



Gebiedsgerichte verkenning van de 'verdere aanpak stikstof'

Gerard Velthof, Hans Kros, Jan-Cees Voogd, Co Daatselaar, Tia Hermans, Karin Groenestein, Nico Ogink,
Jan Peter Lesschen, Edo Gies, Roel Jongeneel, Daan Verstand, Raymond Jongschaap, Jan Huijsmans



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Gebiedsgerichte verkenning van de 'verdere aanpak stikstof'

Gerard Velthof¹, Hans Kros¹, Jan-Cees Voogd¹, Co Daatselaar², Tia Hermans¹, Karin Groenestein³, Nico Ogink³,
Jan Peter Lesschen¹, Edo Gies¹, Roel Jongeneel², Daan Verstand⁴, Raymond Jongschaap⁴, Jan Huijsmans⁴

1 Wageningen Environmental Research

2 Wageningen Economic Research

3 Wageningen Livestock Research

4 Wageningen Plant Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research en gesubsidieerd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoekthema 'Duurzame voedselvoorziening en -productieketens en natuur' (projectnummer BO-43-000-027).

Wageningen Environmental Research

Wageningen, september 2021

Gereviewd door:

René Rietra, onderzoeker bodemkwaliteit (Wageningen Environmental Research)

Akkoord voor publicatie:

Gert Jan Reinds, teamleider van Duurzaam Bodembeheer (Wageningen Environmental Research)

Rapport 3111

ISSN 1566-7197

Velthof, G., H. Kros, J.C. Voogd, C. Daatselaar, T. Hermans, K. Groenestein, N. Ogink, J.P. Lesschen, E. Gies, R. Jongeneel, D. Verstand, R. Jongschaap, J. Huijsmans, 2021. *Gebiedsgerichte verkenning van de 'verdere aanpak stikstof'*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3111. 64 blz.; 11 fig.; 6 tab.; 21 ref.

Nederland zal de komende jaren, aanvullend op de stikstofaanpak, ook forse stappen moeten zetten op de terreinen van waterkwaliteit (Kaderrichtlijn Water; Nitraatrichtlijn) en klimaat (EU Green Deal). Daarom heeft het ministerie van LNV, samen met Directoraat Generaal Stikstof (DGS) en het ministerie van Financiën, PBL, RIVM en WUR verzocht om twee varianten van een toekomstige stikstofaanpak nader te analyseren. Daarbij gaat het om een variant die primair gericht is op stikstofreductie, de 'stikstofvariant', en een 'integrale variant', waarbij ook de samenhang met andere opgaves, in het bijzonder die voor klimaat en water in beeld wordt gebracht. WUR heeft in dit rapport een kwalitatieve analyse uitgevoerd van effecten van maatregelen uit de dossiers stikstof, waterkwaliteit en klimaat op de emissies van ammoniak, methaan, lachgas en CO₂ en op de uit- en afspoeling van stikstof en fosfaat. Daarnaast heeft WUR de betekenis van een integrale gebiedsgerichte aanpak nader in beeld gebracht aan de hand van drie voorbeeldgebieden: melkveehouderij in het veenweidegebied, intensieve landbouw op zandgronden en grondgebonden landbouw op zandgronden.

Trefwoorden: Stikstof, klimaat, waterkwaliteit, emissies, landbouw, natuur

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/553256> of op www.wur.nl/environmental-research (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2021 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, www.wur.nl/environmental-research. Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

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

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



Wageningen Environmental Research werkt sinds 2003 met een ISO 9001 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. In 2006 heeft Wageningen Environmental Research een milieuzorgsysteem geïmplementeerd, gecertificeerd volgens de norm ISO 14001. Wageningen Environmental Research geeft via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

Wageningen Environmental Research Rapport 3111 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: Shutterstock 149668550NL

Inhoud

	Verantwoording	5
	Samenvatting	7
1	Inleiding	9
2	Integraliteit van verschillende beleidsdossiers	10
	2.1 Maatregelen om ammoniakemissie te beperken in het ammoniakdossier	10
	2.2 Maatregelen om stikstof- en fosfaatuitspoeling naar grond- en oppervlaktewater te beperken in het mestdossier	10
	2.3 Maatregelen om broeikasgasemissies te beperken in het klimaatdossier	11
	2.4 Maatregelen om emissies uit stal- en mestopslagen te reduceren	12
	2.5 Maatregelen in bodems om veldemissies en uitspoeling te reduceren gericht op waterkwaliteit en biodiversiteit	13
	2.6 Synthese	16
3	Integrale gebiedsgerichte aanpak in drie voorbeeldgebieden	17
	3.1 Keuze van gebieden	17
	3.2 Aanpak	17
	3.3 Referentiescenario 2050	18
	3.4 Uitgangspunten WUR-studie Landbouw in Nederland 2050 en relatie met doelstellingen in de twee beleidsvarianten	19
	3.5 Uitwerking	24
	3.6 Effecten van maatregelenpakketten in de scenario's op drie voorbeeldgebieden	25
	3.6.1 Arealen	25
	3.6.2 Aantal dieren	26
	3.6.3 Ammoniakemissie	28
	3.6.4 Effecten op N-depositie en overschrijding KDW	29
	3.6.5 Stikstofuitspoeling naar oppervlaktewater, nitraatuitspoeling naar grondwater en fosfaatoverschot	30
	3.6.6 Methaan- en lachgasemissies	32
	3.6.7 CO ₂ -emissiereductie door het vergroten van het areaal bos en het uit productie nemen van veengrond	33
	3.6.8 Biodiversiteit in natuurgebieden	34
	3.6.9 Biodiversiteit in het agrarisch gebied	38
	3.6.10 Sociaaleconomische gevolgen	38
	3.7 Optimale mix van maatregelen in gebieden	40
4	Discussie en conclusies	43
	4.1 Afwenteling van maatregelen	43
	4.2 Integrale gebiedsgerichte aanpak	44
	4.2.1 De aanpak	44
	4.2.2 De optimale mix aan maatregelen	44
	4.3 Discussiepunten	45
	Literatuur	48
	Bijlage 1 Maatregelen stal en mestopslag	50
	Bijlage 2 Maatregelen landbouwbodems	54
	Bijlage 3 Kwalitatieve evaluatie van mest-gerelateerde maatregelen uit de 'integrale variant' en 'stikstofvariant'	59

Verantwoording

Rapport: 3111

Projectnummer: BO-43-000-027

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

Akkoord Referent die het rapport heeft beoordeeld,

functie: onderzoeker bodemkwaliteit (Wageningen Environmental Research)

naam: dr. ir. R.P.J.J. Rietra

datum: 31-8-2021

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: dr. ir. G.J. Reinds

datum: 31-8-2021

Samenvatting

Het kabinet zal de komende jaren, aanvullend op de stikstofaanpak, ook forse stappen moeten zetten op de terreinen van waterkwaliteit (Kaderrichtlijn Water; Nitraatrichtlijn) en klimaat (EU Green Deal). Daarom heeft het ministerie van LNV, samen met DG Stikstof en het ministerie van Financiën, aan PBL, RIVM en WUR gevraagd om op korte termijn twee varianten van een toekomstige stikstofaanpak nader te analyseren. Het PBL is gevraagd om in samenwerking met het RIVM en WUR twee varianten van een toekomstige stikstofaanpak, waarin een limitatieve lijst aan maatregelen is opgenomen, nader te kwantificeren en te duiden en waar dat niet mogelijk is, deze kwalitatief uit te werken. Daarbij gaat het om een variant die primair gericht is op stikstofreductie, de 'stikstofvariant', en een 'integrale variant', waarbij ook de samenhang met andere opgaves, in het bijzonder die voor klimaat en waterkwaliteit, in beeld wordt gebracht. Het RIVM is tevens verzocht om een verkenning uit te voeren naar een ruimtelijke verdeling van de opgave om stikstofemissies te reduceren op basis van de door LNV voorgestelde ABCD-zonering voor stikstofreductie en rekening houdend met omgevingsfactoren en andere milieunormen. Daarnaast is WUR gevraagd om de betekenis van een integrale gebiedsgerichte aanpak nader in beeld te brengen aan de hand van een aantal voorbeeldgebieden. Die laatste vraag is in dit rapport beantwoord.

Gezien de korte tijd die beschikbaar was voor deze studie, is gewerkt met bestaande informatie om daarmee de vraag zo goed mogelijk te beantwoorden. Er konden geen nieuwe berekeningen worden uitgevoerd die specifiek gericht zijn op de effecten van de maatregelen in de 'stikstofvariant' en de 'integrale variant' van LNV.

Meer specifiek zijn in dit rapport de volgende vragen beantwoord:

- **Kwalitatieve analyse van maatregelen.** Welke maatregelen kunnen genomen worden in de dossiers stikstof (ammoniak/natuur), waterkwaliteit (uit- en afspoeling van nitraat en fosfaat) en klimaat (methaan, lachgas, CO₂) om de doelstellingen te realiseren? De maatregelen zijn kwalitatief gescoord op de verschillende emissies en meekoppelkansen en risico's op afwentelingen zijn genoemd.
- Wat is de **betekenis van een integrale gebiedsgerichte aanpak om de doelstellingen in de verschillende dossiers te realiseren**? Dat is in beeld gebracht aan de hand van toepassing van combinaties van maatregelen in drie voorbeeldgebieden: 1. melkveehouderij in veenweidegebieden, 2. intensieve landbouw op zandgronden en 3. grondgebonden landbouw op zandgronden. Deze analyse is gebaseerd op resultaten van de *Scenariostudie perspectief voor ontwikkelrichtingen Nederlandse landbouw in 2050* van Lesschen et al. (2020). De resultaten van deze studie zijn op nationaal niveau gerapporteerd, maar de berekeningen zijn op een lager schaalniveau uitgevoerd, waardoor het mogelijk was om drie voorbeeldgebieden te identificeren en een verkenning uit te voeren met een integraal pakket aan maatregelen. Doordat de gebieden verschillen in landgebruik, bodem en veestapel, zijn de milieueffecten van het maatregelenpakket per gebied verschillend.

Analyse van maatregelen in dossiers stikstof, waterkwaliteit en klimaat

Maatregelen die leiden tot een lagere input van stikstof, koolstof en fosfaat op het bedrijf leiden tot verlaging van de meeste emissies en het risico op afwenteling is meestal beperkt. Voorbeelden van dit soort maatregelen zijn minder vee door krimp of opkoop, minder stikstof en fosfaat in het voer en minder input van stikstof en fosfaat via kunstmest en andere bronnen. Die maatregelen leiden alle tot extensivering. Bij de meer technische maatregelen die gericht zijn op het beperken van de emissie van een specifieke stof in een deel van het landbouwsysteem, ontstaat wel een risico op afwenteling. Voorbeelden van dit soort maatregelen zijn emissie-reducerende stalmaatregelen.

In zowel de stikstofvariant als de integrale variant wordt ingezet op gerichte opkoop van veehouderij, wat tot extensivering leidt met weinig risico op afwentelingen. Daarnaast worden ook technische maatregelen ingezet, welke bij de stikstofvariant primair gericht zijn op stikstofreductie en bij de integrale variant ook gericht op de samenhang met andere opgaves.

Afwenteling is lang niet altijd te voorkomen. Om het risico op afwentelingen te beperken, dienen de maatregelen integraal en in samenhang met alle relevante (beleids)opgaves beoordeeld en genomen te worden.

Betekenis van de integrale gebiedsgerichte aanpak

De analyse van de drie voorbeeldgebieden laat zien waar de maatregelen rond stikstof, waterkwaliteit en klimaat de meeste impact hebben. De optimale mix aan maatregelen is afhankelijk van de structuur van de landbouw in het gebied, grondsoort en hydrologie, de ligging van en het type natuurgebieden en het te realiseren gebiedsdoel. Zo is de grootste stikstofdepositiereductie te realiseren in gebieden met een groot areaal stikstofgevoelige natuurgebieden, omgeven door intensieve veehouderijen met een hoge ammoniakemissie. Om aan de doelstellingen te kunnen voldoen, zijn behalve het gericht opkopen van vee en het verlagen van stikstofaanvoer door een lager eiwitgehalte in het krachtvoer en/of gebruik van (kunst)mest, aanvullende technische maatregelen nodig, zoals emissiearme stallen, mestopslag en mesttoediening. Op zandgronden die gevoelig zijn voor nitraatuitspoeling (gronden met een diepe grondwaterstand) zijn aanvullende maatregelen nodig om nitraatuitspoeling te beperken, zoals de teelt van vanggewassen.

