f. Advies 'Scheuren en herinzaai grasland'. 1707454/WOTN&M/JE http://www.wur.nl/upload_mm/5/8/0/8fedf970-f16f-4714-9d8e-30749ffda5e5_1707454_Oene%20Oenema%20bijlage%201.pdf
- Dekker P.H.M., G.L. Velthof, A.M. van Dam, W. van Dijk en W.C.A. van Geel, 2005. Stikstofbehoefte gewassen In: Velthof ed. Randvoorwaarden aan het scheuren van grasland met betrekking tot volggewas, periode en bemesting, Alterra-rapport 1204, Alterra, Wageningen.
- Bruggen, van C., A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, H.H. Luesink, S.V. Oude Voshaar, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk, 2017a. Emissies naar lucht uit de landbouw in

	<p>2014. Berekeningen met het model NEMA. Wageningen, WOT Natuur & Milieu, WOt-technical report 90. 96 pp.</p> <p>Eekeren, van N, 2016. Inventarisatie knelpunten omtrent scheurverbod. Nieuwsflits Vruchtbare Kringloop Achterhoek.</p> <p>Hoving, I.E. & G.L. Velthof (2006) Landbouw- en milieukundige effecten van graslandvernieuwing op zand- en kleigrond. Praktijk Rapport 83. Animal Science Group, Lelystad</p> <p>Velthof, G.L., T. Koeijer, J.J. Schröder, M. Timmerman, A. Hooijboer, J. Rozemeijer, C. van Bruggen en P. Groenendijk, 2017. Effecten van het mestbeleid op landbouw en milieu; Beantwoording van de ex-postvragen in het kader van de evaluatie van de Meststoffenwet. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2782.</p>
--	---

Factsheet 2A. Aanpassing indeling fosfaatklassen en bijbehorende fosfaatgebruiksnormen
Factsheet 2B. Verruiming P-norm bij toepassen organische stofrijke meststoffen op bouwland

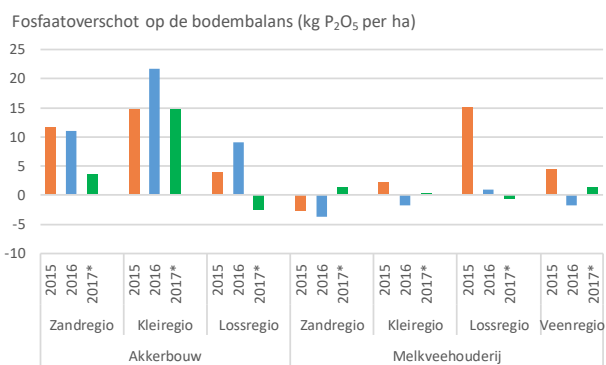
Omschrijving referentiesituatie in 2017, voordat het 6^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn van kracht werd

De fosfaat in organische-stofrijke meststoffen vallen onder de fosfaatgebruiksnormen, behalve de fosfaat in compost. De fosfaatgebruiksnormen (kilogram per hectare per jaar) in het vierde en vijfde Actieprogramma waren als volgt:

Fosfaattoestand / -klasse	Fosfaatklasse	Fosfaatgebruiksnormen				
		vierde Actieprogramma		vijfde Actieprogramma		
		2010 - 2013	2014	2015	2016	2017
Van grasland						
	P-AL					
Arm ¹⁷	< 16	120	120	120	120	120
Laag	< 27 (16 - 26)	100	100	100	100	100
Neutraal	27 - 50	95	95	95	90	90
Hoog	> 50	90	85	85	80	80
Van bouwland						
	Pw					
Arm	< 25	120	120	120	120	120
Laag	< 36 (25 - 35)	85	85	80	75	75
Neutraal	36 - 55	80	65	65	60	60
Hoog	> 55	75	55	55	50	50

Voor het gebruik van compost geldt een fosfaatvrije voet van 50% van de gebruikte hoeveelheid fosfaat, met een bovengrens van 3,5 gram per kilo droge stof. Voor stikstof geldt voor compost een forfaitaire werkingcoëfficiënt van 10%.

De gebruiksnormen voor fosfaat zijn vanuit het principe van Goede Landbouw Praktijk erop gericht om op termijn alle landbouwgrond een fosfaattoestand te laten aannemen die behoort bij de klasse "neutraal". Verder zijn de normen erop gericht een evenwicht tussen aanvoer en afvoer te bereiken (evenwichtsbemesting). De onderstaande figuur toont resultaten van de fosfaatoverschotten op de bodembalans uit het BedrijfsInformatieNetwerk (bron: www.agrimatie.nl). De cijfers voor 2017 zijn nog voorlopig.



Figuur B2.1 Fosfaatoverschot op de bodembalans in de akkerbouw- en de melkveehouderijsector (bron: www.agrimatie.nl).

Het doel van evenwichtsbemesting werd gemiddeld in 2017 bereikt. Hierbij is nog geen rekening gehouden met het effect van de droge zomers van 2018, 2019 en 2020 waardoor de opname van fosfaat door gewassen achterbleef bij het niveau van voorgaande jaren.

Op de gronden met een hoge fosfaattoestand was de afvoer via gewassen en producten groter dan de bemesting volgens de gebruiksnormen. Op deze gronden was er sprake van een lichte vorm van uitmijnen.

Wanneer Goede Landbouw Praktijk wordt geïnterpreteerd als mestgiften volgens het bemestingsadvies wordt volgens de gebruiksnormen meer fosfaat toegepast dan nodig is voor een economisch optimale gewasproductie. De volgende tabel geeft voor vijf gewasgroepen het bemestingsadvies voor fosfaat.

	P-behoefte groente gewassen	Aardappelen; uien		bieten		bloembollen; gerst; 1e en 2 jaars grasland		granen (muv gerst), groentegewassen	
		kalkarme gronden	kalkrijke gronden	kalkarme gronden	kalkrijke gronden	kalkarme gronden	kalkrijke gronden	kalkarme gronden	kalkrijke gronden
Arm		135-185	135-185	110-160	95-150	75-130	45-110	40-100	0-60
Laag		105-135	105-135	75-110	55-95	40-55	20-45	20-40	0
Neutraal	70-85	70-105	70-105	40-75	20-55	0-20	0-20	0-20	0
Ruim voldoende	35-70	35-70	35-70	0-20	0-20	0	0	0	0
Hoog	20	20	0	0	0	0	0	0	0

Bij vergelijken van de adviesgiften voor klasse ruim voldoende en voor klasse hoog is te zien dat volgens de gebruiksnormen meer fosfaat bemest mag worden dan geadviseerd wordt.

Omschrijving maatregel

De indeling van de fosfaatklassen op landbouwgrond wordt per 1 januari 2020 zodanig aangepast dat de huidige klasse 'neutraal' wordt gesplitst in een klasse 'neutraal' en een klasse 'ruim voldoende'. De gebruiksnormen bij de nieuwe klassenindeling wordt dan:

Fosfaatklasse	Grasland		Bouwland	
	P-AL-getal	Fosfaat-gebruiksnorm vanaf 2020	Pw-getal	Fosfaat-gebruiksnorm vanaf 2020
Arm	< 16	120 (120)	< 25	120 (120)
Laag	16 - 26	105 (100)	25 - 35	80 (75)
Neutraal	27 - 40	95 (90)	36 - 45	70 (60)
Ruim voldoende	41 - 50	90 (90)	46 - 55	60 (60)
Hoog	> 50	75 (80)	> 55	40 (50)

In 2018 en 2019 zijn de gebruiksnormen van kracht zoals deze voor de jaren 2015 – 2017 ook golden. De fosfaatgebruiksnormen voor 2018 en 2019 zijn tussen haakjes weergegeven.

Uitsluitend op percelen met fosfaattoestand 'hoog' op bouwland wordt de mogelijkheid geboden 5 kg fosfaat per hectare per jaar extra te geven indien de landbouwer daartoe een meststof gebruikt die het gehalte aan organische stof in de bodem positief beïnvloedt. Deze aanvullende hoeveelheid kan alleen gegeven worden als daarbij minimaal 20 kg fosfaat per hectare in de vorm van mestsoorten met een hoog gehalte aan effectieve organische stof en een laag gehalte aan stikstof toegediend wordt. Het gaat om meststoffen als groen- en GFT-compost, champost en strotijke (vaste) dierlijke mest.

NB. Deze maatregel heeft overlap met de maatregel in factsheet 11 'Inzet van compost en organische mest'. De maatregel wordt hier benaderd vanuit de gebruiksnormen van het 6^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn, terwijl factsheet 11 ingaat op de bovenwettelijke inzet van compost en organische mest zoals voorgesteld door DAW.

Toepassingsgebied

De maatregel heeft betrekking op alle bouwland met een fosfaattoestand neutraal en hoog, waarbij opgemerkt wordt dat alle percelen waarvan de fosfaattoestand niet wordt opgegeven, automatisch in klasse "hoog" vallen. Onder bouwland wordt verstaan snijmaïs en alle open teelten van akker- en tuinbouwgewassen.

Volgens opgave aan RVO voor de BasisRegistratiePercelen (2016) bedraagt het areaal bouwland in het zand- en lössgebied met fosfaatklasse "neutraal" ca. 70.000 ha en het areaal waarvoor de fosfaatgebruiksnorm van de klasse "hoog" wordt toegepast ca. 290.000 ha (dit is het totaal van de percelen met onbekende fosfaattoestand en percelen waarvan de analyse op "hoog" duidt). Voor geheel Nederland, zonder onderscheid naar regio of grondsoort, bedraagt het areaal bouwland met fosfaatklasse "neutraal" ca. 180.000 ha en het areaal waarvoor de fosfaatgebruiksnorm van de klasse "hoog" wordt toegepast ca. 500.000 ha.

Arealen bij de nieuwe fosfaatklassenindeling (RVO, 2017); alle grondsoorten

Fosfaatklasse	Pw-getal	Ha		P-AL getal	Ha
Bouwland:		Grasland:			
Arm	<25	57.297	Arm	<16	30.016
Laag	25-35	112.172	Laag	16-27	138.424
Neutraal	36-45	106.664	Neutraal	27-40	218.498
Ruimvoldoende	46-55	74.930	Ruimvoldoende	41-50	114.219
Hoog	>55	481.433	Hoog	>50	476.077

De arealen waarvoor geen opgave is gedaan, zijn niet in deze tabel vermeld.
De nieuwe klasse "ruim voldoende" is een deel van de huidige klasse "neutraal" en het areaal is dus lager dan het hierboven vermelde areaal van 180.000 ha.

Dit zijn de maximale arealen waarop deze maatregel kan worden toegepast. Het ligt in de verwachting dat deze maatregel in de praktijk op een kleiner areaal wordt toegepast, afhankelijk van de bedrijfssituatie (bv. rotatie, beschikbaarheid mest), management boer en beschikbaarheid van organische-stofrijke meststoffen.

In totaliteit is in Nederland in 2016 ongeveer 2 miljoen ton compost geproduceerd (Bron: BVOR). In 2105 werd 3,7 miljoen kg N als GFT-compost en 2,0 miljoen kg N als overige compost aan landbouwgronden toegediend (van Bruggen et al. 2017b).

Effecten op nitraat en uit- en afspoeling nutriënten

Uitspoeling van nitraat naar bovenste grondwater

Over de effecten van compost op gewasopname en daarmee samenhangend het N-overschot op de bodembalans bestaat onduidelijkheid. De Lijster et al. (2016) veronderstellen, met geringe onderbouwing, een groot effect van compost op het waterbergend vermogen van de bodem, de bodemvruchtbaarheid en de gewasopname. Uit een verkenning van het Nutriënten Management Instituut, in opdracht van de Vereniging Afvalbedrijven, zou blijken dat de aanvoer van effectieve organische stof (EOS) naar praktijkbedrijven substantieel kan worden verhoogd door het creëren van een extra P-gebruiksruimte van 5-10 kg ha⁻¹ P₂O₅ voor compost, zonder dat dit gepaard zou gaan met een verhoging van de nitraatuitspoeling. Postma en Ros (2017) motiveren dit door, in tegenstelling tot aannames in het WOGWOD-model, uit te gaan van een permanente immobilisatie van een deel van de organisch gebonden N in bodemverbetersaars. Bij de door hen gekozen parameters wordt meer dan 24% van de met compost toegediende stikstof permanent in de bodem vastgelegd. Hiermee wordt voorbijgegaan aan het mechanisme dat op termijn (20-200 jaar) zich een evenwicht instelt tussen de jaarlijkse aanvoer en de jaarlijkse cumulatieve afbraak. Deskundigen verschillen slechts van mening over de termijn waarbij dit evenwicht bereikt wordt. Als evenwicht eenmaal bereikt is, is de onmiddellijke mineralisatie per kg toegediende organische N (mineralisatie buiten het opname seizoen van gewassen) bij compost net zo groot als bij iedere andere vorm van organische N.

In bijlage 3 van CDM-advies "Organische stof in de bodem en nitraatuitspoeling" (2017b) is een dynamisch simulatiemodel, waarin de gewasproductie, gewasopname, bodemkringlopen en uitspoeling op procesmatige wijze zijn beschreven voor het schatten van effecten van de inzet van compost bij snijmaïs op zandgrond. Het resultaat hiervan was dat na lange tijd zich een nieuw evenwicht instelt tussen aanvoer en bodemvoorraad van organisch gebonden N en dat extra toevoer organisch gebonden N in compost leidt tot een verhoging van het risico op nitraatuitspoeling.

De stikstofgift wordt beperkt door de stikstofgebruiksnormen; er kan niet meer stikstof worden gegeven. De stikstof zal worden toegediend in een voor de plant minder beschikbare vorm (organische N).

	<p>De CDM (2017b) stelt: Vergeleken met kunstmest verhoogt het veeljarig gebruik van organische meststoffen het organische stofgehalte en de N-mineralisatie- en denitrificatiecapaciteit van de bodem. De kwaliteit (afbreekbaarheid, C/N-verhouding) van organische stof en de tijdshorizon spelen daarbij een grote rol. De effecten van het organische stofgehalte van de bodem en van de toediening van organische meststoffen op nitraatuitspoeling kunnen niet eenduidig worden aangegeven.</p> <p>De CDM (2017b) stelt verder: Volgens modelberekeningen leidt veeljarig gebruik van GFT-compost op zandgronden bij de huidige gebruiksnormen tot een hoger organische-stofgehalte van de bodem, een hogere gewasopbrengst en tot meer nitraatuitspoeling dan veeljarig gebruik van varkensmest of rundveemest. De hogere gewasopbrengst en grotere nitraatuitspoeling bij gebruik van GFT-compost wordt verklaard door een relatief hoge stikstofgift en grote N-mineralisatie in de bodem. De stikstofgift wordt bepaald door de gebruiksnormen voor dierlijke mest, werkzame stikstof en fosfaat (die afhankelijk is van de fosfaattoestand). GFT-compost heeft een relatief lage stikstofwerkingscoëfficiënt, een relatief hoge C/N-verhouding en een fosfaatvrije voet, waardoor er binnen de gebruiksnormen meer organische stof, stikstof en fosfaat kan worden toegediend met GFT-compost dan met dierlijke mest. Dit is de belangrijkste oorzaak voor de hogere nitraatuitspoeling bij GFT-compost dan bij dierlijke mest.</p> <p>Het mag dus niet worden uitgesloten dat de nitraatuitspoeling toeneemt als stikstof uit kunstmest en/of dierlijke mest wordt vervangen door stikstof uit organische-stofrijke bodemverbeters. De onzekerheid over deze effecten zijn echter groot en de effecten zijn onderwerp van wetenschappelijke discussie.</p> <p>Verder is te beredeneren dat de iets hogere fosfaatgift (maximaal 5 kg ha⁻¹ P₂O₅) aan bouwland met een klasse 'ruim voldoende' (op langere termijn) leidt tot een iets groter risico op af- en uitspoeling van fosfaat, in vergelijking tot de situatie wanneer deze extra gift niet gegeven zou zijn. Voor het Pw- en P-AL-traject van deze klasse worden de gebruiksnormen niet aangepast ten opzichte van het 5^e Actieprogramma en door de extra fosfaatgebruiksruimte kan iets meer fosfaat worden aangevoerd dan thans het geval is.</p> <p>Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater Modelberekeningen in het kader van het 6^e actieprogramma Nitraatrichtlijn laten zien dat de herindeling van fosfaatklassen en bijbehorende gebruiksnormen nauwelijks effect hebben op de uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater (Groenendijk et al. 2017). Het gaat om berekeningen met een dynamisch simulatiemodel, waarin de gewasproductie, gewasopname, bodemkringlopen en uitspoeling op procesmatige wijze zijn beschreven.</p> <p>Het effect van compost en organische stofrijke meststoffen op de uit- en afspoeling is niet te voorspellen. Verschillende mechanismen zijn van invloed. Enerzijds bestaat de mogelijkheid om met de aanvoer van compost binnen de mestgebruiksruimte meer organische gebonden stikstof aan te voeren die op lange termijn tot uitspoeling kan komen. Anderzijds wordt op bepaalde gronden door de aanvoer van compost de bodemstructuur verbeterd, met minder risico op oppervlakkige afstroming als gevolg.</p>
	<p>Neveneffecten op bodemkwaliteit, biodiversiteit, broeikasgasemissies</p>
	<p>Bodemkwaliteit Een hogere gift aan organische-stofrijke producten kan leiden tot hogere gehalten aan organische stof en daarmee koolstofopslag. In het algemeen zullen de effect beperkt zijn.</p> <p>Emissies naar de lucht De ammoniakemissie van de meeste organische-stofrijke meststoffen is laag, omdat de hoeveelheid ammonium in deze meststoffen laag is. Een grotere gift van deze meststoffen heeft daarom een zeer beperkt effect op ammoniakemissie. Het effect op lachgasemissie is lastig te voorspellen. Enerzijds leidt vervanging van minerale N door organische N tot minder lachgas, maar</p>

	<p>anderzijds leidt de toediening van organische stof tot een grotere denitrificatiecapaciteit van de bodem (CDM, 2017b), waardoor risico op lachgasemissie toeneemt.</p> <p>Biodiversiteit</p> <p>De aanpassing van fosfaatklassen en fosfaatgebruiksnormen heeft geen effect op de biodiversiteit. De toepassing van strorrijke stalmest in het vroege voorjaar heeft een gunstig effect op weidevogels en bevordert het bodemleven.</p>
Modelaanpak	
	<p>Brongerichte maatregel</p> <p>De gebruiksnormen zijn verwerkt in het bemestingsmodel Initiator. De resulterende mestgiften zijn input voor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - het gewasopnamemodel QUADM/MEBOT: voor gewasopname jaargiften aan werkzame stikstof en fosfor, per rekeneenheid, per gewas en per mestsoort - het uitspoelingsmodel ANIMO: jaargiften aan kunstmest en dierlijke mest, per rekeneenheid, per gewas en per mestsoort. De ammoniakvervluchtiging is al van deze giften afgetrokken binnen het Initiator model. <p>Resultaten van ANIMO worden verwerkt in het waterkwaliteitsmodel KRW-Verkenner.</p> <p>Zoals aangegeven bij de referentiesituatie wordt met de gebruiksnormen van het 6^e Actieprogramma nationaal gemiddeld wel een situatie met evenwichtsbemesting bereikt, maar zijn fosfaatgiften in de klassen “ruim voldoende” en “hoog” hoger dan volgens het bemestingsadvies (Goede Landbouw Praktijk). Een aanvullend scenario zou kunnen zijn dat de bemesting berekend wordt op basis van het bemestingsadvies.</p>
Literatuur	
	<p>Bruggen, van C., A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, H.H. Luesink, S.V. Oude Voshaar, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk, 2017b. Emissies naar lucht uit de landbouw in 2015. Berekeningen met het model NEMA. Wageningen, WOT Natuur & Milieu, WOT-technical report.</p> <p>CDM, 2017b. Advies ‘Relatie organische stofgehalte in de bodem en nitraatuitspoeling’. 1716204/WOTNM/JE http://www.wur.nl/upload_mm/8/8/2/add78125-e96c-420a-ba0e-1ff08ab849a9_1716204_Oene%20enema%20bijlage%201.pdf</p> <p>CDM, 2017e. Advies ‘Fosfaatgebruiksnormen en gewasopbrengsten’ . 1706449/WOTN&M/JE http://www.wur.nl/upload_mm/9/c/a/a98876c2-91da-4993-953d-4c023df60f49_1706449_%20Oene%20enema%20bijlage%201.pdf</p> <p>De Lijster, E., J. van de Akker, A. Visser, B. Allema, A. van der Wal en W. Dijkman, 2016. Waarderen van bodemmaatregelen. Culemborg CLM Onderzoek en Advies, CLM-rapport 912.</p> <p>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, Alterra-rapport 2842.</p> <p>Postma, R, en G.H. Ros, 2017. Het gebruik van organische bodemverbeteraars in relatie tot het mestbeleid. Wageningen, Nutriënten Management Instituut. NMI-rapport 1672.N.16</p>

Factsheet 3. Afstemmen bemesting op de N-mineralisatie

Omschrijving referentiesituatie	
	<p>In de referentiesituatie stelt de agrariër een bemestingsplan dat afhangt van:</p> <ul style="list-style-type: none">• Mestaanbod van eigen bedrijf en eventueel van andere bedrijven• Areaal grasland, maisland en akkerbouwgewassen en mestgebruiksruimte• Behoeftte aan ruwvoer (volume en kwaliteit) voor de veestapel• Inzet van loonwerk of in eigen beheer• Capaciteit van de mestopslag <p>Aangezien de mestopslagcapaciteit vaak beperkend is en loonwerk gebonden is aan de arbeidsfilm van een loonwerker wordt dierlijke mest in het voorjaar vaak al op een moment toegepast dat gewassen er nog niet optimaal van kunnen profiteren. Als het mestaanbod van het eigen bedrijf groter is dan de mestgebruiksruimte wordt de gebruiksruimte volledig benut.</p> <p>In het bouwplan van een openteeltbedrijf worden soms dierlijke mestgiften voor fosfaatbemesting toegepast in het najaar na bepaalde teelten. De mestruimte op bouwplan-niveau wordt dan voor een deel gebruikt voor een bemesting na de betreffende teelt (bijv. wintergraan). De stikstof in deze dierlijke mest gaat voor een deel verloren.</p> <p>Stikstofkunstmest mag 1 februari tot en met 15 september gebruikt worden op gras- en bouwland.</p>
Omschrijving maatregel	
	<p>Grasland</p> <p>De maatregel betreft het verminderen van snedebemesting bij warm en vochtig weer: op veengrasland kan de mestgift met 15% gekort worden en op alle andere graslanden met 7,5%. Bij warm en vochtig weer in augustus kan 2 tot 4 weken eerder gestopt worden met bemesten.</p> <p>Een hoge temperatuur en voldoende vocht bevorderen de mineralisatie uit grond en mest. Door bij de bemesting hiermee rekening te houden, wordt stikstof beter benut en is het risico op verliezen kleiner; vooral in het najaar. Is het weerbeeld bij de 2e en of latere snedebemesting warmer en natter dan normaal, dan kan bemest worden volgens een 20% hoger N-leverend vermogen (NLV). Dit betekent een korting op de snedegift van respectievelijk 6, 9 of 15% bij een NLV van respectievelijk 150, 200 en 250 kg N per ha. Praktisch betekent dit een korting van respectievelijk 15% op veengrond en 7,5% op alle andere gronden. Is het weerbeeld koud en nat dan geldt het omgekeerde. De extra mineralisatie uit mest bij een jaargift van 60 m³ per ha verdeeld, bedraagt op jaarbasis bij warm en nat weer maximaal 4-5 kg N per ha of wel ongeveer 1 kg N per ha per snede.</p> <p>Door met mesttoediening te stoppen voor 15 augustus in plaats van 1 september, wordt de stikstofbenutting uit mest verhoogd. Bij warm en nat weer in augustus kan tot maximaal 1 maand eerder worden gestopt met het geven van kunstmest. De mineralisatie is dan dermate hoog dat de grasgroei waarschijnlijk op peil blijft. Praktisch betekent dit stoppen rond 15 augustus bij percelen boven NLV 150 en stoppen rond 1 september op percelen met een NLV 150 of lager.</p> <p>Op percelen met veel beweiding is er nawerking uit urinstikstof. Is er meer dan 30 kg N_{min} per ha aanwezig op basis van grondonderzoek eind juli dan kan de laatste snedebemesting achterwege blijven. Eerder stoppen met bemesten in het najaar kan het risico van uit- en afspoeling verlagen. Tegelijk kan het nadelig werken voor de grasproductie en is er risico op kroonroest.</p> <p>Op maisland kan de bemesting niet tussentijds worden bijgestuurd. Generiek een korting toepassen van 40 kg N per ha op het stikstofadvies geeft een lagere N_{min} na de oogst en nauwelijks opbrengstderving.</p> <p>Openteelten</p>

	Een maatregel voor openteeltbedrijven betreft het afzien van een najaarsbemesting en door de keuze van mestsoorten met een voorjaarsbemesting te sturen op een maximale benutting van stikstof en fosfaat in dierlijke mest.										
Toepassingsgebied											
	<p>De maatregel is van toepassing op grasland, op alle grondsoorten. Op basis van de Basisregistratie Percelen voor het jaar 2018 (BRP-2018) en de grondsoortenkaart is het areaal grasland afgeleid (zie onderstaande tabel). Hierbij dient opgemerkt te worden dat dit het totale areaal grasland betreft, dus inclusief graslanden zonder snedebemesting.</p> <p><i>Areaal (ha) grasland op zand, klei, veen en löss</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Grondsoort</th> <th>Grasland (ha)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>zand</td> <td>344.000</td> </tr> <tr> <td>klei</td> <td>392.000</td> </tr> <tr> <td>veen</td> <td>253.000</td> </tr> <tr> <td>löss</td> <td>10.750</td> </tr> </tbody> </table> <p>De maatregel heeft waarschijnlijk het grootste effect op veengrond. In het groeiseizoen is er zelden een verhoogd N_{\min} niveau bij de huidige niveaus van bemesting. Alleen bij veel beweiden is het N_{\min}-gehalte verhoogd, vooral meer naar het eind van het seizoen.</p>	Grondsoort	Grasland (ha)	zand	344.000	klei	392.000	veen	253.000	löss	10.750
Grondsoort	Grasland (ha)										
zand	344.000										
klei	392.000										
veen	253.000										
löss	10.750										
Effecten op nitraat en uit- en afspoeling nutriënten											
	Bij hoge temperaturen en vochtige omstandigheden kan de mineralisatie in het najaar lang doorgaan. De opnamecapaciteit van gras neemt dan snel af. Door met de bemesting hier op in te spelen (eerder stoppen en of lagere giften) kan de hoeveelheid N_{\min} in de bodem worden verlaagd, waardoor het risico op N- en P-uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater afneemt. Meetgegevens die dit onderbouwen zijn er niet.										
Neveneffecten op bodemkwaliteit, biodiversiteit, broeikasgasemissies											
	<p>Bodemkwaliteit De maatregel heeft geen effect op de bodemkwaliteit.</p> <p>Emissies naar de lucht Een eventueel verminderd gebruik van dierlijke mest leidt tot minder ammoniak emissie. De emissie van N_2O is moeilijk te voorspellen. Door verminderd mestgebruik neemt de emissie af, maar door toepassing van mest bij warm en vochtig weer zou de emissie juist toe kunnen nemen.</p> <p>Biodiversiteit De maatregel heeft vermoedelijk geen effect op de biodiversiteit.</p>										
Modelaanpak											
	<p>Brongerichte maatregel</p> <p>In de beschrijving van de maatregel wordt ervan uitgegaan dat door goed rekening te houden met weersomstandigheden de gegeven stikstof beter benut wordt. Het gaat dan vooral om stikstof in de vorm van kunstmest. Verder wordt ervan uitgegaan dat een agrariër er voor kiest om geen gebruik te maken van de maximale stikstofgebruiksruimte. In de referentiesituatie wordt stikstofkunstmest van 1 februari tot en met 15 september op grasland toegediend (https://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mestbeleid/mest/mest-uitrijden/wanneer-mest-uitrijden).</p> <p>De maatregel wordt in de modelinvoer verwerkt door:</p> <ul style="list-style-type: none"> - De kunstmestgiften te korten met 15% op veengrond en 7,5% op andere grondsoorten - De verhoogde benuttingsgraad te verrekenen door uit te gaan van dezelfde hoeveelheid (voor gewasopname) werkzame stikstof als in de situatie zonder korting - Na 15 augustus geen kunstmestgift toe te passen. 										

Literatuur	
	<p>Bussink, D.W., Holshof, G., Vergeer, W.N., Schils, R.L.M. en Bakker, R.F., 2002. Efficiënter stikstofgebruik bij lage bemestingsniveaus op grasland. Gezamenlijke studie van NMI en PV. NMI-Wageningen, pp.139.</p> <p>Holshof, G. & Willems, J., 2004. Invloed eerder opstallen en verlagen stikstofbemesting op de hoeveelheid minerale-N in de bodem en de nitraatconcentratie in bovenste grondwater. Praktijkrapport rundvee 44. ASG pp 50.</p> <p>Ros, G.H. & van Eekeren, J.M., 2012. Evaluatie NLV-concept voor CBGV. Is een update nodig? CBGV Wageningen.</p> <p>Ros, G.H., van Schöll, L., Bussink, D.W., 2012. N-advies op nieuwe leest. NMI rapport 1248.N.07.</p> <p>Schils, R.L.M., 1988. Verfijning stikstofbemesting op grasland met nitraatsneltest. In: Waiboerhoeve 1987. Verslag van praktijkgericht onderzoek. PR-publicatie 56, 11-16.</p> <p>Verloop, J., Hilhorst, G.J. & Oenema, J., 2007. Stikstof mineralisatie op melkveebedrijf 'De Marke'. Analyse van waarnemingen en van hun betekenis voor het management. Rapport 36 Rapport Plant Research International nr. 132.</p> <p>Wouters, A.P. & Hassink, J., 1996. Bijsturen van de N-bemesting tijdens het seizoen. In: Loonen, J.W.G.M. & Bach-de Wit, W.E.M. (eds.) Stikstof in Beeld. Naar een nieuw bemestingsadvies op grasland, 60-77.</p>

Factsheet 4. Rijenbemesting van maïs op zand- en lössgrond

Omschrijving referentiesituatie in 2017, voordat het 6 ^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn van kracht werd							
	<p>Dierlijke mest wordt met name in Zuid-Nederland slechts op beperkte schaal als rijenbemesting gegeven. Bij de teelt van maïs wordt naast dierlijke mest vaak een kleine startgift in de vorm van kunstmest-N gegeven; deze kunstmest wordt in de praktijk vrijwel altijd al in de vorm van rijenbemesting toegediend.</p> <p>In de periode 2017 tot en met 2019 gold de toepassing van rijenbemesting als een 'equivalente maatregel', waarvoor een verhoging van de stikstofgebruiksnorm was toegestaan. Voor de teelt van snijmaïs op de Centrale zandgronden (Overijssel, Gelderland of Utrecht), Noordelijke zandgronden (Friesland, Groningen of Drenthe) en Westelijke zandgronden (Noord-Holland, Zuid-Holland, Flevoland of Zeeland) geldt een toegestane verhoging van de gebruiksnorm van 10 kilogram per hectare en voor de zandgronden of lössgronden in Noord-Brabant en Limburg geldt een toegestane verhoging van 25 kilogram per hectare.</p>						
Omschrijving maatregel							
	Rijenbemesting in maïs op zand- en lössgrond wordt per 1 januari 2021 verplicht. Het betreft de toediening van kunstmest en verpompbare dierlijke mest in rijen geplante maïs. Een uitzondering geldt voor percelen waarvan een substantieel deel van het perceel grondwatertrap I tot en met IV heeft. De verplichting geldt niet voor maïs in de biologische teelt en voor suikermaïs in vollegrondsgroententeelt. De toegestane verhoging van de gebruiksnorm in het kader van de regeling 'equivalente maatregelen' komt te vervallen.						
Toepassingsgebied							
	<p>De maatregel geldt voor snijmaïs op zand- en lössgrond. Op basis van de Basisregistratie Percelen voor het jaar 2018 (BRP-2018) en de grondsoortenkaart is het areaal snijmaïs op zand- en lössgrond afgeleid (zie onderstaande tabel).</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Grondsoort</th> <th>Snijmaïs op zand en lössgrond (ha)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>zuidelijk zand- en lössregio</td> <td>49.600</td> </tr> <tr> <td>overig zandregio's</td> <td>68.700</td> </tr> </tbody> </table>	Grondsoort	Snijmaïs op zand en lössgrond (ha)	zuidelijk zand- en lössregio	49.600	overig zandregio's	68.700
Grondsoort	Snijmaïs op zand en lössgrond (ha)						
zuidelijk zand- en lössregio	49.600						
overig zandregio's	68.700						
Effecten op nitraat en uit- en afspoeling nutriënten							
	<p>Nitraat</p> <p>In het CDM-advies (2017a) staan resultaten van berekeningen met het WOG-WOD-model. Aannemende dat rijenbemesting met dierlijke mest nu nergens wordt toegepast, zal rijenbemesting in het zuidelijk zand- en lössgebied leiden tot een verlaging van de nitraatconcentratie met circa 18 mg L⁻¹ nitraat onder maïsland. Omdat het maïsaandeel in dit gebied ongeveer een derde is, is het regionale effect van rijenbemesting bij maïs ongeveer 5 mg L⁻¹ nitraat.</p> <p>Voor het overige zandgebied geldt dat rijenbemesting leidt tot een daling met 16 mg L⁻¹ nitraat onder maïsland. Dit reduceert de nitraatconcentratie in het gebied als geheel met circa 3 mg L⁻¹ nitraat (zie Bijlage 2a in Groenendijk et al. 2017).</p> <p>Uit- en afspoeling</p> <p>Door de verbeterde benutting van meststoffen zijn de N-overschotten op de bodembalans lager dan in de Referentiesituatie. Dit komt tot uiting in lager berekende nitraatconcentraties. Als een verlaging van de nitraatconcentratie in het grondwater correspondeert met een verlaging van de N-belasting van het oppervlaktewater van 0,22 kg ha⁻¹, zoals afgeleid uit STONE-berekeningen voor het zuidelijke zand- en lössgebied, is voor dit gebied een verlaging van de N-uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater te verwachten van ca. 4 kg ha⁻¹ jr⁻¹, hetgeen overeenkomt met een gebiedsgemiddelde afname van 1,1 kg ha⁻¹ jr⁻¹ (Groenendijk et al. 2017). Voor de Referentiesituatie wordt gebiedsgemiddeld voor het zuidelijke zandgebied een N-belasting berekend van 19,2 kg ha⁻¹ jr⁻¹. De afname van de N-belasting in het zuidelijke zandgebied is daarmee 6% van de waarde voor de Referentiesituatie. Voor de overige zandgebieden wordt een afname berekend van 5% van de waarde voor de Referentiesituatie.</p>						