De grootste klimaatwinst is te behalen in gebieden waar de uitstoot van broeikasgasemissies hoog is. Veengronden zijn een grote bron van zowel CO₂ als lachgas (N₂O). Daarnaast is de melkveehouderij een belangrijke bron van methaan (CH₄). Maatregelen om broeikasgasemissies uit de melkveehouderij in het veenweidegebied te beperken, zijn het verhogen van het grondwaterpeil, het uit productie nemen van veengronden, minder vee en rantsoen- en mestmaatregelen. Veel van deze maatregelen leiden ook tot minder ammoniakemissie. Vernatting van veengronden kan echter leiden tot een toename van fosfaatbelasting van oppervlaktewater. In de zandgebieden is klimaatwinst door koolstofopslag in de bodem te realiseren als bouwland wordt omgezet in grasland en als landbouwgrond wordt omgezet naar bos. Deze veranderingen in grondgebruik kunnen tevens leiden tot een lagere ammoniakemissie en uit- en afspoeling. Daarmee verminderen ze de drukfactoren op natuur.

De nitraatuitspoeling naar het grondwater is het hoogst in zandgebieden met uitspoelingsgevoelige gronden, intensieve landbouw en veel bouwland. Maatregelen als extensivering door aanscherpen van de gebruiksnormen en/of minder vee, de teelt van vanggewassen, het aanleggen van bufferstroken, of mestbe- of verwerking dragen. Tegelijkertijd dragen deze maatregelen ook bij aan de reductie van andere emissies en daarmee aan de drukfactoren op natuur.

Het inzetten van maatregelen om emissies te verminderen, heeft sociaaleconomische effecten. Een krimp van de veestapel betekent een daling van de werkgelegenheid in de landbouw en van de toegevoegde waarde in het agrocomplex. De conjunctuur van de economie in de periode van de krimp bepaalt sterk of er elders in de economie emploten kan worden gevonden. Voor de primaire landbouwbedrijven is van grote invloed hoe de krimp gaat plaatsvinden: via opkoop of door meer of minder generiek korten op rechten. Bij opkoop ondervinden continuerende bedrijven duidelijk minder problemen dan bij korten op rechten. Bij (proportioneel) korten op rechten kan een aanzienlijk aantal bedrijven in grote problemen komen, omdat de vaste kosten (gebouwen, machines) niet evenredig mee dalen en zelfs nog kunnen toenemen. Ook andere maatregelen hebben economische consequenties. Het nemen van managementmaatregelen, zoals het verminderen van het kunstmestgebruik, kan leiden tot lagere gewasopbrengsten en technische stal- en mesttoedieningsmaatregelen zijn vaak duur.

Deze rapportage is opgesteld om op korte termijn mogelijke effecten en verbanden van maatregelen in beeld te brengen, gebruikmakend van bestaande informatie. Een meer nauwkeurige en kwantitatieve berekening van de effecten van pakketten van maatregelen op regionale schaal vraagt om een uitgebreidere analyse. In deze analyse zouden de volgende aspecten meegenomen moeten worden:

1. De door LNV voorgestelde ABCD-zonering voor stikstofreductie;
2. De bestaande ideeën over stikstofmaatregelen bij diverse ministeries;
3. Maatregelen die op tafel liggen voor het 7^e AP Nitraatrichtlijn en derde generatie Stroomgebiedsbeheer plannen voor de Kaderrichtlijn Water;
4. De maatregelen die onderzocht worden in de klimaatveloppen voor veehouderij, veenweide (NOBV) en minerale gronden (Slim Landgebruik);
5. De ambities met betrekking kringlooplandbouw en natuurinclusieve landbouw;
6. Afwentelingen tussen maatregelen, sectoren en gebieden. Ook de sociaaleconomische gevolgen en de gevolgen voor de verdienmodellen van agrariërs (bedrijfsniveau) zouden dan beter in beeld kunnen worden gebracht. Hetzelfde geldt voor de gevolgen op de kwaliteit van de natuur.

1 Inleiding

Het kabinet heeft in april 2020 de structurele aanpak stikstof gepresenteerd. Hiermee wordt een belangrijke stap in het stikstofvraagstuk gezet, maar er zullen aanvullende stappen nodig zijn om te komen tot realisatie van de doelstelling uit de Vogel- en Habitatrichtlijn. Aanvullend op de stikstofaanpak, zal Nederland de komende jaren ook stappen moeten zetten op onder andere de terreinen van waterkwaliteit (Kaderrichtlijn Water, Nitraatrichtlijn) en klimaatdoelstellingen (EU Green Deal). Dit zijn internationale verplichtingen waar de komende jaren invulling aan moet worden gegeven en waarbij er, afhankelijk van te maken keuzes, in meer of mindere mate samenhang is in te nemen maatregelen en de effecten daarvan.

Om invulling te geven aan de vraag van het kabinet, heeft het ministerie van LNV, samen met Directoraat Generaal Stikstof (DGS) en het ministerie van Financiën, aan PBL, RIVM en WUR gevraagd om op korte termijn twee varianten van een toekomstige stikstofaanpak nader te analyseren. Het PBL is gevraagd om in samenwerking met het RIVM en WUR twee varianten van een toekomstige stikstofaanpak, waarin een limitatieve lijst aan maatregelen is opgenomen, nader te kwantificeren en te duiden en waar dat niet mogelijk is, deze kwalitatief uit te werken. Daarbij gaat het om een variant die primair gericht is op stikstofreductie, de 'stikstofvariant', en een 'integrale variant', waarbij ook de samenhang met andere opgaves, in het bijzonder die voor klimaat en waterkwaliteit in beeld wordt gebracht. Het RIVM is tevens verzocht om een verkenning uit te voeren naar een ruimtelijke verdeling van de opgave om stikstofemissies te reduceren op basis van de door LNV voorgestelde ABCD-zonering voor stikstofreductie en rekening houdend met omgevingsfactoren en andere milieunormen. Daarnaast is WUR gevraagd om de betekenis van een integrale gebiedsgerichte aanpak nader in beeld te brengen aan de hand van een aantal voorbeeldgebieden.

Gegeven de beperkte beschikbare tijd is door de drie kennisinstellingen een separate rapportage opgeleverd. In de duiding en toelichting binnen de drie trajecten zal zo veel mogelijk de consistentie tussen afzonderlijke trajecten en hun producten geborgd worden. Ten aanzien van alle rapportages geldt dat deze uit te werken varianten geenszins vooruitlopen op eventuele besluitvorming en alleen opgesteld zijn om mogelijke effecten en verbanden nader in kaart te brengen.

LNV heeft aan WUR gevraagd om de betekenis van een integrale gebiedsgerichte aanpak op emissies van ammoniak en broeikasgassen en de uit- en afspoeling van stikstof en fosfaat nader in beeld te brengen aan de hand van drie geografische gebieden.¹ De gebieden zijn in onderling overleg gekozen op basis van gevarieerde typologie en van waar reeds nu of op korte termijn data/gegevens over bekend zijn bij WUR. De gebieden worden in de rapportage niet 'herkenbaar' opgevoerd, het gaat tenslotte slechts om voorbeelden. WUR levert daarnaast in tabelvorm met teksttoelichting hoe maatregelen scoren op de diverse dossiers (ammoniak, nitraat, stikstof, klimaat). Dit gebeurt op basis van expertkennis van onderzoekers. Daarbij wordt inzicht gegeven in risico's op afwentelingen en de meerwaarde van een integrale aanpak met inzet op stikstof, klimaat, water in een gebiedsgerichte aanpak. WUR levert een eigenstandige rapportage van haar resultaten. De inbreng van WUR aan de PBL en RIVM-rapportages is hierin niet meegenomen. Die is geïntegreerd in hun rapportages waar relevant (Roest en Bleeker, 2021; Tiktak et al., 2021).

In dit rapport wordt in hoofdstuk 2 op de integraliteit van verschillende beleidsdossiers ingegaan en in hoofdstuk 3 wordt aan de hand van drie typen gebieden de integrale gebiedsgerichte aanpak nader in beeld gebracht. In hoofdstuk 4 volgen de discussie en belangrijkste conclusies.

¹ Domus-21196842-v7-verzoek-haalbaarheidsstudie

2 Integraliteit van verschillende beleidsdossiers

Er is door onderzoekers van WUR een overzicht gemaakt van de maatregelen uit de beleidsdossiers rond stikstof (ammoniak/natuur), waterkwaliteit (nitraat/fosfaat) en klimaat (methaan/lachgas/CO₂). Deze maatregelen zijn kwalitatief gescoord op emissies en de kansen en risico's op afwentelingen worden benoemd. Het gaat dus om meer maatregelen dan die in de twee beleidsvarianten, 'stikstofvariant' en 'integrale variant', zijn opgenomen. WUR heeft deze analyse uitgevoerd op basis van expertkennis bij diverse onderzoekers. Gezien de beperkte beschikbare tijd is er geen kwantitatieve analyse met modellen uitgevoerd. De tabellen met scores staan in Bijlage 1 en Bijlage 2.

2.1 Maatregelen om ammoniakemissie te beperken in het ammoniakdossier

Om de stikstofdepositie op Natura 2000-gebieden te beperken, moeten maatregelen worden genomen om ammoniakemissie uit de landbouw te verminderen. Ook moet er worden voldaan aan de nationale ammoniakemissieplafonds uit de NEC-richtlijn (EC, 2001) en het Gothenburg Protocol (UNECE, 2013).

De volgende groepen maatregelen om ammoniakemissie te reduceren kunnen worden onderscheiden (Groenestein et al., 2019; Van den Born et al., 2020; Ter Haar, 2021):

- Verkleining/krimp van de veestapel op regionaal en nationaal niveau (o.a. in de buurt van Natura 2000-gebieden) via bijvoorbeeld de subsidieregeling sanering varkenshouderijen, gerichte opkoop piekbelasters, landelijke beëindigingsregeling veehouderijlocaties, afkomen en doorhalen van fosfaatrechten en dierrechten
- Emissiearme stallen (zie ook Bijlage 1)
 - Allerlei typen emissiearme stallen
- Meer weidegang
- Emissiearme(re) mesttoediening
 - Verdunnen mest met water
 - Injectie
 - Overige emissiebeperkende maatregelen
- Voermaatregelen
 - Verlagen eiwitgehalte kracht- en ruwvoer
 - Additieven
- Lagere giften aan dierlijke mest en kunstmest
- Mestbe- en verwerking

Binnen elke groep kunnen verschillende soorten maatregelen worden genomen.

2.2 Maatregelen om stikstof- en fosfaatuitspoeling naar grond- en oppervlaktewater te beperken in het mestdossier

Het mestbeleid reguleert de bemesting van landbouwgrond opdat de belasting van bodem, grondwater en oppervlaktewater met stikstof en fosfaat voldoet aan wettelijk gestelde doelen:

- Nitraatgehalte in grond- en oppervlaktewater minder dan 50 mg nitraat (NO₃⁻) per liter, conform doelstellingen van EU-Nitraatrichtlijn en EU-Grondwaterrichtlijn.
- Voorkoming van eutrofiëring van oppervlaktewater (conform Nitraatrichtlijn) en het realiseren van een goede ecologische toestand van oppervlaktewater, met stikstof- en fosfaatgehaltes lager dan de doelen gesteld per watertype (conform EU Kaderrichtlijn Water).

Binnen het mestbeleid zijn de volgende stelsels van instrumenten onderscheiden (CDM, 2016):

- Gebruiksnormenstelsel om de bemesting te reguleren voor:
 - Stikstof in kunstmest en werkzame stikstof in organische mest
 - Fosfaat in dierlijke mest en kunstmest
 - Stikstof in dierlijke mest (inclusief derogatie)
- Middelvoorschriften ter beperking van nutriëntenuitspoeling:
 - Vanggewassen
 - Bufferstroken
 - Periode waarin mest mag worden toegediend
- Regulering van mestproductie:
 - Fosfaatrechten (melkvee)
 - Dierrechten (varkens en pluimvee)
- Regulering van mestafzet:
 - Mestver- en bewerking
- Eisen aan gewassen en rotaties:
 - Minimaal 80% grasland bij derogatie
 - Mogelijk worden er in de toekomst eisen gesteld aan teelten/rotaties van gewassen om nitraatuitspoeling te beperken en bodemkwaliteit te verbeteren.

Maatregelen om stikstof- en fosfaatuit- en afspoeling te voorkomen, worden elke vier jaar vastgelegd in Actieprogramma's ten behoeve van de Nitraatrichtlijn. Op 1 januari 2022 gaat een nieuw actieprogramma (het zevende) in.

Naast maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit (Nitraatrichtlijn en KaderrichtlijnWater) worden er in het mestbeleid (Meststoffenwet) ook maatregelen genomen ter voorkoming van de verontreiniging van bodem (en voedsel, lucht en water) door aanvoer van contaminanten via meststoffen (conform Wet Bodembescherming en Meststoffenwet en EU Meststoffenverordening). Er is in de Meststoffenwet een regeling voor de samenstelling van stoffen die als meststof mogen worden toegepast. Deze regeling is relevant in het kader van kringlooplandbouw en de mogelijkheid tot gebruik van rest- en afvalstoffen als meststoffen.

2.3 Maatregelen om broeikasgasemissies te beperken in het klimaatdossier

Het Klimaatakkoord (TK, 2019) dat in 2019 werd gesloten, kent de doelstelling om in 2030 49% emissiereductie van broeikasgasemissies te behalen ten opzichte van de emissie van 1990 (deze bedroeg ca. 24 Mton CO₂-eq²). Uiteindelijk moet de emissie in Nederland in 2050 omlaag met 90% of meer (klimaatneutraal). Landbouw moet hier een bijdrage aan leveren via veehouderij, veenweidegebieden, minerale landbouwbodems, bomen, bos en natuur en glastuinbouw. Voor 2030 hebben de landbouw- en landgebruik-sectoren (incl. glastuinbouw) een taakstellende opgave gekregen vanuit het kabinet om een additionele afname van 3,5 Mton CO₂-equivalenten broeikasgasemissies in 2030 te realiseren (boven op bestaand beleid³). De ambitie is om de emissie in 2030 met 6 Mton CO₂-eq te reduceren in Nederland. De huidige emissie uit de landbouw (methaan en lachgas) bedraagt ca. 19 Mton CO₂-eq. De EU⁴ heeft echter zijn ambitie voor de klimaatdoelstelling voor 2030 verhoogt naar 55% reductie ten opzichte van 1990. Dit betekent dat ook dat Nederland meer zal moeten doen dan in het huidige Klimaatakkoord is opgenomen. De Europese Commissie heeft op 14 juli 2021 een voorstel gepubliceerd hoe deze doelstelling behaald moet worden.⁵ Een van de onderdelen is het streven naar een klimaatneutrale landbouw en landgebruik-sector (AFOLU) in 2035 op EU-niveau. Hoe deze opgave

² De CH₄- en N₂O-emissie vanuit de landbouw in 1990, bron:

<http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/erpub/international/broeikasgassen.aspx>. De reductiedoelstelling van 49% betreft echter de totale nationale emissies en is niet een-op-een toe te passen op de verschillende sectoren. Voor landbouw is deze minder dan 49% reductie t.o.v. van 1990.

³ <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/klimaatverandering/documenten/rapporten/2019/06/28/klimaatakkoord>

⁴ https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action/2030_ctp_en

⁵ https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action/delivering_en

tussen lidstaten verdeeld gaat worden is nog niet bekend, maar dit zal ook voor Nederland betekenen dat extra klimaatmaatregelen in landbouw en landgebruik nodig zijn.

In deze notitie wordt ingegaan op de maatregelen die gericht zijn op het beperken van methaanemissies uit mestopslagen binnen en buiten stallen, van methaanemissie door pensfermentatie, van lachgasemissie uit minerale landbouwgronden, van broeikasgasemissies (CO₂, lachgas en methaan) uit veengronden en het bevorderen van koolstofopslag in minerale landbouwgronden. De meeste van deze maatregelen zijn nog in onderzoek; er zijn nog geen wettelijke maatregelen die gericht zijn op het terugdringen van broeikasgasemissies. In de analyse wordt ingegaan op de broeikasgassen methaan en lachgas en op koolstof in minerale gronden en veengronden. Effecten van maatregelen op energieverbruik in de landbouw en hieraan gerelateerde CO₂-emissies zijn niet meegenomen.

Mogelijke maatregelen om broeikasgasemissies uit de landbouw te verminderen, zijn:

- Methaanemissie uit stallen en opslag (zie nadere toelichting in Bijlage 1):
 - Voermaatregelen
 - Frequente mestverwijdering
 - Koelen mest
 - Aanzuren mest
 - (Kelder)luchtbehandeling
 - Vergisten mest
- Methaanemissie uit pensfermentatie:
 - Voermaatregelen
 - Additieven aan voer
 - Selectie van koeien
- Broeikasgasemissies uit het veenweidegebied:⁶
 - Waterinfiltratiesystemen: slootpeilbeheer, onderwaterdrainage, drukdrainage, geregeld hoge grondwaterstanden en ongeregeld hoge grondwaterstanden
 - Natte teelten: lisdodde
 - Bodemverbetering: klei in veen
- Koolstofopslag in minerale landbouwbodems⁷
 - Leeftijd grasland verhogen
 - Gewaskeuze aanpassen, inclusief agroforestry, gewasrotaties
 - Gewasresten achterlaten
 - Dierlijke mest en compost toedienen
 - Groenbemesters en vanggewassen inzaaien
 - Akkerranden aanleggen
 - Beperkte grondbewerking uitvoeren

2.4 Maatregelen om emissies uit stal- en mestopslagen te reduceren

In Bijlage 1 wordt ingegaan op effecten van technische maatregelen in stal en opslag om ammoniak- en broeikasgasemissies te beperken op emissies van ammoniak (NH₃), stikstofoxide (NO_x), nitraat in het grondwater (NO₃), stikstof (N), fosfor (P), methaan (CH₄), lachgas (N₂O) en CO₂ uit de bodem. Daarnaast zijn ook de effecten op emissies van geur en fijnstof meegenomen, omdat er ook beleid is om deze emissie uit stallen terug te dringen.⁸

⁶ <https://www.nobveenweiden.nl/>

⁷ <https://www.slimlandgebruik.nl/>

⁸ <https://www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw/wet-regelgeving/>

De belangrijkste resultaten van de analyses van emissiebeperkende maatregelen in stal- en mestopslagen zijn:

- Voermaatregelen om ammoniakemissie te reduceren, kunnen leiden tot een hogere methaanemissie en voermaatregelen om methaanemissie te reduceren, kunnen leiden tot een hogere ammoniakemissie.
- De maatregelen frequente mestverwijdering, koelen mest, aanzuren van mest, (kelder)luchtbehandeling, weidegang en verkleining emitterend oppervlak leiden tot een vermindering van zowel ammoniak- als methaanemissie; aanzuren kan ook tot minder lachgasemissie leiden.
- De maatregelen (kelder)luchtbehandeling en meer weidegang kunnen leiden tot een hogere lachgasemissie.
- In principe leiden alle ammoniakmaatregelen (behalve voermaatregelen en luchtwassers) tot meer stikstof in mest. Als hier geen rekening mee wordt gehouden tijdens bemesting, kan dit leiden tot een toename van nitraatuitspoeling en lachgasemissie uit de bodem (de toename van nitraatuitspoeling en lachgasemissie treedt niet op als de stikstofvoorziening van het gewas suboptimaal is).
- Aanzuren van mest kan tot meer geuremissie leiden.
- Alle ammoniak- en methaanmaatregelen hebben geen effect of leiden tot een lagere emissie van fijnstof.

Om het integrale effect, dus inclusief de afwentelingseffecten, op landelijke en zo mogelijk op regionale schaal in kaart te brengen, is een (model)analyse nodig waarbij alle beoogde maatregelen tegelijk worden meegenomen. Naast de te evalueren maatregelen spelen hierbij bij ook beoogde doelen en beleidskaders een rol. Een dergelijke analyse is uitgevoerd in de klimaatstudie van Lesschen et al. (2020), waar in hoofdstuk 3 nader op in zal worden gegaan.

2.5 Maatregelen in bodems om veldemissies en uitspoeling te reduceren gericht op waterkwaliteit en biodiversiteit

In Bijlage 2 wordt ingegaan op effecten van maatregelen om ammoniak- en broeikasgasemissies en uit- en afspoeling van stikstof (N, NO₃) en fosfaat (PO₄) naar grond- en oppervlaktewater (waterkwaliteit) te beperken.

De belangrijkste resultaten van de analyses van emissiebeperkende bodemmaatregelen zijn:

- Het aantal landbouwdieren in Nederland wordt gereguleerd door fosfaatrechten voor melkvee en dierrechten voor pluimvee en varkens in de Meststoffenwet. Minder fosfaat- en/of dierrechten leiden tot minder landbouwdieren en daardoor tot minder ammoniak- en methaanemissies. Het aantal koeien wordt dus gereguleerd door fosfaatrechten en daarmee de fosfaatproductie per koe. Het is dus mogelijk dat het aantal koeien en de stikstofproductie (en ook de emissies van ammoniak- en methaan) toenemen binnen de fosfaatrechten als de fosfaatuitscheiding per koe door rantsoenmaatregelen verlaagd wordt.
- Weidegang heeft effect op de hoeveelheid mest die in de stal wordt uitgescheiden en opgeslagen en de hoeveelheid drijfmest en kunstmest die worden toegediend. In het algemeen kan gesteld worden dat meer weidegang leidt tot minder ammoniakemissie (uit stallen en uit de bodem; emissie uit toegediende drijfmest is hoger dan uit beweiding) en minder methaanemissie (doordat er minder mest wordt opgeslagen), maar tot meer lachgasemissie en nitraatuitspoeling, en met name als beweiding in de nazomer/najaar plaatsvindt.
- Emissiearme mesttoediening kan tot meer lachgasemissie leiden. Dit risico kan worden beperkt als bij een aanvullende kunstmestgift rekening wordt gehouden met de hogere stikstofwerking van de emissiearme toegediende mest. Er zou ook afwenteling naar nitraatuitspoeling kunnen optreden, maar dit risico is kleiner dan het risico op lachgasemissie.
- Een lager eiwitgehalte in het rantsoen leidt tot minder stikstof in de mest en dit kan ook tot minder nitraatuitspoeling en lachgasemissie leiden, behalve als het lagere stikstofgehalte in de mest gecompenseerd wordt door een hogere stikstofgift met andere meststoffen (kunstmest, compost of

dierlijke mest van een ander bedrijf). Binnen het stikstofgebruiksnormensysteem is het mogelijk om een lager stikstofgehalte in mest te compenseren met een hogere stikstofgift met andere meststoffen.