	<p>Effecten op de P-belasting van het oppervlaktewater zullen zich alleen op lange termijn voordoen en zijn moeilijk te schatten, omdat de uit- en afspoeling van fosfor meer bepaald wordt door de voorraad in de bodem, de ontwateringstoestand, klimatologische omstandigheden en het reliëf van het maaiveld dan door P-overschotten op de bodembalans.</p> <p>Voor de overige zandgebieden is de relatie tussen nitraat in het grondwater en N-belasting van het oppervlaktewater minder duidelijk dan voor het Zuidelijke zand- en lössgebied. Een daling van de nitraatconcentratie onder snijmais van 16 mg L^{-1} correspondeert voor dit gebied met een afname van de N-belasting van het oppervlaktewater van $2\text{-}3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ en gebiedsgemiddeld voor het gehele areaal landbouwgewassen met $0,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$.</p>
<p>Neveneffecten op bodemkwaliteit, biodiversiteit, broeikasgasemissies</p>	
	<p>Algemeen Geen ander effect dan een beperkte verlaging van de N-emissies naar oppervlaktewater met een mogelijk gunstig effect op natuur in met name kustwateren.</p> <p>Bodemkwaliteit Het toepassen van rijenbemesting vereist zwaardere machines. Inzet van deze machines kan vooral onder natte omstandigheden leiden tot bodemverdichting en daarmee een slechtere beschikbaarheid van water, nutriënten en lucht in de bodem. Echter, rijenbemesting is en wordt niet verplicht voor de percelen die het gevoeligst zijn voor bodemverdichting, namelijk de percelen met een ondiepe grondwaterstand (grondwatertrap I t/m IV).</p> <p>Emissies naar de lucht De hoeveelheid mest die wordt toegediend en de wijze waarop (emissiearm) veranderen niet. Daardoor zullen de emissies van ammoniak en lachgas niet of amper veranderen.</p> <p>Biodiversiteit De maatregel heeft waarschijnlijk geen effect op de biodiversiteit, omdat de hoeveelheid toegediende mest niet verandert.</p>
<p>Modelaanpak</p>	
	<p>Brongerichte maatregel In het Zuidelijke Zand- en Lössgebied ligt de stikstofgebruiksnorm voor mais (snijmais, korrelmais, CCM) met 112 kg N per ha beneden het landbouwkundige advies van circa 150 kg N per ha. De opbrengstderving die hiervan het gevolg is, kan beperkt worden door dierlijke mest, net als kunstmest-N, als rijenbemesting toe te dienen (CDM, 2017a). Dit leidt tot een betere benutting van de aangeboden N waardoor de N-onttrekking stijgt, het bodem-N overschot afneemt en de nitraatconcentratie van het grondwater daalt.</p> <p>Het bemestingsadvies (www.bemestingsadvies.nl) geeft op grond van proeven aan dat geplaatste kunstmest-N 1,25 keer beter beschikbaar is voor gewasopname dan breedwerpig gegeven kunstmest-N. Uit experimenteel onderzoek blijkt dat ook stikstof in dierlijke mest gemiddeld een factor 1,50 beter beschikbaar is voor gewasopname door plaatsing nabij de rij (Schröder et al., 2015b).</p> <p>Het volgende voorbeeld maakt duidelijk dat dit voor snijmais een reëel getal is. We beschouwen snijmais op zandgrond in het zuidelijke zandgebied met fosfaatklasse neutraal. Als bemesting wordt 40 ton/ha runderdijfmest met zodenbemester en 60 kg/ha Kalkammonsalpeter ($16,2 \text{ kg/ha N}$) toegediend. De totale N-gift met dierlijke mest bedraagt 160 kgN/ha, waarvan 15 kgN/ha vervluchtigt. Bij deze bemesting wordt aan de stikstofgebruiksnorm van 112 kg/ha en de fosfaatnorm van 60 kg/ha voldaan. Het schijnbaar stikstofleverend vermogen van de bodem bedraagt 100 kg/ha en de N-depositie bedraagt 25 kg/ha. De dosering van werkzame stikstof bedraagt 123 kg/ha en de stikstofopname wordt op 144 kg/ha berekend.</p>

	<p>De benutting van kunstmest-N is in de referentiesituatie al hoog verondersteld: 98% en is niet te verhogen. Door het verhogen van de efficiëntie van dunne dierlijke mest met 50% wordt in dit voorbeeld een verhoging van de dosering aan werkzame stikstof berekend met 44 kg/ha. Bij deze nieuwe waarde van 167 kg/ha wordt een stikstofopname berekend van 157 kg/ha. De gewasopname neemt dus met 13 kg/ha toe en dientengevolge daalt het bodemoverschot met 13 kg/ha.</p> <p>In het Noordelijke en Oostelijke zandgebied bedraagt de gebruiksnorm 140 kg. Het effect van de verhoging van de efficiëntie is hier kleiner omdat snijmais hier veel minder onder het landbouwkundig advies bemest wordt. De fosfaatnorm voor dierlijke mest zou ook hier beperkend zijn en de hogere N-norm kan daarom alleen benut worden met extra kunstmest. Bij dit hogere bemestingsniveau wordt een verschil van 8 kg/ha voor het N-overschot op de bodembalans berekend als gevolg van de rijenbemesting.</p> <p>De maatregel wordt in het model verwerkt door de efficiëntie van drijfmest en de dunne fracties van bewerkte drijfmest met 50% te verhogen.</p>
Literatuur	
	<p>CDM, 2017a. Advies 'Effecten van rijenbemesting bij maïsgewassen op nitraatuitspoeling'. 1716181/WOTNM/JE</p> <p>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, Alterra-rapport 2842.</p> <p>Schröder, J.J., G.D. Vermeulen, J.R. van der Schoot, W. van Dijk, J.F.M. Huijsmans, G.J.H.M. Meuffels & D.A. van der Schans, 2015b. Maize yields benefit from injected manure positioned in bands. <i>European Journal of Agronomy</i> 64, 29-36. (DOI: :10.1016/j.eja.2014.12.011)</p>

Factsheet 5. Verschuiven uitrijdperiode drijfmest bouwland

Omschrijving referentiesituatie in 2017, voordat het 6 ^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn van kracht werd											
	Uitrijdperiode dierlijke mest op bouwland: 1 februari tot en met 31 augustus (mits gevolgd door een wintergewas; anders 31 juli).										
Omschrijving maatregel											
	De uitrijdperiode voor dierlijke mest op bouwland schuift twee weken op in tijd; naar 15 februari tot en met 15 september. Toediening van dierlijke mest in het najaar wordt alleen toegestaan in combinatie met groenbemester.										
Toepassingsgebied											
	<p>De maatregelen is van toepassing op alle teelten (uitgezonderd grasland) op alle grondsoorten. Op basis van de Basisregistratie percelen voor het jaar 2018 (BRP-2018) en de grondsoortenkaart is het areaal per grondsoort bepaald (zie onderstaande tabel).</p> <p><i>Areaal (ha) bouwland op zand, klei, veen en löss</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Grondsoort</th> <th>Akkerbouw (ha)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>zand</td> <td>290.000</td> </tr> <tr> <td>klei</td> <td>408.000</td> </tr> <tr> <td>veen</td> <td>96.000</td> </tr> <tr> <td>löss</td> <td>17.500</td> </tr> </tbody> </table>	Grondsoort	Akkerbouw (ha)	zand	290.000	klei	408.000	veen	96.000	löss	17.500
Grondsoort	Akkerbouw (ha)										
zand	290.000										
klei	408.000										
veen	96.000										
löss	17.500										
Effecten op nitraat en uit- en afspoeling nutriënten											
	<p>In de MilieuEffectRapportage van het zesde Actieprogramma Nitraatrichtlijn is een evaluatie van de effecten uitgevoerd op basis van het protocol gebruiksvoorschriften (Velthof et al. 2013), een CDM-advies op basis van dit protocol (CDM, 2013) en een studie van Schröder en Fraters (2016) in het kader van de Evaluatie Meststoffenwet.</p> <p>Uitspoeling van nitraat naar bovenste grondwater</p> <p>Het verschuiven van de uitrijdperiode van drijfmest op bouwland met twee weken leidt ertoe dat het risico op nitraatuitspoeling in februari afneemt en in september toeneemt. Volgens berekening is de toename van nitraatuitspoeling in september kleiner dan de afname in februari (CDM, 2013). In de loop van de nazomer en herfst neemt het vermogen van gewassen om nutriënten op te nemen sterk af als gevolg van dalende temperatuur en daglengte; ongeveer 1-2 kg ha⁻¹ N per dag voor iedere dag dat ze later ingezaaid worden (Schröder en Fraters, 2016). Als gevolg daarvan daalt de hoeveelheid stikstof die een groenbemester opneemt van circa 90 naar circa 70 kg ha⁻¹ N als de mesttoediening niet op 1 september, maar 15 dagen later plaatsvindt. Berekeningen van Schröder en Fraters (2016) laten zien dat verlenging van de uitrijdperiode van mest een nadelig effect heeft op de uit- en afspoeling, maar de grootte is beperkt. Een 15 dagen latere toediening van dierlijke mest laat de stikstofconcentratie van uitspoelingswater op kleigrond met minder dan 1 mg L⁻¹ N stijgen en op zand- en lössgrond leidt uitstel van toediening tot een toename van de stikstofconcentratie van het grondwater met ongeveer 2,5 mg L⁻¹ N leiden. Deze stijging betreft alleen percelen waar mest gegeven wordt. Omdat een bedrijf ook percelen heeft waar in het desbetreffende jaar niet bemest wordt, zullen effecten op het niveau van een bedrijf als geheel dikwijls geringer zijn. Deze inschattingen kunnen niet gevalideerd worden met resultaten van proeven of metingen op praktijkbedrijven in het Landelijk Meetnet Mestbeleid. Er wordt geconcludeerd dat de verschuiving van het tijdstip van uitrijden van drijfmest met twee weken gemiddeld geen groot effect heeft op de nitraatuitspoeling naar het grondwater.</p> <p>Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater</p> <p>De maatregel heeft ook voor de uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater gemiddeld gezien een gering effect. Het risico op uit- en afspoeling zal door het verschuiven van de uitrijdperiode afnemen in februari en toenemen in september.</p>										
Neveneffecten op bodemkwaliteit, biodiversiteit, broeikasgasemissies											
	<p>Algemeen</p> <p>De effecten op klimaat, natuur en leefomgeving zijn beperkt, zoals uit bovenstaande analyse blijkt.</p>										

	<p>Bodemkwaliteit</p> <p>Door het later uitrijden neemt de kans op bodemverdichting gedurende het uitrijden lichtelijk af, omdat het de eerste helft van februari (waarin nu niet meer mag worden uitgereden) vaak nat is. Minder bodemverdichting bevordert de water-, nutriënten- en luchthuishouding in de bodem en is daardoor goed voor de bodemkwaliteit.</p> <p>Emissies naar de lucht</p> <p>De evaluatie van de effecten van het verruimen van de periode waarin mest wordt toegediend, is uitgevoerd op basis van het protocol gebruiksvoorschriften (Velthof et al. 2013) en een CDM-advies op basis van dit protocol (CDM, 2013). Met dit protocol kan het effect op ammoniak- en lachgasemissies worden beoordeeld.</p> <p>De effecten van de voorgestelde veranderingen in uitrijdperiode van drijfmest op ammoniakemissie zijn beperkt. Het risico op lachgasemissie is hoger bij toediening in het najaar dan bij toediening in maart of augustus. Naarmate de bodem natter is, is het risico op lachgasemissie groter. Het verschuiven van de uitrijdperiode van drijfmest met twee weken leidt mogelijk tot een iets hogere lachgasemissie, maar de effecten zullen beperkt zijn.</p> <p>Biodiversiteit</p> <p>Bepaalde weidevogels nestelen op kale grond of korte vegetatie en kunnen eind maart nesten maken en beginnen met broeden. Later uitrijden van mest, in de kritische nest- en broedperiode, heeft misschien een negatief effect op weidevogels.</p>
Modelaanpak	
	<p>Brongerichte en routegerichte maatregel</p> <p>De maatregel heeft geen effect op de hoeveelheid toegepaste mest en geen effect op de emissie naar de lucht.</p> <p>De jaargiften zoals berekend met Initiator worden in de pre-processing procedure van ANIMO omgezet naar mestgiften per decade. In deze tabel staan de uitrijdperioden gespecificeerd voor verschillende gewas- en grondsoortcombinaties per jaar. Beleidswijzigingen ten aanzien van uitrijdperioden in een bepaald jaar kunnen in deze tabel worden gespecificeerd.</p> <p>In de voorjaarsperiode wordt twee weken later begonnen, maar niet later gestopt met bemesten in verband met veldwerkzaamheden. De voorjaarsperiode duurt dus twee weken korter en de giften per decade worden daarmee iets hoger. Drijfmestgiften in de najaarsperiode hebben alleen betrekking op een eventuele gift op groenbemesters en enkele speciale teelten. In het model wordt geen rekening gehouden met deze situaties.</p>
Literatuur	
	<p>CDM, 2013. Advies 'Beoordeling mestproducten op basis van het Protocol Gebruiksvoorschriften Dierlijke Mest versie 1.0'. http://www.wur.nl/upload_mm/f/4/6/3dc5f81d-0857-44ac-91ec-cb5b97d493d8_13-NM0029%20Oene%20Oenema%20bijlage%201%20update%20corrected.pdf</p> <p>Schröder, J.J. & D. Fraters, 2016. Ontheffingsregeling voor uitrijdperiode van dierlijke mest en inzaaiplicht van groenbemesters - Ex post vraag 17, Evaluatie Meststoffenwet 2016. Wageningen Plant Research, Business Unit Agrosysteemkunde. http://themasites.pbl.nl/evaluatie-meststoffen-wet/wp-content/uploads/Ex-Post-EMW2016expostAntwVraag17.pdf</p> <p>Velthof, G.L., W. Bussink, W. van Dijk, P. Groenendijk, J.F.M. Huijsmans, W.A.J. van Pul, J.J. Schröder, Th.V. Vellinga en O. Oenema, 2013. Protocol gebruiksvoorschriften dierlijke mest, versie 1.0. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu. WOt-rapport 120. 98 blz. http://www.wur.nl/upload_mm/3/a/c/9caecf7e-1bce-4192-85bb-e4bd6512c0b8_WOt-rapport%20120%20webversie.pdf</p>

Factsheet 6. Verruimen uitrijperiode vaste mest op grasland

Omschrijving referentiesituatie in 2017, voordat het 6 ^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn van kracht werd											
	Uitrijperiode vaste mest op grasland <ul style="list-style-type: none"> • Op klei en veen: 1 februari tot en met 15 september • Op zand en löss: 16 februari tot en met 31 augustus 										
Omschrijving maatregel											
	Het verruimen van de uitrijperiode voor vaste mest op grasland <ul style="list-style-type: none"> • Op klei en veen: gehele jaar • Op zand en löss: 1 december tot en met 31 augustus 										
Toepassingsgebied											
	<p>De maatregel is van toepassing op grasland, op alle grondsoorten. Op basis van de Basisregistratie percelen voor het jaar 2018 (BRP-2018) en de grondsoortenkaart is het areaal grasland afgeleid (zie onderstaande tabel).</p> <p><i>Areaal (ha) grasland op zand, klei, veen en löss</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Grondsoort</th> <th>Grasland(ha)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>zand</td> <td>344.000</td> </tr> <tr> <td>klei</td> <td>392.000</td> </tr> <tr> <td>veen</td> <td>253.000</td> </tr> <tr> <td>löss</td> <td>10.750</td> </tr> </tbody> </table>	Grondsoort	Grasland(ha)	zand	344.000	klei	392.000	veen	253.000	löss	10.750
Grondsoort	Grasland(ha)										
zand	344.000										
klei	392.000										
veen	253.000										
löss	10.750										
Effecten op nitraat en uit- en afspoeling nutriënten											
	<p>In de MilieuEffectRapportage van het zesde Actieprogramma Nitraatrichtlijn is een evaluatie van de effecten uitgevoerd op basis van het protocol gebruiksvoorschriften (Velthof et al. 2013), een CDM-advies op basis van dit protocol (CDM, 2013) en een studie van Schröder en Fraters (2016) in het kader van de Evaluatie Meststoffenwet.</p> <p>Uitspoeling van nitraat naar bovenste grondwater</p> <p>Het toedienen van vaste mest aan grasland op klei en veen leidt tot een beperkte nitraatuitspoeling van 1–2 kg ha⁻¹ N bij vaste varkensmest en 2-3 kg ha⁻¹ N bij vaste rundveemest (bij een gift van 100 kg ha⁻¹ N; CDM, 2013). Op zand- en lössgrond is de uitspoeling iets hoger dan op veen en klei (2-4 kg ha⁻¹ N voor vaste varkensmest en 3-6 kg ha⁻¹ N voor vaste rundmest; CDM, 2013). Voor zowel klei, veen, zand als löss heeft het tijdstip van toediening in het najaar geen duidelijk effect op de nitraatuitspoeling. De voorgestelde veranderingen in het tijdstip van uitrijden van vaste mest aan grasland hebben dus amper een effect op de nitraatconcentratie van het water dat uit de bewortelde zone van grasland spoelt.</p> <p>Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater</p> <p>Het risico op stikstof- en fosfaatafspoeling naar het oppervlaktewater neemt toe naarmate de (bovengronds toegediende) vaste mest later in het naseizoen worden toegediend. Het risico op stikstof- en fosfaatafspoeling naar het oppervlaktewater is hoger op klei/veen dan op zand/löss. Dit wordt veroorzaakt doordat de infiltratie van stikstof en fosfaat in de bodem geringer is op klei en veen dan op zand en löss. Verruimen van de uitrijperiode van vaste mest op klei en veen van 1 februari tot 15 september tot het gehele jaar zal leiden tot een toename van de afspoeling van stikstof en fosfaat naar het oppervlaktewater. Het verruimen van de uitrijperiode voor vaste mest op zand- en lössgrond van 16 februari tot 31 augustus naar 1 december tot 31 augustus zal afspoeling van stikstof en fosfaat ook doen toenemen. Er zijn echter geen meetgegevens of geschikte modellen om het effect van verlengen van de uitrijperiode van vaste mest op afspoeling van stikstof en fosfaat te kwantificeren.</p> <p>De verwachting is dus dat het verruimen van de uitrijperiode voor vaste mest leidt tot een groter risico op afspoeling van stikstof en fosfor. Echter, de verruimde uitrijperiode geeft meer flexibiliteit om een geschikt uitrijmoment te kiezen. Als het uitrijmoment zodanig wordt gekozen dat de mest</p>										

	beter wordt opgenomen (door niet te bemesten vlak voor een natte periode) dan vermindert de afspoeling van stikstof en fosfor.
Neveneffecten op bodemkwaliteit, biodiversiteit, broeikasgasemissies	
	<p>Algemeen</p> <p>De effecten op klimaat, natuur en leefomgeving zijn beperkt, zoals uit bovenstaande analyse blijkt.</p> <p>De achterliggende reden voor uitbreiden van de uitrijperiode van vaste mest is niet duidelijk. In 2013 heeft het ministerie van EZ de volgende vraag gesteld aan de CDM over toepassing van vaste mest in het kader van de instandhouding van weidevogels (CDM, 2013):</p> <p><i>Het Besluit gebruik meststoffen staat thans toe vaste mest op bevroren grasland uit te rijden indien daarop een beheer wordt gevoerd (lees: een functie heeft als weidevogelbroedgebied) en het gebruik van vaste meststof onderdeel is van het op het desbetreffende grasland van toepassing zijnde beheersregime. In hoeverre wordt de kwaliteit van het oppervlaktewater in weidegebieden geschaad, indien vaste mest ook op ander grasland – dat mede een functie heeft als broedgebied voor weidevogels – op bevroren grond wordt uitgereden?</i></p> <p>De CDM (2013) heeft hierop het volgende geantwoord:</p> <p><i>Een succesvolle instandhouding van weidevogels hangt niet zozeer af van de aanwezigheid van (met vaste mest te bemesten) grasland als zodanig als wel van de aanwezigheid van ondiep ontwaterde graslandpercelen die, bijgevolg, pas na half juni gemaaid worden. Het uitrijden van vaste mest over bevroren grond geeft geen betekenisvol hoger risico op afspoeling dan het uitrijden op een waterverzadigde grond. Waar een formele beheerovereenkomst gericht op weidevogels ontbreekt, wordt kennelijk niet aan alle voorwaarden voor een gunstig effect op weidevogelpopulaties voldaan. Onder dergelijke omstandigheden vervallen daarom argumenten om vaste mest, omwille van het broedsucces van weidevogels, op bevroren grond uit te rijden en overwegen de nadelen, te weten een vergrote kans op afspoeling.</i></p> <p>Bodemkwaliteit</p> <p>Het verruimen van de uitrijperiode voor vast mest heeft waarschijnlijk een gering effect op de bodemkwaliteit. Tenzij de verruiming leidt tot een grotere gift van vaste mest leidt tot de vervanging van drijfmest. Dit pakt namelijk gunstig uit voor de bodemkwaliteit, omdat vaste mest meer organisch materiaal bevat (zoals stro resten) dan drijfmest.</p> <p>Emissies naar de lucht</p> <p>De evaluatie van de effecten van verruimen van de periode waarin mest wordt toegediend, is uitgevoerd op basis van het protocol gebruiksvoorschriften (Velthof et al. 2013) en een CDM-advies op basis van dit protocol (CDM, 2013). Met dit protocol kan het effect op ammoniak- en lachgasemissies worden beoordeeld.</p> <p>Het risico op ammoniakemissie uit bovengronds toegediende vaste mestproducten neemt iets af naarmate er later in het najaar wordt bemest (lagere temperatuur), maar de verschillen in ammoniakemissie tussen tijdstippen in het najaar zijn relatief beperkt, uitgaande van gemiddelde weersomstandigheden.</p> <p>Het risico op lachgasemissie neemt toe naarmate de mest later in het jaar of in de winter toeneemt, omdat de percelen natter zijn. De lagere temperatuur in najaar en winter leidt tot lagere denitrificatieverliezen (het proces waarbij lachgas wordt gevormd), maar het relatieve aandeel van lachgas in het totale stikstofverlies door denitrificatie neemt bij lagere temperaturen toe.</p> <p>Biodiversiteit</p> <p>Het verruimen van de uitrijperiode voor vast mest heeft waarschijnlijk een gering effect op de biodiversiteit. Tenzij de verruiming leidt tot een grotere gift van vaste mest en de vervanging van</p>

	drijfmest. Vaste mest met meer organisch materiaal (zoals stroresten) dan drijfmest is gunstig voor de bodemkwaliteit en daarmee ook voor het bodemleven en de biodiversiteit.
Modelaanpak	
	<p>Brongerichte en routegerichte maatregel</p> <p>In het model heeft de maatregel geen effect op de hoeveelheid toegepaste mest en geen effect op de emissie naar de lucht.</p> <p>De maatregel heeft betrekking op een relatief klein deel van de dierlijke mest.</p> <p>In het ANIMO-model worden een aantal mestsoorten onderscheiden: runderdrijfmest, varkensdrijfmest, kippenmest en weidemest. Alle andere mestsoorten worden aan een van deze vier categorieën toegekend. Voor bewerkte runderdrijfmest en bewerkte varkensdrijfmest zijn 4 nieuwe mestsoorten gedefinieerd: voor de dikke en de dunne fractie van deze mestsoorten. De uitrijdperioden van deze mestsoorten zijn afgestemd op de regelgeving voor drijfmest.</p> <p>Aangezien op dit moment geen onderscheid is te maken tussen drijfmest en vaste stalmest en in de MilieuEffectrapportage voor het 6^e AP (Groenendijk et al, 2017) de effecten als klein zijn ingeschat, worden voor deze maatregel geen aanvullende wijzigingen in de modelinput van het ANIMO-model aangebracht</p>
Literatuur	
	<p>CDM, 2013. Advies 'Beoordeling mestproducten op basis van het Protocol Gebruiksvoorschriften Dierlijke Mest versie 1.0'. http://www.wur.nl/upload_mm/f/4/6/3dc5f81d-0857-44ac-91ec-cb5b97d493d8_13-NM0029%20Oene%20Oenema%20bijlage%201%20update%20corrected.pdf</p> <p>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, Alterra-rapport 2842;</p> <p>Schröder, J.J. & D. Fraters, 2016. Ontheffingsregeling voor uitrijdperiode van dierlijke mest en inzaaiplicht van groenbemesters - Ex post vraag 17, Evaluatie Meststoffenwet 2016. Wageningen Plant Research, Business Unit Agrosysteemkunde. http://themasites.pbl.nl/evaluatie-meststoffen-wet/wp-content/uploads/Ex-Post-EMW2016expostAntwVraag17.pdf</p> <p>Velthof, G.L., W. Bussink, W. van Dijk, P. Groenendijk, J.F.M. Huijsmans, W.A.J. van Pul, J.J. Schröder, Th.V. Vellinga en O. Oenema, 2013. Protocol gebruiksvoorschriften dierlijke mest, versie 1.0. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu. WOt-rapport 120. 98 blz. http://www.wur.nl/upload_mm/3/a/c/9caecf7e-1bce-4192-85bb-e4bd6512c0b8_WOt-rapport%20120%20webversie.pdf</p>

Factsheet 7: Latere voorjaarstoediening van dierlijke mest op gras- en maisland

Omschrijving referentiesituatie																			
	<p>Voor het toedienen van dierlijke mest (vaste mest en drijfmest) gelden per 1 januari 2019 de regels van het 6^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn. Voor vaste mest gelden de volgende uitrijdperiodes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Klei- en veengrond: 1 december tot 16 september • Grasland op zand- en lössgrond: 1 februari tot 1 september • Bouwland op zand- en lössgrond: gehele jaar <p>Voor drijfmest zijn de volgende uitrijdperiodes van toepassing:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grasland: 16 februari tot 1 september • Bouwland: 15 februari tot en met 15 september 																		
Omschrijving maatregel																			
	<p>De maatregel betreft het later uitrijden van dierlijke mest in het voorjaar en het eerder stoppen in de nazomer, specifiek voor gras- en maisland. De maatregel vergt meer opslagcapaciteit van dierlijke mest.</p> <p>Gras</p> <p>Het later uitvoeren (na half maart i.p.v. na half februari) van de eerste snede bemesting met dierlijke mest om zo minder risico te lopen van oppervlakkige afspoeling en om eerder te stoppen met bemesten in de nazomer voor vermindering van de mineralisatie buiten het groeiseizoen. Eerder stoppen dan 1 september met mest toedienen vermindert eveneens het risico van uitspoeling omdat na het einde van het groeiseizoen er minder nalevering van stikstof uit mest is.</p> <p>Mais</p> <p>Het wachten met de dierlijke mestgift tot maximaal 2 weken. Dit kan worden opgevat als:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uitstellen van dierlijke mestgift van 15 februari tot 1 maart. • Uitstellen van dierlijke mestgift van 15 februari tot 1 april (ongeveer 2 weken voor het inzaaien). 																		
Toepassingsgebied																			
	<p>De maatregel is van toepassing op grasland en maisland, beide op alle bodemtypen. In onderstaande tabel is het areaal (ha) per grondsoort weergegeven. Opvallend is het grote areaal snijmais op veengrond (ca. 26.00 ha), terwijl normaliter ervan uitgegaan wordt dat op veengrond geen maïsteelt plaatsvindt. Bijna 50% van dit areaal betreft veengronden met een zanddek en zand in de ondergrond die voorkomen in het noordelijk zandgebied (veenkoloniën).</p> <p><i>Areaal (ha) grasland en snijmais op zand, klei, veen en löss</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Grondsoort</th> <th>Grasland (ha)</th> <th>snijmais (ha)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>zand</td> <td>344.000</td> <td>123.000</td> </tr> <tr> <td>klei</td> <td>392.000</td> <td>52.000</td> </tr> <tr> <td>veen</td> <td>253.000</td> <td>26.000</td> </tr> <tr> <td>löss</td> <td>10.750</td> <td>4.000</td> </tr> </tbody> </table>	Grondsoort	Grasland (ha)	snijmais (ha)	zand	344.000	123.000	klei	392.000	52.000	veen	253.000	26.000	löss	10.750	4.000			
Grondsoort	Grasland (ha)	snijmais (ha)																	
zand	344.000	123.000																	
klei	392.000	52.000																	
veen	253.000	26.000																	
löss	10.750	4.000																	
Effecten op nitraat en uit- en afspoeling nutriënten																			
	<p>Voor zowel gras als mais leidt het uitstellen van de dierlijke mestgift tot een lager risico op uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het grond- en oppervlaktewater. Het uitstellen leidt namelijk tot een kortere bemestingsperiode in het eerste deel van het jaar, en daardoor minder risico op uitspoeling, temeer omdat het gemiddeld gezien natste deel van het voorjaar (begin maart) nu wordt ontzien (zie onderstaande tabel).</p> <p><i>Aantal dagen met neerslaggebeurtenissen boven een bepaald aantal mm per dag, op KNMI-station De Bilt, in de periode 1981-2018.</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>>10mm</th> <th>>15mm</th> <th>>20mm</th> <th>>25mm</th> <th>>30mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>16 febr - 28febr</td> <td>14</td> <td>9</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1 mrt - 15mrt</td> <td>38</td> <td>18</td> <td>11</td> <td>5</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>		>10mm	>15mm	>20mm	>25mm	>30mm	16 febr - 28febr	14	9	3	1	0	1 mrt - 15mrt	38	18	11	5	2
	>10mm	>15mm	>20mm	>25mm	>30mm														
16 febr - 28febr	14	9	3	1	0														
1 mrt - 15mrt	38	18	11	5	2														

	16mrt - 31mrt	31	10	4	2	0
	1apr - 15apr	20	5	1	0	0
	16apr - 30apr	14	4	4	2	2
<p>Kwantitatieve gegevens over de afspoeling zijn schaars. Wel zijn er gegevens bij waterschappen dat juist in het voorjaar de N- en P-gehalten van oppervlaktewater toenemen. Dit wordt toegeschreven aan het uitrijden van mest, maar de bewijzen zijn niet eenduidig. In sommige gebieden is er een duidelijk verband, in andere niet. Er zijn geen meetgegevens over het effect op de uit- en afspoeling van een 1 maand eerder stoppen met mest toedienen in de nazomer.</p> <p>Gras</p> <p>In het vroege voorjaar is de opnamecapaciteit van gras voor stikstof vrij laag. Met de juiste timing en de juiste meststof voorkomt dat gedurende langere tijd een grote voorraad nitraat aanwezig is in het bodemprofiel die vatbaar is voor uitspoeling, temeer daar in die periode veelal een neerslag overschot is. Vroeg uitrijden geeft dan wel de hoogste grasopbrengst maar geeft dus een groter risico op afspoelingsverliezen van N en P naar het oppervlaktewater. Bij laat uitrijden is dat risico kleiner maar kost het opbrengst. Mest bevat organisch gebonden stikstof en ammoniumstikstof dat in het voorjaar slechts langzaam wordt omgezet naar nitraat (nitrificatie). Ammonium is niet uitspoelingsgevoelig, nitraat juist wel. Het risico van uitspoeling of denitrificatie uit mest is gering. Sinds kort zijn er nitrificatieremmers beschikbaar die aan de mest kunnen worden toegevoegd om de nitrificatie te vertragen waardoor mineraal stikstof meer in de vorm van het minder uitspoelingsgevoelige ammonium aanwezig blijft. Het risico op afspoeling is het grootst op klei- en een veengronden omdat die in het voorjaar vaak nat zijn en daardoor een lage infiltratie hebben bij regenval na mesttoediening. Op zandgronden is dit risico veel kleiner. Later uitrijden, na half maart, kan de afspoeling sterk beperken vooral op klei en veen. Uitrijden voor de 1e snede leidt op basis van de beperkte data niet tot een hogere N-uitspoeling.</p>						
<p>Neveneffecten op bodemkwaliteit, biodiversiteit, broeikasgasemissies</p>						
	<p>Bodemkwaliteit</p> <p>Het later uitrijden in het voorjaar verkleint het risico op bodemverdichting en structuurschade, omdat natte begin van het voorjaar nu wordt ontzien en er wordt uitgereden in een gemiddeld gezien drogere periode met lagere grondwaterstanden.</p> <p>Emissies naar de lucht</p> <p>De maatregel heeft naar verwachting weinig effect op de emissies naar de lucht, althans als de grootte van de totale mestgift hetzelfde blijft.</p> <p>Biodiversiteit</p> <p>Het later uitrijden kan negatief uitpakken voor de weidevogels die zich eind maart nestelen op het bouwland, ten minste als het later uitrijden zorgt voor een hogere mestgift eind maart.</p>					
<p>Modelaanpak</p>						
	<p>Routegerichte maatregel</p> <p>De maatregel heeft een grote overeenkomst met de maatregel in het 6^e Actieprogramma "Verschuiven van drijfmestgift" op bouwland (factsheet 5). Het verschil is dat de latere bemesting ook geldt voor grasland. De maatregel heeft geen effect op de hoeveelheid toegepaste mest en geen effect op de emissie naar de lucht.</p> <p>Bij de maatregel wordt er ook vanuit gegaan dat bemesting plaatsvindt op de meest gunstige tijdstippen voor benutting van nutriënten. Dit vertoont overeenkomst met de maatregel "Afstemmen van kunstmestbemesting op de N-mineralisatie" (factsheet 3), maar in tegenstelling tot het korten op kunstmest wordt bij de onderhavige maatregel niet gekort op de drijfmestgiften en blijven ook de kunstmestgiften ongewijzigd.</p> <p>Het uitstel van drijfmestgiften kan productieverlies tot gevolg hebben. In de modelberekeningen wordt ervan uitgegaan dat dit te compenseren is door de uitgestelde giften meer optimaal in tijd</p>					

	<p>te plaatsen door beter rekening te houden met weersomstandigheden, bodemtemperatuur en bereikbaarheid van de bodem.</p> <p>In de voorjaarsperiode wordt vier weken later begonnen, en twee weken langer doorgedaan met bemesten in verband met veldwerkzaamheden. In de modelberekeningen wordt dit verwerkt door het patroon van mestgiften binnen een jaar aan te passen.</p>
Literatuur	
	<p>Bussink, D.W., 2014. Tekort aan (kunst)mest? Hoe verdeel ik de kunstmest dynamisch? https://www.bemestingsadvies.nl/nl/bemestingsadvies/Themadagen/Themadag-2014.htm</p> <p>Bussink, D.W., Boer, H.C., Boons-Prins, E.R. & Schils, R.L.M., 2003. Toetsing van voorjaarsmeststoffen op grasland; 2002. NMI rapport 807.01. Wageningen. pp.68.</p> <p>Den Boer, D.J., Holshof, G., Bussink, D.W. en van Middelkoop, J.C., 2011. Type en toedieningsvorm van N-kunstmest; Effecten op gewas- en eiwitproductie en -kwaliteit. NMI rapport 1364.N.09, Wageningen, pp. 95.</p>