- Een lagere stikstofbemesting met kunstmest en/of dierlijke mest door verlaging van de gebruiksnormen zal tot minder stikstofemissies als ammoniak, nitraat en lachgas uit de bodem leiden. Opgemerkt wordt hierbij dat de stikstofgebruiksnormen al vaak onder het landbouwkundig advies liggen (met name in het zuidelijk zand- en lössgebied) en dat een verdere verlaging ertoe kan leiden dat bepaalde gewassen minder rendabel geteeld kunnen worden door een verlaging van de productiviteit. Dit kan leiden tot structurele veranderingen in de landbouw (andere teelten, andere manier van telen (extensiever), ander landgebruik), die in potentie wel, maar niet per definitie gunstig hoeven uit te pakken met betrekking tot reductie van stikstofemissies (dat is hier verder niet uitgezocht).
- Het verlagen van de gebruiksnorm dierlijke mest en/of die van stikstof en fosfaat leidt tot een hoger mestoverschot in Nederland. Dit kan leiden tot afwentelingen (bijvoorbeeld extra opslag van mest of bewerkte mest) en verhoogt de fraudedruk. Het kan ook leiden tot krimp van de veestapel en daarmee tot lagere stikstofemissies. Het kan ook leiden tot meer mestverwerking die dan elders wordt afgezet. Opgemerkt wordt dat indien een hoger mestoverschot leidt tot meer mestexport naar Duitsland en indien de geëxporteerde mest wordt toegepast in gebieden grenzend aan Nederland, er nog steeds een negatief effect op stikstofdepositie in Nederland van deze mest kan optreden.
- In de Meststoffenwet betekent verwerken van mest dat mest buiten de landbouw wordt afgezet (export, mestkorrels, verbranding). Bij mestbewerking (bv. scheiden van mest, vergisting) verandert de samenstelling van mest (of wordt de mest in fracties gescheiden) en blijven de nutriënten (of een deel er van) in de landbouw. Het effect van mestver- en bewerking op de verschillende emissies is sterk afhankelijk van de techniek die wordt toegepast en de emissies tijdens be- en verwerken, het effect op opslag van de mest(producten), de samenstelling (en risico op emissie) van de geproduceerde meststoffen en wijze van toediening. Er is geen algemeen oordeel te geven over effecten van mestbe- en verwerking. Als er aanvullende maatregelen worden genomen (zoals beperkte opslagduur en emissiearme opslag en toediening van producten uit mestbewerking), zijn er perspectieven om ammoniak- en broeikasgasemissies te beperken door mestbewerking.
- Vanggewassen zijn een efficiënte maatregel om nitraatuitspoeling te beperken, mits tijdig ingezaaid (vóór oktober). De organische stof in vanggewassen heeft een positief effect op de bodemkwaliteit; de stikstof die weer vrijkomt bij onderploegen in het volgende jaar kan worden gekort op de stikstofbemesting (en dat kan tot lagere ammoniak- en lachgasemissie leiden). Het onderwerken van vanggewassen of gewasresten kan tot meer lachgasemissie leiden. Daarnaast kunnen gewasresten ook een bron van ammoniak zijn.
- Bufferstroken langs oppervlaktewater en akkerranden kunnen de afspoeling van stikstof en fosfaat naar het oppervlaktewater beperken en kunnen een positief effect hebben op de biodiversiteit en bodemkwaliteit (afhankelijk hoe de bufferstrook wordt ingericht). Aangezien bufferstroken niet bemest worden, zullen bufferstroken ook leiden tot minder stikstoftoediening via mest en kunstmest (aannemend dat het oppervlak van de bufferstrook niet meetelt als landbouwareaal in de gebruiksnorm). Bufferstroken die niet meer meetellen in de gebruiksruijme, leiden tot minder plaatsingsruimte van mest, waardoor het mestoverschot toeneemt.
- Het beperken van de uitrijdperiode van mest is een maatregel om het risico op uit- en afspoeling van stikstof en fosfaat te beperken. Ook de emissie van lachgas zal daardoor worden beperkt. Verkorten van de uitrijdperiode (nu ongeveer half februari-1 september) leidt ertoe dat mest langer moet worden opgeslagen. Er is dan meer mestopslagcapaciteit nodig en de emissies van ammoniak en methaan (en lachgas bij vaste mest) uit de mestopslag nemen daardoor toe.
- In het algemeen kan gesteld worden dat het beperken van de uitrijdperioden leidt tot mesttoediening in warmere omstandigheden (gedurende het teeltseizoen) en daardoor tot een hogere ammoniakemissie.⁹
- Derogatie-eis van minimaal 80% grasland op bedrijfsniveau. Nitraatuitspoeling uit grasland is lager dan uit bouwland, o.a. door de langere groeiperiode van grasland en de hogere

⁹ In het nitraatactieprogramma is de eis opgenomen dat mest niet boven de 20°C uitgereden mag worden om zo ammoniakemissie te beperken. Deze eis is gesteld voor degenen die het gebruik van derogatie willen behouden, wordt afhankelijk van moeilijk te voorspellen variabelen (temperatuur) of geeft aanleiding tot interpretatie en verhoging van fraudedruk. De verminderde ammoniakemissie leidt tot een verhoogde 'belasting/bemesting'.

denitrificatiecapaciteit (microbiële afbraak van nitraat). De eis van minimaal 80% grasland leidt tot minder nitraatuitspoeling. Dit betekent dat het areaal mais op het bedrijf hierdoor wordt gelimiteerd. Om het eiwitgehalte in het ruwvoer te beperken en daarmee de ammoniakemissie, zou het maisaandeel in het rantsoen hoger moeten worden. Meer mais in het rantsoen vermindert ook de methaanemissie uit pensfermentatie. De verhouding gras-mais in het rantsoen en de daaraan gekoppelde verhouding van arealen grasland-maisland hebben dus een tegengesteld effect op enerzijds emissies van ammoniak en methaan en anderzijds de uitspoeling van nitraat. De emissie van lachgas zal toenemen als er meer mais wordt geteeld in plaats van gras (hogere emissie uit mest op maisland dan op grasland en emissie door scheuren van grasland bij omzetten grasland naar maisland).

- De keuze van gewassen en gewasrotatie hebben een effect op de stikstofemissies (ammoniak, nitraat en lachgas), omdat gewasstype een effect heeft op de hoogte van de stikstofgift, de stikstofbenutting, de methode waarop mest wordt toegediend (bv. bouwlandinjectie lage ammoniakemissie en hogere emissie bij toediening in een staand wintergraangewas) en de toevoer van organische stof. Er is geen algemene beoordeling te geven van het effect van het veranderen van de gewaskeuze op de verschillende emissies, maar er zijn wel risico's op afwenteling.
- Als drainagewater door ijzerzand wordt geleid of door met ijzer omhulde drains, kan het ijzer de fosfaat absorberen, zodat de belasting van oppervlaktewater met fosfaat afneemt. Deze maatregel heeft geen effect op andere emissies.
- Als drainagewater door houtsnippers wordt geleid, kan het uitspoelend nitraat worden geïmmobiliseerd of gedenitrificeerd voordat het oppervlaktewater bereikt. Bij deze maatregel is er een duidelijk risico op afwenteling naar lachgasemissie.
- Als er nieuwe meststoffen worden gebruikt door middel van recycling kan het mestoverschot toenemen indien dit meststoffen stikstof en fosfaat bevat. Toelating van deze stoffen wordt bij de huidige wetgeving gebaseerd op toetsing op landbouwkundige betekenis en milieubezwaarlijkheid (met sterke focus op contaminanten). Effecten op stikstofemissies zijn vaak niet bekend, maar zijn waarschijnlijk beperkt.
- Het verhogen van de leeftijd van grasland is een maatregel om koolstof vast te leggen, maar met een risico dat de stikstofbenutting van ouder wordend grasland lager wordt. Daarmee wordt het risico op nitraatuitspoeling en lachgasemissie hoger als mestgiften hier niet op worden aangepast. Minder vaak scheuren leidt tot een iets lagere ammoniakemissie, omdat gewasresten worden meegerekend bij de berekening van emissies.
- Achterlaten van gewasresten zoals stro is een maatregel om koolstofopslag te bevorderen. Deze maatregel kan tot meer nitraatuitspoeling en lachgasemissie leiden, afhankelijk van het type gewasrest. Gewasresten zijn ook een bron van ammoniakemissie, maar beperkt. Afvoer van gewasresten kan leiden tot lagere nitraatuitspoeling, lagere lachgasemissie en lagere ammoniakemissie.
- Meer toedienen van dierlijke mest en compost aan bouwland is een maatregel om organische stof toe te dienen. De gebruiksnormen stellen een maximum aan de hoeveelheid organische meststoffen die aan bouwland kunnen worden toegediend. De gebruiksnormen dierlijke mest worden niet opgevuld in de akkerbouw, waarschijnlijk omdat fosfaat en niet stikstof limiterend is. Er zijn binnen de huidige gebruiksnormen weinig mogelijkheden om meer organische stof via dierlijke mest en compost toe te dienen.
- Er zijn verschillende waterinfiltratiesystemen in het veenweidegebied in onderzoek; drainagesystemen (druk- en onderwater), slootpeilbeheer en geregeld of ongeregelde grondwaterstanden. Sommige systemen zijn gebaseerd op huidige landbouwsystemen (drainage), andere systemen (hoge grondwaterstand) vragen om aanpassingen van het landbouwsysteem (lagere productie, andere/lagere bemesting of kleinere koeienrassen om beweiding onder natte omstandigheden mogelijk te maken). Vernatting kan leiden tot meer uit- en afspoeling van fosfaat en waarschijnlijk ook stikstof en leidt tot meer lachgasemissie. Het effect op ammoniakemissie zal beperkt zijn. Als vernatting leidt tot extensivering, dan zal ammoniakemissie wel afnemen (en ook andere emissies).
- Natte teelten, zoals lisdodde, leiden tot een andere bemesting en waarschijnlijk tot minder gebruik van mest. De emissie van ammoniak zal afnemen als er geen mest wordt toegediend of het perceel snel onder water wordt gezet na bemesting. Er ligt een risico op afwenteling naar lachgasemissie en mogelijk ook naar methaanemissie.

-
- Bodemverbetering veengrond met klei. Het idee achter deze maatregel is dat de veenafbraak door toediening van klei wordt verminderd. Deze maatregel zal geen effect hebben op andere emissies.

In Bijlage 3 is een evaluatie gegeven van de effecten van mest-gerelateerde maatregelen op ammoniakemissie die zijn opgenomen in de tabellen uit de voorstellen van de integrale variant en stikstofvariant in het kader van de verdere aanpak van de stikstofproblematiek. De evaluatie van de effecten op waterkwaliteit en klimaat zijn in de tabellen in Bijlage 1 en 2 opgenomen.

2.6 Synthese

In het algemeen kan worden geconcludeerd dat maatregelen die leiden tot een lagere input van stikstof, koolstof en fosfaat via mest, kunstmest en andere bronnen (organische meststoffen, biologische stikstofbinding) of die leiden tot minder dieren, tot verlaging zullen leiden van de meeste emissies en dat het risico op afwenteling naar andere emissies beperkt is. Voorbeelden van dit soort maatregelen zijn minder vee door krimp of opkoop, minder stikstof en fosfaat in het voer en minder input van stikstof via kunstmest en andere bronnen; die maatregelen leiden alle tot extensivering en kunnen leiden tot een lagere gewasopbrengst.

Bij de meer technische maatregelen die gericht zijn op het beperken van de emissie van een specifieke stof in een deel van het landbouwsysteem (bijvoorbeeld ammoniakemissie uit stallen) ontstaat wel een risico op afwenteling. Bij afwenteling kan enerzijds gedacht worden aan afwenteling van het ene deel van het systeem naar het andere (bv. ammoniakemissiearme stallen leiden tot meer stikstof in de mest, waardoor de ammoniakemissie bij mesttoediening van hetzelfde volume mest toeneemt). Anderzijds kan er ook afwenteling van de emissie van de ene stof naar de andere stof optreden (bijvoorbeeld ammoniakemissiearme mesttoediening leidt tot meer lachgasemissie).

Ook kan een maatregel door conflicterende regelgeving ongewenste effecten hebben. Zo kunnen binnen het stikstofgebruiksnormensysteem maatregelen gericht op het verlagen van het stikstofgehalte in de mest (bv. eiwitarm voeren) gecompenseerd worden met een hogere gift met andere meststoffen. Het voorkomen van dit soort effecten vraagt om een geïntegreerde governance-benadering.

Afwenteling is lang niet altijd te voorkomen. Daarom is het zaak om de effecten van maatregelen integraal (gericht op klimaat, stikstof en waterkwaliteit) te beoordelen en af te wegen.

Bij het nemen van integrale maatregelen om de doelstellingen in de verschillende dossiers te realiseren, is het dus belangrijk om de risico's op afwenteling mee te wegen. Voor een overzicht van de afwentelingen per maatregel: zie Bijlage 1 en 2.

3 Integrale gebiedsgerichte aanpak in drie voorbeeldgebieden

3.1 Keuze van gebieden

Op verzoek van LNV wordt voor drie voorbeeldgebieden in beeld gebracht wat het effect is van een gebiedsgerichte aanpak op ammoniak- en broeikasgasemissies en nitraat- en fosfaatuit- en afspoeling. Verder wordt in beeld gebracht wat de sociaaleconomische effecten zijn van een gebiedsgerichte benadering. In overleg met het ministerie van LNV zijn gemeenten in drie karakteristieke gebiedstypen gekozen, aan de hand waarvan de regionale verschillen worden geïllustreerd.

Het gaat hierbij om:

- Gebied 1: Melkveehouderij in het veenweidegebied
- Gebied 2: Intensieve landbouw op zandgronden
- Gebied 3: Grondgebonden landbouw op zandgronden

Het startpunt van doelsturing door het ministerie van LNV is een gebiedsgerichte aanpak op basis van toekomstperspectieven voor sectoren en gebieden. Hiertoe heeft LNV Nederland in verschillende zones ingedeeld. In de zogenaamde A-gebieden blijft er volop ruimte voor landbouw en krijgt die zelfs voorrang. Deze landbouw voldoet aan de eisen die vanuit de milieugebruiksruimte gelden – aanpassing van teeltsystemen en omschakeling van veeteelt naar plantaardige teelten kan daar ook aan de orde zijn. In de zogenaamde B- en C-gebieden is het perspectief voor landbouw volgens de zonering van LNV minder. Hier is momenteel sprake van verschillende problemen, zoals droogte, hoge emissies van ammoniak en broeikasgassen en hoge uitspoeling van stikstof en fosfaat naar grond- en oppervlaktewater. Voorbeelden zijn de uitspoelingsgevoelige hoge zandgronden (B-gebied) waar forse aanpassingen in de landbouw nodig zijn omdat de milieugebruiksruimte beperkt is (bijvoorbeeld nitraatconcentratie in het grondwater). In C-gebieden zal de gebruiksfunctie volgens LNV veranderen richting natuur of zeer extensieve landbouw ondersteunend hieraan. Voorbeelden zijn het veenweidegebied (C1) en buffers nabij natuurgebieden (C2).

De gemeenten in voorbeeldgebied 1 (Melkveehouderij in het veenweidegebied) behoren tot zone C1, gemeenten in voorbeeldgebied 2 (Intensieve landbouw op zandgronden) herbergen zowel A-, B- als C- en D-zones en gemeenten in voorbeeldgebied 3 (Grondgebonden landbouw op zandgronden) behoren tot zone B.

3.2 Aanpak

Het was niet mogelijk om nieuwe berekeningen uit te voeren voor de drie voorbeeldgebieden met de maatregelen zoals geformuleerd in de twee beleidsvarianten binnen de korte tijd waarin deze studie moest worden uitgevoerd. Er is daarom gebruikgemaakt van de resultaten van een bestaande studie.

Vertrekpunt voor deze uitwerking is de landelijke WUR-scenariostudie Landbouw in Nederland in 2050 (Lesschen et al., 2020). Daarin worden vier hypothetische scenario's van de Nederlandse landbouw in 2050 geschetst, waarin op verschillende manieren wordt voldaan aan de verschillende milieudoelstellingen voor 2050, met een sterk accent op de doelstelling van klimaatneutrale landbouw. Er is ook in beeld gebracht wat de effecten van de maatregelen zijn op andere milieuthema's, zoals ammoniak en waterkwaliteit. De visie Kringlooplandbouw zoals gepresenteerd door de minister van LNV in september 2018¹⁰ is in deze scenariostudie ook een belangrijk vertrekpunt geweest.

¹⁰ <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-landbouw-natuur-en-voedselkwaliteit/visie-lnv>

In de rapportage van Lesschen et al. (2020) zijn de resultaten gepresenteerd op nationaal niveau. De berekeningen zijn in deze studie uitgevoerd op een lager schaalniveau, uitgezonderd de economische berekeningen, waardoor het mogelijk was om de drie genoemde voorbeeldgebieden te identificeren en een verkenning uit te voeren met een integraal pakket aan maatregelen. WUR heeft drie gebieden op basis van gemeentegrenzen geselecteerd; op verzoek van LNV wordt niet aangegeven welke gebieden dit exact zijn. Het integrale pakket aan maatregelen is identiek in de drie gebieden. Doordat de gebieden verschillen in landgebruik, bodem en veestapel zijn de milieueffecten van het maatregelenpakket per gebied wel verschillend.

Naast de effecten van maatregelen op de verschillende emissies, zijn ook sociaaleconomische consequenties kwalitatief in beeld gebracht.

3.3 Referentiescenario 2050

In de scenariostudie is een referentiescenario opgesteld voor 2050 (Lesschen et al., 2020). Dit referentiescenario is gebaseerd op een aantal verwachtingen met betrekking tot de ontwikkeling van de Nederlandse landbouw en het landgebruik. De specifieke aannames zijn grotendeels gebaseerd op het doortrekken van historische trends en het vaststaande beleid zoals dat begin 2019 is geformuleerd. Nog niet uitgewerkte bestaande beleidsvoornemens, bijvoorbeeld het Klimaatakkoord, waren dus niet meegenomen in het referentiescenario.

De belangrijkste aannames voor het referentiescenario zijn hieronder samengevat:

- Afname van het landbouwareaal met 6000 ha (0,3%) per jaar (conform historische trend)
- Sociaaleconomische ontwikkelingen zijn gebaseerd op het Shared Socioeconomic Pathway 2-scenario (SSP2)
- Uitgaan van het huidige en al vaststaande mest- en ammoniakbeleid:
 - Fosfaatrechten melkveehouderij en fosfaatplafond per sector
 - Totaal stikstof excretie plafond
 - Behoud derogatie dierlijke mesttoediening
 - Dierrechten voor varkens en pluimvee
 - Warme sanering van de varkenshouderij (afname van 7% dierplaatsen t.o.v. 2017)
 - Gebruiksnormen voor N en P toediening op gras- en akkerland zoals geldend voor 2019-2021¹¹
 - Invoering van het Besluit emissiearme huisvesting¹²
- Voor dierlijke mesttoediening is het uitgangspunt dat er geen overbesteding (normoverschrijding) meer plaatsvindt in 2050, aangezien technologie (Near-Infrared en gps-sensoren) strikte controle mogelijk maakt. Verder wordt er uitgegaan van 100% acceptatie van dierlijke mest door de akkerbouw en het eventuele overschot van dierlijke mest wordt verwerkt of geëxporteerd.
- Autonome opbrengstontwikkelingen van 2017 tot 2050:
 - Melkopbrengst per koe stijgt jaarlijks met 80 kg (conform historische trend) van 8675 kg naar 11315 kg melk per koe
 - Aantal biggen neemt toe tot van 30 tot 36 per zeug in 2050
 - Legperiode van leghennen neemt toe tot 100 weken
 - Graslandopbrengst neemt toe met 10% en snijmaisopbrengst met 20%
 - In de akkerbouw neemt de gewasopbrengst gemiddeld met 30% toe
- Rantsoen melkveehouderij:
 - Al het ruwvoer komt uit Nederland
 - Rantsoensamenstelling (verhouding gras/snijmais/krachtvoer) gelijk aan 2017
 - N- en P-benutting worden geoptimaliseerd onder invloed van fosfaatrechtenstelsel
- Verdeling gewasarealen akkerbouw:
 - Areaal volleggronds- en akkerbouwmatige groenten stijgt
 - Boomteelt (inclusief fruit) en bloembollen blijft stabiel
 - Rest van de gewassen daalt evenredig met daling totaalareaal

¹¹ <https://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mestbeleid/mest/tabellen-en-publicaties/tabellen-en-normen>

¹² <https://wetten.overheid.nl/BWBR0036748/2017-01-01>

3.4 Uitgangspunten WUR-studie Landbouw in Nederland 2050 en relatie met doelstellingen in de twee beleidsvarianten

In de landelijke studie van Lesschen et al. (2020) zijn uitgangspunten gekozen en maatregelen genomen in vier scenario's (zie Figuur 1). Hierbij is uitgegaan van voorgenomen en striktere beleidsdoelen (Tabel 1).

De doelstellingen in de studie van Lesschen et al. (2020) zijn doelstellingen gericht op emissiereductie zoals op nationaal niveau vastgesteld. In de scenario's in de studie van Lesschen et al. (2020) wordt in 2050 op nationaal niveau voldaan aan de gestelde doelstellingen van ammoniakemissie en stikstof- en fosfaatuit- en afspoeling (Tabel 1), ervan uitgaande dat de maatregelen op alle bedrijven worden toegepast. Ook kan worden voldaan aan de klimaatdoelstelling, mits een deel van het landbouwareaal wordt omgezet in bos en mits een deel van de landbouwgronden op veengrond uit productie wordt genomen.

Er zijn geen doelstellingen op regionaal niveau en ook geen doelstellingen met betrekking tot milieukwaliteit rechtstreeks meegenomen (bv. stikstofdepositie, biodiversiteit, nitraat en fosfaatconcentraties in grond- en oppervlaktewater). De milieugebruiksruimte bepaalt op landelijk niveau de emissieruimte voor broeikasgassen en ammoniak en de stikstof- en fosfaatuitspoeling naar het grond- en oppervlaktewater voor de landbouwsector in 2050. Daarnaast richt de studie zich op het integraal sturen op stikstof, klimaat en oppervlaktewaterkwaliteit. In die zin wijkt de vraagstelling af van de integrale variant en stikstofvariant in het kader van de verdere aanpak van de stikstofproblematiek, waarbij primair op stikstof wordt gestuurd.

Stikstof

De stikstofdoelen in Lesschen et al. (2020) (de striktere variant) zitten dicht tegen de integrale beleidsvariant aan met 50% emissiereductie, resulterend in depositie waarbij 74% van het areaal natuur onder de kritische depositie waarde (KDW) valt. Met de 50% emissiereductie uit het strikte scenario zou dit doel te halen zijn. Het Adviescollege Stikstofproblematiek (2020) geeft aan dat 50% reductie in 2030 resulteert in 74% bescherming van natuur.

Klimaat

De klimaatdoelstelling in Lesschen et al. (2020) (de voorgenomen variant) komt eveneens dicht in de buurt van het huidige beleid voor 2050 (compensatie van landbouwemissies door andere sectoren, al of niet binnen Nederland). Dit betekent een emissieplafond voor CH₄ en N₂O vanuit de landbouw (exclusief de glastuinbouw) van 9 Mton CO₂-eq. Dit is stringenter dan de doelstelling voor het zichtjaar 2030, dat in de stikstofvariant en integrale variant is gebruikt, nl. 22,2 Mton CO₂-eq (inclusief glastuinbouw, die in 2019 ca. een derde van de uitstoot veroorzaakte; Tiktak et al., 2021). Overigens is in de beleidsvarianten de glastuinbouw buiten beschouwing gelaten. De strikte klimaatvariant (die gecombineerd is met de strikte stikstofvariant) gaat uit van de uitwerking die nu door de Green Deal voor Europa wordt aangegeven: landbouw en landgebruik klimaatneutraal in 2050. Deze doelstelling geldt nog niet op nationaal niveau.¹³ De doelstellingen voor 2050 zijn dusdanig vastgesteld dat ervan uit wordt gegaan dat voldaan wordt aan de milieudoelstellingen.

Het scenario *Natuurinclusief voorgenomen*, waarbij voor klimaat wordt uitgegaan van bestaand beleid, komt het dichtst bij het huidige beleid voor het zichtjaar 2050.

Kwaliteit oppervlaktewater

Voor de kwaliteit van het oppervlaktewater stelt de Kaderrichtlijn Water (KRW) dat uiterlijk in 2027 alle wateren voldoen aan de vastgestelde normen. In de scenariostudie is voor oppervlaktewater voor de scenario's met voorgenomen beleidsdoelen de ondergrens van 12% reductie gebruikt en voor de

¹³ De EU heeft inmiddels het doel 'Klimaatneutraal in 2050' in de wet vastgelegd, maar Nederland nog niet. Het ministerie van EZK heeft dit wel, in afwachting van het nieuwe kabinet, in een brief aan de TK aangekondigd in de NL Klimaatwet te willen wijzigen. Als dat gebeurt, ligt er een (politiek) verdeelvraagstuk over de verschillende sectoren.

scenario's met striktere beleidsdoelen de bovengrens van 17% uit Groenendijk et al. (2016). Dit betreft echter een studie gebaseerd op metingen van destijds. Omdat met name in West-Nederland de waterkwaliteit verslechterd is, zullen de reducties hoger moeten zijn. De keuze voor de bovengrens (dus het striktere scenario) lijkt dan meer voor de hand te liggen dan de ondergrens (voorgenomen scenario).