Factsheet 8. Optimaliseren stikstofwerking van mest

Omschrijving referentiesituatie																																				
<p>De stikstofwerking van mest wordt bepaald door de eigenschappen van de mest, de grondsoort, het gewas, het weer, de toedieningstechniek en het management. Een verbeterde stikstofwerking leidt bij dezelfde mestgift tot een lager overschot op de bodembalans en een lager risico op uit- en afspoeling.</p> <p>Schröder et al (2008): De stikstofwerkingscoëfficiënt (NWC, N-werking) van organische meststoffen geeft aan welk percentage van een bepaalde gift aan stikstof (N), even werkzaam is als eenzelfde gift in de vorm van kunstmest. Omdat het vele jaren kan duren voordat alle organisch gebonden N in mest wateroplosbaar is geworden, is de zogenaamde 1^e jaars NWC lager dan de NWC die bij herhaald gebruik van mest geldt. Maar zelfs bij herhaald gebruik zal de NWC minder dan 100% zijn omdat een deel van de wateroplosbare N als gevolg van onvermijdelijke verliezen niet plantbeschikbaar is. Want:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Van de minerale N-bestanddelen in organische meststoffen vervluchtigt een groter deel als ammoniak dan bij de in Nederland meest toegepaste kunstmest (kalkammonsalpeter), zelfs bij emissiearme toediening. • Onder bepaalde omstandigheden kan het gebruik van organische meststoffen tot grotere denitrificatie- of runoff-verliezen leiden dan bij gebruik van kunstmest het geval is. • Voor zover organische meststoffen in de vorm van weidemest (faeces, urine) wordt toegediend, zijn deze organische meststoffen niet netjes maar pleksgewijs verdeeld; dit kan tot plaatselijke overbemesting leiden zodat de benutting en de effectieve werking lager zijn dan die van mest die regelmatig is. • De organisch gebonden N-bestanddelen in organische meststoffen behoeven mineralisatie om plantbeschikbaar te worden. Deze mineralisatie vindt slechts voor een deel in het eerste jaar na toediening plaats. Verder mineraliseert mest, zelfs bij continue begroeiing van de bodem (grasland, bouwland met vanggewassen), deels buiten de periode waarin gewassen mineralen opnemen. <p>In het Handboek Bodem en Bemesting wordt dierlijke mest in twee fracties onderscheiden voor de berekening van de stikstofwerking: de minerale fractie en de organisch gebonden fractie. De werking van de minerale fractie is afhankelijk van de toedieningswijze en het toedieningstijdstip.</p> <p>De minerale fractie in dierlijke mest heeft de volgende werking bij toediening in maart/april:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Toedieningswijze</th> <th>N-werkingscoëfficiënt van minerale N-fractie</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bouwlandinjectie</td> <td>90%</td> </tr> <tr> <td>Bovengrondse toediening en direct inwerken</td> <td>80%</td> </tr> <tr> <td>Voorjaartoediening in wintergraan met sleufkouter of zodebemester</td> <td>70%</td> </tr> </tbody> </table> <p>De werking van de organische N-fractie in dierlijke mest hangt af van de lengte van de periode waarin gewassen stikstof opnemen. Bij voorjaartoediening in de periode maart/april geldt:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Mestsoort</th> <th colspan="4">N-werkingscoëfficiënt van organische N-fractie</th> </tr> <tr> <th>Opname tot 1 juli</th> <th>Opname tot 1 augustus</th> <th>Opname tot 1 september</th> <th>Opname tot 1 oktober</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Rundvee drijfmest</td> <td>10%</td> <td>10%</td> <td>15%</td> <td>15%</td> </tr> <tr> <td>Vaste rundveemest</td> <td>10%</td> <td>15%</td> <td>20%</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>Varkensdrijfmest</td> <td>35%</td> <td>45%</td> <td>55%</td> <td>60%</td> </tr> </tbody> </table>					Toedieningswijze	N-werkingscoëfficiënt van minerale N-fractie	Bouwlandinjectie	90%	Bovengrondse toediening en direct inwerken	80%	Voorjaartoediening in wintergraan met sleufkouter of zodebemester	70%	Mestsoort	N-werkingscoëfficiënt van organische N-fractie				Opname tot 1 juli	Opname tot 1 augustus	Opname tot 1 september	Opname tot 1 oktober	Rundvee drijfmest	10%	10%	15%	15%	Vaste rundveemest	10%	15%	20%	20%	Varkensdrijfmest	35%	45%	55%	60%
Toedieningswijze	N-werkingscoëfficiënt van minerale N-fractie																																			
Bouwlandinjectie	90%																																			
Bovengrondse toediening en direct inwerken	80%																																			
Voorjaartoediening in wintergraan met sleufkouter of zodebemester	70%																																			
Mestsoort	N-werkingscoëfficiënt van organische N-fractie																																			
	Opname tot 1 juli	Opname tot 1 augustus	Opname tot 1 september	Opname tot 1 oktober																																
Rundvee drijfmest	10%	10%	15%	15%																																
Vaste rundveemest	10%	15%	20%	20%																																
Varkensdrijfmest	35%	45%	55%	60%																																

	<p>Bedacht moet worden dat mais na half augustus geen stikstof meer opneemt en dat een aardappelgewas na 1 juli geen stikstof meer opneemt. Mede hierom is de stikstofwerking van eenzelfde hoeveelheid dierlijke mest bij mais en aardappelen lager dan bij gras, dat over een veel langere periode stikstof opneemt.</p>
<p>Omschrijving maatregel</p>	
	<p>De maatregel bestaat uit het kiezen van een toedieningstechniek en toedieningstijdstippen die leiden tot de hoogste stikstofwerking. Op grasland is dit zodenbemesting. Met water verdunde mest geeft bij droog weer een hogere N-werking.</p> <p>De hoeveelheid ammonium en organische gebonden stikstof in mest kan sterk verschillen. Door mest jaarlijks te laten analyseren is de samenstelling bekend wat een voorwaarde is om mest optimaal te benutten.</p> <p>Grasland</p> <p>De ammonium in mest bepaalt de werking van mest voor de korte termijn. Bij zodenbemesting kan ruim 80% tot werking komen waarvan 60% in de eerstvolgende snede na toedienen. De tijd tussen mest toedienen en oogsten van de eerste snede varieert tussen 30 en 70 dagen. Bij 30 dagen is de stikstofwerking voor de 1e snede naar schatting 5% lager dan bij 70 dagen. De stikstofwerking van het organisch deel bedraagt ongeveer 20% bij toedienen in maart en 13% bij toedienen eind juni. Met zodenbemesting kan op jaarbasis een hogere stikstofwerking (ruim 50%) gerealiseerd worden dan met sleepvoeten (ruim 45%). Geadviseerd wordt om niet meer dan 25-30 m³ per ha te doseren voor de 1e snede en maximaal 20 m³ per ha voor latere sneden om te vermijden dat mest boven de sleuf staat wat leidt tot meer ammoniakemissie.</p> <p>Het toevoegen van een nitrificatieremmer aan mest voor de eerste snede kan een hogere opbrengst en stikstofwerking geven. Onder natte omstandigheden op zandgrond zijn opbrengstijgingen en hogere N-benuttingen tot 15% mogelijk. Onder droge omstandigheden en op zwaardere gronden is er nauwelijks voordeel.</p> <p>Mest verdunnen met water geeft een lagere ammoniakemissie. Onder droge omstandigheden leidt verdunnen tot een hogere opbrengst en stikstofbenutting. Onder natte omstandigheden zijn er geen significant hogere opbrengsten en N-benuttingen. Op basis van de tot dusver uitgevoerde verdunningsproeven is berekend dat elke kg N die minder emitteert, leidt tot 1,2 kg meer N-opname door gras. Indien jaarrond verdunde mest (25-50% verdunning) wordt toegediend, dan mag bij een totale gift van 60 m³ per ha op een 10 kg hogere N-opname per ha gerekend worden en bij 100% verdunning op ruim 20 kg N per ha. Vooral in de zomer wordt aangeraden om mest te verdunnen. Naast minder verlies is er ook minder kans op gewasschade nabij de mestsleuf.</p> <p>Goed toewijzen van de beschikbare mest aan de percelen rekening houdend met de NLV en de fosfaattoestand is eveneens van belang voor het realiseren van een optimale stikstofwerking. In het algemeen is er geen ruimte voor andere organische meststoffen omdat de P-gebruiksruimte veelal is ingevuld met de op het bedrijf geproduceerde mest. Alleen bij derogatie en lage P-toestanden is er beperkt ruimte voor varkensmest. Toepassing van mineralenconcentraten past in het algemeen niet omdat dan teveel kali wordt aangevoerd.</p> <p>Maïspan</p> <p>Voor een hoge stikstofbenutting van mest dient de stikstofgift op maïspan met 40 kg N per ha verminderd te worden ten opzichte van het landbouwkundig advies. Het advies is dan 140 - Nmin - N-nalevering groenbemester (www.bemestingsadvies.nl). Dit kost hooguit 1-3% opbrengst maar heeft een groot effect op de uitspoeling. In de regel volstaat dat 30 m³ mest per ha wordt aangevuld met 30 kg N per ha in de rij. Op maïspan wordt mest direct ingewerkt. Dan is er weinig risico van afspoeling. Door de hoge bodemtemperatuur (>10 °C) wordt ammonium binnen 2 weken omgezet naar nitraat. Toepassing van een nitrificatieremmer kan dit een aantal weken vertragen waardoor</p>

	<p>het risico van nitraatuitspoeling en denitrificatie afneemt. Bij een krappe bemesting kan er een positief effect zijn op de opbrengst. Plaatsing van mest in de rij geeft een iets hogere stikstofbenutting en heeft vooral toegevoegde waarde op percelen met een relatief lage P-toestand.</p>															
<p>Toepassingsgebied</p>																
	<p>De voorgestelde maatregelen zijn effectief op grasland en maïsland. De maatregelen zijn toepasbaar op alle grondsoorten. In onderstaande tabel is het areaal (ha) per grondsoort weergegeven. Opvallend is het grote areaal snijmais op veengrond (ca. 26.00 ha), terwijl normaliter ervan uitgegaan wordt dat op veengrond geen maïsteelt plaatsvindt. Bijna 50% van dit areaal betreft veengronden met een zanddek en zand in de ondergrond die voorkomen in het noordelijk zandgebied (veenkoloniën).</p> <p>Op veengrond moet de te gebruiken meststof zwavelarm zijn. Veengrond bevat van nature voldoende zwavel voor een goede gewasgroei. Op kalkrijke klei dient geen ammoniumsulfaat te worden gebruikt vanwege een verhoogd risico op ammoniakemissie.</p> <p><i>Areaal (ha) grasland en snijmais op zand, klei, veen en löss</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Grondsoort</th> <th>Grasland (ha)</th> <th>Snijmais (ha)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>zand</td> <td>344.000</td> <td>123.000</td> </tr> <tr> <td>klei</td> <td>392.000</td> <td>52.000</td> </tr> <tr> <td>veen</td> <td>253.000</td> <td>26.000</td> </tr> <tr> <td>löss</td> <td>10.750</td> <td>4.000</td> </tr> </tbody> </table>	Grondsoort	Grasland (ha)	Snijmais (ha)	zand	344.000	123.000	klei	392.000	52.000	veen	253.000	26.000	löss	10.750	4.000
Grondsoort	Grasland (ha)	Snijmais (ha)														
zand	344.000	123.000														
klei	392.000	52.000														
veen	253.000	26.000														
löss	10.750	4.000														
<p>Effecten op nitraat en uit- en afspoeling nutriënten</p>																
	<p>Grasland</p> <p>Indien jaarrond verdunde mest (25-50% verdunning) wordt toegediend, dan mag bij een totale gift van 60 m3 per ha op een 10 kg hogere N-opname per ha gerekend worden en bij 100% verdunning op ruim 20 kg N per ha.</p> <p>Het toevoegen van een nitrificatieremmer aan mest voor de eerste snede leidt tot een hogere N-benutting in vooral de eerste snede. Er gaat gemiddeld 5-10 kg minder N per ha verloren door uit- en afspoeling en denitrificatie. Het optimaliseren van de mestverdeling heeft weinig effect op de uit- en afspoeling. Van belang is een goede timing in het voorjaar (bodemgeschiktheid en een lage neerslagverwachting) en tijdig stoppen in de zomer.</p> <p>Maïsland</p> <p>Verlagen van het bemestingsadvies met 40 kg N per ha leidt tot een duidelijke daling van het nitraatgehalte onder maïspcelen. Proefresultaten met metingen van uit- en afspoeling zijn er niet. De effecten zijn alleen indirect vastgesteld via een hogere gewasopname.</p>															
<p>Neveneffecten op bodemkwaliteit, biodiversiteit, broeikasgasemissies</p>																
	<p>Bodemkwaliteit</p> <p>Het eventueel toepassen van rijenbemesting op maïsland vereist zwaardere machines en kan daardoor leiden tot bodemverdichting, vooral onder natte omstandigheden.</p> <p>Emissies naar de lucht</p> <p>Als het optimaliseren van de stikstofwerking gepaard gaat met minder bemesting dan leidt dit tot minder ammoniak-vervluchtiging. Het eventueel gebruik van nitrificatieremmers leidt waarschijnlijk tot minder emissie van lachgas, al is Dit komt doordat nitrificatieremmers zorgen voor minder nitrificatie en daardoor ook minder denitrificatie; twee processen waarbij lachgas vrijkomt. Overtuigend experimenteel bewijs over het effect van nitrificatieremmers op lachgasemissies mist nog.</p> <p>Biodiversiteit</p>															

	<p>Bij eventueel toevoeging van nitrificatieremmers aan de mest bestaat er een risico op verspreiding via uitspoeling. In een onderzoek in Nieuw Zeeland geven Smith & Schallenberg (2013) aan dat ze de nitrificatieremmer dicyandiamide (DCD) in meetbare concentraties hebben aangetroffen in oppervlaktewater van landbouwgebieden. In een mesocosmstudie met dit landbouwwater vonden zij dat het aanwezige DCD een verstorend effect heeft op de N-kringloop in het oppervlaktewater. Het leidt o.a. tot hogere ammoniumgehalten in het oppervlaktewater en vormt daarmee een risico voor planten en dieren waarvoor te hoge ammoniumgehalten toxisch zijn.</p>
<p>Modelaanpak</p>	
	<p>Brongerichte maatregel</p> <p>Het optimaliseren van de stikstofwerking van dierlijke mest en kunstmest wordt in de modelberekeningen verwerkt in de verhouding tussen de werkzame stikstof voor gewasopname (NwDose) en de totale jaarlijkse stikstofgift. Deze stikstofgift wordt niet aangepast. Door een verhoogde gewasopname neemt het overschot op de bodembalans wel af. In het model leidt een verhoging van de hoeveelheid werkzame stikstof (NwDose) met 25 kg/ha op grasland tot een extra stikstofonttrekking van ca 15 kg/ha. Dit cijfer ligt in de range van getallen die genoemd worden voor het effect van de verdunning van drijfmest. Voor mais en akkerbouwgewassen is het effect veel kleiner. Bij deze gewassen leidt een verhoging van de werkzame stikstofgift tot een extra stikstofonttrekking van 3 – 5 kg/ha. Dit niveau is afhankelijk van de referentiesituatie. Bij lagere bemestingsniveaus is reactie op een verhoging van de werkzame stikstofgift groter. Samenvattend: de maatregel wordt in het model geïmplementeerd door een verhoging van de werkzame stikstofgift van 25 kg/ha te veronderstellen, terwijl de totale stikstofgift gelijk blijft.</p>
<p>Literatuur</p>	
	<p>http://www.triferto.eu/nl/nieuws/271/piadin--het-rendement-per-hectare</p> <p>Huijsmans, J.F.M., Hol, J.M.G. & van Schooten, H.A., 2015. Ammoniakemissie bij het toediening van verdunde mest met een sleepvoetenmachine op grasland. PRI-rapport 633. Pp. 33.</p> <p>Schils, R.L.M., 1992. Invloed tijdstip van toediening op stikstofwerking van dunne rundermest op grasland. Proefstation Rundveehouderij, Paardenhouderij en Schapenhouderij, rapport 136. Lelystad pp 139.</p> <p>Schröder, J., 2018. https://www.bemestingsadvies.nl/upload_mm/4/6/f/ea68ea17-04b5-4e58-9599-66286ad4ecee_I_Schr_CBGV_MaisEnGras_15februari2018.pdf.</p> <p>Schröder, J.J., J.C. van Middelkoop, W. van Dijk, G.L. Velthof, 2008. Quick scan Stikstofwerking van dierlijke mest; actualisering van kennis en de mogelijke gevolgen van aangepaste forfaits. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-rapport 85.</p> <p>Bussink, D.W., 1999. Niet gepubliceerde resultaten.</p> <p>Van der Schans, D., Meuffels, G., Van der Schoot, J.R., van Dijk, W. & Vermeulen, B., 2010. Precisie plaatsing van drijfmest in Mais. Veldproeven met precieze plaatsing van mest ten opzichte van de maïsrij bij bemesten en zaaien in aparte werkgangen en het effect op bodemdichtheid en mineralenbenutting. PPO nr. 3250172710. Lelystad, pp 28.</p>

Factsheet 9. Drijfmest verdunnen bij uitrijden

Omschrijving referentiesituatie											
	<p>Voor het uitrijden van drijfmest op grasland geldt een sleepvoetverbod, voor zand- en lössgrond vanaf 2012 en voor klei- en veengrond vanaf 2019. Een uitzondering geldt voor klei- en veengrond als gebruik gemaakt wordt van een waterverdunnend bemestingssysteem.</p> <p>Het gebruik van een waterverdunnend bemestingssysteem is een alternatief voor het toepassen van mestinjectie.</p>										
Omschrijving maatregel											
	Bij het uitrijden wordt de drijfmest met water verdund. Omdat deze maatregel voor klei- en veengrond al een wettelijk toegestaan alternatief is voor mestinjectie, is het eigenlijk niet als een extra maatregel of een mogelijk aanvullende maatregel te beschouwen.										
Toepassingsgebied											
	<p>Mest verdunnen is als maatregel alleen relevant voor grasland, op bouwland zijn namelijk goede alternatieven in de vorm van injectie en direct onderwerken. De maatregel kan op gras worden uitgevoerd op zowel veen-, zand- als kleigrond. Op basis van de Basisregistratie Percelen voor het jaar 2018 (BRP-2018) en de grondsoortenkaart is het areaal grasland afgeleid (zie onderstaande tabel). Hierbij dient opgemerkt te worden dat dit het totale areaal grasland betreft, dus inclusief graslanden zonder snedebemesting.</p> <p><i>Areaal (ha) grasland op zand, klei en veen.</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Grondsoort</th> <th>Grasland(ha)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>zand</td> <td>344.000</td> </tr> <tr> <td>klei</td> <td>392.000</td> </tr> <tr> <td>veen</td> <td>253.000</td> </tr> <tr> <td>löss</td> <td>10.750</td> </tr> </tbody> </table> <p>Wanneer sleepvoeten de voorkeur verdienen boven zodenbemesten, zoals op de meeste veengronden, heeft het verdunnen een grotere meerwaarde omdat dan de emissie (30,5%; Huijsmans en Goedhart, 2018) door verdunnen kan worden teruggebracht tot op het niveau van een zodenbemester (19%, Huijsmans en Schils, 2009).</p>	Grondsoort	Grasland(ha)	zand	344.000	klei	392.000	veen	253.000	löss	10.750
Grondsoort	Grasland(ha)										
zand	344.000										
klei	392.000										
veen	253.000										
löss	10.750										
Effecten op nitraat en uit- en afspoeling nutriënten											
	<p>De mestbenutting en de stikstofefficiëntie nemen daardoor toe. Snelle indringing van mest in de bodem is ook gunstig voor het verminderen van afspoeling van mest. Minder ammoniakemissie en minder afspoeling zijn beiden gunstig voor de waterkwaliteit. In de 1e snede is een sterkere verdunning af te raden omdat de bodem dan vaak nog verzadigd is met water. Bij sterk verdunde mest kan het extra water in combinatie met een regenbui het risico voor afspoeling verhogen. Bijkomend voordeel van verdunnen is dat de mest makkelijker is te verpompen. Enkele proeven geven aan dat de meerkosten voor het 'uitrijden van water' worden goedgemaakt door een hogere grasopbrengst.</p> <p>Vermoedelijk vermindert verdunnen van mest ook bij zodenbemesting op klei- en zandgronden het risico van afspoeling en ammoniakemissie.</p> <p>Het effect op de waterkwaliteit is gunstig omdat de belasting door atmosferische depositie van ammoniak en door afspoeling afneemt. Het effect op afspoeling is nog niet goed gekwantificeerd. Dit gunstige effect zal teniet gedaan worden als met teveel water wordt verdund op te natte grond.</p>										
Neveneffecten op bodemkwaliteit, biodiversiteit, broeikasgasemissies											
	<p>Bodemkwaliteit</p> <p>Wanneer het verdunnen van mest in combinatie met sleepvoeten wordt erkend als emissiearme toedieningsmethode, wordt hiermee de verplichting tot zodenbemesting (injectie) voorkomen. Dat is gunstig voor de kwaliteit van de graszode en de bovengrond. Dit speelt met name op veengronden, waar hiermee extra afbraak van veen wordt voorkomen. Ook op zandgronden komt verdunnen van mest met water in gebruik, waarbij mest aangevoerd wordt met sleepslangen. Bij</p>										

	<p>deze aanpak wordt het land minder zwaar belast doordat niet met een zware mesttank over het land gereden wordt. Dit betekent dat het risico op bodemverdichting afneemt.</p> <p>Emissies naar de lucht</p> <p>Verdunde mest dringt beter en sneller door in de graszode en de bodem. Hierdoor wordt in de eerste plaats de ammoniakvervluchtiging beperkt. Een verdunning van twee delen mest op één deel water (2 op 1) is al voldoende om ammoniakemissie te verlagen. Het effect van verdunnen op ammoniakemissie is kleiner bij zodenbemesten omdat de emissie daar sowieso al lager is.</p> <p>Biodiversiteit</p> <p>Het effect op biodiversiteit is niet bekend. Verwacht wordt dat in vergelijking met andere bemestingsmethoden er nauwelijks een verschil zal zijn.</p>
Modelaanpak	
	<p>Brongerichte maatregel</p> <p>De maatregel wordt op twee manieren uitgewerkt:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Door de verdunning van drijfmest is de emissie naar de lucht kleiner dan bij onverdunde mest. Bij eenzelfde dosering is bodembelasting daardoor groter. Dit wordt gesimuleerde door in het Initiator-model een kleinere emissiefactor voor stikstof te hanteren. 2. Door de verdunning van drijfmest is de werking groter dan van onverdunde drijfmest. Dit wordt in het model verwerkt door analoog aan de maatregel "Optimalisatie van stikstofwerking" een hogere werkzaamheid van stikstof te veronderstellen. Dit wordt gedaan door de verhouding van werkzame stikstof en totale stikstofdosering van drijfmest met een factor 1.08 (8% extra) te vermenigvuldigen. Dit zou bij een bemesting van grasland met ca 300 kg/ha stikstof tot een extra hoeveelheid werkzame stikstof van 24 kg/ha leiden en een extra stikstofonttrekking van ca 14 kg/ha.
Literatuur	
	<p>https://proeftuinveenweiden.nl/nieuws/kost-mest-verdunnen-geld/ https://proeftuinveenweiden.nl/nieuws/water-mest-hoeveel-werkt-dan-best/www.agrarischwaterbeheer.nl</p> <p>Huijsmans J.F.M. en Goedhart P.W., 2018. Verkenning emissiefactor bovengronds breedwerpig verspreiden jaren '90 rekening houdend met seizoensinvloeden.</p> <p>Huijsmans, J.F.M., R.L.M. Schils, 2009. Ammonia and nitrous oxide emissions following field application of manure: state of the art measurements in the Netherlands. International Fertiliser Society (IFS), Proceedings No. 655.</p> <p>Van Schooten, H.A., K.M. van Houwelingen en J.F.M. Huijsmans, 2015. Effect van alternatieve mestaanwendingsmethoden op mestbenutting door gras, Resultaten van twee oriënterende veldproeven, Livestock Research, Wageningen UR, Wageningen, rapport 912, 39 pp.</p> <p>Van Schooten, H.A., J.F.M. Huijsmans & K.M. van Houwelingen, 2017. Benutting van met water verdunde mest aangewend met sleepvoetmachine op grasland; resultaten éénjarige veldproeven op klei- en veengrond 2106. Livestock Research, Wageningen UR, Wageningen, rapport 1084, 38 pp.</p>

Factsheet 10. Toepassing van minder uitspoelingsgevoelige minerale N-meststoffen

Omschrijving referentiesituatie																											
	<p>Stikstof in kunstmest is aanwezig in de vorm van nitraat, ammonium of amide. De verhoudingen van deze vormen in de meest bekende kunstmestsoorten zijn aangegeven in de volgende tabel</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Nitraat-N</th> <th>Ammonium-N</th> <th>Amide-N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>KAS (27N, 4 MgO)</td> <td>0,5</td> <td>0,5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Urean (30N)</td> <td>0,25</td> <td>0,25</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>Ureum (46N)</td> <td></td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Ammonsulfaatsalpeter (ASS, Entec) (26N, 14 S)</td> <td>0,3</td> <td>0,7</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Zwavelzure ammoniak (21N, 24S)</td> <td></td> <td>1</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Op grasland geeft KAS de hoogste N-opname en opbrengst. Ureum heeft een N-opnameniveau van 85-90% en een opbrengstniveau van 90-95% ten opzichte van KAS.</p> <p>Gras heeft een voorkeur voor ammonium, vooral bij lagere temperaturen. Bij vroege toediening in het voorjaar, is ammonium de beste N-vorm die de minste verliezen en de hoogste opbrengst geeft. Na de eerste snede geven meststoffen met een gelijk aandeel ammonium en nitraat, zoals KAS, vrijwel altijd de hoogste opbrengst.</p> <p>Stikstof in nitraatvorm is uitspoelingsgevoeliger dan stikstof in de ammoniumvorm.</p>				Nitraat-N	Ammonium-N	Amide-N	KAS (27N, 4 MgO)	0,5	0,5		Urean (30N)	0,25	0,25	0,5	Ureum (46N)			1	Ammonsulfaatsalpeter (ASS, Entec) (26N, 14 S)	0,3	0,7		Zwavelzure ammoniak (21N, 24S)		1	
	Nitraat-N	Ammonium-N	Amide-N																								
KAS (27N, 4 MgO)	0,5	0,5																									
Urean (30N)	0,25	0,25	0,5																								
Ureum (46N)			1																								
Ammonsulfaatsalpeter (ASS, Entec) (26N, 14 S)	0,3	0,7																									
Zwavelzure ammoniak (21N, 24S)		1																									
Omschrijving maatregel																											
	<p>De maatregel die een agrariër kan nemen is om in het vroege voorjaar bij de eerste bemesting meststoffen in te zetten met een hoog aandeel ammonium.</p> <p>Grasland</p> <p>Op grasland is het inzetten van meststoffen met veel ammonium vooral zinvol voor de 1e snede bemesting. Later in het seizoen wordt ammonium snel omgezet in nitraat vanwege hogere bodemtemperaturen. Bij de 1e snede bemesting is niet alleen de meststofkeuze van belang maar ook het tijdstip van toedienen. Sturen op timing en meststofkeuze leidt tot meer stikstof (eiwit) in het gras en tot minder uitspoeling.</p> <p>Akkerbouw</p> <p>In de akkerbouw mogen bij de 1e gift van granen ook positieve effecten verwacht worden al zijn er weinig gegevens die dit onderbouwen. Voor specifieke teelten, zoals vollegrondsgroenten, kunnen ook slow-release meststoffen worden ingezet. Deze zijn vrij duur en worden daarom maar beperkt ingezet. Er is een breed palet aan meststoffen beschikbaar. Factoren als de behoefte aan zwavel, de meststofprijs en giftgrootte bepalen mede de keuze. Bij akkerbouwgewassen is het effect op opbrengst minder duidelijk.</p>																										
Toepassingsgebied																											
	<p>De maatregel is toepasbaar op voor grasland en akkerbouw op alle grondsoorten. In onderstaande tabel is het areaal (ha) per grondsoort weergegeven voor grasland en akkerbouw). Op basis van de Basisregistratie percelen voor het jaar 2018 (BRP-2018) en de grondsoortenkaart is het areaal grasland en akkerbouw per grondsoort afgeleid (zie onderstaande tabel).</p> <p><i>Areaal (ha) grasland en akkerbouw op zand, klei, veen en löss</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Grondsoort</th> <th>Grasland (ha)</th> <th>Akkerbouw (ha)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>zand</td> <td>344.000</td> <td>290.000</td> </tr> <tr> <td>klei</td> <td>392.000</td> <td>408.000</td> </tr> <tr> <td>veen</td> <td>253.000</td> <td>96.000</td> </tr> <tr> <td>löss</td> <td>10.750</td> <td>17.500</td> </tr> </tbody> </table>			Grondsoort	Grasland (ha)	Akkerbouw (ha)	zand	344.000	290.000	klei	392.000	408.000	veen	253.000	96.000	löss	10.750	17.500									
Grondsoort	Grasland (ha)	Akkerbouw (ha)																									
zand	344.000	290.000																									
klei	392.000	408.000																									
veen	253.000	96.000																									
löss	10.750	17.500																									

	Op veengrond moet de te gebruiken meststof zwavelarm zijn. Veengrond bevat van nature voldoende zwavel voor een goede gewasgroei. Op kalkrijke klei dient geen ammoniumsulfaat te worden gebruikt vanwege een verhoogd risico op ammoniakemissie.
Effecten op nitraat en uit- en afspoeling nutriënten	
	<p>In het vroege voorjaar is de opnamecapaciteit van gras voor stikstof vrij laag. Met de juiste timing en de juiste meststof wordt voorkomen dat gedurende langere tijd een grote voorraad nitraat aanwezig is in het bodemprofiel die vatbaar is voor uitspoeling, temeer daar in die periode veelal een neerslag overschot is. Bij meststoffen die overwegend ammonium bevatten is de ammonium geadsorbeerd aan de vaste fase. De stikstof blijft wel beschikbaar voor de plant maar kan niet uitspoelen.</p> <p>In de praktijk wordt voor de 1e snede 50-100 kg N per ha toegediend in de vorm van minerale meststoffen. De stikstofbenutting kan gemakkelijk 10% verbeteren ofwel er gaat 5-10 kg N per ha minder verloren door uitspoeling en denitrificatie. Proefresultaten met uitspoelingsmetingen zijn er niet. De effecten zijn alleen indirect vastgesteld via een hogere gewasopname.</p>
Neveneffecten op bodemkwaliteit, biodiversiteit, broeikasgasemissies	
	<p>Bodemkwaliteit</p> <p>De inzet van ammoniumhoudende meststoffen leidt tot extra verzuring. Dat betekent dat het gebruikelijke 4 jaarlijkse grondonderzoek uit zal wijzen dat de kalkbehoefte wat hoger is in vergelijking tot de inzet van alleen KAS.</p> <p>Sommige ammoniumhoudende meststoffen bevatten nitrificatieremmers zoals DMPP en Piadin. Deze remmen de biologische omzetting van ammonium naar nitraat. Er zijn geen resultaten bekend dat dit nadelig werkt op de bodemkwaliteit. Ook ureummeststoffen kunnen remmers bevatten om de ureumhydrolyse sterk te vertragen. Een van de bekendste remmers is NBPT [N-(n-butyl) thiophosphoric triamide]. Deze stof is de afgelopen 20 jaar uitgebreid getoetst. Er zijn geen aanwijzingen dat de stof effect heeft op de bodembiomassa en de enzymactiviteit in de bodem.</p> <p>Emissies naar de lucht</p> <p>Op basische gronden, zoals kalkrijke kleigrond, kan meer ammoniak vervluchtigen naarmate meststoffen meer ammonium bevatten.</p> <p>Biodiversiteit</p> <p>Over het effect van een alternatief voor normale kunstmest in de vorm van meer ammoniumhoudende kunstmestsoorten bestaan nauwelijks kwantitatieve gegevens.</p> <p>Wel kan beredeneerd worden dat hogere ammoniumgehalten in de bodem ook een hoger risico geeft op ammoniumuitspoeling. In een aantal gebieden in Nederland bestaat zorg over het overschrijden van concentratienormen voor ammonium overschreden. Het is daarom raadzaam om het advies om ammoniumhoudende kunstmest als BOOTlijst maatregel te heroverwegen.</p> <p>Indien nitrificatieremmers aan de kunstmest zijn toegevoegd, bestaat er een risico op verspreiding via uitspoeling. In een onderzoek in Nieuw Zeeland geven Smith & Schallenberg (2013) aan dat ze dicyandiamide (DCD) in meetbare concentraties hebben aangetroffen in oppervlaktewater van landbouwgebieden. In een mesocosmstudie met dit landbouwwater vonden zij dat het aanwezige DCD een verstorend effect heeft op de N-kringloop, met mogelijk effecten op ammoniumtoxiciteit.</p>
Modelaanpak	
	<p>Brongerichte maatregel</p> <p>Op basis van de indicatie van het supportteam DAW ten aanzien van draagvlak voor maatregelen is in de modelberekeningen verondersteld dat de maatregel betrekking heeft op vollegrondsgroenteteelt.</p> <p>In het rekenmodel voor gewasopname worden 24 gewassen onderscheiden. Van deze 24 gewassen hebben 6 gewassen betrekking op vollegrondsgroente: peen, stamslaboo, kool, prei, groep stamslaboo, groep prei. In principe kan in het ANIMO model een willekeurige samenstelling van</p>

	<p>meststoffen worden gespecificeerd. Echter, deze toevoeging is in technische zin ingrijpend en kost relatief veel tijd. Daarom is besloten de vervanging van nitraathoudende kunstmest door ammonium- en amide-N houdende meststoffen te benaderen door de vervanging met de dunne fractie van varkensdrijfmest. Het aantal kilo's dat tot en met april in nitraat-N vorm gegeven wordt, wordt vervangen door hetzelfde aantal kilo's stikstof in de dunne fractie van varkensdrijfmest, met de emissie van kunstmest. De minerale stikstof in varkensdrijfmest is geheel in de vorm van ammonium en het deel in de vorm van organisch gebonden N is klein. Het effect op uitspoeling is ongeveer hetzelfde (of iets sterker) als het effect van ammonium in kunstmest. Bedacht moet worden dat door deze aanpak ook iets meer fosfaat wordt aangevoerd. In de benadering beïnvloedt de extra fosfaat niet de gewasopname, maar wordt vastgelegd in de bodem.</p>
Literatuur	
	<p>Bussink, D.W., Boer, H.C., Boons-Prins, E.R. & Schils, R.L.M., 2003. Toetsing van voorjaarsmeststoffen op grasland; 2002. NMI rapport 807.01. Wageningen. pp.68.</p> <p>Bussink, W.D., 2014. Tekort aan (kunst)mest? Hoe verdeel ik de kunstmest dynamisch? https://www.bemestingsadvies.nl/nl/bemestingsadvies/Themadagen/Themadag-2014.htm</p> <p>Den Boer, D.J., Holshof, G., Bussink, D.W. en Van Middelkoop, J.C., 2011. Type en toedieningsvorm van N-kunstmest; Effecten op gewas- en eiwitproductie en -kwaliteit. NMI rapport 1364.N.09, Wageningen, pp 95.</p> <p>Website "Handboek bodem en bemesting". Subpagina "Type meststoffen en hun werking en efficiëntie."</p>