In de studie zijn twee typen bedrijfsvoering geëvalueerd: *productiviteit gedreven* en *natuurinclusief*. In Tabel 2 staan de belangrijkste elementen van de bedrijfsvoering per scenario weergegeven.



Figuur 1 Schematische weergave van de opzet van de studie: vier scenario's waarin op een verschillende manier invulling wordt gegeven aan beleidsdoelen voor de landbouw in 2050 (Lesschen et al., 2020).

Tabel 1 Milieugebruiksruimtes voor de landbouw voor de twee varianten van milieubeleidsdoelen (voorgenomen en striktere milieubeleidsdoelen scenario's) in relatie tot de huidige (2017) emissies (Lesschen et al., 2020).

Onderwerp	Emissies 2017	Voorgenomen beleidsdoelen 2050	Striktere beleidsdoelen 2050
Klimaat (CH ₄ en N ₂ O)	19 Mton CO ₂ -eq	9 Mton CO ₂ -eq	Landbouw en landgebruik klimaatneutraal in Nederland
Klimaat (LULUCF)	6 Mton CO ₂ -eq	2 Mton CO ₂ -eq	Landbouw en landgebruik klimaatneutraal in Nederland
Ammoniak	110 kton NH ₃	85 kton NH ₃	50 kton NH ₃
Nutriënten (N en P) uit- en afspoeling ¹⁾	45 kton N 3,7 kton P	N: -12% P: -12%	N: -17% P: -17%
Kringlopen	N.v.t.	Sluiten mestvoer kringloop binnen Europa	Sluiten mestvoer kringloop binnen Europa
Klimaat (CH ₄ en N ₂ O)	19 Mton CO ₂ -eq	9 Mton CO ₂ -eq	Landbouw en landgebruik klimaatneutraal in Nederland

¹⁾ Het grondwater is niet als apart doel meegenomen. Dit omdat de nitraatnorm uit de Nitraatrichtlijn (50 mg/l) minder stringent is dan de norm voor oppervlaktewater vanuit de Kaderrichtlijn Water (KRW). Voor P (grondwaternorm van 2 mg P/l) geldt dit in nog sterkere mate.

Tabel 2 Overzicht van de belangrijkste elementen van de bedrijfsvoering per scenario.

BELANGRIJKSTE ELEMENTEN VAN DE BEDRIJFSVOERING PER SCENARIO		
	PRODUCTIVITEIT GEDREVEN BEDRIJFSVOERING	NATUURINCLUSIEVE BEDRIJFSVOERING
 Dier & productiviteit	Verdere verhoging productiviteit per dier en hectare	Stabilisering productiviteit
 Weidegang en uitloop	Beperkte tot geen weidegang en vrije uitloop	Veel weidegang en vrije uitloop voor varkens en pluimvee
 Bemesting	Efficiënte toepassing kunstmest en dierlijke mest Toepassing nitrificatieremmers	Veel minder kunstmest en meer stikstofbinding
 Landgebruik melkveehouderij	Intensief grasland en snijmais	Veel kruidenrijk grasland, minder snijmais
 Akkerbouw	Intensief bouwplan met groot aandeel aardappels en suikerbieten	Extensiever bouwplan met meer granen, peulvruchten

Voor ieder scenario is een pakket aan maatregelen gedefinieerd. In de productiviteit gedreven scenario's zijn meer technische en productiviteitsverhogende maatregelen gebruikt dan in de natuurinclusief-scenario's. Hier zijn de productiviteitsstijging, het gebruik van snijmais en het gebruik van toevoegmiddelen aan dier en bodem beperkt en wordt weidegang bij rundvee en uitloop bij varkens en pluimvee toegepast.

Voor ieder scenario is een pakket aan maatregelen gedefinieerd, passend bij de betreffende ontwikkelrichting van de landbouw en de milieugebruiksruimte. Bij de uitwerking van de scenario's wordt verondersteld dat alle landbouwbedrijven de geschetste ontwikkeling volgen en bijbehorende maatregelen nemen, bedoeld om inzicht en aanknopingspunten te bieden en de discussie over de toekomst van de landbouw te voeden. In de praktijk zal dat niet het geval zijn.

In Tabel 3 en Tabel 4 wordt een samenvatting gegeven van de maatregelen (en effecten van maatregelen). Basis 2050 is een pakket van technisch denkbare mitigatiemaatregelen passend binnen een productiviteit gedreven bedrijfsvoering, gecombineerd met het doortrekken van de historische trend in productiviteitsontwikkeling (ook wel autonome ontwikkeling genoemd, gelijk aan het referentiescenario). Een aantal maatregelen dat stuit op maatschappelijke weerstand (bv. geen weidegang, luchtdichte stallen) is hierin niet doorgevoerd. Dit pakket wordt toegepast in het scenario Productiviteit voorgenomen.

De maatregelen 'Alles uit de kast' zijn alle technisch denkbare mitigatiemaatregelen passend binnen een productiviteit gedreven bedrijfsvoering, gecombineerd met een bovengemiddelde productiviteitsstijging. Ook de technische maatregelen die momenteel stuiten op maatschappelijke weerstand (bv. geen weidegang, luchtdichte stallen) worden hierin meegenomen. Dit pakket wordt toegepast in het scenario *Productiviteit strikter*.

Bij de natuurinclusieve ontwikkelrichting is een pakket van mitigatiemaatregelen gehanteerd dat uitgaat van de principes van natuurinclusieve bedrijfsvoering 'extensief'. Dit komt onder andere tot uiting door uit te gaan van een zeer beperkte productiviteitsstijging. Ook worden minder externe inputs gebruikt en is er meer ruimte voor weidegang en uitloop. Dit pakket wordt toegepast voor de *Natuurinclusief voorgenomen*- en *Natuurinclusief strikter*-scenario's.

Naast de genoemde maatregelen zijn er ook maatregelen genomen op het gebied van landgebruik om te voldoen aan de klimaatdoelstellingen (meer bebossing en uit landbouw nemen van veengrond).

Wat betreft stalaanpassingen is er voor alle scenario's van uitgegaan dat in 2050 alle stallen zijn vernieuwd en zo zijn ingericht dat mestscheiding bij de bron en het frequent afvoeren van mest en urine naar een dichte opslag met thermische oxidatie van methaan mogelijk is. Dit resulteert bijvoorbeeld voor de melkveehouderij tot 75% reductie van zowel NH₃- als CH₄-emissie in alle scenario's.

Voor een gedetailleerde uitwerking van de uitgangspunten en methodische aanpak van het referentiescenario en de vier ontwikkelscenario's wordt verwezen naar Lesschen et al. (2020).

De scenario's bevatten deels impliciet en deels expliciet alle stal- en opslagmaatregelen en landbouwbouwbodemmaatregelen zoals benoemd in resp. Bijlage 1 en Bijlage 2. Wel is het zo dat de intensiteit van de maatregelen tussen de scenario's verschilt. Zo zullen in het extensieve pakket (ten behoeve van de natuurinclusieve scenario's) de stalmaatregelen minder vergaand zijn en worden de gebruiksnormen voor N en P verder aangescherpt dan bij het 'Alles uit de kast'-pakket (ten behoeve van de productiviteit gedreven scenario's). Analog is dit ook voor de maatregelen uit de beleidsvarianten (Bijlage 3). Zo valt de *Stimuleren omslag naar grondgebonden bedrijfsvoering* onder het extensieve pakket. Wel is het zo dat de maatregel *Verdunnen van mest* niet is meegenomen, aangezien dit niet meer relevant is, omdat in de scenariostudie uitgegaan is van 100% mestscheiding bij de bron. Hierdoor kunnen vaste mest en urine apart (al of niet in de vorm van een mineralen concentraat) toegediend worden, met een aanzienlijk lagere toedieningsemissie dan bij drijfmest.

Tabel 3 Samenvatting uitgangspunten ten aanzien van bedrijfsvoering en geschatte emissiereductie ten opzichte van de huidige emissies (2017) in de dierlijke productie in de drie gehanteerde maatregelenpakketten (zie Bijlage A in Lesschen et al. (2020) voor een gedetailleerde beschrijving).

Categorie		Invulling maatregelenpakket		
		Basis 2050	Alles uit de kast	Extensief
Stallen	Melkvee	Alle scenario's: combinatie van huisvestingmaatregelen ¹ t.b.v. reductie ammoniakemissies (75% reductie van NH ₃), frequent afvoeren van mest en urine naar een dichte opslag met thermische oxidatie van methaan (75% reductie van CH ₄ -emissies uit mest)		
		Uitgeademde methaan afvangen in ligbox (16% reductie van enterische CH ₄ -emissies)	Dichte stallen met luchtbehandeling methaan en ammoniak (75% reductie van CH ₄ , 85% reductie van NH ₃ -emissies)	Uitgeademde methaan afvangen in ligbox (16% reductie van enterische CH ₄ -emissies)
	Varkens	Alle scenario's: frequent afvoeren van mest en urine naar een dichte opslag, thermische oxidatie van CH ₄ -emissies uit mest (75% reductie van CH ₄ -emissies uit mest, 39-67% reductie van NH ₃ -emissies)	Luchtdichte stallen met luchtbehandeling ammoniak (90% reductie van NH ₃ -emissies)	
	Pluimvee	Volledige implementatie van huidige meest voorkomende Rav ¹⁴ staltypen (19-50% reductie van NH ₃ emissies)	Rav staltype met laagste NH ₃ -emissies (64-92% reductie van NH ₃ -emissies)	Rav staltype met strooisel met laagste NH ₃ -emissies (25-46% reductie van NH ₃ -emissies)
Weidegang en uitlopen	Melkvee	80% weidegang, 720 uur per jaar ²	Geen weidegang ^{2,3}	Alle dieren weidegang, 3600 uur per jaar (dag en nacht) ²
	Varkens	Geen uitloop (gelijk aan huidige situatie)	Geen uitloop (gelijk aan huidige situatie)	Alle dieren verharde uitloop ⁴
	Pluimvee	Beperkt aantal legbedrijven met vrije uitloop, vleeskuiken-bedrijven geen uitloop (gelijk aan huidige situatie)	Geen uitloop ^{3,4}	Alle dieren vrije uitloop ⁴ met maatregelen om N- en P-uitspoeling te voorkomen
Dieren en productiviteit	Melkvee	Productietoename 80 kg melk/jaar ² Fokken op lagere methaanemissie (22% reductie)	Productietoename 120 kg melk/jaar ² Fokken op lagere methaanemissie (22% reductie)	Productietoename 20 kg melk/jaar ² Fokken op lagere methaanemissie (22% reductie)
	Varkens	36 biggen/zeug/jaar ⁵ Vleesvarkens: - groeisnelheid 900 g/dag - Verbetering voederconversie met 7% (0-2% toename in emissies)	38 biggen/zeug/jaar ⁵ Vleesvarkens: - groeisnelheid 1000 g/dag - Verbetering voederconversie met 20% (0-3% reductie van emissies)	30 biggen/zeug/jaar ⁵ Vleesvarkens: Groeisnelheid en voederconversie vleesvarkens gelijk aan huidige niveau (geen effect op emissies)

¹⁴ Regeling ammoniak en veehouderij, <https://wetten.overheid.nl/BWBR0013629/2020-01-01>

Categorie	Invulling maatregelenpakket			
	Basis 2050	Alles uit de kast	Extensief	
Pluimvee	Legperiode van 100 weken. Vleeskuikens: 35% niet-reguliere en 65% reguliere rassen (49 vs. 59 g/dier/dag) (2-5% reductie van N ₂ O- en NH ₃ -emissies)	Legperiode van 120 weken. Reguliere vleeskuikens (59 g/dier/dag). (5-12% reductie van N ₂ O en NH ₃ emissies)	Legperiode van 90 weken. Traag groeiende vleeskuikens (43 g/dier/dag). (0-15% toename in N ₂ O en NH ₃ emissies)	
Rantsoenen	Melkvee	60% gras, 15% mais, 25% bijproducten/ mengvoer (eiwitarm) ² Voeradditieven om methaanemissie te reduceren (40% reductie van CH ₄ -emissies)	50% gras, 20% mais, 30% bijproducten/ mengvoer (eiwitarm) ² Voeradditieven om methaanemissie te reduceren (40% reductie van CH ₄ -emissies)	70% gras, 10% mais, 20% bijproducten/ mengvoer (eiwitarm) ² Voeradditieven om methaanemissie te reduceren (alleen natuurlijke producten; 20% reductie van CH ₄ -emissies)
	Varkens	Alle scenario's: toevoegen benzoëzuur aan rantsoen (8-16% reductie van NH ₃ -emissies)		
		Matige verlaging eiwitgehalte (16-22% reductie van NH ₃ - en N ₂ O- emissies)	Sterke verlaging eiwitgehalte (31-33% reductie van NH ₃ - en N ₂ O-emissies)	
	Pluimvee	Matige verlaging eiwitgehalte (15-20% reductie van NH ₃ - en N ₂ O-emissies)	Sterke verlaging eiwitgehalte (25-30% reductie van NH ₃ - en N ₂ O-emissies)	

¹ Combinatie van bronmaatregelen beschreven in (Groenestein et al., 2019), o.a. frequent verwijderen, verbeterd mestschuiven, spoelen, luchtzuivering nok en andere maatregelen zoals urease-remmers.

² Het gecombineerde effect van veranderingen in melkproductieniveau, rantsoen en weidegang is geschat op: (basis 2050 pakket) 12% toename in CH₄-emissies, 6% reductie van N₂O-emissies, 6% reductie van NH₃-emissies; (alles-uit-de-kast-pakket) 21% toename in CH₄-emissies, 17% reductie van N₂O-emissies, 2% toename in NH₃-emissies; (extensief) 6% reductie van CH₄-emissies, 65% toename in N₂O-emissies, 35% reductie van NH₃-emissies.

³ Toename in NH₃-emissies worden grotendeels weer afgevangen in de stal (aangenomen is geen verandering in netto-emissies).

⁴ Effecten van uitloop van varkens en pluimvee op CH₄-, N₂O- en NH₃-emissies zijn nog grotendeels onbekend. Aangenomen zijn de volgende emissiereductiepercentages t.o.v. reguliere stallen zonder uitloop, uitgaande van een goed ontworpen uitloop: (varkens) 54% reductie in CH₄-emissies, geen verandering in NH₃- en N₂O-emissies; (pluimvee) gelijkblijvende emissies CH₄ en N₂O, 3-5% reductie (extensief pakket) in NH₃-emissies (toename in NH₃-emissies in het alles uit de kast pakket worden afgevangen in de stal).

⁵ Aangenomen is een hogere biggenproductie bij een gelijkblijvend aantal zeugen, met weinig effect op emissies per dierplaats.

De in Tabel 3 genoemde veranderingen (reducties en toename) betreffen de verandering per dier. Hoe dit uiteindelijk uitpakt op gebieds- en nationale schaal, hangt af van de ontwikkelingen in dieraantallen en gewasarealen, die per scenario verschillen. In Tabel 4 met uitgangspunten ten aanzien van bemestingsmaatregelen zijn geen reductiepercentages vermeld, omdat de effecten (op emissie naar oppervlakte water) niet apart per maatregel zijn doorgerekend. Het inschatten/berekenen van de effecten van bemestingsmaatregelen op waterkwaliteit betreft een complexer vraagstuk dan dat van stalmaatregelen op emissie. Dit laatste betreft veelal een lineair proces.

Tabel 4 Samenvatting uitgangspunten ten aanzien van bemestingsmaatregelen in de drie gehanteerde maatregelenpakketten (zie Bijlage A Lesschen et al. (2020) voor een gedetailleerde beschrijving).

Categorie	Invulling maatregelenpakket			
		Basis 2050	Alles uit de kast	Extensief
Mesthoeveelheid	Akkerbouw	N- en P-gebruiksnormen aanscherpen, beperkte verlaging kunstmestgift (met 15 kg N/ha) door teelt stikstof-bindende eiwitgewassen		N- en P-gebruiksnormen aanscherpen, verlaging kunstmestgift (met 30 kg N/ha) door teelt stikstofbindende eiwitgewassen
	Melkvee	N- en P-gebruiksnormen aanscherpen, kunstmestgift verminderen door toepassing grasklaver in tijdelijk grasland (30 kg N/ha)	N- en P-gebruiksnormen aanscherpen, beperkte toepassing grasklaver in tijdelijk grasland (10 kg N/ha)	N en P gebruiksnormen aanscherpen, kunstmestgift sterk verminderen door toepassing grasklaver in tijdelijk en permanent grasland (80 kg N/ha)
Type bemesting	Akkerbouw	Toepassing van nitrificatieremmers in kunstmest (10% reductie N ₂ O-emissie) en toediening van de in de stal gescheiden vaste mest als meststof	Toepassing van nitrificatieremmers in kunst en dierlijke mest (20% reductie N ₂ O-emissie) en toediening van de in de stal gescheiden vaste mest als meststof	Toediening van de in de stal gescheiden vaste mest als meststof
	Melkvee	Toepassing van nitrificatieremmers in kunstmest (10% reductie N ₂ O-emissie) en toediening van de in de stal gescheiden vaste mest als meststof	Toepassing van nitrificatieremmers in kunstmest en dierlijke mest (20% reductie N ₂ O-emissie) en toediening van de in de stal gescheiden vaste mest als meststof	Toediening van de in de stal gescheiden vaste mest als meststof
Mestplaatsing	Akkerbouw	Precisiebemesting en infiltreren/bezinken van oppervlakkige afspoeling		
	Melkvee	Toepassing sleepvoetverbod, precisiebemesting, en aanbrengen bufferstroken in grasland		Verhoging diversiteit grasland
Timing mestaanwending	Akkerbouw	Aanvullende toedieningsmaatregelen mest en groenbemesters		
	Melkvee	Aanvullende toedieningsmaatregelen mest en verhogen van leeftijd grasland		

3.5 Uitwerking

De scenariostudie is toegepast op nationaal schaalniveau. De resultaten van de landelijke studie zijn in het kader van de onderhavige studie vertaald naar de drie regio's. Hierbij benadrukken we nogmaals dat de uitgangspunten van de landelijke studie en de optimalisatie van dieraantallen en landgebruik op landelijk niveau als een gegeven beschouwd zijn. De maatregelenpakketten zijn dus niet specifiek per gebied gemaakt, maar door verschillen in landgebruik, bodem en veestapel zijn de milieueffecten wel per gebied verschillend.

De landelijke resultaten met betrekking tot de ontwikkeling van dieraantallen zijn naar de gebieden geschaald op basis van de huidige dieraantallen in de gebieden. Verder is, op basis van de per scenario gehanteerde uitgangspunten, het benodigde landgebruik in de gebieden berekend. Voor de scenario's waarin bleek dat technische maatregelen ontoereikend zijn voor het behalen van de milieudoelen, zijn de benodigde veranderingen van het landgebruik (vergroten areaal bos, veengrond uit productie) en de noodzakelijke krimp van de veestapel ook vertaald naar de gebieden. De bij de scenario's behorende milieueffecten zijn eveneens geschaald naar de gebieden.

Per gebied is op deze wijze inzicht gekregen in de verandering in dieraantallen, grondgebruik en emissies.¹⁵ In dit rapport wordt ingegaan op de emissies van ammoniak, de uitspoeling van nitraat naar grondwater en van stikstof en fosfaat naar oppervlaktewater, de emissies van methaan en lachgas, de CO₂-emissie gerelateerd aan veranderend landgebruik alsmede het fosfaatoverschot.

Voor de relatie met stikstofdepositie kon geen gebruik worden gemaakt van de resultaten van de scenariostudie, omdat die daarin niet zijn meegenomen. Om toch een zeer indicatieve uitspraak te kunnen doen over de effecten van de scenario's op de depositie, is de volgende procedure toegepast (grotendeels analoog aan Van den Burg et al. (2021)):

- De relatieve NH₃-emissiereducties per gebied en per scenario zijn geschaald naar een landelijk effect op de emissie en de daaruit resulterende NH₃-depositie op 100m×100m t.g.v. de Nederlandse landbouw.
- Voor de reducties van de bijdrage uit het buitenland is ervan uitgegaan dat die voldoen aan de eisen uit de Europese NEC-richtlijn, waarin een reductie is vastgesteld van 25% voor NO_x en 15% voor NH₃.
- Voor de reductie van de Nederlandse NO_x-emissie is 25% aangenomen.

Vervolgens zijn de gemiddelde depositie op de stikstofgevoelige habitats én het areaal overschrijding van de KDW bepaald voor de N2000-gebieden die (geheel of gedeeltelijk) liggen in provincies waarin de drie gebieden liggen.

3.6 Effecten van maatregelenpakketten in de scenario's op drie voorbeeldgebieden

Om de verschillen in effecten tussen de gebieden met elkaar te kunnen vergelijken zijn de emissies uitgedrukt in kg (of ton) per hectare landbouwareaal (en niet als totale emissie per gebied).

Voor de drie gebieden worden de resultaten van de volgende scenario's getoond:

- Emissie in 2017 (huidig)
- Referentie 2050
- Referentie 2050 + productiviteit gedreven landbouw, voorgenomen beleid
- Referentie 2050 + productiviteit gedreven landbouw, strikt beleid
- Referentie 2050 + natuurinclusieve landbouw, voorgenomen beleid
- Referentie 2050 + natuurinclusieve landbouw, strikt beleid

3.6.1 Arealen

Uit Figuur 2 blijkt dat de verhouding grasland – bouwland sterk verschilt tussen de drie regio's. Deze verhouding heeft een groot effect op de verschillende emissies, namelijk:

- De nitraatuitspoeling is lager in grasland dan in bouwland, omdat grasland een betere stikstofbenutting en langere stikstofopnameperiode heeft en omdat denitrificatie hoger is in grasland dan in bouwland (grasland bevat meer gemakkelijke afbreekbare organische stof, de energiebron voor denitrificerende bacteriën). Het lagere risico op nitraatuitspoeling in grasland dan in bouwland vormt de wetenschappelijke onderbouwing van de derogatie van 250 of 230 kg N per ha graasdierenmest voor bedrijven met meer dan 80% grasland (CDM, 2021¹⁶).

¹⁵ De resultaten zijn gebaseerd op een studie waarbij de maatregelen en optimalisatie op nationale schaal zijn uitgevoerd. Dit betekent dat er bij de neerschaling naar gebieden artefacten kunnen optreden, zoals:

- Doordat de maatregelen niet gebiedspecifiek zijn toegepast, kan er in het ene gebied sprake zijn van een overschatting van de effecten en in een ander gebied van onderschatting.
- Doordat de optimalisatie op landelijke schaal heeft plaatsgevonden, kan het schalen naar gebieden ertoe leiden dat, afhankelijk van de verdeling, er meer areaal wordt toegekend dan er oorspronkelijk is. Zo blijkt dat er in gebied 1 bij diverse scenario's sprake is van een toename van het totale landbouwareaal ten opzichte van 2017. Omdat gebied 1 vnl. uit grasland bestaat, kan op gebiedsniveau de toename in gras niet gecompenseerd worden door de afname in bouwland.

¹⁶ <https://www.wur.nl/web/file?uuid=33bfe99e-9d22-45fa-a734-1a13e7e75623&owner=497277b7-cdf0-4852-b124-6b45db364d72&contentid=571431&elementid=16984983>

- Lachgasemissie uit dierlijke mest is hoger in bouwland dan in grasland, terwijl lachgasemissie uit kunstmest (nitraathoudend) hoger is in grasland dan in bouwland.
- Ammoniakemissie is lager bij bemesting met dierlijke mest op bouwland dan op grasland, omdat een deel van de mest met bouwlandinjectie wordt toegediend, afhankelijk van de grondsoort. Bouwlandinjectie heeft een lagere emissie dan zoden- of sleepvoetbemesting op grasland.
- Koolstofopslag is hoger in grasland dan in bouwland.
- Er kan meer mest worden toegediend aan grasland dan aan bouwland binnen het stelsel van gebruiksnormen (stikstof, fosfaat en dierlijke mest).
- Op grasland kan beweiding plaatsvinden; beweiding heeft een effect op alle emissies (zie volgende paragrafen).
- De verhouding grasland-maisland heeft invloed op de rantsoensamenstelling van melkvee en daarmee op de stikstofuitscheiding en de ammoniak-, lachgas- en nitraatemissies, alsmede methaanemissie.