Factsheet 11. Inzet van compost en organische mest

Omschrijving referentiesituatie	
	<p>In Nederland is in 2016 ongeveer 2 miljoen ton compost geproduceerd (Bron: BVOR). In 2015 werd 3,7 miljoen kg N als GFT-compost en 2,0 miljoen kg N als overige compost aan landbouwgronden toegediend (van Bruggen et al. 2017b).</p> <p>Voor compost geldt een forfaitaire werkingscoëfficiënt voor stikstof van 10%. Voor compost geldt een fosfaatvrije voet van 50% van de gebruikte hoeveelheid fosfaat, met een bovengrens van 3,5 gram per kilo droge stof.</p>
Omschrijving maatregel	
	<p>Aanvoer van organisch materiaal in de vorm van compost of organische mest.</p> <p>Voor het op peil houden of verbeteren van de bodemvruchtbaarheid is een regelmatige aanvoer van organische stof van belang. De aanvoer van organische stof moet minimaal gelijk zijn aan de afbraak. Uit langjarig onderzoek blijkt dat de beste resultaten kunnen worden behaald met meststoffen die zijn gericht zowel op voeding van het gewas alsook op de opbouw van de bodem. Een bouwplan met gewassen die de organische voorraad in de bodem opbouwen heeft de voorkeur. Daarnaast kan door de toepassing van b.v. 50% groencompost en 50% rundveedrijfmest het bodemorganische stofgehalte binnen 10 jaar worden verhoogd met 0,5% op zand en 0,8% op klei.</p> <p>NB. Deze maatregel heeft overlap met de maatregel in factsheet 2B 'Toepassing organische stofrijke meststoffen op bouwland' die wordt benaderd vanuit de gebruiksnormen van het 6^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn. De maatregel hier gaat in op de bovenwettelijke inzet van compost en organische mest zoals voorgesteld door DAW.</p>
Toepassingsgebied	
	<p>Een advies voor de toepassing van compost heeft vooral betrekking op bouwland, bloembollenteelt en andere bijzondere teelten op gronden met een gering organische stofgehalte of gronden die vanwege de structuur moeilijk bewerkbaar zijn.</p>
Effecten op nitraat en uit- en afspoeling nutriënten	
	<p>Effect op waterkwaliteit</p> <p>Over de effecten van compost op gewasopname en daarmee samenhangend het N-overschot op de bodembalans bestaat onduidelijkheid. In het CDM-advies "Organische stof in de bodem en nitraatuitspoeling" (2017b) is een dynamisch simulatiemodel toegepast, waarin de gewasproductie, gewasopname, bodemkringlopen en uitspoeling op procesmatige wijze zijn beschreven. Met dit model effecten van de inzet van compost bij snijmaïs op zandgrond geschat. Het resultaat van een langdurige permanente toediening van compost was dat na lange tijd zich een nieuw evenwicht instelt tussen aanvoer en bodemvoorraad van organisch gebonden N. De extra toevoer van organisch gebonden N in compost leidt tot een verhoging van het risico op nitraatuitspoeling.</p> <p>De stikstofgift wordt beperkt door de stikstofgebruiksnormen; er kan niet meer stikstof worden gegeven. Door bemesting met compost en vaste mest worden nutriënten toegediend in een voor de plant minder beschikbare vorm (organische N). De CDM (2017b) stelt: Vergeleken met kunstmest verhoogt het veeljarig gebruik van organische meststoffen het organische stofgehalte en de N-mineralisatie- en denitrificatiecapaciteit van de bodem. De kwaliteit (afbreekbaarheid, C/N-verhouding) van organische stof en de tijdschikking spelen daarbij een grote rol. De effecten van het organische stofgehalte van de bodem en van de toediening van organische meststoffen op nitraatuitspoeling kunnen niet eenduidig worden aangegeven.</p> <p>De CDM (2017b) stelt verder:</p> <p>Volgens modelberekeningen leidt veeljarig gebruik van GFT-compost op zandgronden bij de huidige gebruiksnormen tot een hoger organische-stofgehalte van de bodem, een hogere gewasopbrengst en tot meer nitraatuitspoeling dan veeljarig gebruik van varkensmest of</p>

	<p>rundveemest. De hogere gewasopbrengst en grotere nitraatuitspoeling bij gebruik van GFT-compost wordt verklaard door een relatief hoge stikstofgift en grote N-mineralisatie in de bodem. De stikstofgift wordt bepaald door de gebruiksnormen voor dierlijke mest, werkzame stikstof en fosfaat (die afhankelijk is van de fosfaattoestand). GFT-compost heeft een relatief lage stikstofwerkingscoëfficiënt, een relatief hoge C/N-verhouding en een fosfaatvrije voet, waardoor er binnen de gebruiksnormen meer organische stof, stikstof en fosfaat kan worden toegediend met GFT-compost dan met dierlijke mest. Dit is de belangrijkste oorzaak voor de hogere nitraatuitspoeling bij GFT-compost dan bij dierlijke mest.</p> <p>Het mag dus niet worden uitgesloten dat de nitraatuitspoeling toeneemt als stikstof uit kunstmest en/of dierlijke mest wordt vervangen door stikstof uit organische-stofrijke bodemverbeteraars. De onzekerheid over deze effecten zijn echter groot en de effecten zijn onderwerp van wetenschappelijke discussie.</p> <p>Over de effecten van langjarige composttoediening is fragmentarische informatie beschikbaar. Het positieve effect van compost op de bodemstructuur zou ook tot een positief effect op de gewasproductie kunnen leiden. Modelverkenningen gebaseerd op enkele veldstudies geven aan dat voor akkerbouwgewassen een productieverhoging van 5% mogelijk zou zijn en voor grasland en snijmais een productieverhoging van 2%. Het is echter niet duidelijk of dit een effect is van de bodemstructuur of een effect van de verhoogde toevoer van nutriënten.</p>
<p>Neveneffecten op bodemkwaliteit, biodiversiteit, broeikasgasemissies</p>	
	<p>Bodemkwaliteit Organische stof heeft een invloed op de bodemstructuur en bevordert een kruimelstructuur die goed doorwortelbaar en bewerkbaar is. Op kleigronden verbetert organische stof de verkrumelbaarheid van de grond. Op lichte zavelgronden kan organische stof ook interne slomp beperken.</p> <p>Emissies naar de lucht Als de inzet van compost en organische mest leidt tot minder kunstmestgebruik dan leidt tot meer ammoniak-vervluchtiging. Dit komt doordat kunstmest een lagere emissiefactor heeft dan organische (dierlijke) mest.</p> <p>Biodiversiteit De inzet van compost en organische mest is een bewezen maatregel voor verbetering van de bodemkwaliteit. Het leidt ook tot een verbeterd bodemleven en dus meer biodiversiteit.</p>
<p>Modelaanpak</p>	
	<p>Brongerichte maatregel Voor het specificeren van een rekenvariant met composttoediening dienen in twee deelmodellen aanpassingen plaats te vinden:</p> <p>Mestmodel Een composttoediening legt beslag op een deel van de stikstof- en fosfaatgebruiksruimte van een bedrijf. Voor het gebruik van compost geldt een fosfaatvrije voet van 50% van de gebruikte hoeveelheid fosfaat, met een bovengrens van 3,5 gram per kilo droge stof. Voor stikstof geldt voor compost een forfaitaire werkingcoëfficiënt van 10%. Een composttoediening kan daarom niet los gezien worden van de toediening van andere mestsoorten en van de mestmarkt. Om de invloed van composttoedieningen te simuleren is een rekenrun van het Initiator model nodig.</p> <p>Bodem- en uitspoelingsmodel Compost kan in de invoer van het ANIMO-model gespecificeerd worden als een afzonderlijk materiaal. De dosering, het tijdstip van de dosering en de diepte tot waar de compost wordt ondergewerkt moet worden gespecificeerd. Daarnaast moeten een aantal kenmerken van een compostmateriaal worden gespecificeerd:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Organische stofgehalte

	<ul style="list-style-type: none"> - Gehalte aan stikstof en fosfor in minerale vorm en organische gebonden vorm - Afbraakarakteristiek. In het Handboek Bodem en bemesting is in 2017 de humificatie-coëfficiënt voor GFT-compost en groencompost verhoogd van 0,75 naar 0,90 (Commissie Bemesting Akkerbouw/Vollegroententeelt) - Benutting door gewassen als functie van et tijdstip van toediening. Bij voorjaarstoepassing van GFT-compost en groencompost kan een werkingscoëfficiënt van 10% worden aangehouden (Handboek Bodem & Bemesting). Bij herfsttoepassing kan een werking van 5% worden aangehouden in het volgende jaar en bij toepassing in de winter een werking van 5-10%. <p>In de indicatie van het DAW-supportteam voor pakketten maatregelen is de maatregel niet opgenomen. Voor een eventuele toekomstverkenning naar de effecten klimaatmitigerende maatregelen en kringlooplandbouw verdient het aanbeveling de maatregel meer specifiek te formuleren (dosering per jaar, welke teelten, welke grondsoorten, samenstelling van de compost, etc)</p>
Literatuur	
	<p>Bruggen, van C., A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, H.H. Luesink, S.V. Oude Voshaar, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk, 2017b. Emissies naar lucht uit de landbouw in 2015. Berekeningen met het model NEMA. Wageningen, WOT Natuur & Milieu, WOT-technical report.</p> <p>CDM, 2017b. Advies 'Relatie organische stofgehalte in de bodem en nitraatuitspoeling'. 1716204/WOTNM/JE http://www.wur.nl/upload_mm/8/8/2/add78125-e96c-420a-ba0e-1ff08ab849a9_1716204_Oene%20enema%20bijlage%201.pdf</p> <p>Organische stofbalans zie: www.kennisakker.nl of https://www.os-balans.nl/</p> <p>Wit, J. de., 2013. Bedrijfseconomische effecten van verhoging van het bodemorganische stofgehalte. Louis Bolk Instituut. Publicatienr. 2013-005 LbD. www.beterbodembeheer.nl/positief-effect-compost-op-suikeropbrengst</p> <p>Zwart, K, A. Kikkert, A. Wolfs, A. Termorshuizen, G.J. van der Burgt. 2013. Tien vragen en antwoorden over organische stof. Productschap Akkerbouw. Zie ook: www.kennisakker.nl.</p>

Factsheet 12. Eisen aan de teelt van vanggewassen en groenbemesters

Omschrijving referentiesituatie in 2017, voordat het 6 ^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn van kracht werd	
	<p>Maïs Op zand- en lössgrond moet na de teelt van maïs een vanggewas worden geteeld. De toegestane vanggewassen zijn bladkool, bladrammenas, gras, Japanse haver, triticale, wintergerst, winterrogge en wintertarwe. Het vanggewas moet direct na de oogst van maïs worden geteeld. Dit mag via onderzaai in de maïs of via zaaien na de oogst van de maïs. Het vanggewas mag niet worden vernietigd vóór 1 februari van het daaropvolgende jaar. Als gevolg van de vaak late oogst van maïs in de praktijk, beginnen vanggewassen vaak pas in oktober te groeien, ook als ze zijn ondergezaaid. De stikstofopname (en daardoor de vermindering van nitraatuitspoeling) in het najaar is daarom beperkt.</p> <p>Aardappelen Er is geen verplichting om een vanggewas te telen na aardappelen in het zuidelijke zand- en lössgebied.</p> <p>Gebruiksnorm groenbemesters Voor een groenbemester mag een extra stikstofgebruiksnorm worden toegepast; 60 kg ha⁻¹ N voor niet-vlinderbloemigen en 30 kg ha⁻¹ N voor vlinderbloemigen op klei en veen. En 50 kg ha⁻¹ N voor niet-vlinderbloemigen en 25 kg ha⁻¹ N voor vlinderbloemigen op zand en löss. Er moet aan de volgende voorwaarden voldaan worden:</p> <ul style="list-style-type: none">• Voor zand, löss en veen: inzaaien voor 1 september en na 1 december ploegen.• Voor klei: inzaaien voor 1 september en ploegen nadat de groenbemester aantoonbaar minimaal 8 weken wordt geteeld. De normen gelden niet voor groenbemesters die aansluiten op maïs.
Omschrijving maatregel	
	<p>Maïs De eisen voor de teelt van een vanggewas na maïs op zand en löss worden aangescherpt, zodat vanggewassen daar beter slagen (en dus meer stikstof vasthouden).</p> <ul style="list-style-type: none">• grasonderzaai in maïs (in mei/juni)• uiterlijk op 1 oktober een vorstbestendig vanggewas is ingezaaid op het maïspaneel. <p>Aardappelen Het telen van een vanggewas aansluitend aan de teelt van consumptie- en fabrieksaardappelen op zand en löss wordt verplicht. Als uiterste zaaidatum geldt 31 oktober als er op uiterlijk 16 september (na de teelt van vroege aardappelen) geen groenbemester is ingezaaid.</p> <p>Gebruiksnorm groenbemesters Voor bouwland gelegen op zand- en lössgrond wordt de extra stikstofgebruiksnorm voor groenbemesters gekort met 50% als de groenbemester wordt geteeld na een gewas dat gevoelig is voor uitspoeling van nitraat. Dit houdt in dat er in de periode van 1 augustus tot en met 15 september de helft minder mest mag worden toegevoegd. Bij teelt van een groenbemester na een niet-uitspoelingsgevoelig gewas (granen (met uitzondering van maïs), koolzaad, zomerpeen, blauwmaanzaad, karwij en vlas) wordt de hoeveelheid toe te dienen mest niet gekort en blijft de huidige extra stikstofgebruiksnorm van kracht.</p>
Toepassingsgebied	
	<p>Vanggewassen:</p> <ul style="list-style-type: none">• Maïs op zand- en lössgrond.• Aardappelen op zand- en lössgrond. <p>Gebruiksnormen groenbemesters:</p>

- Alle grondsoorten en groenbemesters van alle akkerbouwgewassen exclusief maïs, granen, koolzaad, zomerpeen en graszaadstoppel die in najaar wordt vernietigd.

Op basis van de Basisregistratie Percelen voor het jaar 2018 (BRP-2018) en de grondsoortenkaart gelden de volgende arealen (zie onderstaande tabel).

Gewas	Grondsoort	Areaal (ha)
snijmais	zand- en löss	127.000
aardappelen	zand- en löss	44.000 (excl. 7.500 ha pootgoed)
akkerbouwgewassen (excl. maïs, granen, koolzaad, alle zomerpeen en graszaad-stoppel)	alle grondsoorten	363.000

Effecten op nitraat en uit- en afspoeling nutriënten

Uitspoeling van nitraat naar bovenste grondwater

Maïs

Het potentiële effect van vanggewassen op nitraatuitspoeling is groot. Experimenteel onderzoek laat zien dat het zaaien van een vanggewas in de laatste week van september, na een vroege maïsoogst, kan leiden tot een halvering van de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater van zandgronden (Schröder et al. 1996; 2013).

Bij inzaaien van een vanggewas op 1 oktober wordt er ongeveer 20-25 kg ha⁻¹ N opgenomen door het vanggewas. Als half oktober wordt ingezaaid wordt er ongeveer 5-10 kg ha⁻¹ N opgenomen en de stikstofopname bij inzaai later in oktober is bijna nihil (CDM, 2017d). Een geslaagd vanggewas (ingezaaid vóór eind september) neemt zo'n 30 kg ha⁻¹ N extra op ten opzichte van een niet geslaagd vanggewas. Dit kan de nitraatconcentratie ook op langere termijn met 10-50 mg L⁻¹ doen dalen. De omvang van het effect hangt af van de mate waarin het te verwachten evenwicht zal zijn opgetreden tussen jaarlijkse vastlegging in vanggewassen en de cumulatieve N-nawerkingen van voorgaande vanggewassen, en de mate waarin volgteelten die vrijkomende N weten te benutten. Het positieve effect is mede daarom kleiner naarmate de N-gebruiksnorm hoger is.

Grasonderzaai in maïs in mei of juni heeft als voordeel dat het gras, ondanks de per definitie streepsgewijze inzaai (vroege concurrentie met de maïsrij dient namelijk te worden uitgesloten), bij de oogst een voorsprong heeft in de mate van bedekking ten opzichte van gras ingezaaid ná de oogst van maïs. Bij een oogstdatum van 31 oktober zal de grasgroei na de oogst van maïs desondanks beperkt zijn door de kortere dagen en lagere temperaturen. Daarnaast kan de groei van het gras worden gelimiteerd door rijschade, vooral na zware maïsgewassen waarin de groei van gras beperkt gebleven is. De stikstofopname van een grasonderzaai is bij late oogst daarom veel beperkter dan die van vanggewassen ingezaaid na de oogst van maïs vóór 1 oktober. Het effect van grasonderzaai op de nitraatuitspoeling bij een maïsoogst eind oktober is even gering als bij de referentiesituatie (maïsoogst in oktober en pas daarna inzaai van een vanggewas).

Bij een gemiddelde oogstdatum van 10 oktober kan nog een N-opname in het vanggewas van 10-15 kg ha⁻¹ worden gerealiseerd en een nawerking van ca. 5 kg ha⁻¹. Grasonderzaai heeft dan wel enig effect, maar niet in de mate waarin een vanggewas dat zou hebben dat uiterlijk 1 oktober is ingezaaid.

Aardappelen

Het effect van vanggewassen op nitraatuitspoeling is afhankelijk van het zaaitijdstip. Inzaai van een vanggewas na half oktober heeft een beperkt effect op de nitraatuitspoeling, omdat het vanggewas maar weinig stikstof (minder dan 10 kg ha⁻¹ N) opneemt (CDM, 2017d). De maatregel in het zesde Actieprogramma veronderstelt impliciet dat aardappelen gemiddeld gezien eerder dan eind oktober worden geoogst. Als het vanggewas op de uiterste datum wordt ingezaaid heeft het weinig effect.

	<p>Naarmate de bodem beter bedekt is met een vanggewas, zal het risico op afspoeling van stikstof en fosfaat naar het oppervlaktewater afnemen. Door het inzaaien van een vanggewas vóór 1 oktober neemt het risico op afspoeling af.</p> <p>Gebruiksnorm groenbemesters</p> <p>De gebruiksnorm is 50% van de huidige gebruiksnorm voor groenbemesters voor alle overige akkerbouwgewassen, waarbij 'overige' betrekking heeft op alle akkerbouwgewassen exclusief maïs, granen, koolzaad of zomerpeen en graszaadstoppel die in het najaar worden vernietigd. Dit leidt tot een lagere nitraatuitspoeling.</p> <p>Als groenbemesters na maïs, granen, koolzaad, zomerpeen en graszaadstoppel van een reductie van de N-gebruiksnorm zijn uitgesloten (circa 50% van areaal), resteert er nog maar een beperkte hoeveelheid 'vroeg geoogst' (vóór 1 september) areaal (circa 25%) waarna groenbemesters betekenisvol N zouden kunnen opnemen. Dit zijn vaak gewassen die relatief veel N achterlaten (poot aardappel, erwten, bonen, koolsoorten, vollegrondsgroenten). Bemesting van een volggewas is daar onnodig.</p> <p>Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater</p> <p>Een verminderde uitspoeling van nitraat naar het grondwater gaat in het algemeen gepaard met een lagere N-belasting van het oppervlaktewater. De grootte van de vermindering is echter niet te kwantificeren. Voor de P-belasting van het oppervlaktewater wordt geen of een klein effect verwacht.</p>
<p>Neveneffecten op bodemkwaliteit, biodiversiteit, broeikasgasemissies</p>	
	<p>Bodemkwaliteit</p> <p>De hoeveelheid organische stof die in de bodem terecht komt, is groter bij een goed geslaagd vanggewas. De maatregel is positief voor de bodemvruchtbaarheid en koolstofopslag.</p> <p>Emissies naar de lucht</p> <p>De maatregelen met betrekking tot vanggewassen hebben geen effect op het gebruik en wijze van toediening van mest en daarom heeft het geen effect op ammoniakemissie.</p> <p>De opname van stikstof door het vanggewas zal leiden tot een lagere lachgasemissie in het najaar. Door onderploegen van het vanggewas in het voorjaar zal de lachgasemissie toenemen. Het effect van onderploegen van een vanggewas op lachgasemissie is waarschijnlijk groter dan het effect van stikstofopname in de winter, omdat bij ploegen zowel organische stof (leidt tot een hogere denitrificatie activiteit) als stikstof wordt toegediend. De lachgasemissie neemt mogelijk iets toe door deze maatregel.</p> <p>Het verlagen van de N-gebruiksnorm van groenbemesters leidt tot minder lachgasemissie en (mogelijk) iets minder ammoniakemissie. De effecten op nationaal niveau zijn beperkt.</p> <p>Biodiversiteit</p> <p>Een goede bodembedekking stimuleert het bodemleven. De wijze waarop het volggewas wordt verzorgd en in het voorjaar wordt vernietigd heeft ook effecten op biodiversiteit. Effecten zijn niet kwantitatief aan te duiden.</p>
<p>Modelaanpak</p>	
	<p>Brongerichte maatregel</p> <p>De extra eisen aan de teelt van vanggewassen hebben betrekking op de uiterlijke datum waarop een vanggewas moet zijn ingezaaid. Door het vanggewas vroeg genoeg te zaaien kan het in de periode oktober tot en met half maart ca 40 kg/ha opnemen. Geschat wordt dat hiervan 60% ten goede komt aan het volggewas. De modelaanpassingen betreffen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aanpassing in de invoer van het gewasopnamemodel. De stikstof die vrijkomt uit de mineralisatie van gewasresten wordt verrekend in het stikstofleverend vermogen van de bodem (QUADMOD model) of de werkzame N-gift (MEBOT model).

	- Aanpassing in de invoer van het ANIMO-model: de gewasopname gedurende de wintermaanden wordt opgelegd, alsmede toediening van gewasresten aan de bodem half maart.
Literatuur	
	<p>CDM, 2017d. Advies 'Groenbemesters'. 1705577/WOTN&M/JE. http://www.wur.nl/upload_mm/f/6/f/bf93b904-ac3d-48a6-8e42-817652f23b7a_1705577_Oene%20enema%20bijlage%201.pdf</p> <p>Schröder, J.J., W. van Dijk W & W.J.M. de Groot, 1996. Effects of cover crops on the nitrogen fluxes in a silage maize production system. Netherlands Journal of Agricultural Science 44, p. 293-315.</p> <p>Schröder, J.J., W. de Visser, F.B.T. Assinck & G.L. Velthof, 2013. Effects of short-term nitrogen supply from livestock manures and cover crops on silage maize production and nitrate leaching. Soil Use and Management 29, 151-160.</p>

Factsheet 13A. Optimaliseren van landgebruik met gras en mais**Factsheet 13B. Toepassing van vruchtwisseling op een melkveebedrijf, gericht op behoud en opbouw van organische stof**

Omschrijving referentiesituatie									
	In de melkveehouderij hebben de meeste bedrijven op mineralen gronden (zand- en kleigrond) een verhouding in landgebruik van 80% grasland en 20%. In het zuidelijke zandgebied wordt meer mais geteeld dan in de andere zandregio's. De maïs wordt vaak in continueelt verbouwd of in vruchtwisseling met grasland van 5 jaar of meer. Een vruchtwisseling van maïs met grasland van 5 jaar of ouder heeft als nadeel dat bij scheuren van het grasland veel van de opgebouwde organische stof wordt afgebroken. De stikstof hierin komt slechts gedeeltelijk ten goede aan volggewas (maïs). Het gevolg is verliezen door mineralisatie en uitspoeling.								
Omschrijving maatregel									
	<p>13A: Deze verliezen kunnen verminderd worden door een landgebruik van 60:20:20, waarbij 60% permanent grasland is en de overige 40% een vruchtwisseling is van 20% gras, rode en witte klaver (3 jaar) en 20% bouwland (3 jaar). Dit leidt tot een landgebruik waarin de ruwvoerproductie (kwaliteit en kwantiteit) en bodemkwaliteit voor de korte en lang termijn gewaarborgd is en die gunstig is voor het verminderen van uit- en afspoeling en het bevorderen van biodiversiteit.</p> <p>13B: Een breed scala aan maatregelen kunnen bijdragen aan een hoger organische stofgehalte in de bodem van een melkveebedrijf die. In de onderstaande tabel zijn de belangrijkste maatregelen opgenoemd. De basismaatregel is het landgebruik (binnen derogatie 60:20:20).</p> <table border="1" data-bbox="395 992 1267 1319"> <tr> <th colspan="2">Basis landgebruik</th> </tr> <tr> <td colspan="2">60% blijvend grasland, 20% grasklaver in vruchtwisseling met 20% maïs</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #d9ead3;"> Grasland Afbraak verminderen <ul style="list-style-type: none"> • Leeftijd verhogen grasland • Bekalken binnen streeftraject Aanvoer verhogen <ul style="list-style-type: none"> • Bemesting en mestsoorten • Beworteling: grassoorten en grasresten • Klaver en kruiden in grasland • Maaien en weiden </td> <td style="background-color: #d9ead3;"> Bouwland Afbraak verminderen <ul style="list-style-type: none"> • Niet kerende grondbewerking • Bekalken binnen streeftraject Aanvoer verhogen <ul style="list-style-type: none"> • Meer gewasresten (korrelmaïs, MKS) • Maisrassen met meer wortels • Bemesting en mestsoorten • Groenbemesters </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="background-color: #d9ead3; text-align: center;">Agro-forestry</td> </tr> </table> <p>Afbraak van organische stof kan verminderd worden door minder grondbewerking, bijvoorbeeld door leeftijd grasland te verhogen of niet-kerende grondbewerking op bouwland toe te passen. Na gras of grasklaver beperkt niet-kerende grondbewerking de afbraak van organische stof. Ook is het belangrijk om te bekalken binnen het pH-streeftraject want bij overmatig bekalken wordt het bodemleven actiever en wordt er meer organische stof afgebroken.</p> <p>De aanvoer van organische stof komt op een melkveebedrijf</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) voor 60-75% uit gewasresten en gewaswortels, waarvan een belangrijk aandeel uit grasland. Gewasresten op bouwland kunnen toenemen door te kiezen voor korrelmaïs of MKS. Daarnaast kunnen diepwortelende grassoorten als rietzwenkgras bijdragen aan een hogere organische stof aanvoer maar ook rassen Engelse raigras en maïs met meer wortels. 2) De aanvoer met dierlijke mest 3) groenbemesters en vanggewassen. Onderzaai van een groenbedekker onder maïs of een vanggewas na maïs, leidt tot meer biomassa en uiteindelijk meer organische stof. Een kanttekening hierbij is dat de groene organische stof in een groenbemester relatief snel verteert en weinig bijdraagt aan de opbouw van organische stof. 	Basis landgebruik		60% blijvend grasland, 20% grasklaver in vruchtwisseling met 20% maïs		Grasland Afbraak verminderen <ul style="list-style-type: none"> • Leeftijd verhogen grasland • Bekalken binnen streeftraject Aanvoer verhogen <ul style="list-style-type: none"> • Bemesting en mestsoorten • Beworteling: grassoorten en grasresten • Klaver en kruiden in grasland • Maaien en weiden 	Bouwland Afbraak verminderen <ul style="list-style-type: none"> • Niet kerende grondbewerking • Bekalken binnen streeftraject Aanvoer verhogen <ul style="list-style-type: none"> • Meer gewasresten (korrelmaïs, MKS) • Maisrassen met meer wortels • Bemesting en mestsoorten • Groenbemesters 	Agro-forestry	
Basis landgebruik									
60% blijvend grasland, 20% grasklaver in vruchtwisseling met 20% maïs									
Grasland Afbraak verminderen <ul style="list-style-type: none"> • Leeftijd verhogen grasland • Bekalken binnen streeftraject Aanvoer verhogen <ul style="list-style-type: none"> • Bemesting en mestsoorten • Beworteling: grassoorten en grasresten • Klaver en kruiden in grasland • Maaien en weiden 	Bouwland Afbraak verminderen <ul style="list-style-type: none"> • Niet kerende grondbewerking • Bekalken binnen streeftraject Aanvoer verhogen <ul style="list-style-type: none"> • Meer gewasresten (korrelmaïs, MKS) • Maisrassen met meer wortels • Bemesting en mestsoorten • Groenbemesters 								
Agro-forestry									
Toepassingsgebied									
	13A:								

	<p>Deze maatregel is met name relevant en effectief op melkveebedrijven met derogatie met 80% grasland en 20% bouwland op minerale gronden (zand- en kleigronden).</p> <p>13B: Ook voor melkveebedrijven die geen derogatie aanvragen is de maatregel interessant. Op dergelijke bedrijven is er een geen verplichting voor een minimumpercentage grasland van 80% en heeft men een grotere vrijheid in het kiezen van gewassen.</p> <p>Op basis van de Basisregistratie percelen voor het jaar 2018 (BRP-2018) en de grondsoortenkaart is het areaal grasland en snijmais op minerale gronden (zand- en kleigronden) afgeleid (zie onderstaande tabel).</p> <p><i>Areaal (ha) grasland en snijmais op minerale gronden (zand- en kleigronden)</i></p> <table border="1" data-bbox="375 616 1053 728"> <thead> <tr> <th>Grondsoort</th> <th>Grasland (ha)</th> <th>Snijmais (ha)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>zand</td> <td>344.000</td> <td>123.000</td> </tr> <tr> <td>klei</td> <td>392.000</td> <td>52.000</td> </tr> </tbody> </table>	Grondsoort	Grasland (ha)	Snijmais (ha)	zand	344.000	123.000	klei	392.000	52.000																										
Grondsoort	Grasland (ha)	Snijmais (ha)																																		
zand	344.000	123.000																																		
klei	392.000	52.000																																		
Effecten op nitraat en uit- en afspoeling nutriënten																																				
	<p>Het teeltplan en de bedrijfsvoering leidt ertoe dat nutriënten meer in de organisch gebonden vorm en minder in de minerale vorm aanwezig zijn. De verhouding tussen organisch : mineraal wijzigt. De nutriënten in de organische gebonden vorm zijn minder vatbaar voor uitspoeling.</p> <p>Hooijboer et al (2017) geeft aan dat onderzoek op proefboerderij de Marke uitwijst dat de nitraatuitspoeling lager is bij een rotatie van gras en mais als een optimale teeltmethode wordt toegepast. Geadviseerd wordt om eerstejaars mais na het scheuren van grasland niet te bemesten.</p>																																			
Neveneffecten op bodemkwaliteit, biodiversiteit, broeikasgasemissies																																				
	<p>Bodemkwaliteit</p> <p>13A: In de onderstaande is weergegeven wat de verschillende vormen van landgebruik op een melkveebedrijven voor effect hebben op de zes elementen van bodemkwaliteit. Bij bedrijven met 80% grasland en 20% bouwland, levert een landgebruik 60% blijvend grasland, en 20% gras, rode en witte klover (3 jaar) in vruchtwisseling met bouwland (3 jaar) de beste bodemkwaliteit.</p> <p>Invloed van landgebruik op de zes elementen van bodemkwaliteit (van Eekeren et al., 2016b).</p> <table border="1" data-bbox="386 1370 1184 1635"> <thead> <tr> <th></th> <th>Blijvend grasland</th> <th>3 jaar grasklover in vruchtwisseling met 3 jaar mais</th> <th>3 jaar mais in vruchtwisseling met grasklover</th> <th>Continue bouwland</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Organische stof</td> <td style="background-color: #90EE90;">+</td> <td style="background-color: #FFD700;">0</td> <td style="background-color: #FFD700;">0</td> <td style="background-color: #DC143C;">-</td> </tr> <tr> <td>2. Bodemstructuur</td> <td style="background-color: #90EE90;">+</td> <td style="background-color: #90EE90;">+</td> <td style="background-color: #DC143C;">-</td> <td style="background-color: #DC143C;">-</td> </tr> <tr> <td>3. Beworteling</td> <td style="background-color: #FFD700;">0</td> <td style="background-color: #90EE90;">+</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4. Bodemleven</td> <td style="background-color: #90EE90;">+</td> <td style="background-color: #FFD700;">0</td> <td style="background-color: #FFD700;">0</td> <td style="background-color: #DC143C;">-</td> </tr> <tr> <td>5. Waterhuishouding</td> <td style="background-color: #90EE90;">+</td> <td style="background-color: #FFD700;">0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6. Bodemchemie</td> <td style="background-color: #90EE90;">+</td> <td style="background-color: #FFD700;">0</td> <td style="background-color: #FFD700;">0</td> <td style="background-color: #DC143C;">-</td> </tr> </tbody> </table> <p>13B: Met name bij lage OS gehalten (minder dan 2%) wordt bij een toename van het organische stofgehalte meer water vastgehouden. Organische stof en zorgt een betere bodemstructuur voor een betere waterinfiltratie, minder afspoeling en voorkomt verslemping.</p> <p>Emissies naar de lucht Emissies broeikasgassen naar de lucht zijn sterk afhankelijk van het bouwplan, de toedieningstijdstippen van dierlijke mest en kunstmest, de bodem en de weersomstandigheden. Een hoger organische stofgehalte van bodem zou tot een toename van N₂O en CH₄ emissie kunnen leiden. Bij ongewijzigd gebruik van dierlijke mest is er geen effect op de ammoniakemissie te verwachten.</p>		Blijvend grasland	3 jaar grasklover in vruchtwisseling met 3 jaar mais	3 jaar mais in vruchtwisseling met grasklover	Continue bouwland	1. Organische stof	+	0	0	-	2. Bodemstructuur	+	+	-	-	3. Beworteling	0	+			4. Bodemleven	+	0	0	-	5. Waterhuishouding	+	0			6. Bodemchemie	+	0	0	-
	Blijvend grasland	3 jaar grasklover in vruchtwisseling met 3 jaar mais	3 jaar mais in vruchtwisseling met grasklover	Continue bouwland																																
1. Organische stof	+	0	0	-																																
2. Bodemstructuur	+	+	-	-																																
3. Beworteling	0	+																																		
4. Bodemleven	+	0	0	-																																
5. Waterhuishouding	+	0																																		
6. Bodemchemie	+	0	0	-																																

	<p>Biodiversiteit Een hoger organische stofgehalte van bodem door de toevoer van organische stof in de vorm van gewasresten en vaste mest leidt tot een verbeterde biodiversiteit.</p>
Modelaanpak	
	<p>Brongerichte maatregel Het doorrekenen van de maatregel vergt een gedetailleerde beschrijving van de verschuiving in de vruchtwisseling. Deze beschrijving is niet beschikbaar. Daarnaast heeft de maatregel ook effecten op de mestgebruiksruimte van bedrijven en zou een berekening met het Initiator-model nodig zijn.</p> <p>De maatregel wordt op vereenvoudigde wijze in het model geïmplementeerd. De essentie van de maatregel dat het nutriënten verlies verminderd kan worden op een melkveebedrijf. Hooijboer et al laat zien dat met de maatregel de nitraatconcentratie enkele milligrammen per liter lager uitvalt. Op een droge zandgrond corresponderen deze enkele milligrammen per liter met verminderd stikstofverlies van 5 – 10 kg ha⁻¹. In het model wordt de maatregel opgelegd door de N-input van snijmais met 5 kg ha⁻¹ te verminderen en de N-input van grasland met 10 kg ha⁻¹, ervan uitgaande dat de gewasopname op het referentieniveau gehandhaafd blijft. Met een mogelijke toename van de N-input door de toepassing van stikstofbinders wordt geen rekening gehouden.</p>
Literatuur	
	<p>Eekeren, N. van, 2016a. Optimaal landgebruik voor bodemkwaliteit: 60% blijvend grasland en 20% grasklaver in rotatie met 20% snijmais. V-focus. December, p. 34-35.</p> <p>Eekeren, N. van, H. de Boer, M.C. Hanegraaf, J.G. Bokhorst, D. Nierop, J. Bloem, T. Schouten, R.G.M. de Goede, L. Brussaard, 2010. Ecosystem services in grassland associated with biotic and abiotic soil parameters. Soil Biology & Biochemistry. 42(9): 1491-1504.</p> <p>Eekeren, N. van, J.G.C. Deru, N.J. Hoekstra, J. de Wit, 2018. Carbon Valley: Organische stofmanagement op melkveebedrijven 2018-002 LbD. Louis Bolk Instituut, Driebergen. 36 p.</p> <p>Eekeren, N. van, S. van de Goor, J. de Wit, A. Evers, M. de Haan, 2016b. Inkomen 7.000 euro hoger bij betere bodemkwaliteit. V-focus. December, p. 36-37.</p> <p>Hooijboer, A., Fraters, D., Verloop, K., 2017. Het effect van rotatie van maïs en gras op de nitraatuitspoeling. Water Matters, december 2017, pp. 20-23.</p> <p>Eekeren, N. van, J.G.C. Deru, N.J. Hoekstra, J. de Wit, 2018. Carbon Valley: Organische stofmanagement op melkveebedrijven 2018-002 LbD. Louis Bolk Instituut, Driebergen. 36 p.</p> <p>Schipper et al, 2015. Goede grond voor een duurzaam watersysteem – verdere verkenningen in de relatie tussen agrarisch bodembeheer, bodemkwaliteit en waterhuishouding. STOWA 2015-19. ISBN 978-90-5773-688-9.</p> <p>Vellinga, T., N. van Eekeren, 2017. Effect verandering landgebruik op emissies broeikasgassen. V-focus. April 2017, p. 38-39.</p> <p>Website Kennisakker. Subpagina Teelthandleiding groenbemesters.</p> <p>Wit, J. de, S. van de Goor, J. Pijlman, N.J.M. van Eekeren. 2018. Opbouw organische stof met blijvend grasland. V-focus, p. 32-34</p>

Factsheet 14. Verlenging van de leeftijd van grasland

Omschrijving referentiesituatie																															
	<p>Vernieuwing van grasland door te scheuren leidt tot afbraak van organische stof en mineralisatie van organisch gebonden stikstof. Vernieuwing vindt plaats omdat de botanische samenstelling te sterk is achteruitgaan voor ene goede productie. In de praktijk is de behoefte aan graslandvernieuwing gemiddeld 1 maal in de 7 jaar. In verband met de geldende regel dat permanent grasland niet omgezet mag worden naar een andere teelt kiezen agrariërs er vaak voor om grasland de status van tijdelijk te laten behouden door minimaal 1 maal in de 5 jaar te scheuren.</p>																														
Omschrijving maatregel																															
	<p>Verlengen van de leeftijd van grasland door gebruik te maken van alternatieve methoden van graslandvernieuwing: lichte grondbewerking en doorzaaien. Het grasland krijgt op deze manier wel de status 'permanent grasland'.</p> <p>Voor verlenging van de leeftijd van grasland is het behoud van een goede botanische samenstelling cruciaal. Volgens het huidige advies is graslandvernieuwing pas aan de orde, wanneer de botanische samenstelling van de graszode te sterk is achteruitgegaan en herstel uitgesloten is. De criteria voor een onvoldoende botanische samenstelling van de zode zijn als volgt (zie hiervoor ook http://webapplicaties.wur.nl/software/herinzaaiwijzerfe/):</p> <ul style="list-style-type: none"> • < 50% Engels raaigras; • of > 10% kweek in haarden; • of > 20% kweek verspreid. 																														
Toepassingsgebied																															
	<p>De maatregel is toepasbaar voor grasland op alle grondsoorten. De grasopbrengst is net zo hoog en vaak zelfs hoger dan vernieuwd grasland.</p> <p>Op basis van de Basisregistratie percelen voor het jaar 2018 (BRP-2018) en de grondsoortenkaart is het areaal grasland voor de verschillende grondsoorten afgeleid (zie onderstaande tabel). Hierbij is onderscheid gemaakt tussen 'blijvend grasland', 'tijdelijk grasland' en 'overig grasland'.</p> <p><i>Areaal (ha) grasland op zand-, klei, veen- en lössgronden voor 'permanent grasland', 'tijdelijk grasland' en 'overig grasland'.</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Grondsoort</th> <th>Permanent grasland</th> <th>Tijdelijk grasland</th> <th>Overig grasland</th> <th>Totaal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>zand</td> <td>220.700</td> <td>95.700</td> <td>27.600</td> <td>344.000</td> </tr> <tr> <td>klei</td> <td>273.600</td> <td>75.700</td> <td>42.700</td> <td>392.000</td> </tr> <tr> <td>veen</td> <td>192.500</td> <td>30.000</td> <td>30.500</td> <td>253.000</td> </tr> <tr> <td>löss</td> <td>6.300</td> <td>2.500</td> <td>1.950</td> <td>10.750</td> </tr> <tr> <td>Totaal</td> <td>692.800</td> <td>203.500</td> <td>102.400</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Grondsoort	Permanent grasland	Tijdelijk grasland	Overig grasland	Totaal	zand	220.700	95.700	27.600	344.000	klei	273.600	75.700	42.700	392.000	veen	192.500	30.000	30.500	253.000	löss	6.300	2.500	1.950	10.750	Totaal	692.800	203.500	102.400	
Grondsoort	Permanent grasland	Tijdelijk grasland	Overig grasland	Totaal																											
zand	220.700	95.700	27.600	344.000																											
klei	273.600	75.700	42.700	392.000																											
veen	192.500	30.000	30.500	253.000																											
löss	6.300	2.500	1.950	10.750																											
Totaal	692.800	203.500	102.400																												
Effecten op nitraat en uit- en afspoeling nutriënten																															
	<p>Grasland zorgt voor de opbouw van organische stof via de aanvoer van effectieve organische stof uit gewas- en wortelresten. De afbraak van organische stof is relatief laag omdat geen grondbewerking plaatsvindt.</p> <p>Bij het scheuren van grasland wordt veel organische stof afgebroken en mineraliseert veel stikstof wat potentieel kan uitspoelen als nitraat naar oppervlakte- en grondwater. Door de leeftijd van grasland te verhogen wordt de frequentie van deze mineralisatiepiek verlaagd en verliezen geminimaliseerd.</p> <p>Door minder frequent te scheuren mineraliseert er gemiddeld minder stikstof in periode waarin het niet door het gewas benut kan worden. Uit een analyse van het management op melkveebedrijven op zandgronden in het project Koeien & Kansen bleek dat vooral de beweiding, het scheuren van grasland en de bemesting van een groenbemester relatief grote effecten hadden op nitraatgehalten in het grondwater (Oenema et al., 2008). De cijfers zijn meer dan 10 jaar oud</p>																														

en hebben betrekking op een kleine groep bedrijven en mogen daarom niet als harde getallen gezien worden. Desalniettemin geven de cijfers wel een beeld van belangrijke oorzaken van nitraatuitspoeling op een melkveebedrijf.

Effecten van bedrijfsvoering op de nitraatconcentratie in het grondwater onder gras en mais op Koeien & Kansen-bedrijven op zandgrond (bron: Oenema et al, 2008)

Bedrijfsvoering	Effect op		Eenheid
	gras	mais	
Totale bemesting	1,1	1,6	mg nitraat/l per 10 kg N/ha
- Drijfmest	0,4	1,1	mg nitraat/l per 10 kg N/ha
- kunstmest	0,9	4,9	mg nitraat/l per 10 kg N/ha
- Weidemest	1,8		mg nitraat/l per 10 kg N/ha
Beweiding	9	-	mg nitraat/l per 100 weide-uren/ha
Scheuren en herinzaai	30		mg nitraat/l
Bemesting vanggewas		30	mg nitraat/l

Door het uitsluiten of beperken van beweiding kan de nitraatuitspoeling worden beperkt. Het zo min mogelijk scheuren van grasland beperkt eveneens de nitraatuitspoeling.

Neveneffecten op bodemkwaliteit, biodiversiteit, broeikasgasemissies

Bodemkwaliteit

Leeftijdverlenging van grasland zorgt voor behoud en opbouw organische stof en stikstofleverend vermogen (NLV). Naast het effect op organische stof heeft een hogere leeftijd van grasland een positief effect op het bodemleven. Door het stabielere milieu (voedsel en bescherming) kunnen met name pendelende regenwormen goed gedijen onder ouder grasland. De diepe en verticale wormengangen van pendelende regenwormen zijn belangrijk voor waterinfiltratie en wortels kunnen hierdoor doordringen in diepere bodemlagen.

Emissies naar de lucht

Bij het scheuren van grasland wordt de oude graszode vernietigd. De afgestorven zode bevat relatief veel gemakkelijk afbreekbare organische stof. Bij de vertering kunnen onder warme en vochtige omstandigheden broeikasgassen gevormd worden. Experimentele gegevens hierover zijn niet bekend.

Biodiversiteit

Verlaging van de scheurfrequentie heeft een positief effect op biodiversiteit. Bij het scheuren wordt de oude graszode meestal vernietigd met een chemisch middel. Na het scheuren wordt grasland meestal als monocultuur zonder ingezaaid zonder kruiden en is de botanische diversiteit gering. Minder scheuren leidt tot minder gebruik van het chemische middel en een grotere botanische diversiteit.

Modelaanpak

Brongerichte maatregel

Bij de maatregel "Verlenging van de leeftijd van grasland" wordt verondersteld dat de maatregel niet leidt tot productieverlies. Aanvullende maatregelen ten aanzien van doorzaaien en onkruidbestrijding zijn voldoende effectief om het productieniveau op peil te houden. Door het uitgestelde of afgestelde scheuren van grasland komt minder vaak een hoeveelheid stikstof en fosfor vrij uit de vernietigde graszode. Dit wordt in het model verwerkt door het langjarige gemiddelde stikstofoverschot op de bodembalans te verlagen met $20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$. Dit getal wordt berekend door de veronderstelling dat bij scheuren 100 kg ha^{-1} stikstof zou vrijkomen en eenmaal in de vijf jaar gescheurd zou worden. Het verminderde stikstofverlies wordt in de modelinvoer verwerkt door de input met $20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ te verlagen, terwijl de gewasopname wel op de referentiewaarde blijft staan (NwDose blijft gelijk).

Literatuur

Eekeren, N. van, G. Iepema, B. Domhof, 2016. Goud van Oud Grasland: Bodemkwaliteit onder jong en oud grasland op klei. 2016-011 LbD. Louis Bolk Instituut, Driebergen. 24 p.

	<p>Eekeren, N. van, J.G.C. Deru, N.J. Hoekstra, J. de Wit, 2018. Carbon Valley: Organische stofmanagement op melkveebedrijven 2018-002 LbD. Louis Bolk Instituut, Driebergen.36 p.</p> <p>Eekeren, N. van, L. Bommelé, J. Bloem, M. Rutgers, R. de Goede, D. Reheul, L. Brussaard, 2008. Soil biological quality after 36 years of ley-arable cropping, permanent grassland and permanent arable cropping. Applied Soil Ecology. , p. 432-446.</p> <p>Oenema, J.; Verloop, J., 2008. De invloed van stikstofgebruiksnormen van grasland op zandgrond op de opbrengst en milieubelasting; een gevoeligheidsanalyse. Rapport / Koeien & Kansen 47, pp. 48.</p> <p>Wit, J. de, S. van de Goor, J. Pijlman, N.J.M. van Eekeren, 2018. Opbouw organische stof met blijvend grasland. V-focus, p. 32-34.</p>
--	--

Factsheet 15. Gebruik van diepwortelende gewassen en rustgewassen

Omschrijving referentiesituatie						
De referentiesituatie is de huidige landbouwpraktijk. De huidige landbouwpraktijk is te karakteriseren door de arealen per gewas. Voor 2018 geeft CBS (Statline) de volgende cijfers:						
		Nederland	Noord-Nederland	Oost-Nederland	West-Nederland	Zuid-Nederland
Aantal landbouwbedrijven, totaal	aantal	53857	9650	17569	13231	13407
Cultuurgrond, totaal	ha	1768260	519650	502550	420120	325940
Grasland+groenvoedergewassen	ha	1148750	347090	382830	227440	191390
Tuinbouw open grond	ha	94340	5980	19410	37470	31480
Tuinbouw onder glas	ha	9000	340	950	5580	2140
Akkerbouw	ha	516170	166240	99360	149630	100940
waarvan Aardappelen	ha	165070	65750	32120	39040	28160
waarvan Granen	ha	167620	57090	28830	52290	29410
In 2017 werd op 85000 ha suikerbieten geteeld. De arealen grasland (ha) per regio waren in 2017 (https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/7140gras/table?ts=1554319311122):						
		Nederland	928000			
		Noordelijk weidegebied	247000			
		Oostelijk en centraal veehouderijgebied	234000			
		Westelijk weidegebied	153000			
		Zuidelijk weidegebied	98000			
		Overig Nederland	197000			
Omschrijving maatregel						
De maatregel betreft de keuze voor een uitgekiend gebruik van diepwortelende en rustgewassen in een vruchtopvolging. Hierin is vooral ruimte voor granen, luzerne, grasklaver, groenbemesters en enkele olieproducerende gewassen.						
Rustgewassen zijn een basisvoorwaarde om diversiteit in het bouwplan van akkerbouwers te houden en een goede bodemkwaliteit te handhaven. Gewassen met een hoog saldo (aardappel, peen, uien) vragen veel van de bodem. Gewassen die laat geoogst worden (suikerbieten, aardappelen) geven een groter risico op bodemverdichting en bieden minder ruimte voor de teelt van groenbemesters. Bij het invullen van een bouwplan gaat het om een goede afwisseling van gewassen met een hoog saldo en gewassen die de bodemconditie weer op peil brengen, zoals granen, grassen en groenbemesters. Eigenlijk hebben alle rustgewassen ook een gunstige beworteling: intensief en/of diep.						
Granen en grassen wortelen intensief en diep. Tarwe en gerst zijn van oudsher de rustgewassen in het bouwplan. Dankzij de relatief vroege oogst bieden ze ruimte voor een groenbemester en het stro is gunstig voor de bodemkwaliteit. Ook de teelt van graszaad geeft rust in het bouwplan. Als diep wortelende groenbemester zijn (Japanse) haver, winterrogge, Engels- en Italiaans raaigras of rietzwenkgras, gunstig voor herstel van de bodemkwaliteit.						
Vlinderbloemigen zoals luzerne en grasklaver leggen stikstof vast in de bodem en zijn beide een goede voorvrucht voor de meeste gewassen. Qua inpassing in het bouwplan leent grasklaver zich beter voor een eenjarige teelt dan luzerne. Daarbij wordt grasklaver bij voorkeur in het najaar gezaaid en luzerne in het voorjaar. Bij grasklaver is men vrijer in het kiezen van een goed maaimoment. Voor luzerne is de drogerij vaak sterk bepalend. Qua onkruid onderdrukking en nalevering van stikstof ontlopen grasklaver en luzerne elkaar niet veel. Luzerne is iets beter in de onderdrukking van wortelonkruiden. Luzerne is wel gevoeliger voor structuurbederf dan grasklaver.						

	De teelt van luzerne of grasklaver vormt een schakel tussen akkerbouw en veehouderij. Grasklaver kan ook ingezet worden als maaimeststof.																																																						
Toepassingsgebied																																																							
	<p>De maatregel is toepasbaar voor akkerbouwgewassen. Op basis van de Basisregistratie percelen voor het jaar 2018 (BRP-2018) is het areaal van gewassen met een hoog saldo bepaald (aardappelen, suikerbieten peen en uit), een aantal granen en grassen (winter- en zomertarwe, winter- en zomergerst, graszaad, (Japanse) Haver, winterrogge, Engels en Italiaans Raaigras of rietzwenkgras) en een aantal vlinderbloemigen (luzerne, grasklaver).</p> <p><i>Areaal (ha) van gewassen met een hoog saldo, granen en grassen en vlinderbloemigen op basis van BRP2018</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Type gewas</th> <th>Areaal (ha)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Hoog salderende gewassen</td> <td>247.500</td> </tr> <tr> <td>Granen en grassen</td> <td>166.000</td> </tr> <tr> <td>Vlinderbloemigen</td> <td>8.500</td> </tr> </tbody> </table>	Type gewas	Areaal (ha)	Hoog salderende gewassen	247.500	Granen en grassen	166.000	Vlinderbloemigen	8.500																																														
Type gewas	Areaal (ha)																																																						
Hoog salderende gewassen	247.500																																																						
Granen en grassen	166.000																																																						
Vlinderbloemigen	8.500																																																						
Effecten op nitraat en uit- en afspoeling nutriënten																																																							
	<p>Gewassen met een diepe beworteling:</p> <ul style="list-style-type: none"> - zijn beter in staat bodemvocht in droge periodes en de nutriënten uit mestgiften en mineralisatie te benutten dan gewassen met een ondiep wortelstelsel. - hebben doorgaans een positief effect op de bodemstructuur <p>Rustgewassen worden doorgaans minder intensief bemest dan gewassen met een hoog saldo en laten na de oogst een veel kleinere hoeveelheid mineraal stikstof in de bodem achter. De uitspoeling van nitraat naar grondwater en de uit- en afspoeling naar oppervlaktewater is hierdoor beduidend kleiner dan van een intensief gewas. In de PlanMER van het zesde Actieprogramma Nitraatrichtlijn (Groenendijk et al, 2017) is met het WOGWOD een scenario doorgerekend waarin een deel van het areaal akker- en tuinbouwgewassen is vervangen door grasland. Hierbij is gekeken naar het effect op de gebiedsgemiddelde nitraatconcentratie. Grasland staat hier model voor gewassen die efficiënt met stikstof om kunnen gaan.</p> <p><i>Tabel. Effect op de nitraatconcentratie (mg nitraat/l) in grondwater van de afname (weergegeven met negatieve %) of toename (weergegeven met positieve %) van het bouwlandareaal en de resulterende oppervlakte (in ha's), respectievelijk, ten gunste of ten laste van areaal grasland.</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Percentage verandering</th> <th colspan="4">Zuidelijk zand en lössgebied</th> <th colspan="4">Overige zandgebied</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Areaal akker- en tuinbouw (ha)</th> <th colspan="2">Toepassing rijenbemesting in mais</th> <th rowspan="2">Areaal akker- en tuinbouw (ha)</th> <th colspan="2">Toepassing rijenbemesting in mais</th> </tr> <tr> <th>niet</th> <th>wel</th> <th>niet</th> <th>wel</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-60%</td> <td>39000</td> <td>50</td> <td>45</td> <td>45000</td> <td>45</td> <td>42</td> </tr> <tr> <td>-30%</td> <td>68000</td> <td>57</td> <td>53</td> <td>78000</td> <td>50</td> <td>47</td> </tr> <tr> <td>0%</td> <td>97000</td> <td>65</td> <td>60</td> <td>111000</td> <td>55</td> <td>53</td> </tr> <tr> <td>+30%</td> <td>126000</td> <td>73</td> <td>68</td> <td>145000</td> <td>60</td> <td>58</td> </tr> <tr> <td>+60%</td> <td>155000</td> <td>80</td> <td>75</td> <td>178000</td> <td>65</td> <td>63</td> </tr> </tbody> </table> <p>De resultaten geven aan dat door een keuze voor gewassen met een hogere benutting de gebiedsgemiddelde nitraatconcentraties in de zandregio's duidelijk is te verminderen. De stikstofuitspoeling naar oppervlaktewater reageert volgens hetzelfde principe, maar in mindere mate op een vermindering van rest hoeveelheden stikstof na de oogst.</p> <p>Voor fosfaat geldt dat meer rust in het bouwplan door een beperking van het areaal aardappelen de behoefte aan fosfaatbemesting doet afnemen. Als meer rust in het bouwplan gepaard gaat met een vermindering van de fosfaatbemesting, leidt dit op termijn tot een lagere P-uitspoeling.</p>	Percentage verandering	Zuidelijk zand en lössgebied				Overige zandgebied				Areaal akker- en tuinbouw (ha)	Toepassing rijenbemesting in mais		Areaal akker- en tuinbouw (ha)	Toepassing rijenbemesting in mais		niet	wel	niet	wel	-60%	39000	50	45	45000	45	42	-30%	68000	57	53	78000	50	47	0%	97000	65	60	111000	55	53	+30%	126000	73	68	145000	60	58	+60%	155000	80	75	178000	65	63
Percentage verandering	Zuidelijk zand en lössgebied				Overige zandgebied																																																		
	Areaal akker- en tuinbouw (ha)		Toepassing rijenbemesting in mais		Areaal akker- en tuinbouw (ha)	Toepassing rijenbemesting in mais																																																	
		niet	wel	niet		wel																																																	
-60%	39000	50	45	45000	45	42																																																	
-30%	68000	57	53	78000	50	47																																																	
0%	97000	65	60	111000	55	53																																																	
+30%	126000	73	68	145000	60	58																																																	
+60%	155000	80	75	178000	65	63																																																	

Neveneffecten op bodemkwaliteit, biodiversiteit, broeikasgasemissies	
	<p>Bodemkwaliteit Diepwortelende gewassen verbeteren de bodemkwaliteit en de organische stofopbouw. Ze zijn gunstig voor de structuur, de opbouw van organische stof en het bodemleven.</p> <p>Emissies naar de lucht Als een minder intensief bouwplan gepaard gaat met een kleinere mestgift, treedt naar verwachting minder ammoniakemissie op.</p> <p>Biodiversiteit? Afhankelijk van het type gewas dat gekozen wordt als rustgewas of winterbodembedekker kan het een gunstig effect hebben op de biodiversiteit</p>
Modelaanpak	
	<p>Brongerichte maatregel Het doorrekenen van de maatregel vergt een gedetailleerde beschrijving van de verschuiving in de vruchtwisseling. Deze beschrijving is niet beschikbaar. Daarnaast heeft de maatregel ook effecten op de mestgebruiksruimte van bedrijven en zou een berekening met het Initiator-model nodig zijn. De maatregel wordt daarom op vereenvoudigde wijze gesimuleerd voor de gewasgroepen akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt. Verondersteld wordt dat 10% van het areaal aardappelen en suikerbieten (na granen de grootste groepen) wordt omgezet in een graangewas met het stikstofoverschot van wintertarwe.</p>
Literatuur	
	<p>Beknopte teeltwijzer luzerne. 2017. CLM en Naturim. Bodemsignalen Roodbont B.V., Louis Bolk Instituut, 2007. 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, Alterra-rapport 2842; www.aaltjesschema.nl Hospers-Brands, A.J.T.M., G.J.H.M. van der Burgt, L. Janmaat, 2015. Maaimeeststoffen in bedrijfs- en ketenverband: Plantaardige meststoffen in de praktijk. 20 p. Prins, U., M. Zanen, G.J. van der Burgt. 2004. Mestloze akkerbouw. Ekoland 12, 2004. www.kennisakker.nl/teelthandleiding_groenbemesters, 2004.</p>

Factsheet 16. Op tijd zaaien en goed verzorgen van een vanggewas

Omschrijving referentiesituatie	
	<p>Maïs Op zand- en lössgrond moet na de teelt van maïs een vanggewas worden geteeld. De toegestane vanggewassen zijn bladkool, bladrammenas, gras, Japanse haver, triticale, wintergerst, winterrogge en wintertarwe. Het vanggewas moet direct na de oogst van maïs worden geteeld. Dit mag via onderzaai in de maïs of via zaaien na de oogst van de maïs. Het vanggewas mag niet worden vernietigd vóór 1 februari van het daaropvolgende jaar. Als gevolg van de vaak late oogst van maïs in de praktijk, beginnen vanggewassen vaak pas in oktober te groeien, ook als ze zijn ondergezaaid. De stikstofopname (en daardoor de vermindering van nitraatuitspoeling) in het najaar is daarom beperkt. Het ingang van 2021 is de de inzaai van een vanggewas na maïs op zand- en lössgrond verplicht.</p> <p>Aardappelen Er is geen verplichting om een vanggewas te telen na aardappelen in het zuidelijke zand- en lössgebied.</p> <p>Overige gewassen Ook na andere gewassen worden vanggewassen ingezaaid, veelal om invulling te geven aan een vergroeningseis van het GLB.</p>
Omschrijving maatregel	
	<p>NB. Deze maatregel heeft overlap met de maatregel in factsheet 12 'Eisen aan de teelt van vanggewassen en groenbemesters' die voortkomt uit het 6^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn. De hier beschreven DAW-maatregel kan gezien worden als een (bovenwettelijke) uitbreiding van maatregel 12, door de inzaai van een vanggewas/groenbemester eerder te laten plaatsvinden (voor 1 april in plaats van in mei/juni) en door de maatregel toe te passen op meer gewassen en op meer grondsoorten dan verplicht is volgens het 6^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn. Voor maïs betekent dit een uitbreiding voor maïs op klei (bovenop maïs op zand en löss). Voor aardappelen gaat het om een uitbreiding van aardappelen op klei (bovenop aardappelen op zand en löss).</p> <p>Op tijd oogsten Om een goed ontwikkeld vanggewas of groenbemester bij zaai na de oogst te krijgen moet de maïs op tijd, rond begin september, geoogst worden. Het is daarom raadzaam om te kiezen voor een vroeg rijpend maïsras. De meest gebruikte vanggewassen die na de maïs oogst gezaaid worden zijn Italiaans raaigras en winterrogge. Beide zijn wat boven- en ondergrondse productie vergelijkbaar. Een voordeel van winterrogge is dat de groei van dit gewas in het voorjaar makkelijker mechanisch is te controleren dan van Italiaans raaigras. Bij goede en tijdige bewerking is spuiten met glyfosaat niet nodig.</p> <p>Eerder zaaien van een vanggewas/groenbemester via onderzaai Door een vanggewas onder te zaaien creëer je een voorsprong ten opzichte van het zaaien van het vanggewas na de oogst. Het vanggewas dient bij voorkeur voor 1 april ingewerkt te worden om opbrengstreductie te vermijden. Inwerking na 1 april kan namelijk ten koste gaan van de waterbeschikbaarheid van het volggewas, vooral op droogtegevoelige gronden als het vanggewas zich sterk ontwikkelt in het voorjaar.</p>
Toepassingsgebied	
	<p>Aanvullend op het verplicht gebruik van vanggewassen voor maïs en aardappelen in de zuidelijke zand- en lössregio (factsheet 12, 6^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn) kan deze maatregel worden toegepast op:</p> <ul style="list-style-type: none">• Snijmaïs op kleigrond. Het betreft ca. 52000 ha.• Aardappelen op kleigrond. Het betreft ca. 46.500 ha.• Vroege akkerbouwgewassen op zand, löss en andere grondsoorten
Effecten op nitraat en uit- en afspoeling nutriënten	

	<p>Een vanggewas neemt nutriënten op en zorgt er daardoor voor dat er minder stikstof en fosfaat uitspoelt naar grond- en oppervlaktewater. Het effect is het grootst als het vanggewas tijdig wordt ingezaaid/ondergezaaid en vooral als het gewas waarna het vanggewas groeit (mais, aardappelen of een ander gewas) op tijd wordt geoogst (in ieder geval voor 1 oktober).</p> <p>Naarmate de bodem beter bedekt is met een vanggewas, zal het risico op oppervlakkige afspoeling van stikstof en fosfaat naar het oppervlaktewater afnemen.</p> <p>In factsheet 12 staan verdere details over het effect van een vanggewas op de uit- en afspoeling van nutriënten naar grond- en oppervlaktewater.</p>																																												
<p>Neveneffecten op bodemkwaliteit, biodiversiteit, broeikasgasemissies</p>																																													
	<p>Bodemkwaliteit</p> <p>De bodemvruchtbaarheid verbetert door behoud van nutriënten en de achterblijvende organische stof uit bovengrondse en ondergrondse biomassa. De wortels van een vanggewas en groenbemester hebben een gunstige invloed op de bodemstructuur en voorkomen bodemerosie.</p> <p>Emissies naar de lucht</p> <p>Deze blijven naar verwachting onveranderd, tenzij de maatregelen leidt tot een andere bemesting.</p> <p>Biodiversiteit</p> <p>De betere bedekking van de bodem door de aanwezigheid van een vanggewas/groenbemester heeft een gunstig effect op het bodemleven. Betere bodembedekking zorgt namelijk voedselaanbod voor het bodemleven en habitat voor insecten. Bij grasonderzaai in mais is de onkruidbestrijding een aandachtspunt. Het eventuele gebruik van gewasbeschermingsmiddelen pakt daarentegen negatief uit voor de biodiversiteit. Zo wordt het middel glyfosaat gebruikt om uitbundige voorjaarsgroei van Italiaans raigras als vanggewas tegen te gaan.</p>																																												
<p>Modelaanpak</p>																																													
	<p>Brongerichte maatregel</p> <p>Factsheet 12 gaat uit van de extra eisen aan de teelt van vanggewassen na snijmais op zand- en lössgrond en aardappelen in het zuidelijke zandgebied en hebben betrekking op de uiterlijke datum waarop een vanggewas moet zijn ingezaaid. De maatregel in deze factsheet wordt ook van toepassing geacht op andere teelten op zand, klei en lössgrond die vroeg genoeg geoogst worden om een vanggewas zinvol te laten zijn. In het model zijn 22 akker- en tuinbouwgewassen gedefinieerd. Hieronder wordt aangegeven of een vanggewas na het betreffende gewas mogelijk wordt geacht.</p> <table border="1" data-bbox="379 1339 1441 1630"> <tr> <td>Wintertarwe</td> <td>Ja</td> <td>Stamslaboon</td> <td>Ja</td> </tr> <tr> <td>Suikerbieten</td> <td>Ja</td> <td>Kool</td> <td>nee</td> </tr> <tr> <td>Consumptieaardappelen</td> <td>vroege (50%)</td> <td>Prei</td> <td>Nee</td> </tr> <tr> <td>Zomergerst</td> <td>Ja</td> <td>Tulp</td> <td>Ja</td> </tr> <tr> <td>Zetmeelaardappelen</td> <td>Nee</td> <td>Lelie</td> <td>Nee</td> </tr> <tr> <td>Pootaardappelen</td> <td>Nee</td> <td>GroepWintertarwe</td> <td>Ja</td> </tr> <tr> <td>Korrelmais</td> <td>Nee</td> <td>GroepSuikerbieten</td> <td>Nee</td> </tr> <tr> <td>Zomertarwe</td> <td>Ja</td> <td>GroepZomergerst</td> <td>Ja</td> </tr> <tr> <td>Graszaad</td> <td>Nee</td> <td>GroepStamslaboon</td> <td>Ja</td> </tr> <tr> <td>Zaaiuien</td> <td>Ja</td> <td>GroepPrei</td> <td>nee</td> </tr> <tr> <td>Peen</td> <td>Ja</td> <td>GroepTulp</td> <td>Ja</td> </tr> </table> <p>Door het vanggewas vroeg genoeg te zaaien kan het na het zaaien tot en met half maart ca 40 kg/ha opnemen. Geschat wordt dat hiervan 60% ten goede komt aan het volggewas. De modelaanpassingen betreffen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aanpassing in de invoer van het gewasopnamemodel. De stikstof die vrijkomt uit de mineralisatie van gewasresten wordt verrekend in het stikstofleverend vermogen van de bodem (QUAMOD model) of de werkzame N-gift (MEBOT model). <p>Aanpassing in de invoer van het ANIMO-model: de gewasopname gedurende de wintermaanden wordt opgelegd, alsmede toediening van gewasresten aan de bodem half maart.</p>	Wintertarwe	Ja	Stamslaboon	Ja	Suikerbieten	Ja	Kool	nee	Consumptieaardappelen	vroege (50%)	Prei	Nee	Zomergerst	Ja	Tulp	Ja	Zetmeelaardappelen	Nee	Lelie	Nee	Pootaardappelen	Nee	GroepWintertarwe	Ja	Korrelmais	Nee	GroepSuikerbieten	Nee	Zomertarwe	Ja	GroepZomergerst	Ja	Graszaad	Nee	GroepStamslaboon	Ja	Zaaiuien	Ja	GroepPrei	nee	Peen	Ja	GroepTulp	Ja
Wintertarwe	Ja	Stamslaboon	Ja																																										
Suikerbieten	Ja	Kool	nee																																										
Consumptieaardappelen	vroege (50%)	Prei	Nee																																										
Zomergerst	Ja	Tulp	Ja																																										
Zetmeelaardappelen	Nee	Lelie	Nee																																										
Pootaardappelen	Nee	GroepWintertarwe	Ja																																										
Korrelmais	Nee	GroepSuikerbieten	Nee																																										
Zomertarwe	Ja	GroepZomergerst	Ja																																										
Graszaad	Nee	GroepStamslaboon	Ja																																										
Zaaiuien	Ja	GroepPrei	nee																																										
Peen	Ja	GroepTulp	Ja																																										
<p>Literatuur</p>																																													
	<p>Haan, J. de, 2015. Vanggewas na maïs ook goed voor de boer. Gaat u meer aandacht aan uw groenbemester besteden? Themadag CBGV, 2015.</p>																																												

Factsheet 17. Bodembedekking door toepassing van groenbemesters, tussengewassen en vanggewassen

Omschrijving referentiesituatie									
	<p>NB. De maatregel vertoont overlap met eerdere maatregelen over het wettelijk (factsheet 12) en bovenwettelijke (factsheet 16) gebruik van vanggewassen, en de toepassing van groenbemesters (factsheet 12). Voor de referentiesituatie voor groenbemesters en vanggewassen wordt verwezen naar factsheet 12 en 16. Het vernieuwend aspect van deze maatregel t.o.v. de eerdere maatregelen is het creëren van extra bodembedekking door het gebruik van een tussengewas in mengteelten.</p> <p>Tussengewassen / mengteelten Beproefde combinaties voor mengteelten zijn veldboon-tarwe, droge erwt-gerst. Voor de akkerbouw zijn in Nederland nog weinig systemen in gebruik, maar zijn wel nieuwe systemen in ontwikkeling.</p>								
Omschrijving maatregel									
	<p>Het bedekken van de bodem door het onderzaaien van groenbemesters (klaver) in graan, het gemengd telen van gewassen zoals tarwe en veldboon of de teelt van groenbemesters c.q. vanggewassen.</p> <p>Onderzaai van groenbemesters Onderzaai van groenbemesters zoals klaver zorgt voor extra bodembedekking en een aansluitend gewas na de hoofdteelt. Klaver is een groenbemester omdat het stikstof uit de lucht kan binden. Een in zomertarwe gezaaide klaver weet zich in het algemeen goed in de stoppel te ontwikkelen. Witte klaver kan al vroeg worden ingezaaid, direct na de laatste mechanische onkruidbestrijding.</p> <p>Mengteelten Het toepassen van mengteelten zorgt tevens voor meer bodembedekking, en een grotere weerbaarheid bij sterk wisselende klimaatomstandigheden. Beproefde combinaties zijn veldboon-tarwe, droge erwt-gerst.</p> <p>Vanggewassen De teelt van vanggewassen na het hoofdgewas. Bladrammenas en Gele mosterd worden het meest ingezet als vanggewas, ook vanwege hun effect op de bodemgezondheid (resistentie tegen aaltjes). Diepwortelende gewassen zoals Engels- en Italiaans raaigras of (Japanse) haver verdienen de voorkeur indien mogelijk (factsheet 15).</p>								
Toepassingsgebied									
	<p>Op basis van de Basisregistratie percelen voor het jaar 2018 (BRP-2018) zijn de arealen van een aantal groenbemesters (klaver), mengteelten (veldboon en droge erwt) en vanggewassen (bladrammenas, gele mosterd, Engels- en Italiaans raaigras en (Japanse) haver) bepaald.</p> <p><i>Areaal (ha) van een aantal groenbemesters, mengteelten en vanggewassen van BRP2018</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Type gewas</th> <th>Areaal (ha)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Groenbemester</td> <td>974</td> </tr> <tr> <td>Mengteelten</td> <td>968</td> </tr> <tr> <td>vanggewassen</td> <td>7.400</td> </tr> </tbody> </table>	Type gewas	Areaal (ha)	Groenbemester	974	Mengteelten	968	vanggewassen	7.400
Type gewas	Areaal (ha)								
Groenbemester	974								
Mengteelten	968								
vanggewassen	7.400								
Effecten op nitraat en uit- en afspoeling nutriënten									
	<p>Effecten op nitraat en de uit- en afspoeling van nutriënten zijn vergelijkbaar met die van de maatregel “Eisen aan de teelt van vanggewassen en groenbemesters” zoals beschreven in factsheet 12. Samengevat verminderen bodembedekkers de kans op afspoeling van water en nutriënten over het perceel en zorgen ze voor extra opname van nutriënten waardoor de emissies naar grond- en oppervlaktewater afnemen.</p>								
Neveneffecten op bodemkwaliteit, biodiversiteit, broeikasgasemissies									
	Bodemkwaliteit								

	<p>Het zoveel mogelijk bedekt houden van de bodem beschermt de bodem tegen (extreme) weersinvloeden, verhoogt het organische stofgehalte en is gunstig voor het bodemleven. De bodemstructuur en de benutting van nutriënten verbetert. Daarnaast leidt het regelmatig toepassen van bodembedekking tot een hogere waterdoorlaatbaarheid (porositeit) en een groter waterbergend vermogen dankzij beworteling. Bodembedekking is ook een belangrijke maatregel tegen stuiven (o.a. in de Veenkoloniën). Zo is in de praktijk gebleken dat het inzaaien van zomergerst voor het zaaien van bieten of aardappel een goede methode is om stuiven te voorkomen.</p> <p>Emissies naar de lucht</p> <p>De maatregelen met betrekking tot groenbemesters, tussengewassen en vanggewassen hebben geen effect op ammoniakemissie als geen extra mest wordt aangewend. Door bemesting van de groenbemesters is een toename van de ammoniakemissie te verwachten.</p> <p>Biodiversiteit</p> <p>Bodembedekkers zorgen voor extra voedsel voor het bodemleven, en bieden habitat aan insecten.</p>
Modelaanpak	
	<p>Bron- en routegerichte maatregel</p> <p>De maatregel kan op analoge wijze aan de methode in factsheet 12 en 16 worden doorgerekend. Door de extra aandacht voor bodembedekking wordt het aspect “verminderen oppervlakkige afstroming” aan deze factsheets toegevoegd.</p> <p>De berekening van de oppervlakkige afstroming van water is uitgewerkt in factsheet 22. In het afstromende water wordt een stikstofconcentratie van 10 mg/L en een fosforconcentratie van 1,5 mg/L verondersteld. Indien in de uitgangssituatie de stofvracht door oppervlakkig transport groter is dan 75% van de totale uit- en afspoeling, wordt deze stofvracht naar beneden bijgesteld.</p> <p>Aangezien tussenteelten slechts een deel van het groeiseizoen geteeld worden is het jaargemiddelde effect van deze teelten op de oppervlakkige afstroming relatief klein. Verondersteld wordt door deze maatregel 10% van het oppervlakkige transport van stikstof en fosfor kan worden verminderd.</p>
Literatuur	
	<p>Prins, U. 2007. Peulvruchten voor krachtvoer: Krachtvoereiwit voor melkkoeien, melkgeiten, kippen en varkens. Louis Bolk Instituut, Driebergen. 76 p.</p> <p>Prins, U., J. de Wit, E. Heeres, 2004. Handboek Koppelbedrijven: Samen werken aan een zelfstandige, regionale, biologische landbouw. Louis Bolk Instituut, Driebergen. 112 p.</p> <p>www.aaltjesschema.nl</p> <p>www.boerderij.nl/Akkerbouw/Achtergrond/2017/9/Minder-ziekten-en-hogere-opbrengsten-182729E</p>

Factsheet 18. Aanbrengen drempels bij ruggenteelten op klei- en lössgrond (6^e AP) en op andere gronden (DAW).

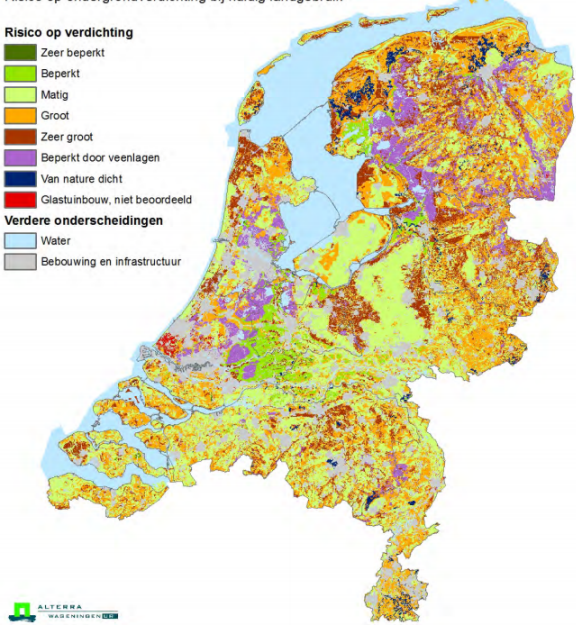
Omschrijving referentiesituatie in 2017, voordat het 6 ^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn van kracht werd	
	<p>In de referentiesituatie is de aanleg van drempeltjes in ruggenteelt op klei- en lössgrond niet verplicht.</p> <p>De maatregel wordt nu slechts op enkele percelen in Nederland op vrijwillige basis toegepast, veelal uit oogpunt van de vermindering van emissies van gewasbeschermingsmiddelen.</p> <p>Aanvankelijk was in het Zesde Actieprogramma Nitraat het aanbrengen van drempels in ruggenteelten op klei- en lössgrond verplicht gesteld. Deze verplichting is binnen het Zesde Actieprogramma komen te vervallen en wordt binnen het DAW gestimuleerd.</p>
Omschrijving maatregel	
	<p>In de uitvoeringsregeling rechtstreekse betalingen GLB wordt 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.</p> <p>De drempeltjes zijn zo’n 10-15 cm hoog en herhalen zich om de 0,75 à 1,5 m, afhankelijk van het type drempelmachine en/of afstelling. Belangrijk bij het maken van drempels is dat deze bij het poten of op zeer korte tijd na het poten worden aangelegd. Dit om ervoor te zorgen dat voldoende losse grond beschikbaar is voor het maken van de drempels. Te lang wachten zorgt ervoor dat de grond inzakt en minder grond door de schepjes van de drempelmachines bij elkaar wordt gebracht of dat de peddels van de drempelvormer onvoldoende in de grond kunnen dringen. Daarnaast dient bij het poten of aanaarden de bodem tussen de ruggen voldoende losgemaakt te worden. Hierdoor zijn voldoende hoge drempels te vormen.</p> <p>In teelten waar regelmatige berijding plaatsvindt gedurende de teelt kunnen drempels tussen de ruggen een probleem zijn voor de arbeidsomstandigheden. Bij deze teelten wordt een randdam op de kopakker aangelegd. De randrug grenzend aan de waterloop wordt verstevigd aangelegd.</p> <p>In de toolbox Emissiebeperving (www.toolboxwater.nl) worden adviezen gegeven voor maatregelen die bijdragen aan het verminderen van de emissie van gewasbeschermingsmiddelen naar het oppervlaktewater. De aanleg van drempels in ruggenteelt wordt als een doeltreffende oplossing gezien ter bestrijding van erosie en het verminderen van water en gewasbeschermingsmiddelen van (hellende) percelen.</p>
Toepassingsgebied	
	<p>De aanleg van drempels is in het 6^e Actieprogramma omschreven als maatregel voor ruggenteelt op klei- en lössgronden. Hier vallen ook de zavelgronden onder. Op de grondsoortenkaart voor het mestbeleid en GLB zijn zavelgronden aangeduid als kleigronden https://geodatastore.pdok.nl/id/dataset/42e6be1b-ddba-4bab-b173-a1cd2add9178</p> <p>Op vrijwillige basis kunnen agrariërs met ruggenteelten op zandgronden er voor kiezen de maatregel toe te passen.</p> <p>Het areaal teelten van aardappelen, cichorei, witlof, wortelen en andere ruggenteelten op klei- en lössgrond bedraagt ca. 83.000 ha.</p>
Effecten op nitraat en uit- en afspoeling nutriënten	
	<p>Door de maatregel wordt de infiltratiecapaciteit van de bodem vergroot en komt het water van milde regenbuien niet tot afstroming. Bij hevige regenbuien wordt een groter deel van het water vastgehouden dan in de situatie zonder drempels, maar is afspoeling niet geheel te voorkomen (Reubens et al. 2012).</p>

	<p>Bij rijping en uitdroging van kleigronden kunnen zich krimpscheuren vormen die voor een deel doorlopen tot in het bovenste grondwater en permanent van aard zijn. Onder verzadigde omstandigheden vormen deze macro-poriën voorkeursroutes voor ondiepe uitspoeling van nutriënten en bestrijdingsmiddelen naar buisdrains en waterlopen. Ook na grondbewerking blijven deze macro-poriën intact onder de bouwvoor. Bij een gemiddeld minder sterke uitdroging is het effect van deze macro-poriën kleiner. De aanleg van drempels kan bijdragen aan het gemiddeld iets vochtiger houden van de bodem.</p> <p>De onderzoeksgegevens van het effect van deze maatregel 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% bij het object, waarbij gefreesd werd en drempels werden gevormd (Geelen, 2001). Barthélémy et al. (2010) rapporteerden de resultaten van onderzoek naar het effect van drempels op een perceel in Wallonië. Door de aanleg van drempels werd de waterafvoer met 74-97% verminderd en de afvoer van bodemsediment met 92-99%. Voor de aardappelteelt op de kleigrond van vlakke percelen in de polders, droogmakerijen en het rivierengebied zijn geen onderzoeksresultaten bekend.</p> <p>In indicatieve berekeningen van Noij et al. (2009) van het effect van blokkeren van oppervlakkige afvoer is een reductie van de P-vracht naar het oppervlaktewater verondersteld in afhankelijkheid van de fosfaattoestand van de bodem. In hun analyse veronderstellen ze de maatregel niet effectief voor kleigronden. Deze veronderstelling is gebaseerd op de overweging dat kleigronden meestal gedraineerd zijn en dat oppervlakkige afstroming veelal veroorzaakt wordt door natte winteromstandigheden. Deze aanname houdt geen rekening met afspoeling als gevolg van hevige zomerbuien. Jansen et al. (2013) laten op basis van indicatieve berekeningen met het STONE-model zien dat het aandeel van oppervlakkige afstroming in de totale P-vracht naar het oppervlaktewater 2-20% kan bedragen voor de drogere percelen. Ervanuit gaande dat dit transport een gevolg is van een te beperkte capaciteit van de bodem om zomerbuien te laten infiltreren, kan de aanleg van drempels leiden tot een vrachtreductie in dezelfde orde van grootte.</p> <p>Uitspoeling van nitraat naar bovenste grondwater Samenvattend is het onduidelijk of de aanleg van drempels in ruggenteelten leidt tot minder nitraatuitspoeling. De drempels zorgen voor minder oppervlakkige afstroming van matige regenbuien en een meer gelijkmatige infiltratie van regenwater. Of dit leidt tot een verminderde nitraatuitspoeling is niet aan te geven. Dit is afhankelijk van veel processen die elkaar kunnen compenseren.</p> <p>Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater De maatregel heeft naar verwachting een effect op de N- en P-belasting van het oppervlaktewater, maar het effect is niet te kwantificeren, want er zijn geen resultaten van veldonderzoek voor ruggenteelten onder vlakke omstandigheden. Modelberekeningen geven aan dat het aandeel van oppervlakkige afstroming in de totale P-vracht naar het oppervlaktewater 2-20% kan bedragen (Jansen et al. 2013). Door de aanleg van een randdam kan een deel hiervan worden geblokkeerd.</p>
	<p>Neveneffecten op bodemkwaliteit, biodiversiteit, broeikasgasemissies</p>
	<p>Bodemkwaliteit Voor de aanleg van drempels is nauwelijks extra berijding van bouwlandpercelen nodig en het effect op bodemverdichting is daardoor nihil. Voor koolstofopslag heeft de maatregel geen effect.</p> <p>Emissies naar de lucht Door de maatregel infiltreert regenwater gelijkmatiger op een perceel en is de bodem gemiddeld iets vochtiger. Wanneer zich natte omstandigheden voordoen direct na een bemesting, zouden</p>

	<p>grotere lachgasemissies kunnen optreden dan in de situatie zonder drempels. Daar staat tegenover dat door de maatregel meststoffen iets beter benut kunnen worden.</p> <p>Geconcludeerd wordt dat de maatregel geen effect heeft op de emissie van ammoniak en dat het effect op lachgasemissies in geringe mate negatief of positief kan zijn.</p> <p>Biodiversiteit</p> <p>De maatregel heeft geen invloed op biodiversiteit op het perceel.</p>
Modelaanpak	
	<p>Routegerichte maatregel</p> <p>Modellen die de waterstroming over maaiveld en het transport van nutriënten in dit water kunnen berekenen zijn nog in ontwikkeling. Experimentele gegevens over het effect van de maatregel onder Nederlandse omstandigheden ontbreken.</p> <p>De berekening van de oppervlakkige afstroming van water is uitgewerkt in factsheet 22. In het afstromende water wordt een stikstofconcentratie van 10 mg/L en een fosforconcentratie van 1,5 mg/L verondersteld. Indien in de uitgangssituatie de stofvracht door oppervlakkig transport groter is dan 75% van de totale uit- en afspoeling, wordt deze stofvracht naar beneden bijgesteld.</p> <p>Op basis van de onderzoeken van Geelen, (2001) en Barthélémy et al. (2010) wordt een effect van 75% vermindering van de oppervlakkige afstroming van water verwacht op 83.000 ha aan aardappel-, cichorei-, witlof-, wortelteelten op klei- en lössgrond.</p>
Literatuur	
	<p>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.</p> <p>Boerenbond, 2012. Drempels voorkomen erosie. Management & Techniek 6, 23 maart 2012.</p> <p>Geelen, P.M.T.M., 2001. Beperking van erosie in aardappelen door aanleg van drempels in aardappelen. Projectrapport nummer 11 15105a, PPO Lelystad, 26 p.</p> <p>http://www.toolboxwater.nl/uploads/pdf/2017/2.%20Perceelsinrichting%20Afspoeling.pdf</p> <p>http://www.topps-life.org/uploads/8/0/0/3/8003583/_quickstart_bmp.pdf</p> <p>https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/rapporten/2017/12/22/zesde-nederlandse-actieprogramma-betreffende-de-nitraatrichtlijn-2018-2021/zesde-nederlandse-actieprogramma-betreffende-de-nitraatrichtlijn-2018-2021.pdf</p> <p>https://www.thepotatovaleynl/files/bijlagen/Bayer%20Forward%20Farming%20%28Joris%20Roskam%29.pdf</p> <p>Jansen, P., H. Massop, P. Groenendijk, L. Renaud en R. Hendriks, 2013. Oppervlakkige afstroming en diepte van modelprofielen;. Invloed op N- en P-vrachten in STONE2.3. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2464</p> <p>Noij, I.G.A.M., C. van der Salm, H.Th.L. Massop, E.M.P.M. van Boekel, C. Schuiling, M. Pleijter, O.A. Clevering, P.J.T. van Bakel, W.J. Chardon en D.J.J. Walvoort, 2009. Beleidskader fosfaat Noord- en Midden-Limburg. Wetenschappelijke onderbouwing. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport 1894.</p> <p>Reubens B., Ruyschaert G., D'Hose T., D'Haene K., 2012. Eindrapport BodemBreed Interreg: overzicht van resultaten, inzichten en aanbevelingen. Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek (ILVO), Merelbeke, België. 147 pp.</p>

Factsheet 19. Voorkomen van bodemverdichting door aanpassen wiellast

Omschrijving referentiesituatie
<p>Op landbouwgronden in Nederland treedt verdichting van de ondergrond op als gevolg van huidig landgebruik en de mechanisatie. Geschat wordt dat op 45% van de bodems geringe of ernstige verdichting is opgetreden. Dat betekent dat de grond zodanig is verdicht dat ernstige problemen met de infiltratie van regenwater, de luchthuishouding en/of doorlatendheid optreden. Vooral in Gelderland en Brabant is veel grond verdicht, respectievelijk 62 en 67% van het landbouwareaal. De grootste kans op bodemverdichting ligt op zand- en kleigronden. De veengebieden zijn minder kwetsbaar.</p> <p>Verdichte lagen zorgen voor een slechte doorwortelbaarheid van gewassen en remmen het transport van voedingsstoffen, water en zuurstof. Daardoor worden gewassen gevoeliger voor droogte, ziekten en plagen. Voor wortels van planten geeft een verdichte bodem te veel weerstand om goed te kunnen groeien. In combinatie met een verslechterde luchthuishouding kost een verdichte bodem gewasopbrengst. Schattingen daarover lopen uiteen, van 20 tot soms wel 40%.</p> <p>Bodemverdichting heeft twee belangrijke oorzaken. Ten eerste is er de mechanische verdichting door het berijden van het land onder natte omstandigheden en/of met te hoge bandenspanning. Een tweede oorzaak is interne verslemping, een fysisch-chemisch proces waarbij een te laag organische stofgehalte leidt tot het verkitten van kleideeltjes waardoor bodems “hard als beton” kunnen worden (Zanen et al. 2011).</p> <p>Bodemverdichting in de bouwvoor is op te heffen door te ploegen. Bij een te zware belasting raken de lagen onder de bouwvoor ook verdicht. Verdichting van de ondergrond is lastig terug te draaien. Wel is met verschillende maatregelen de kans op verdichting kleiner te maken. Overstappen naar rupsbanden of bovenover-ploegen zijn daar voorbeelden van. Op lange termijn is herstel gedeeltelijk mogelijk door natuurlijke processen zoals krimp, zwel en door biologische bodemprocessen. Het duurzaam opheffen van zowel mechanische verdichting als interne verslemping vereist een actief bodemleven (Zanen et al. 2011). Het risico is anders groot dat na diepploegen en breken van storende lagen de bodem toch weer verdicht raakt.</p> <p>In het PRISMA-project ‘Gevoeligheid voor ondergrondverdichting in het landelijk gebied’ in opdracht van het Interprovinciaal Overleg (IPO) is het risico op bodemverdichting van landbouwgronden in kaart gebracht (zie Figuur).</p>

	<p>Risico op ondergrondverdichting bij huidig landgebruik</p>  <p>Risico op verdichting</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Zeer beperkt ■ Beperkt ■ Matig ■ Groot ■ Zeer groot ■ Beperkt door veenlagen ■ Van nature dicht ■ Glasuinbouw, niet beoordeeld <p>Verdere onderscheidingen</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Water ■ Bebouwing en infrastructuur <p>Figuur B19.1 Risico op ondergrondverdichting bij het huidige landgebruik (van den Akker et al, 2013)</p>
	<p>Omschrijving maatregel</p>
	<p>Maatregelen om structuurbederf en bodemverdichting te voorkomen en daar waar deze heeft plaatsgevonden op te heffen, staan bij de agrarische sector en bij waterbeheerders sterk in de belangstelling. De maatregelen houden concreet in dat:</p> <ul style="list-style-type: none"> • verdichte gronden worden losgewoeld of gediëpploegd; • voorkomen wordt dat grondbewerking plaatsvindt in ongunstige perioden; • het organische stofgehalte van de bodem wordt verhoogd; • gewassen en rassen worden geselecteerd met een dieper wortelend wortelstelsel.
	<p>Toepassingsgebied</p>
	<p>Het DAW-supportteam heeft besloten dat deze maatregel, die in alle open teelten toepasbaar is, vooral van toepassing is op vollegrondsgroenteteelt. Op basis van de Basisregistratie percelen voor het jaar 2018 (BRP-2018) is het areaal vollegrondsgroenteteelt ca. 48.000 ha. Gewassen met het grootste areaal zijn winterpeen, waspeen, asperges, groen/gele erwten, spruitjes, witlof en stamsperziebonen.</p>
	<p>Effecten op nitraat en uit- en afspoeling nutriënten</p>
	<p>Het tegengaan van bodemverdichting leidt naar verwachting tot minder nutriënt-verliezen naar grond- en oppervlaktewater. Twee mechanismen zijn daarvoor hoofdverantwoordelijk. Ten eerste zorgt minder bodemverdichting ervoor dat gewassen dieper kunnen wortelen, leidend tot een hogere gewasproductie en een grotere nutriëntenopname, resulterend in minder nutriëntenuitspoeling naar grond- en oppervlaktewater. Optimistische schattingen komen uit op een productietoename van 10% voor akker- en tuinbouwgewassen en van 5% voor grasland en snijmaïs (Groenendijk et al. 2016). Ten tweede zorgt minder bodemverdichting voor een betere infiltratiecapaciteit van de bodem, leidend tot minder oppervlakkige afstroom van water en nutriënten. Modelberekeningen voorspellen een maximale afname van de oppervlakkige afstroom van enkele mm per jaar voor grasland en ongeveer 12 mm per jaar voor snijmaïs (Groenendijk et al. 2017).</p>
	<p>Neveneffecten op bodemkwaliteit, biodiversiteit, broeikasgasemissies</p>
	<p>Bodemkwaliteit</p> <p>Minder bodemverdichting zorgt voor een betere bodemkwaliteit door een grotere beschikbaarheid van lucht, water en voedingsstoffen. Daardoor worden gewassen minder gevoelig voor droogte, ziekten en plagen.</p> <p>Emissies naar de lucht</p>

	<p>Het voorkomen van bodemverdichting leidt tot een betere benutting van nutriënten. Hierdoor verminderen de gasvormige verliezen naar de atmosfeer, al zal het effect klein tot zeer gering zijn.</p> <p>Biodiversiteit</p> <p>Het tegengaan van bodemverdichting bevordert het transport van lucht, water en voedingsstoffen in de bodem. Dit stimuleert het bodemleven en de bijbehorende biodiversiteit.</p>
Modelaanpak	
	<p>De maatregel ‘preventie bodemverdichting’ kan uitgewerkt worden door in de invoer van het model enkele aspecten aan te passen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. De bodemparameters in het hydrologische model door een combinatie van de methoden in het project “Goede grond voor een duurzaam watersysteem” (Schipper et al. 2015, bijlage 7) en het project “Opties voor het benutten van de bodem voor schoon water” (Van der Salm et al. 2015). Dit houdt in dat zowel de bodemeigenschappen als de worteldiepte van de gewassen wordt aangepast. Door de bodemeigenschappen aan te passen wordt een grotere infiltratiecapaciteit gesimuleerd en wordt de afstroming in de bodem over storende lagen minder. Dit heeft een gunstig effect op de transportroutes door de bodem. 2. Een verbeterde nutriëntenbenutting door betere bodemomstandigheden voor gewasgroei. Het daadwerkelijke effect is moeilijk te schatten uit empirische gegevens en statistieken. Resultaten uit veldonderzoeken worden vaak beïnvloed door een verhoogde aanvoer nutriënten in de vorm van alternatieve meststoffen. In het verkennende onderzoek van Schipper et al. (2015) werd gevonden dat langjarig gemiddeld het effect van bodemverbetering 5% extra gewasproductie kan bedragen. In extreme situaties, zoals in droge jaren of natte jaren, kan het effect groter zijn. Echter, deze cijfers hebben betrekking op een breder pakket dan alleen het aanpassen van de wiellast. <p>In een studie naar potentiële effecten van maatregelen op de af- en uitspoeling naar het oppervlaktewater is het redelijk om uit te gaan van een optimistische schatting van effecten van preventie en opheffen bodemverdichting op gewasopbrengsten. In de modelberekeningen wordt alleen op impliciete wijze rekening gehouden met de maatregel door te veronderstellen dat de maatregel bijdraagt aan een verbeterde stikstofbenutting door het gewas. Een toekomstige implementatie van deze maatregel in de deelmodellen zou kunnen plaatsvinden door:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aanpassingen in het bodemvochtmodel <ul style="list-style-type: none"> o waterretentiecurves en de doorlatendheidscurves van verschillende bodemlagen o parameters die het proces van oppervlakkige afstroming beschrijven (weerstand, drempelhoogte) o de diepte van beworteling. - Aanpassingen in de berekening van gewasopname door de deelmodellen QUADMOD en MEBOT <ul style="list-style-type: none"> o Het effect van productieverhoging door verbeterde waterbeschikbaarheid en een verminderd risico op droogteschade en natschade. In QUADMOD en MEBOT wordt een maximale droge stofproductie opgelegd. Deze wordt per jaar afgeleid van statistieken, waarbij rekening gehouden wordt met trends. Deze parameter kan voor de jaren met een wat lagere productie als gevolg van droogte of natte omstandigheden worden aangepast. Daarnaast het gemiddelde niveau van deze parameters met enkele procenten worden verhoogd vanwege verbeterde groeiomstandigheden. o Bodemverbeterende maatregelen gaan vaak samen met de teelt van extra groenbemesters of vanggewassen. Het effect hiervan is te simuleren door de werkwijze die in de factsheets 12 en 16 is beschreven.
Literatuur	

	<p>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 Environmental Research rapport 2749.</p> <p>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, Alterra-rapport 2842.</p> <p>Schipper, P., P. Groenendijk, N. van Eekeren, M. Zanen, J. Rozemeijer, G. Janssen, B. Swart, 2015. Goede grond voor een duurzaam watersysteem. Verdere verkenning in de relatie tussen agrarisch bodembeheer. bodemkwaliteit en waterhuishouding. Amersfoort. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer. STOWA rapport 2015 – 19.</p> <p>Van den Akker, J.J.H., R.F.A. Hendriks, I.E. Hoving, J. van Kleef, B. Meerkerk, M. Pleijter en A. van den Toorn, 2013. Pilot onderwaterdrains Krimpenerwaard. Wageningen, Alterra Wageningen UR. Alterra-rapport 2466.</p> <p>Van der Salm, C., P. Groenendijk, R. Hendriks, L. Renaud en H. Massop. 2015. Opties voor benutten van de bodem voor schoon oppervlaktewater. Wageningen. Alterra Wageningen UR. Alterra-rapport 2588.</p> <p>Zanen M., P. Belder, W. Cuijpers en M. Bos, 2011. Literatuurstudie deel 1: Duurzaam bodembeheer & Functionele Agrobiodiversiteit in de bodem. Interregproject BodemBreed. 37 p.</p>
--	---

Factsheet 20. Toepassen van onderwaterdrainage in veengebieden

Omschrijving referentiesituatie	
	<p>Onderwaterdrainage in veenweidegebieden wordt op beperkte schaal toegepast, maar staat in de belangstelling als maatregel om bodemdaling tegen te gaan en CO₂-emissie te beperken. Zo heeft de provincie Zuid-Holland in 2017 een POP3 subsidie toegekend voor de aanleg van 450 km onderwaterdrainage in de polder Lange Weide.</p> <p>Onderwaterdrainage is uitgetest onder enkele praktijkomstandigheden:</p> <ul style="list-style-type: none">• In de Pilot Wormer-Jisperveld; polder Zeevang (Hoving et al. 2011)• Op Praktijkcentrum Zegveld (Hoving et al. 2008)• In de Krimpenerwaard (Van den Akker et al. 2013)• In het Utrechtse deel van het Veenweide gebied (Hendriks et al. 2013)
Omschrijving maatregel	
	<p>Onderwaterdrainage in veenweidegebieden is een vorm van drainage waarbij de drains 10 tot 20 cm onder het slootpeil worden aangelegd. Hierdoor kan in droge perioden slootwater via de drains in het perceel infiltreren en wordt voorkomen dat de grondwaterstand van het perceel diep onder dat van het slootpeil uitzakt. Door de hogere grondwaterstand in het perceel blijft de grond vochtig en daardoor in grotere mate zuurstofloos, waardoor afbraak van het veen door oxidatie met ongeveer de helft wordt afgeremd.</p>
Toepassingsgebied	
	<p>De aanleg van buisdrainage in laagveengronden met grasland om fluctuaties in het grondwaterstandverloop te dempen, kan van toepassing zijn voor een oppervlak van ca. 115.000 ha.</p>
Effecten op nitraat en uit- en afspoeling nutriënten	
	<p>Uitspoeling van nitraat naar bovenste grondwater</p> <p>De nitraatuitspoeling in het veengebied is vaak gering omdat het veenbodemwater door de gereduceerde omstandigheden weinig nitraat bevat maar vooral ammonium. Onderwaterdrainage heeft waarschijnlijk een verlagend effect op de al geringe nitraatuitspoeling, doordat onderwaterdrainage zorgt voor een hoger grondwaterpeil in de zomer en daarmee meer kans dat nitraat verdwijnt via denitrificatie.</p> <p>Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater</p> <p>Berekend is dat onderwaterdrainage in veengronden leidt tot een vermindering van zowel de uit- en afspoeling van stikstof (24% reductie) als die van fosfor (11% reductie) (Groenendijk et al. 2016). Een groot deel van het effect op stikstof wordt verklaard door een betere benutting waardoor het stikstofoverschot op de bodembalans afneemt. De natte situaties waarin veel stikstof verloren gaat, worden door de onderwaterdrainage grotendeels opgeheven. Een ander deel van het effect wordt verklaard doordat de oppervlakkige afstroming en het transport langs ondiepe bodemroutes zijn verminderd.</p> <p>Echter via onderwaterdrainage kan ook oppervlaktewater in het perceel indringen en mogelijk leiden tot verhoogde mineralisatie door de aanvoer van sulfaat en bicarbonaat. Hierover is geen kwantitatieve informatie.</p>
Neveneffecten op bodemkwaliteit, biodiversiteit, broeikasgasemissies	
	<p>Algemeen</p> <ul style="list-style-type: none">• Door de hogere grondwaterstand in het perceel blijft de grond vochtig en daarmee zuurstofloos, waardoor afbraak van veen door oxidatie met ongeveer de helft wordt afgeremd.• Door onderwaterdrainage vermindert de fluctuatie van de grondwaterstand, waardoor de kans op verdroging of vernatting afneemt met betere gewasopbrengsten en nutriëntenbenutting als gevolg.• Door onderwaterdrainage kan de snelheid van de bodemdaling mogelijk met de helft worden vertraagd. De dikte van een kleidek heeft hier wel invloed op.• In natte perioden zijn de percelen beter te berijden.

	<p>Bodemkwaliteit De kans op bodemverdichting gedurende het uitrijden van mest in het voorjaar neemt af, omdat onderwaterdrainage zorgt voor minder hoge grondwaterstanden in het vroege voorjaar.</p> <p>Emissies naar de lucht Door de hogere grondwaterstand in het perceel blijft de grond vochtig en daarmee zuurstofloos, waardoor afbraak van veen door oxidatie met ongeveer de helft wordt afgeremd. Dit leidt tot een reductie van de emissie van CO₂ en andere broeikasgassen die vrijkomen bij veenafbraak.</p> <p>Biodiversiteit Onderwaterdrainage heeft naar verwachting geen effect op de biodiversiteit.</p>
Modelaanpak	
	<p>Bron en routegerichte maatregel Onderwaterdrainage is in het model te simuleren voor de veengronden die geschikt zijn voor een dergelijke maatregel: koopveengronden en veengronden met een dun kleidek. Deze vorm van drainage is in het model te implementeren door in het hydrologische model:</p> <ul style="list-style-type: none"> - drainbuizen met onderlinge afstand van 6 meter in de betreffende percelen te veronderstellen, met een drainage weerstand van 50 dagen. - het beheer van het oppervlaktewaterpeil aan te passen waarbij verondersteld wordt dat het slootpeil is in te stellen op bijv. 40 of 60 cm –mv. De slootbodem is dieper dan deze 60 cm en in de zomer wordt water in polders ingelaten om het peil te kunnen handhaven <p>Het effect van de maatregel wordt binnen de Nationale analyse waterkwaliteit niet met de modellen doorgerekend, maar geschat op basis van eerdere onderzoek, omdat:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Voor een dergelijke berekening is een hydrologisch model nodig waarin de verdeling tussen wateraanvoer in de zomer en waterafvoer in de winter correct beschreven wordt. Ook dient de verdeling tussen waterafvoer naar de verschillende ontwateringssystemen correct beschreven te worden. Het is onduidelijk of deze verdelingen correct door het model worden berekend - Door de stuurgroep Nationaal Watermodel is aangegeven dat in het kader van de Nationale analyse waterkwaliteit geen hydrologische scenario's worden doorgerekend. <p>Effecten van onderwaterdrainage op de uitspoeling van stikstof en fosfor worden geschat aan de hand van de rapporten van Hendriks en van den Akker (2012) en Groenendijk et al (2016)</p>
Literatuur	
	<p>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 Environmental Research rapport 2749.</p> <p>Hendriks, R.F.A. en J.J.H. van den Akker, 2012. Effecten van onderwaterdrains op de waterkwaliteit in veenweiden. Modelberekeningen met SWAP-ANIMO voor veenweide-eenheden naar veranderingen van de fosfor-, stikstof- en sulfaatbelasting van het oppervlaktewater bij toepassing van onderwaterdrains in het westelijke veenweidegebied. Wageningen, Alterra Wageningen UR Alterra-rapport 2354</p> <p>Hendriks, R.F.A., J.J.H. van den Akker, K. van Houwelingen, J. van Kleef, M. Pleijter en A. van den Toorn, 2013. Pilot onderwaterdrains Utrecht. Wageningen, Alterra Wageningen UR. Alterra-rapport 2479.</p> <p>Hoving, I.E., G. André, J.J.H. van den Akker, M. Pleijter, 2008. Hydrologische en landbouwkundige effecten van gebruik 'onderwaterdrains' op veengrond. Wageningen, WUR Livestock Research. Rapport 108.</p> <p>Hoving, I.E., J.J.H. van den Akker, M. Pleijter, K. van Houwelingen, 2011. Hydrologische en landbouwkundige effecten toepassing onderwaterdrains in polder Zeevang. Wageningen, WUR</p>

	Van den Akker, J.J.H., R.F.A. Hendriks, I.E. Hoving, J. van Kleef, B. Meerkerk, M. Pleijter en A. van den Toorn, 2013. Pilot onderwaterdrains Krimpenerwaard. Wageningen, Alterra Wageningen UR. Alterra-rapport 2466.
--	--

Factsheet 21. Voorkomen erfafspoeling nutriënten

	<p>Omschrijving referentiesituatie in 2017, voordat het 6^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn van kracht werd</p> <p>Bij erfafspoeling wordt het oppervlaktewater verontreinigd doordat hemelwater op het verharde erf van een agrarisch bedrijf in contact komt met onder andere voer(resten), mest(resten), perssappen en percolaat en dit hemelwater rechtstreeks afstroomt naar het oppervlaktewater en de bodem. De schattingen voor de omvang van deze bron van vervuiling van het oppervlaktewater in de EmissieRegistratie zijn gebaseerd op metingen van stikstof- en fosforconcentraties in het water dat is aangetroffen op het erf van ca. 20 veehouderijbedrijven (Broos, 2011) en een aantal aannames ten aanzien van het aantal bedrijven waar deze vervuiling optreedt en de mate waarin stikstof en fosfor in het erfwater daadwerkelijk het oppervlaktewater bereikt.</p> <p>De totale vracht die door erfafspoeling het Nederlandse oppervlaktewater (regionale wateren + Rijkswateren) belast, is op basis van gegevens in de EmissieRegistratie (Klein, 2016) en gegevens van Van Boekel en Groenendijk (2017) voor de periode 2010-2013 berekend op 0,95 mln kg stikstof per jaar en 0,32 mln kg fosfor per jaar. Ter vergelijking: de totale vracht die door puntbronnen uit de Nederlandse landbouw en diffuse bronnen uit landbouwpercelen het oppervlaktewater belast is voor de periode 2010-2013 berekend op 48,86 mln kg stikstof per jaar en 4,21 mln kg fosfor per jaar (Van Boekel en Groenendijk, 2017). De bron erfafspoeling maakt voor stikstof voor 1,9% en voor fosfor voor 7,6% deel uit van deze belasting.</p> <p>Vanaf 1 januari 2013 is het Activiteitenbesluit Milieubeheer voor de land- en tuinbouw in werking getreden. Via de website https://www.agriwijzer.nl kunnen agrariërs inzicht krijgen in welke mate hun bedrijfsinrichting voldoet aan de regels van het activiteitenbesluit. Voor de erfafspoeling van nutriënten bieden de volgende "wijzers" informatie:</p> <ul style="list-style-type: none">• GoedboerenerfWijzer (samenwerking van waterschap Vallei en Veluwe, UvW en BroosWater)• Schoon Erf, Schoon Water (samenwerking van Agrarisch Jongeren Fryslan, LTO Noord, Ned. Melkveehouders vakbond, Provincie Fryslan, Wetterskip Fryslan)• Bedrijfswaterwijzer (samenwerking van Wageningen Universiteit & Research, BroosWater) <p>Daar waar het activiteitenbesluit geen specifieke regels voorschrijft, is het zogenaamde 'zorgplichtartikel' van toepassing: artikel 2.1 van het activiteitenbesluit milieubeheer http://wetten.overheid.nl/BWBR0022762/2017-06-01#Hoofdstuk2. Het Activiteitenbesluit en de Activiteitenregeling bieden het bevoegd gezag de mogelijkheid maatwerkvoorschriften op te stellen.</p> <p>Juridisch gezien kunnen maatregelen ter voorkoming van erfafspoeling door handhaving worden afgedwongen.</p> <p>Verschuillende gemeentelijke en regionale overheden hebben subsidieregelingen voor investeringen om de gevolgen van erfafspoeling te voorkomen. Zo konden in 2015 en 2016 agrariërs binnen het beheergebied van het Hoogheemraadschap van Delfland een stimuleringsubsidie aanvragen om maatregelen op het erf te treffen om erfafspoeling van vervuילend water naar het oppervlaktewater te voorkomen.</p> <p>Voor de aanschaf van voorzieningen ter voorkoming van verontreinigingen door erfafspoeling bij een veehouderij gelden fiscale voordelen voor milieu-investeringsaftrek en willekeurige afschrijving milieu-investeringen.</p>
	<p>Omschrijving maatregel</p> <p>Maatregelen ter voorkoming en vermindering van erfafspoeling zijn in de geest van het Activiteitenbesluit Milieubeheer en het 'zorgplichtartikel' niet bovenwettelijk. Zowel door een intensivering van de handhaving als door stimulering en subsidiëring van investeringen (opslag- en opvangvoorzieningen perssap en mestvocht, op afschot brengen van vloeren, scheiding van afvoersysteem, aanleg straatkolken, riolering en aansluiting op opvangvoorziening voor mest en mestvocht vanaf het koepad, veegmachines etc.) kan de vervuiling van oppervlaktewater door erfafspoeling worden verminderd.</p>

	Verondersteld wordt dat op 15% van de landbouwbedrijven waar erfafspoeling optreedt de maatregelen voor 100% effectief zijn. Op deze bedrijven treedt na het treffen van de maatregelen geen erfafspoeling meer op.
Toepassingsgebied	
	<p>Landbouwbedrijven met een opslag van mest en/of ruwvoer en waar landbouwhuisdieren zich verplaatsen tussen stallen of tussen stal en weide. Op zich doet deze benadering tekort aan mogelijkheden ook op andere boerenerven emissies te verminderen. Ook op vleesveebedrijven, opfokbedrijven en in de pluimveesector vinden emissies plaats. De omvang van de bron is erg onzeker en verwacht wordt dat met een aanpak van erfemissies in de melkveehouderij het grootste effect behaald kan worden.</p> <p>Voor de schatting van de ontwikkeling in de tijd en de ruimtelijke verdeling van de erfafspoeling ligt het voor de hand om uit te gaan van het aantal melkveebedrijven in Nederland. www.agromatie.nl geeft de volgende cijfers voor het aantal per klasse van omvang in 2017: <50 melkkoeien: 3759 bedrijven; 50 – 100 melkkoeien 7649 bedrijven; 100 – 150 melkkoeien 4307 bedrijven; 150 – 250 1869 bedrijven en > 250 melkkoeien 482 bedrijven.</p>
Effecten op nitraat en uit- en afspoeling nutriënten	
	<p>Uitspoeling van nitraat naar bovenste grondwater Aangezien erfafspoeling optreedt vanaf verharde oppervlakten is geen effect op nitraatuitspoeling naar het grondwater te verwachten.</p> <p>Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater De maatregel heeft een effect op de N- en P-belasting van het oppervlaktewater. De grootte van het effect hangt af van de mate waarin voorzieningen worden getroffen. Bij de veronderstelling dat op 15% van de landbouwbedrijven waar erfafspoeling optreedt de maatregelen voor 100% effectief zijn, zou voor de periode 2010-2013 de vracht via deze route naar de regionale wateren en de Rijkswateren 0,81 mln kg stikstof per jaar en 0,27 mln kg fosfor per jaar bedragen. De totale vracht die door puntbronnen uit de Nederlandse landbouw en diffuse bronnen uit landbouwpercelen het oppervlaktewater zou belasten, bedraagt 48,72 mln kg stikstof per jaar en 4,17 mln kg fosfor per jaar. De bron erfafspoeling zou voor stikstof voor 1,7% en voor fosfor voor 6,5% deel uitmaken van deze belasting. Voor stikstof zou de maatregel tot een vermindering van de totale vracht (puntbronnen + diffuse bronnen) van 0,2% leiden en voor fosfor tot een vermindering van 1,0%.</p>
Neveneffecten op bodemkwaliteit, biodiversiteit, broeikasgasemissies	
	<p>Algemeen De voorgestelde maatregelen ter voorkoming en vermindering van erfafspoeling zullen slechts in geringe mate bijdragen aan een verbetering van klimaat, natuur en leefomgeving.</p> <p>Bodemkwaliteit De maatregel heeft naar verwachting geen effect op de bodemkwaliteit.</p> <p>Emissies naar de lucht De emissies die optreden vanaf verharde oppervlakten van het erf van agrarische bedrijven zijn niet gekwantificeerd voor de referentiesituatie. Door het treffen van de genoemde maatregelen blijven mest- en voerresten, perssap en mestvocht in verminderde mate en ook korter op het verharde oppervlak liggen. Verwacht wordt dat de emissies naar de lucht afnemen. Het effect is niet te kwantificeren.</p> <p>Biodiversiteit? De maatregel heeft naar verwachting geen effect op de bodemkwaliteit.</p>
Modelaanpak	
	Informatie over erfemissies is verwerkt in de EmissieRegistratie en vrachtreducties als gevolg van maatregelen worden verwerkt in de invoer van KRW-verkenner. Momenteel is de ruimtelijke

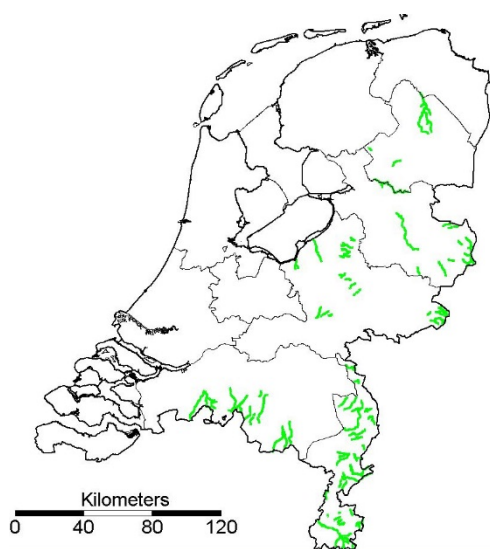
	<p>verdeling van de bron erfemissies gekoppeld aan het aantal rundveebedrijven per afwateringseenheid (http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/documenten/Water/Factsheets/Nederlands/Erfafspoeling.pdf).</p> <p>Het ligt voor de hand om in de toekomst de bron Erfemissies te berekenen met het Initiator model, omdat in dit model alle beschikbare informatie over dieraantallen, staltypen, dierplaatsen per stal, locaties van bedrijven en nevenvestigingen (stallen) en beweiding is verwerkt.</p>
Literatuur	
	<p>Boekel, E. van, en P. Groenendijk, 2017. Evaluatie Meststoffenwet ex-post, beantwoording vraag 11a. http://themasites.pbl.nl/evaluatie-meststoffen-wet/wp-content/uploads/Ex-Post-Notitie-EMW-ex-post-vraag-11a-28-9-2016.pdf</p> <p>Broos, J., 2011. Erfafspoeling, een inventarisatie van de problematiek en mogelijke oplossingen. Amersfoort, STOWA, STOWA rapport 2011-18. http://edepot.wur.nl/185030</p> <p>Klein, J., 2016. Erfafspoeling. Factsheet Emissieschattingen Diffuse bronnen. In opdracht van RIJKSWATERSTAAT – WVL. Uitgevoerd door DELTARES http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/documenten/Water/Factsheets/Nederlands/Erfafspoeling.pdf</p>

Factsheet 22. Onbemeste stroken langs waterlopen

Omschrijving referentiesituatie in 2017, voordat het 6^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn van kracht werd

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 een van de opties in het Akkerbouw-strokenpakket om te voldoen aan de subsidiabele vergroeningseis van 5% ecologisch aandachtsgebied. 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'.



Met ingang van 1 januari 2006 zijn in het deel van Nederland dat boven NAP ligt van oorsprong natuurlijke waterlopen aangewezen. Daarlangs gold op grond van het Lozingenbesluit open teelt en veehouderij een teeltvrije en bemestingsvrije zone van tenminste vijf meter. Hiermee werd uitvoering gegeven aan de verplichting in de Nitraatrichtlijn om voorschriften te stellen met betrekking tot het gebruik van meststoffen in de nabijheid van waterlopen. Het doel van deze maatregel is het tegengaan van oppervlakkige uit- en afspoeling van meststoffen. Bij de aanwijzing van de natuurlijke waterlopen is aangesloten bij het Structuurschema Natuur en Landschapsbehoud uit 1984. De aangewezen waterlopen zijn weergegeven op deze kaart uit

2009.

Figuur B22.1 Ligging van ecologische waardevolle beken waarlangs een bufferstrookverplichting geldt van 5 meter volgens art. 3 Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet

Omschrijving maatregel

Een bufferstrook is een strook langs een watergang die niet wordt bemest en waar of een ander gewas wordt geteeld of die braak ligt (natuurlijke begroeiing). We onderscheiden droge (op het perceel gelegen) en natte (in de waterloop gelegen) bufferstroken. Deze Factsheet gaat in op droge bufferstroken. De natte bufferstroken komen aan bod in Factsheet 23. Niet-bemeste bufferstroken hebben invloed op het oppervlakkige en ondiepe transport van stoffen vanaf het maaiveld en vanuit de ondiepe bodem naar een sloot.

In de omschrijving van de maatregel zoals voorgesteld voor het 6^e Actieprogramma blijven voor de onbemeste strook de gebruiksnormen van kracht. Dit betekent dat de mest die niet op de strook wordt toegediend elders op het perceel of andere percelen van het bedrijf kan worden gegeven.

Er zijn verschillende mogelijkheden om de onbemeste bufferstroken in te richten. De bufferstrook kan in landbouwproductie blijven door de teelt van gewassen die geen bemesting nodig hebben zoals vlinderbloemigen die stikstof uit de lucht kunnen aanwenden voor hun groei en onderhoud. Daarnaast kan de bufferstrook een natuurfunctie krijgen. Als tussenoptie tussen landbouw en natuur kan worden gedacht aan permacultuur, die gebruikmaakt van meerjarige

	voedselvoorzienende planten zoals bessenstruiken en fruitbomen, zonder wisselteelt en grondbewerking. De keuze voor een dergelijke permacultuur vraagt wel om een ander bedrijfssysteem met meer seizoensarbeid.
Toepassingsgebied	
	<p>Grasland, snijmaïs en open teelten van akker- en tuinbouwgewassen.</p> <p>Het areaal waarop deze maatregel van toepassing zou zijn, is afhankelijk van de strookbreedte en de totale lengte van waterlopen binnen een gebied. De totale lengte aan waterlopen bedraagt voor Nederland gemiddeld 90 meter per ha. Bij een strook ter weerszijde van de waterloop van 0,5 m bedraagt het grondbeslag $2 \times 0,5 \times 90 / 10000 \times 100\% = 0,9\%$. Bij een strookbreedte van 1,5 m is het grondbeslag dan 2,7%. Het getal van 90 m per ha geldt als gemiddelde. De grootste lengte per ha is met 136 m per ha vastgesteld voor Zuid-Holland en de kleinste lengte per ha is met 40 m per ha vastgesteld voor Limburg (Van der Gaast en Van Bakel, 1997).</p>
Effecten op nitraat en uit- en afspoeling nutriënten	
	<p>Uitspoeling van nitraat naar bovenste grondwater</p> <p>Door het van kracht blijven van de gebruiksnormen voor het gehele perceel kan de bemesting op andere delen van het perceel of op andere percelen binnen het bedrijf toenemen. Het midden van het perceel is doorgaans droger dan de perceelrand. De extra mest op het midden van het perceel zal in theorie tot een iets hogere nitraatuitspoeling kunnen leiden. In de praktijk zal het effect nihil of klein zijn, omdat het grondbeslag van een mestvrije zone in het zandgebied maximaal 2% bedraagt (Noij et al. 2008). De uitspoelingsgevoelige gronden zijn doorgaans droog (grondwatertrap VII, VIII) met waterlopen op grotere onderlinge afstand. Een mestvrije zone heeft daardoor een kleiner procentueel grondbeslag en het hierboven beschreven effect zal daardoor verwaarloosbaar zijn. Er zijn geen onderzoeksgegevens beschikbaar die dit verder onderbouwen en kunnen kwantificeren.</p> <p>Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater</p> <p>Verondersteld wordt dat in aanwezigheid van een goed werkend drainagesysteem de aanleg van een bufferstrook langs een waterloop minder effectief is, omdat het meeste water verticaal in de bodem infiltreert en via de drainbuizen het oppervlaktewater bereikt.</p> <p>Noij et al. (2012) hebben de effectiviteit van droge bufferstroken voor typisch Nederlandse omstandigheden onderzocht. Door de aanwezigheid van diepe, goed doorlatende bodemlagen, buisdrainage in een groot aantal landbouwpercelen en ondiepe oppervlaktewaterpeilen, is de effectiviteit veel kleiner dan internationale onderzoeksresultaten aangeven.</p> <p>Het effect van bufferstroken op de reductie van de uitspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater verschilt per bodemgroep, de werking van droge bufferstroken op de afspoeling van fosfor naar het oppervlaktewater is nihil, tenzij er sprake is van overwegend ondiepe afvoer (inclusief oppervlakkige afvoer; de werking is evenredig met mate van ondiepe afvoer) én er sprake is van fosfaatverzadigde grond (de werking is evenredig met het verschil in fosfaattoestand tussen de bufferstrook en de rest van het perceel). 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.</p> <p>In modelstudies waarin wordt verondersteld dat de gebruiksnorm van een perceel evenredig wordt verminderd met het grondbeslag van een bufferstrook worden reducties berekend van ongeveer dezelfde grootte als de vermindering van het betaalde grondbeslag (Noij et al. 2012; Van Boekel et al. 2017).</p>
Neveneffecten op bodemkwaliteit, biodiversiteit, broeikasgasemissies	
	Bodemkwaliteit

Voor de bodemkwaliteit worden geen effecten verwacht. Echter bij de keuze van de inrichting van de bufferstrook met gewassen die de bodem met organische stof verrijken kan onder de bufferstrook een positief effect verwacht worden.

Emissies naar de lucht

Van onbemeste perceelstroken zijn door het onveranderd laten van gebruiksnormen geen effecten op emissies van ammoniak en lachgas (N₂O) te verwachten.

Biodiversiteit

De inrichting van onbemeste stroken langs waterlopen leidt tot een hogere botanische diversiteit, een toename van mogelijkheden voor schuilen en nestelen voor weidevogels. De inrichting van randen als FAB-randen (Functionele Agrobiodiversiteit) heeft ook een groot effect op de leef- en overlevingsruimte van insecten.

Modelaanpak

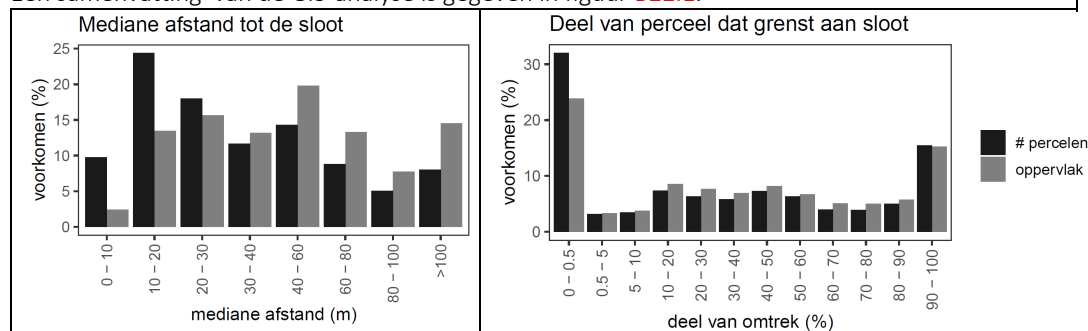
Bron- en routegerichte maatregel

Verondersteld wordt dat de mestplaatsingsruimte op een bedrijf niet wijzigt door de aanleg van een bufferstrook. De mest die niet meer op een bufferstrook toegediend mag worden, wordt nu elders op het bedrijf gegeven.

Een inventarisatie is uitgevoerd van het areaal landbouwgrond dat als onbemeste perceelsrand ingericht zou worden bij een bufferbreedte van 5 meter. Deze inventarisatie is uitgevoerd door:

- Op de percelenkaart van de Basis registratie Percelen 2018 alleen de percelen te selecteren met grasland, bouwland of overige open teelten.
- Van de Top10 waterlopen kaart zowel het lijnen bestand als het vlakkenbestand om te zetten naar lijnsecties. Hierbij zijn alleen de categorieën “waterlopen” met een breedte van 0,5 – 3 meter, 3-6 meter en 6-12 meter geselecteerd. De categorie “greppels en droogvallende sloten” is buiten beschouwing gelaten, evenals de (hoofd)waterlopen breder dan 12 meter.
- In een uitgebreide GIS-analyse is per perceel de afstand van enig punt tot een dichtstbij zijnde waterloop berekend. Uit de verzameling punten per perceel is de gemiddelde waarde, de mediane waarde, de minimumwaarde en percentielwaarden berekend. Als de minimumwaarde van het dichtstbij gelegen punt tot een waterloop groter is dan 5 meter, wordt verondersteld dat het perceel geen contact heeft met een waterloop.
- In een andere GIS-analyse is van een reeks punten op de randen van het perceel de afstand tot de dichtstbij zijnde waterloop berekend. Punten met een waterloopafstand kleiner dan 5 meter worden geacht aan een waterloop te grenzen. Uit de verzameling punten die grenzen aan een waterloop is het percentage van de perceelsomtrek berekend dat grenst aan een waterloop.

Een samenvatting van de GIS-analyse is gegeven in figuur B22.1.



Figuur B22.1 Mediane afstand van perceel tot sloot (links) en deel van perceelrand die grenst aan waterloop (rechts) als % van het totaal aantal percelen (zwart), en als % van het totale perceeloppervlak in Nederland (grijs).

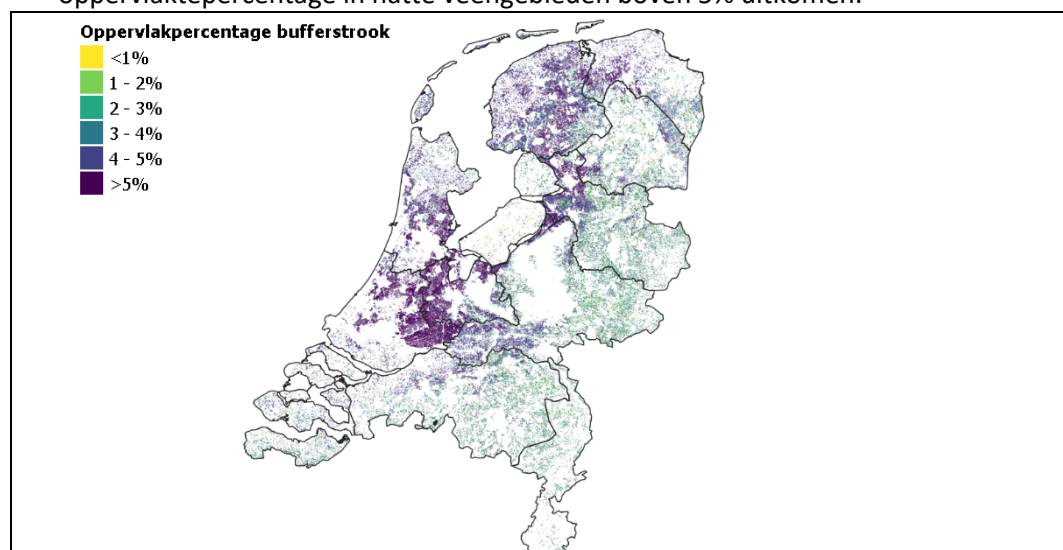
Vervolgens zijn nog een aantal percelen uitgesloten:

- Percelen die volgens de kaart van Massop en Schuiling (2016) voor minimaal 90% zijn voorzien van buisdrains zijn uitgesloten.

- Percelen met een oppervlak kleiner dan 2500 m² zijn uitgesloten
- Percelen die voor minder dan 10% van hun omtrek aan een waterloop grenzen zijn uitgesloten

Dit resulteert in ruim 283000 percelen met een totale lengte aan bufferstroken van 140 000 km. Van deze percelen is het oppervlak aan bufferstrook berekend:

- Voor percelen met grasland op veen met grondwatertrap III en lager is de bufferbreedte op 2 meter gesteld. Voor de andere percelen is een bufferbreedte aangenomen van 5 meter. Het oppervlak wordt dan berekend als het deel van de omtrek dat aan een waterloop grenst maal de bufferbreedte. Als het oppervlak groter is dan 5% van het perceelsoppervlak wordt de breedte bijgesteld zodat het oppervlak maximaal 5% bedraagt, echter met een minimum aan bufferbreedte van 2 meter. Percelen die na het maximaal versmallen van de waterloop tot 2 meter voor meer dan 100% uit bufferstrook zouden bestaan zijn uitgesloten. Het gaat om enkele langgerekte smalle percelen. Het uiteindelijk oppervlak aan bufferstroken bedraagt dan 34800 ha. De ruimtelijke verdeling is weergegeven in figuur ##. Door het criterium van een minimale breedte van 2 meter kan het oppervlaktepercentage in natte veengebieden boven 5% uitkomen.



Figuur B22.3 Oppervlakpercentage per perceel van een eventuele bufferstrook langs waterlopen.

Voor stikstof is het zuiveringspercentage van de bufferstrook (N_{BS} in %) gerelateerd aan het oppervlaktepercentage van de bufferstrook (A_{BS}) via de volgende formule: $N_{BS} = 2 \times A_{BS}$ waarbij N_{BS} is afgekapt op maximaal 75% voor percelen met een zeer groot bufferstrookareaal. De factor 2 in de formule representeert een bemestingseffect (factor 1: stikstofuitspoeling is lager omdat bufferstrook niet wordt bemest) en een onderscheppingseffect (factor 1: een deel van het uit- en afspoelende stikstof wordt door de bufferstrook gezuiverd). Het zo berekende zuiveringspercentage varieert tussen de 0% en de 75%, en bedraagt 10% tot 20% voor de meeste percelen. De gemiddelde zuivering bedraagt 14% voor percelen met bufferstrook. Deze getallen komen aardig overeen met experimentele resultaten, die ook een grote spreiding vertonen (zie paragraaf 2.1.1) en gemiddeld rond de 15% uitkomen voor een bufferstrookbreedte van 5 meter. Zo geven Van der Welle en Decler (2001) onder 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.

Voor fosfaat wordt verondersteld dat een bufferstrook vooral effect heeft op het oppervlakkige transport via surface runoff. Surface runoff wordt beïnvloed door een aantal factoren, waaronder de ruwheid van het maaiveld, de grondsoort, de teeltwijze, de helling en de omvang van het perceel.

De berekening van het oppervlakkige transport van fosfor in het Landelijke Waterkwaliteitsmodel (LWKM) is erg onzeker. In navolging van eerdere schattingen van de effectiviteit van bufferstroken (zie o.a. Van Boekel et al, 2012) wordt de maatregel niet verwerkt in de invoer van MODFLOW, MetaSWAP en ANIMO.

De hoeveelheid fosfor die wordt gezuiverd door een bufferstrook (P_{BS} in $\text{kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$) is aangenomen dat deze als volgt afhangt van de surface runoff (q_{runoff} in mm/jaar), de P-concentratie in het runoff water (c_{runoff} in mgP/l) en het vermogen van de bufferstrook om fosfaat in runoff water te zuiveren (P_{eff} als fractie [-]):

$$P_{BS} = \frac{1}{100} \times q_{runoff} \times c_{runoff} \times P_{eff}$$

waarin,

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

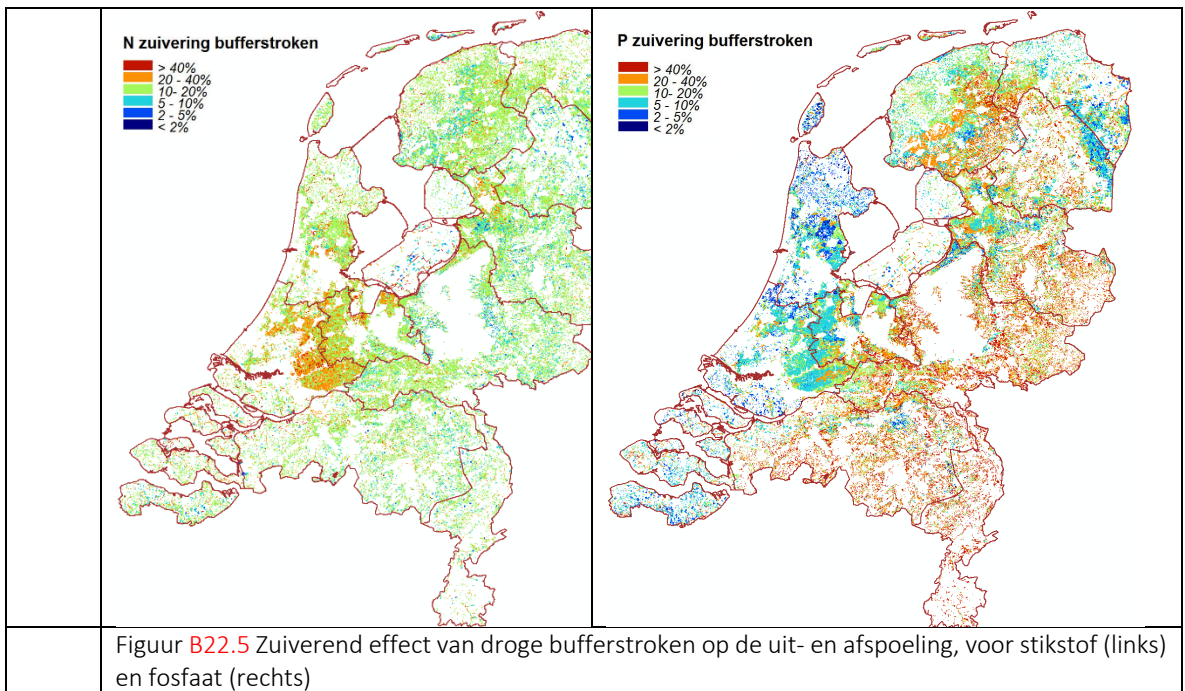
$$P_{eff} = 0.895(1 - e^{-0.16 \times bufferstrookbreedte}) \times \left(\frac{perceelomtrek}{bufferstrooklengte} \right)^{0.5}$$

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

De runoff (q_{runoff}) bestaat uit 'Horton overland flow' (q_{Horton}) die ontstaat als grond dichtslaat en uit 'Dunne overland flow' (q_{Dunne}) die ontstaat als de onderliggende bodem verzadigd is. De gemiddelde Horton flow ($q_{Horton,ref}$) bedraagt 40 mm/jaar voor een standaard perceel op veen, klei of löss en 20 mm/jaar voor een standaard zandperceel. Zo'n standaard perceel heeft een mediane afstand tot de waterloop (*afstand tot waterloop*) van 24 meter en een mediane helling (*helling*) van 0.89%. Als het perceel geheel omgeven is door sloten komt deze 24 meter ongeveer overeen met een perceelsbreedte van 100 meter. Het hellingspercentage is per 5 meter grid afgeleid uit het AHN2 volgens de procedure van Horn (1981) en Costa-Cabral & Burgess 1996) en vervolgens met een procedure "grid statistics for polygons" verwerkt tot een mediane waarde per perceel. De Horton-flow neemt toe naarmate het perceel dicht bij de waterloop ligt en een steilere helling heeft. De Dunne-flow hangt af van de grondwaterstand en bedraagt 75 mm/jaar voor natte percelen (GT Ia, IIa, IIIa, Vao en Vad), 30 mm/jaar voor redelijk natte percelen (GT Ic, IIb, IIIb, Vbo en Vbd), 7.5 mm/jaar voor percelen met GT IIc en 0 mm/jaar voor droge percelen ($G \geq VI$). De resulterende totale runoff (q_{runoff}) is te zien in figuur B22.4a.

De totaal P concentratie in runoff water is afhankelijk van veel factoren. Het tijdstip van mesttoediening in relatie tot het meettijdstip speelt een rol evenals de fosfaattoestand van de bodem. Verschillende onderzoeken geven aan dat er een grote spreiding bestaat in gemeten P-gehalten in runoff water en in water op het maaiveld. In kleigebieden lijken de P-gehalten wat hoger te zijn dan in zand- en veengebieden. Voor de berekeningen is de concentratie van het runoff water (c_{runoff}) afgeleid uit schattingen van het fosfaatgehalte (P_w -getal) in de bovenste 25 cm van de bodem. Figuur B22,4b toont de resulterende fosfaatconcentratie van het runoff water, met een gemiddelde waarde van 1.4 mgP/l. Deze waarde komt overeen met gegevens in een aantal literatuurbronnen over P-concentraties in plassen op het maaiveld en bodemvochtconcentraties in de laag 0 – 10 cm-mv.

<p>oppervlakkige afstroom (mm/jaar)</p> <ul style="list-style-type: none"> > 120 80 - 120 60 - 80 40 - 60 20 - 40 < 20 	<p>P in runoff-water (mg/l)</p> <ul style="list-style-type: none"> 2 - 2.5 1.5 - 2 1 - 1.5 0.5 - 1
<p>Figuur B22.4a Oppervlakkige afstroom (q_{runoff})</p>	<p>Figuur B22.4b Fosfor in runoff water (C_{runoff})</p>
<p>In een volgende stap is de afstromende P-vracht berekend ($q_{runoff} \times C_{runoff}$). Deze is vergeleken met de totale uit- en afspoelende nutriëntenvracht van het perceel, zoals berekend met STONE. Als de afstromende vracht groter is dan de uit- en afspoeling dan is de afstromende vracht gecorrigeerd tot 100% van de uit- en afspoeling.</p> <p>Vervolgens is gekeken welk deel van de berekende afstromende P-vracht ($q_{runoff} \times C_{runoff}$) wordt afgevangen door de bufferstrook (P_{eff}). Het eerste deel van de gehanteerde formule voor de zuiveringsfractie P_{eff} volgt uit een meta-analyse naar de zuivering van bufferstroken door Zhang et al. (2010). Bufferstroken van 5 meter breedte hebben volgens deze formule een zuiverend vermogen van ongeveer 50%, stroken van 2 meter breed zuiveren circa 25%. Dit zuiverend vermogen is gecorrigeerd voor de lengte aan bufferstrook t.o.v. de perceelsomtrek, waarbij is aangenomen dat een kortere strook een hoger zuiverend vermogen heeft, omdat deze strook naar verhouding meer runoff-water te verstouwen krijgt. P_{eff} is afgekapt op 75% zodat de zuiverende werking van de bufferstrook nooit groter is dan 75%.</p> <p>Het resulterende zuiverend vermogen van percelen met droge bufferstrook is uitgedrukt in een percentage van de totale uit- en afspoelende nutriëntenvracht zoals berekend door STONE (Figuur B22.5). Voor N bedraagt de gemiddelde zuivering 14%, voor P is dat 12%. Deze zuiveringspercentages per perceel zijn vertaald (areaal gewogen middeling) naar de rekeneenheden van de Landelijk Waterkwaliteitsmodel, om zo het effect van droge bufferstroken te kunnen berekenen.</p>	



Factsheet 23. Natte bufferstroken

Omschrijving referentiesituatie	
	Natte bufferstroken worden nog nauwelijks toegepast. Afhankelijk van de wijze van inrichting kunnen bepaalde natuurvriendelijke oevers als natte bufferstrook worden beschouwd. In toenemende mate zijn in de afgelopen jaren natuurvriendelijke oevers aangelegd.
Omschrijving maatregel	
	Bufferstroken zijn stroken land tussen perceel en oppervlaktewater waar geen bemesting of gewasbeschermingsmiddelen worden toegepast. In tegenstelling tot droge bufferstroken liggen natte bufferstroken lager dan het maaiveld tot aan of net onder de waterlijn. Als er speciale aandacht is voor natuur, landschap en ecologie wordt ook wel van een natuurvriendelijke oever gesproken. De natte bufferstrook kan ook worden uitgevoerd met een randdempel op de insteek met de sloot (waardoor extra waterberging mogelijk is), of met een bezinkgreppel. Als de oever vanaf de insteek flauw afloopt tot in het water ontstaat ook een natte bufferstrook. Het is belangrijk om de vruchtbare grond die vrij komt van de strook te verwijderen (verspreiden over het perceel), anders zal vooral veel fosfaat uitspoelen uit het drassige deel van de bufferstrook.
Toepassingsgebied	
	Natte bufferstroken kunnen worden toegepast in het gehele landelijk gebied, op de overgang van landbouwperceel naar oppervlaktewater. Hun effectiviteit (zuiverend vermogen) is echter het grootst bij gedraineerde percelen waarbij de buisdrains uitlopen op de bufferstrook. In percelen zonder buisdrainage is de kans groter dat het uitspoelende landbouwwater de bufferstrook ontwijkt omdat het water via diepere uitspoelingsbanen in het oppervlaktewater komt. Als voorzieningen worden getroffen ter bevordering van ondiepe uitspoeling en oppervlakkige afstroom via de bufferstrook kan alsnog effect worden verwacht. Natte bufferstroken zijn relevant voor: <ul style="list-style-type: none"> - Percelen met een hoge N- en P-belasting van het oppervlaktewater via ondiepe routes en buisdrains - Klei en zandgronden - Waterlopen die het gehele jaar watervoerend zijn - Waterlopen waar de afwateringsfunctie ruim gedimensioneerd is
Effecten op nitraat en uit- en afspoeling nutriënten	
	<p>Nitraat</p> <p>Natte bufferstroken hebben naar verwachting een verwaarloosbaar effect op nitraat in het bovenste grondwater.</p> <p>Uit- en afspoeling nutriënten</p> <p>Bufferstroken kunnen de verspreiding van gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten naar het oppervlaktewater verminderen. Er vindt immers geen bemesting of bespuiting meer plaats vlak naast de sloot. Bij de vermindering van de emissie van gewasbeschermingsmiddelen is, net als bij droge bufferstroken, vooral de breedte van de strook van belang, omdat een deel via verwaaiing (drift) verspreid wordt. Voor gedraineerde percelen zijn natte bufferstroken efficiënter dan droge, mits men de drains in de natte bufferstrook uit laat lopen. Een natte bufferstrook zorgt dan voor sterkere verlaging van de nitraatmissie (denitrificatie). De mate waarin de milieueffecten optreden wordt bepaald door omstandigheden zoals bodemsoort, toestand van de bodem, helling, aan- of afwezigheid van drainagebuizen, bufferstrookbreedte, type bufferstrook, de aanwezige vegetatie en het beheer.</p>
Neveneffecten op bodemkwaliteit, biodiversiteit, broeikasgasemissies	
	<p>Bodemkwaliteit</p> <p>Een bufferstrook voorkomt dat het slootkant instabiel wordt en dat grond in de sloot terecht komt (vertrapping, verzakking, afspoeling). Dit vermindert de onderhoudsbehoefte van de sloot (baggeren).</p> <p>Emissies naar de lucht</p>

	<p>Een natte bufferstrook leidt waarschijnlijk tot meer lachgasemissie, omdat de zuiverende werking van de strook (via denitrificatie) gepaard gaat met lachgasemissie.</p> <p>Biodiversiteit</p> <p>Randen langs percelen vormen overgangszones (natuurlijke gradiënten) tussen voedselrijke, bewerkte grond en voedselarmere onbewerkte grond en/of tussen water en land. Dit kan leiden tot een grotere soortenrijkdom. Daarnaast kunnen randen, bij toepassing op grotere schaal, een ecologisch netwerk in een gebied vormen, wat de verspreidingsmogelijkheden van planten en dieren vergroot. Eventuele bloemrijke bufferstroken en de toename van (bijzondere) diersoorten vergroten de belevingswaarde van het landschap. Daarnaast kunnen bufferstroken een bijdrage leveren aan het beheersen van ziekten of plagen in gewassen door het stimuleren van natuurlijke vijanden van parasieten. Hierdoor kan het gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen worden verminderd.</p>
<p>Modelaanpak</p>	
	<p>Verondersteld wordt dat natte bufferstroken geen effect hebben op de mestgebruiksruimte van landbouwbedrijven en dat de percelen waarlangs een dergelijke natte bufferstrook worden aangelegd op de reguliere manier bemest blijven worden.</p> <p>De maatregel is te beschouwen als een end-of-pipe maatregel. Voor de berekeningen met het Initiator- en ANIMO-model is geen aanpassing van de modelinvoer nodig. Voor KRW-verkenner worden in afhankelijkheid van gebiedskenmerken en lengte van sloten waarlangs een natte bufferstrook aan te leggen zijn zuiveringsfactoren afgeleid.</p>
<p>Literatuur</p>	
	<p>STOWA, 2010. Bufferstroken in Nederland. Rapport 2010-39 (56p), STOWA, Amersfoort.</p> <p>STOWA, 2008. Moerasbufferstroken langs watergangen: haalbaarheid en functionaliteit in Nederland. Rapport 2008-07.</p>

Factsheet 24. Gebruik baggerpomp voor effectief slootbaggeren

Omschrijving referentiesituatie	
	Bij het baggeren van sloten wordt de bagger meestal op de kant gedeponereerd, van waaruit bagger naar de sloot kan terugvloeien.
Omschrijving maatregel	
	<p>Het baggeren van een sloot met een baggerpomp, die de bagger een paar meter uit de kant op het land spuit. Hierdoor wordt de bagger niet langer op de slootkant gedeponereerd. Dit voorkomt terugvloeiing van bagger naar de sloot.</p> <p>Baggeren van sloten is een gangbare praktijk in grote delen van laag Nederland. Slootbagger is rijk aan nutriënten en organische stof. Bij organisch rijke bagger - zoals in veengebieden - wordt bij iedere baggeronde ongeveer 350 kilo stikstof en 20 kilo fosfaat per hectare opgebracht en draagt daarmee sterk bij aan de bemesting zonder dat dit terugkomt in de mestboekhouding. Het is echter de vraag of bagger daarmee een direct bemestend effect heeft. Onderzoeken op dit punt spreken elkaar tegen. Uit proeven blijkt dat slootbagger geen bemestende waarde zou hebben. Het tijdstip van baggeren wordt door de periode wanneer de minste effecten te verwachten zijn op grasproductie: vanaf september of voor 15 maart.</p> <p>Door het verwijderen van nutriëntrijke bagger neemt de afvoercapaciteit van de sloot toe en is er minder risico op nalevering van nutriënten vanuit de slootbodem aan het oppervlaktewater. Het is van belang om de bagger niet op de kant te zetten maar goed te verspreiden over het perceel</p> <p>Baggeren met een baggerpomp is veelal eens in de 4-5 jaar nodig. Vaker is niet gewenst. Daarnaast vindt vaak jaarlijks slootkantbeheer plaats.</p>
Toepassingsgebied	
	De maatregelen is vooral van toepassing op het veenweidegebied. Dus bij grasland op veen. Op basis van de Basisregistratie Percelen voor het jaar 2018 (BRP-2018) en de grondsoortenkaart is het areaal grasland op veen ca. 253.000 ha.
Effecten op nitraat en uit- en afspoeling nutriënten	
	<p>Nitraat de maatregel wordt voorzien in veenweidegebieden waar nitraatconcentraties al laag zijn. Effecten op nitraat zijn daarom minder relevant.</p> <p>Voor de uit- en afspoeling van nutriënten is het van belang op welke wijze de maatregel wordt uitgevoerd. Als een deel van de bagger dicht bij de sloot of op het talud terecht komt is er een kans dat de bagger voor een deel snel afspoelt.</p>
Neveneffecten op bodemkwaliteit, biodiversiteit, broeikasgasemissies	
	<p>Bodemkwaliteit De maatregel heeft geen effect op de bodemkwaliteit.</p> <p>Emissies naar de lucht Het opspuiten van bagger op het land zorgt voor afbraak van de organische delen van het slootlib. Dit gaat gepaard met geuroverlast en mogelijk ook met de emissies van broeikasgassen. Hier zijn geen gegevens van bekend.</p> <p>Biodiversiteit De maatregelen heeft geen effect op de biodiversiteit van het land, maar wel op die van het oppervlaktewater. Baggeren leidt namelijk tot verwijdering van nutriëntenrijk slib en tot een grotere waterdiepte van de sloot, met tot gevolg een betere chemische en biologische kwaliteit van de sloot. De bereikte effecten kunnen sterk verschillen tussen locaties en jaren. Bij aanwas van nieuw (nutriëntenrijk) slib zijn de effecten echter van tijdelijke aard.</p>
Modelaanpak	
	End-of-pipe maatregel

	<p>Uit onderzoek blijkt dat de productie van grasland nauwelijks wordt beïnvloed door de maatregel. Alhoewel de bagger beter wordt verspreid over het land, heeft de maatregel geen effect op de totale organische stof- en nutriëntenbalans van de bodem van een perceel.</p> <p>De maatregel is te implementeren door een extra zuivering in het KRW-verkenner model te implementeren door retentiefactoren te verhogen.</p>
Literatuur	
	<p>Bakkum, R., 2012. Baggernut, maatregelen baggeren en nutriënten. Rapport 2012-40 (77p), STOWA, Amersfoort.</p> <p>De Vlieger, B., Van de Weerd, H. & Reeze, A., 2011. Effecten baggeren op ecologie weteningen. Onderzoek naar de bijdrage van kwaliteitsbaggeren (56p), Arcadis, Apeldoorn. http://www.stowa.nl/publicaties/publicaties/Baggernut__maatregelen__baggeren_en_nutriente_n</p> <p>Rietra, R., Van Beek, C. & Harmsen, J., 2008. Uitspoeling van stikstof en fosfaat na toediening van slootbagger op veengrond. Een verkennende laboratoriumstudie. Alterra rapport 1703. Pp 32.</p> <p>Van Schooten, H.A. en Van Houwelingen, K.M., 2017. Bemestende waarde van bagger in het voorjaar. Resultaten van éénjarig oriënterend onderzoek op veenweidegrond. Wageningen Livestock Research. Rapport 1075.</p>

Factsheet 25. Verwijdering van fosfaat uit drainagewater

Omschrijving referentiesituatie	
	<p>In een aanzienlijk deel van het landelijk gebied in Nederland zijn drainbuizen aangelegd om overtollig perceelwater af te voeren naar het oppervlaktewater. Naar schatting gaat het om een areaal van 800.000 ha (Massop et al. 2013, Massop en Schuiling 2016). De drainbuizen zijn aangelegd om de grondwaterstand en bodemvochttoestand te optimaliseren.</p> <p>Het afgevoerde drainwater kan een belangrijke bron zijn van nutriënten naar het oppervlaktewater, zeker wanneer het overtollige perceelwater vooral via drains wordt afgevoerd en minder via oppervlakkige afspoeling over het maaiveld of via greppels.</p>
Omschrijving maatregel	
	<p>Fosfaat kan uit drainwater verwijderd worden met filters van ijzerzand om drains of bij de slootkant. Deze maatregel kan fosfaat in hoge mate verwijderen en neemt weinig ruimte in. Het biedt de mogelijkheid om de uitstoot van fosfaat naar het oppervlaktewater te verminderen zonder dat er wordt ingegrepen in het agrarisch productieproces. De maatregel is getest op een bollenperceel in Egmond (Groenenberg et al. 2013) en in Voorhout (Hoogheemraadschap van Rijnland, 2015). In april 2018 is een toepassing van ijzerzanddrains op praktijkschaal aangelegd bij een bollenbedrijf in Noordwijkerhout.</p> <p>Achtergrondinformatie</p> <p>Drainagewater kan een belangrijke bron zijn van fosfaat naar het oppervlaktewater. Er zijn verschillende technieken ontwikkeld om deze nutriënten uit het drainagewater te verwijderen voordat ze in het oppervlaktewater terechtkomen. Er is de laatste 10 jaar veel onderzoek gedaan naar deze technieken, vooral in de VS, Denemarken en Nederland. De effectiviteit van de methode is bewezen, maar praktijktoepasbaarheid, bij-effecten en robuustheid zijn nog aandachtspunten.</p> <p>Voor de verwijdering van fosfaat kan ijzerzand gebruikt worden. IJzerzand bestaat uit zand met een laagje ijzeroxide en is een bijproduct van de winning van drinkwater. Het laagje ijzeroxide om het ijzerzand is in staat om fosfaat in sterke mate te binden. Het toepassen van ijzerzand kan een grote bijdrage leveren aan het verbeteren van de waterkwaliteit.</p> <p>IJzerzand kan op twee manieren worden ingezet:</p> <ul style="list-style-type: none">• Omhulling van drains met ijzerzand (Figuur B25.1).• IJzerzandfilter aan het einde van drains/in de sloot/op het veld, of onder een verharding (Figuur B25.2).  <p>Figuur B25.1. Met ijzerzand omhulde drain</p>  <p>Figuur B25.2. IJzerzandfilter langs oever.</p>

	De omhulde drains zijn omhuld door een laag van ca. 10 cm ijzerzand. Water dat naar de drains stroomt, komt in aanraking met het ijzerzand, waardoor het fosfaat wordt gebonden. Het ijzerzand water is beter doorlatend dan de omliggende bodem en de drainerende werking wordt dan ook niet verstoord. Op plaatsen met veel zuurstofloze kwel kan een deel van het ijzerzand oplossen.
Toepassingsgebied	
	<p>De methode is in principe mogelijk op elke grond die wordt gedraineerd. Echter van de toepassing in klei- en veengronden zijn geen onderzoeksresultaten bekend. Omdat de maatregel het grootste effect sorteert in sterk fosfaatverzadigde bodems is er een voorkeur om deze maatregel vooral toe te passen in de bollenteelt.</p> <p>Op basis van de Basisregistratie Percelen voor het jaar 2018 (BRP-2018) is het areaal bollenteelt afgeleid. De volgende bol- en knolgewassen zijn hierin meegenomen: Amaryllis, Blauw Druifje, Dahlia, Gladiool, Hyacint, Krokus, Lelie, Narcis, Zantedeschia, Chrysant, Iris, Pioenroos, Sierui en Tulp. Informatie over het areaal dat gedraineerd is, is niet bekend. Het totale areaal met bovenstaande teelten komt uit op ca. 29.650 ha.</p>
Effecten op nitraat en uit- en afspoeling nutriënten	
	<p>Uitspoeling van nitraat naar bovenste grondwater Ijzerzand-omhulde drains hebben een gering effect op de nitraatuitspoeling naar het grondwater. Verder wordt verwezen naar Paragraaf 2.2</p> <p>Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater Het P-verwijderingsrendement van een met ijzerzand omhulde drain bedraagt naar schatting 80-94% voor ortho-P (Groenenberg et al. 2013, Hoogheemraadschap van Rijnland 2015) en 52-60% voor P-totaal (Hoogheemraadschap van Rijnland, 2015). Deze maatregel is vooral effectief wanneer het overtollige perceelwater vooral via drains wordt afgevoerd en minder via oppervlakkige afspoeling over het maaiveld of via greppels. Om eventuele effecten op de stikstofuitspoeling te compenseren zijn maatregelen ontwikkeld met denitrificerende houtsnippers (zie Paragraaf 2.2).</p> <p>De maatregel verliest een deel van z'n werking na verloop van tijd omdat het ijzerzand naar verwachting na 10-15 jaar verzadigd met fosfaat. Het exacte moment hangt af van de hoeveelheid ijzerzand en de fosfaatconcentratie. Wanneer het ijzerzand verzadigd is, wordt er geen fosfaat meer vastgehouden. Voor de gemiddelde levensduur van een drain wordt 10 – 20 jaar gerekend.</p>
Neveneffecten op bodemkwaliteit, biodiversiteit, broeikasgasemissies	
	<p>Bodemkwaliteit De maatregel heeft geen effect op de bodemkwaliteit, los van eventuele (tijdelijke) effecten bij de aanleg van de drains.</p> <p>Emissies naar de lucht De maatregel heeft geen effect op gasvormige emissies naar de lucht.</p> <p>Biodiversiteit De maatregel heeft naar verwachting geen effect op de biodiversiteit van het bodemleven.</p>
Modelaanpak	
	<p>End-of-pipe maatregel De maatregel wordt geïmplementeerd door de fosfaatuitspoeling uit drainbuizen te verminderen met een bepaald zuiveringspercentage. Het ligt voor de hand om deze maatregel alleen toe te passen bij de bloembollenteelten op zandgronden in het Westelijke zandgebied. Op basis van resultaten van experimenteel onderzoek Groenenberg et al, (2015) en Jansen et al (2016) wordt 75% als zuiveringspercentage aangehouden. Dit is een redelijke benadering voor de percentages die werden gevonden in experimenten in Voorhout en Egmond.</p>
Literatuur	
	Groenenberg et al., 2015, Vermindering van de fosfaatbelasting oppervlaktewater met P-bindende drain. Alterra-rapport 2678.

	<p>Groenenberg, J. E., W.J. Chardon, W. J., G.F. & Koopmans, G. F., 2013. Reducing Phosphorus Loading of Surface Water Using Iron-Coated Sand. <i>Journal of Environment Quality</i>, 42(1), 250.</p> <p>Hoogheemraadschap van Rijnland, 2015. Pilot Effectgerichte Verwijdering Fosfaat Bollenstreek. Resultaten veldpilot Voorhout en synthese diverse maatregelen. Hoogheemraadschap van Rijnland- rapport. (https://www.rijnland.net/werk-in-uitvoering/overige-werkzaamheden/downloads-overige-werkzaamheden/onderzoeksproject-bollensector.pdf)</p> <p>Jansen, S., J. Gerritse, R. Stuurman, W. Chardon, R. Talens 2016. Robust options to remove nitrate and phosphate from tile drainage. 10th International Drainage Symposium Conference, 6-9 September 2016, Minneapolis, Minnesota .(doi:10.13031/IDS.20162514798)</p> <p>Massop, H. Th.L., C. Schuiling en A.A. Veldhuizen, 2013. Buisdrainagekaart 2012. Update landelijke buisdrainagekaarten voor het NHI op basis van de landbouwtellingen 2010. Wageningen, Alterra Wageningen UR. Alterra-rapport 2381.</p> <p>Massop, H.Th.L. en C. Schuiling, 2016. Buisdrainagekaart 2015; Update landelijke buisdrainagekaart op basis van de landbouwmetellingen van 2012. Wageningen, Alterra Wageningen UR. Alterra-rapport 2700.</p>
--	--

Bijlage 2 Overzicht maatregelen en inschatting effecten

Tabel A1.1 Kwalitatieve schatting van het effect van DAW-maatregelen op nitraat in het bovenste grondwater (NO₃) en de uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater (N_{dr}, P_{dr}). Het gaat om DAW-maatregelen waarvoor voldoende draagvlak is. Deze inschatting is eerder gemaakt voor een inventarisatie van het draagvlak voor maatregelen, uitgevoerd door DAW-coördinatoren vanaf november 2018 tot en met januari 2019.

Categorie	Maatregel	DAW	loss		zand GHG >80		zand GHG 40-80		zand GHG <40			klei			veen		specifieke omstandigheden / bepalende factoren	bron
			NO ₃	NO ₃	NO ₃	N _{dr}	P _{dr}	NO ₃	N _{dr}	P _{dr}	NO ₃	N _{dr}	P _{dr}	NO ₃	N _{dr}	P _{dr}		
mestvolume	3. Afstemmen bemesting op de N-mineralisatie	13	++	++	+	+	0	+	+	0	+	+	0	+	0			Verloop et al., 2018
mesttoediening	7. Later voorjaarstoediening van dierlijke mest op grasland	10	+	+	+	0 / +	0	0	0	0	0	0/+	0	0	0		effect bepaald t.o.v. gemiddelde landbouwpraktijk / voor natte gronden (zand,veen) aangenomen dat dierlijke mest al standaard later wordt toegediend	Verloop et al., 2018
	8. Optimaliseren stikstofwerking mest	11	+	+	+	+	0	+	+	0	+	+	0	+	0		voor klei geldt dit alleen voor droge gronden	Van Boekel et al. 2017, Groenendijk et al. 2016
				+	+	+	+	0	+	+	0	0	0	0	0	0		uitgegaan van derogatiebedrijven (> 80% gras),
	9. Drijfmest verdunnen bij uitrijden	24	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			Verloop et al., 2018
mestsamenstelling	10. Toepassing van minder uitspoelinggevoelige minerale N-meststoffen	12	++	++	+	+	0	+	+	0	+	+	0	+	0			Verloop et al., 2018
	11. Inzet van compost en organische mest	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	nvt	nvt			Advies CDM
gewas	13A. Optimaliseren van landgebruik met gras en mais	5	+	+	+	+	0	+	+	0	+	+	0	0	0		Wisselbouw met gras, mais en graan	Schoumans et al. 2012
	13B. Toepassing van vruchtwisseling op een melkveebedrijf, gericht op behoud en opbouw van organische stof	19															maatregel niet concreet genoeg voor inschatten effect op de waterkwaliteit	
	14. Verlenging van de leeftijd van grasland	6	+	+	+	0 / +	0	+	0	0	0	0	0	0	0		/ tijdstip en frequentie van scheuren, organisch stofgehalte	Verloop et al., 2018

Categorie	Maatregel	DAW	loss	zand GHG >80	zand GHG 40-80	zand GHG <40	klei	veen	specifieke omstandigheden / bepalende factoren	bron							
	15. Gebruik van diepwortelende gewassen en rustgewassen	18	+	+	+	0	+	+	0	+	+	0	nvt	nvt		Van Boekel et al. 2017, Groenendijk et al. 2016	
	16. Op tijd zaaien en goed verzorgen van een vanggewas	21	++	++	++	--	+	+	--	+	-	0	+	0		Van Boekel et al. 2017, Verloop et al., 2018	
	17. Bodembedekking door toepassing van groenbemesters, tussengewassen en vanggewassen	22	++	++	++	+	-	+	+	-	+	+	0	+	0	bij vroege gewassen	Van Boekel et al. 2017, Verloop et al., 2018
			NO ₃	NO ₃	NO ₃	N _{dr}	P _{dr}	NO ₃	N _{dr}	P _{dr}	NO ₃	N _{dr}	P _{dr}	N _{dr}	P _{dr}		
grond-bewerking	18A. Aanbrengen drempels bij ruggenteelten	14	0	0	0	+	+	0	+	+	0	+	++	nvt	nvt		Verloop et al., 2018
	19. Voorkomen van bodemverdichting door aanpassen wiellast	29	0	0	0	0	+	0	0	+	0	0	+	0	+		Expert judgement
waterhuis-houding	20. Toepassen van onderwaterdrainage in veengebieden	31	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	++	+		Groenendijk et al. 2016
inrichting	22. Onbemeste stroken langs waterlopen	7	-	-	-	0	0	-	+	+	-	+	+	+	+	/ ondiepe afvoerroutes en hoge fosfaattoestand	Schoumans et al. 2012
			-	-	-	+	+	-	+	+	-	0	0	++	++	akkerrandbreedte van 15% / ondiepe afvoerroutes en hoge fosfaattoestand	Van Boekel et al. 2017
			-	-	-	+	+	-	+	0 / +	-	+	+	+	+	akkerrandbreedte van 15% / ondiepe afvoerroutes en hoge fosfaattoestand	Van Boekel et al. 2017
	23. Natte bufferstroken	8	nvt	nvt	0	0	+	0	+	+	0	+	+	+	++		Verloop et al., 2018
end-of-pipe	24. Gebruik baggerpomp voor effectief slootbaggeren	15	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	0	0	0	0	0	Uitgangssituatie; extensief of intensief bedrijf	Verloop et al., 2018
	25. Verwijdering van fosfaat uit drainagewater	9B	nvt	nvt	nvt	nvt	++	nvt	nvt	++	nvt	nvt	++	nvt	++	niet voor onderwaterdrainage in veengebieden	Verloop et al., 2018

Tabel A1.2 Kwalitatieve schatting van het effect op nitraat in het bovenste grondwater (NO₃) en de uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater (N_{dr}, P_{dr}), voor DAW-maatregelen waarvoor geen draagvlak is, volgend uit de inventarisatie van het DAW-supportteam. NB. Het nummer heeft betrekking op de DAW-nummering.

Nr	Maatregel	sector	loss		zand GHG>80			zand GHG 40-80			zand GHG<40			klei		veen		specifieke omstandigheden waarvoor effect bron bepaald is		
			NO ₃	NO ₃	NO ₃	N _{dr}	P _{dr}	NO ₃	N _{dr}	P _{dr}	NO ₃	N _{dr}	P _{dr}	NO ₃	N _{dr}	P _{dr}	N _{dr}	P _{dr}		
9A	Verwijdering van nitraat uit drainagewater	alle grondgebonden landbouw	nvt	nvt	nvt	++	nvt	nvt	++	nvt	nvt	++	nvt	++	nvt	++	nvt	niet voor veengebieden	onderwaterdrainage in	Verloop et al. 2018
16	Bewerk de grond langs hoogtelijnen	alle open teelten	0	0	0	0	+	0	0	+	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	onderdeel van goede landbouwpraktijk, alleen voor P effect		Verloop et al. 2018	
17	Verdiep de beworteling van grasland	melkveehouderij	+	+	+	+	+	+	+	+	+	- / +	-- / 0	nvt	nvt	nvt	Effectiviteit voor kleigronden afhankelijk van type klei		Van Boekel et al. 2017, Groenendijk et al. 2016	
23	Spaar mest uit in maïs op scheurland	melkveehouderij	++	++	++	+	0	+	+	0	+	+	0	+	0				Verloop et al. 2018	
25	Geen uitspoelingsgevoelige gewassen op uitspoelingsgevoelige gronden (grondwater)	alle open teelten	++	++	++	+	0	nvt	nvt	nvt	+	+	0	nvt	nvt				Expert judgement	
26	Geen mais op natte gronden	melkveehouderij	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	+	++	++	+	++	++	++	++				Verloop et al. 2018	
27	Extensiveren; onder de landbouwkundige norm voeren en bemesten	melkveehouderij	++	++	++	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+		10% onder landbouwkundig optimum		Expert judgement	
28	Volvelds uitmijnen door negatief P-overschot	alle grondgebonden landbouw	++	++	++	+	++	+	+	++	+	+	++	+	+		Effectiviteit P op de lange termijn, alleen compensatie werkzame N, betere benutting N-gift		Expert judgement	
29	Regelbare drainage (installeren van buisdrainage)	alle grondgebonden landbouw	nvt	nvt	-	-	+	-	-	+	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt		vanuit ongedraineerde situatie		Groenendijk et al. 2016	
30	Regelbare drainage (omzetten bestaande drainage naar regelbare drainage)	alle grondgebonden landbouw	nvt	nvt	++	++	-	nvt	nvt	nvt	+	+	-	nvt	nvt		vanuit gedraineerde situatie		Groenendijk et al. 2016	
32	Randdam om perceel	alle grondgebonden landbouw	0	0	0	+	+	0	+	+	0	+	++	nvt	nvt				Expert judgement	

Bijlage 3 Voorbeelden methodiek effectbepaling

Droge bufferstroken

Stap 1: beschrijving referentie

- Op de kaart aangeven waar bufferstroken verplicht worden toegepast. Daar waar ze reeds verplicht zijn, kunnen ze niet als bovenwettelijk worden beschouwd
- Beschrijven wat de huidige wet- en regelgeving hierover zegt

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 een van de opties in het Akkerbouw-strokenpakket om te voldoen aan de subsidiabele vergroeningseis van 5% ecologisch aandachtsgebied. 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'.

Stap 2: beschrijving maatregel

- Beschrijven hoe de maatregel wordt vastgelegd in overeenkomsten en contracten . Bijv. leidt de vermindering van het productie-areaal ook tot een vermindering van de mestgebruiksruimte.
- Beschrijving hoe de maatregel in de praktijk wordt uitgevoerd

Een bufferstrook is een strook langs een watergang die niet wordt bemest. De strook wordt ingezaaid met gras of ligt braak (natuurlijke begroeiing). In hellende gebieden of in aanwezigheid van meanderende waterlopen kan er voor gekozen worden de strookbreedte aan te passen aan de loop van de watergang en ligging van het maaiveld, zodanig dat afstroming van stoffen zoveel mogelijk wordt vermeden. De strookbreedte wordt dan berekend als het oppervlak van het buffergebied gedeeld door de lengte van de beschermde waterloop.

- Beschrijving voor welke situaties men de maatregel zou willen implementeren, afhankelijk van:
 - o Regio
 - o Type waterlopen
 - o Grondsoort
 - o Gewassen
 - o Eigenaars / beheerders van de percelen
 - o Andere maatregelen die al van kracht zijn

Stap 3: benoemen van wat we onder "effect" en "effectiviteit" verstaan

- Welke eenheden? Stikstof en fosforbelasting van oppervlaktewater in $\text{kg ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$ en nitraat in bovenste grondwater in mg/L
- Reductie van vracht (Nederlandse situatie) of reductie van concentratie nabij waterloop (internationale literatuur)

- Korte termijn (xx jaar) en/of lange termijn effect (yy jaar)

Stap 4: kwantificering van het effect voor denkbeeldige percelen

Denkbeeldige percelen zijn combinaties van bodemtype, landgebruik, ontwateringssituatie, geohydrologie, ligging van het maaiveld (bol, hol, rijsporen, helling)

- Grove schatting (benadering met klassen) of numerieke kwantificering
- Nagaan welke resultaten uit Nederlands veldonderzoek beschikbaar zijn
 - o Mosbeek: Van der Molen DT, Kruijne R & Uunk JB (1998) Verwijdering van stikstof en fosfor door bufferstroken langs de Mosbeek. Stromingen 4 (2): 27-40.
 - o Hazelbeek: Hefting MM (2003) Nitrogen transformation and retention in riparian bufferzones. Stikstofomzettingen en -retentie in beekbegeleidende bufferzones. Proefschrift Universiteit Utrecht. (let op: het betreft hier natte bufferstroken)
 - o Proefveld Vredepeel: Van Beek CL, et al, (2007) Reduced nitrate concentrations in shallow ground water under a non-fertilised grass buffer strip, Nutrient Cycling in Agroecosystems, Volume 79, Issue 1, pp 81-91
 - o 5 veldlocaties ; Noij et al 2012. Effectiveness of non-fertilized buffer strips in the Netherlands : final report of a combined field, model and cost-effectiveness study. Alterra-rapport 2290
- Nagaan welke resultaten uit de internationale literatuur beschikbaar zijn
- Nagaan welke schattingen op basis van vuistregels en modellen beschikbaar zijn (zie bijv. factsheet 2A in STOWA rapport 2010-19A; <https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202010/STOWA%202010-39A.pdf> en Van Boekel et al, 2017 <http://edepot.wur.nl/419380>)
- Nagaan voor welke denkbeeldige percelen nog geen schatting gemaakt kon worden. Hiervoor alsnog een expert-schatting geven op basis van veldonderzoek, vuistregels en modellen

Stap 5 kwantificering van het potentiële effect voor stroomgebieden

- Verzamelen ruimtelijke informatie over bodemtype, landgebruik, ontwateringssituatie, geohydrologie, ligging van het maaiveld (bol, hol, rijsporen, helling)
- Verzamelen van informatie over andere bronnen in het stroomgebied, informatie over verdunning en informatie over mogelijke retentie in het oppervlaktewater, toepassen in een rekenmodel (zie bijv. Pilot Nutriëntenaanpak Maas)
- Toepassen van de informatie in stap 3 op de verzamelde ruimtelijke informatie. Dit geeft een beeld van het potentiële effect als de maatregel gebiedsdekkend wordt toegepast

Stap 6 kwantificering van een realistisch effect voor stroomgebieden

- In overleg met multi-actors (= stakeholders + deskundigen zonder direct belang) aannames doen voor de mate waarin de maatregel zal op basis van reële omstandigheden kan worden toegepast. Als voorbeeld: bij percelen die niet direct grenzen aan een waterloop, te kleine percelen, percelen onder lease- en korte termijn huurcontracten, percelen waar al een verhard rijpad langs de waterloop is aangelegd, etc zal de maatregel waarschijnlijk niet worden toegepast.
- In overleg met multi-actors: aannames doen ten aanzien van de bereidwilligheid van agrariërs om de maatregel uit te voeren. In deze discussie kunnen eventuele financiële compensaties worden betrokken.
- Een ruimtelijk beeld schetsen van de plaatsen waar de maatregel uitgevoerd zal worden en met de methode zoals in stap 5 het realistisch effect berekenen

Geen mest naar mais op gescheurd grasland

Stap 1: beschrijving referentie

- Beschrijven wat de praktijk is ten aanzien van het telen van mais op gescheurd grasland
- Beschrijven wat de huidige wet- en regelgeving hierover zegt

Scheuren van grasland

Het vernietigen van de graszode op grasland ("gras scheuren") is verboden om de uitspoeling van stikstof te beperken. Op het verbod bestaan evenwel de volgende uitzonderingen:

- Grasland op klei- of veengrond mag worden vernietigd in de periode van 1 februari tot en met 15 september.
- Grasland op kleigrond mag vernietigd worden in de periode van 1 november tot en met 31 december. Het eerstvolgende gewas mag dan géén gras zijn.
- Bedrijven op zand- en lössgrond mogen onder voorwaarden van 1 februari tot en met 31 mei (in plaats van 10 mei) grasland vernietigen. Een van de randvoorwaarden is dat bij scheuren tot en met 10 mei aansluitend een stikstofbehoefte gewas wordt geteeld. Bij scheuren vanaf 11 mei tot en met 31 mei mag alleen gras worden ingezaaid.

In geval van schade aan grasland veroorzaakt door droogte of vraat van dieren die in de graszode leven mogen ondernemers onder strikte voorwaarden - waaronder ten minste 25% lagere grasopbrengst, vastgesteld door een onafhankelijke expert - aanspraak maken op een vrijstelling. Deze vrijstelling geldt van 1 juni tot en met 15 september (uiterste datum van inzaai met gras).

Aanpassing regels voor zand- en lössgrond per 1 januari 2019 (6^e Actieprogramma)

- Na 10 mei is het vernietigen van de graszode uitsluitend toegestaan tot uiterlijk 1 september als er aansluitend herinzaai met gras plaatsvindt. Herinzaai moet uiterlijk op 10 september worden gedaan.
- De zogenaamde calamiteitenregeling voor het scheuren van grasland in geval van schade door in de zode levende dieren of extreme weersomstandigheden komt te vervallen.
- In geval van vernietigen van de graszode na 31 mei wordt een korting van 50 kg stikstof per hectare op de stikstofgebruiksnorm toegepast, die nodig is om het risico op nitraatverliezen door de verterende graszode te beperken. De verplichting voor het nemen van een grondmonster ter bepaling van de hoeveelheid stikstof in de bodem vervalt.

Stikstofgebruiksnorm voor mais na het scheuren van grasland (6^e Actieprogramma)

Indien mais wordt geteeld op landbouwgrond waarop daaraan voorafgaand gras is geteeld, dan wordt de stikstofgebruiksnorm voor de mais gekort met 65 kilogram per hectare per jaar. Ook in het bemestingsadvies voor de teelt van mais wordt uitgegaan van een vergelijkbare hoeveelheid stikstof die na het scheuren van grasland voor de maïsplanten beschikbaar komt. De verplichting voor het nemen van een grondmonster ter bepaling van de hoeveelheid stikstof in de bodem vervalt bij deze maatregel. **Deze maatregel treedt in werking op 1 januari 2021.**

Stap 2: beschrijving maatregel

- B Beschrijven hoe de maatregel wordt vastgelegd in overeenkomsten en contracten. Per 1 januari 2021 wordt de stikstofgebruiksnorm gekort met 65 kg per hectare. Wordt bij deze maatregel de stikstofgebruiksnorm teruggebracht naar nul, of wordt alleen het stikstofgebruik naar nul teruggebracht. In het laatste geval mag de op mais uitgespaarde stikstof op andere percelen gegeven worden.
- Beschrijving hoe de maatregel in de praktijk wordt uitgevoerd
- Beschrijving voor welke situaties men de maatregel zou willen implementeren, afhankelijk van:
 - o Regio
 - o Grondsoort
 - o Grondwatertrap
 - o Andere maatregelen die al van kracht zijn

Stap 3: benoemen van wat we onder "effect" en "effectiviteit" verstaan

- Welke eenheden? Stikstof en fosforbelasting van oppervlaktewater in kg ha⁻¹ jr⁻¹ en nitraat in bovenste grondwater in mg/L
- Korte termijn (xx jaar) en/of lange termijn effect (yy jaar)

Stap 4: kwantificering van het effect voor denkbeeldige percelen

Denkbeeldige percelen zijn combinaties van bodemtype, voorgeschiedenis landgebruik, ontwateringssituatie, ligging van het maaiveld (rijsporen, helling)

- Grove schatting (benadering met klassen) of numerieke kwantificering
- Nagaan welke resultaten uit Nederlands veldonderzoek beschikbaar zijn
 - o CDM-advies (2017) https://www.wur.nl/upload_mm/9/0/c/8e003a60-d957-482d-8067-7c4b8d35109c_1707454_Oene%20Oenema%20bijlage%201.pdf
 - o Hooijboer et al (2017) Het effect van rotatie van gras en mais op nitraatuitspoeling, Water Matters, H2O, dec 2017, pag 20 – 23. <http://edepot.wur.nl/449841>
- Nagaan welke resultaten uit de internationale literatuur beschikbaar zijn
 - o Oenema J., et al, 2010. Multiscale Effects of Management, Environmental Conditions, and Land Use on Nitrate Leaching in Dairy Farms. JEQ Vol. 39 No. 6, p. 2016-2028. doi:10.2134/jeq2010.0035
- Nagaan welke schattingen op basis van vuistregels en modellen beschikbaar zijn
- Nagaan voor welke denkbeeldige percelen nog geen schatting gemaakt kon worden. Hiervoor alsnog een expert-schatting geven op basis van veldonderzoek, vuistregels en modellen.

Stap 5 kwantificering van het potentiële effect voor stroomgebieden

- Verzamelen ruimtelijke informatie over bodemtype, voorgeschiedenis landgebruik, ontwateringssituatie, ligging van het maaiveld (rijsporen, helling)
- Verzamelen van informatie over andere bronnen in het stroomgebied, informatie over verdunning en informatie over mogelijke retentie in het oppervlaktewater, toepassen in een rekenmodel (zie bijv. Pilot Nutriëntenaanpak Maas)
- Toepassen van de informatie in stap 3 op de verzamelde ruimtelijke informatie. Dit geeft een beeld van het potentiële effect als de maatregel gebiedsdekkend wordt toegepast

Stap 6 kwantificering van een realistisch effect voor stroomgebieden

- In overleg met multi-actors aannames doen voor de mate waarin de maatregel op basis van reële omstandigheden kan worden toegepast. Als voorbeeld: bij percelen met lease- en korte termijn huurcontracten, e.d. zal de maatregel waarschijnlijk niet worden toegepast.
- In overleg met multi-actors: aannames doen ten aanzien van de bereidwilligheid van agrariërs om de maatregel uit te voeren. In deze discussie kunnen eventuele financiële compensaties worden betrokken.

Een ruimtelijk beeld schetsen van de plaatsen waar de maatregel uitgevoerd zal worden en met de methode zoals in stap 5 het realistisch effect berekenen



Kennisimpuls
WATERKWALITEIT