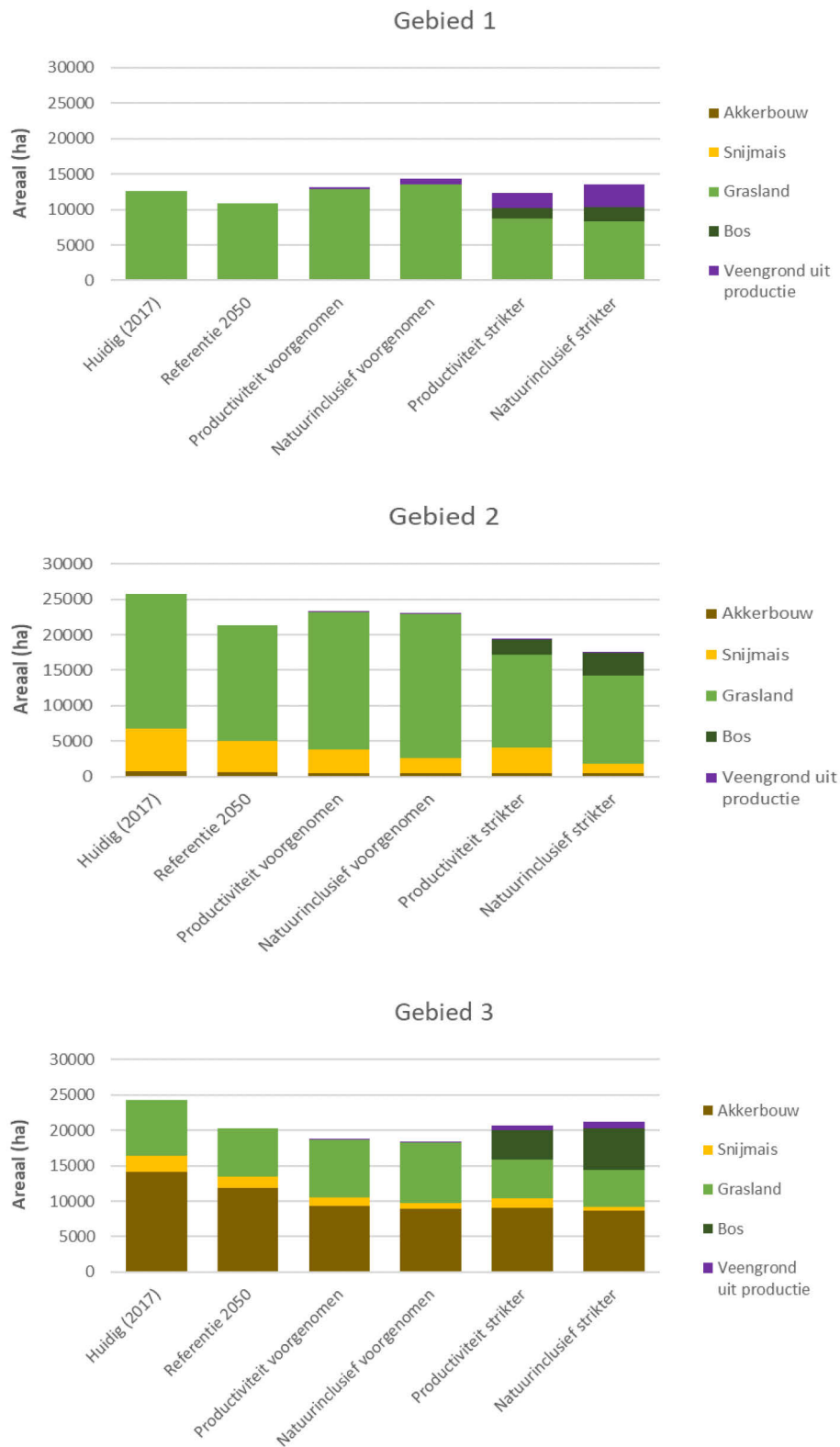
Om de in deze studie vastgestelde doelstellingen met betrekking tot de broeikasgasemissies te halen, kan niet volstaan worden met technische en managementmaatregelen. Er is ook een verlaging in de emissies uit landgebruik noodzakelijk. Dit kan onder andere gerealiseerd worden door de koolstofvastlegging in bossen te verhogen en door CO₂-emissies uit veengronden te verminderen. Bosaanleg (gebied 2 en 3) en het uit landbouw nemen van veengronden (gebied 1) zijn de belangrijkste redenen van de daling van areaal landbouwgrond in de verschillende scenario's. Naarmate de milieugebruiksruimte strikter wordt geïnterpreteerd, zoals klimaatneutraliteit voor de Nederlandse landbouw en landgebruik, geeft dit flinke veranderingen in grondgebruik.

3.6.2 Aantal dieren

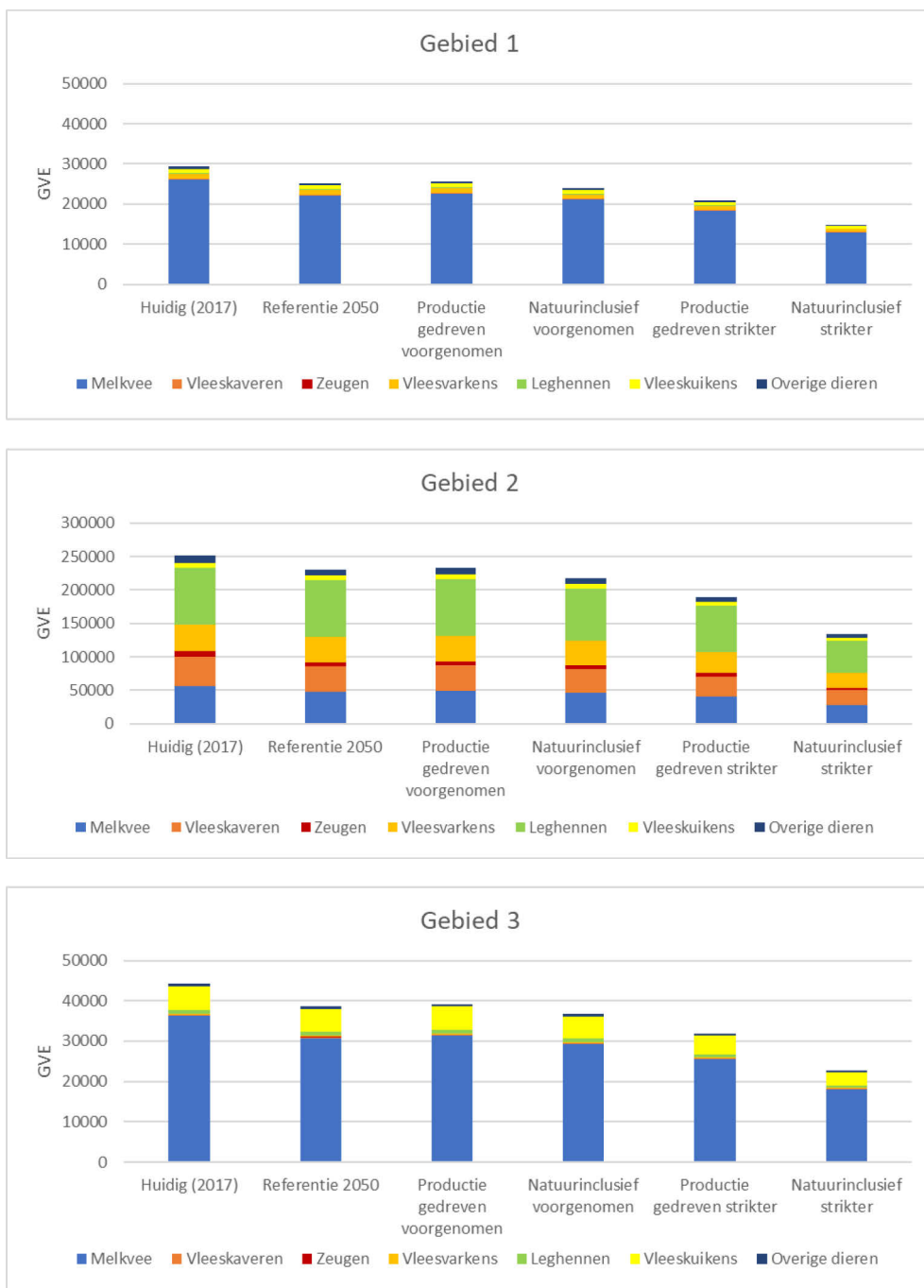
In gebieden 1 en 3 maakt melkvee het grootste deel uit van de veestapel (zie Figuur 3). In gebied 3 komen daarnaast relatief ook veel vleeskuikens voor. Gebied 2 heeft veruit de hoogste veedichtheid met zowel veel runderen, varkens als pluimvee.

Het type veehouderij heeft een groot effect op emissies uit stallen en mestgebruik en ook op het landgebruik en de daaraan gerelateerde emissies (zie hierboven). In het *Natuurinclusief voorgenomen*-scenario vindt een krimp van 6% van de veestapel plaats ten opzichte van het referentie-2050-scenario, doordat de milieubeleidsdoelen niet op alle vlakken worden gehaald via het maatregelenpakket. De melkveehouderij zal door de grondgebondenheid en extensivering meer grasland per dier nodig hebben. Aangezien mogelijkheden voor uitbreiding van het grasland areaal beperkt zijn (wegens beschikbaarheid van landbouwgrond dan wel gronddruk van andere sectoren), is afname van de melkveestapel noodzakelijk. In de pluimveehouderij neemt de fosfaatexcretie in de natuurinclusieve scenario's toe door de lagere voederconversie, waardoor het fosfaatplafond (onderdeel van het mestbeleid) voor deze sector wordt bereikt en er minder dieren gehouden kunnen worden.

In het *Productiviteit strikter*-scenario zijn de milieubeleidsdoelen strenger. Het strikte maatregelenpakket wordt ingezet om aan de doelen te voldoen. De opgave rond het verminderen van broeikasgasemissies levert ondanks het toegepaste maatregelenpakket onvoldoende op om te voldoen aan het klimaatdoel van netto klimaatneutrale landbouw en landgebruik. Hierdoor zijn ook structurele maatregelen nodig en krimpt de veestapel met 18% ten opzichte van de Referentie 2050 en ca. 25% ten opzichte van de huidige situatie. In de studie van Lesschen et al. (2020) wordt uitgegaan van een proportionele krimp van de veestapel, waardoor alle sectoren met hetzelfde percentage moeten krimpen om aan de milieubeleidsdoelen te voldoen. In het *Natuurinclusief strikter*-scenario vindt met 42%, ten opzichte van de Referentie 2050 en ca. 50% ten opzichte van de huidige situatie, een forse krimp van de veestapel plaats. Voor dit scenario wordt, net als in het *Natuurinclusief voorgenomen*-scenario, het extensieve maatregelenpakket toegepast. Het reductiepotentieel van dit maatregelenpakket is echter onvoldoende om te voldoen aan het doel van netto klimaatneutrale landbouw en landgebruik binnen Nederland. Vandaar de noodzakelijke krimp van de veestapel.



Figuur 2 Ontwikkeling van het landbouwareaal (in ha) per scenario voor gebied 1, 2 en 3.



Figuur 3 Ontwikkeling omvang veestapel (uitgedrukt in GrootVeeEenheden; 1 melkkoel = 1 GVE) per scenario voor gebied 1, 2 en 3.

3.6.3 Ammoniakemissie

De ammoniakemissie per ha in 2017 is het hoogst voor gebied 2 (veel intensieve veehouderij), gevolgd door gebied 1 (veenweidegebied met melkveehouderij) en gebied 3 (extensieve veehouderij); zie Figuur 4.

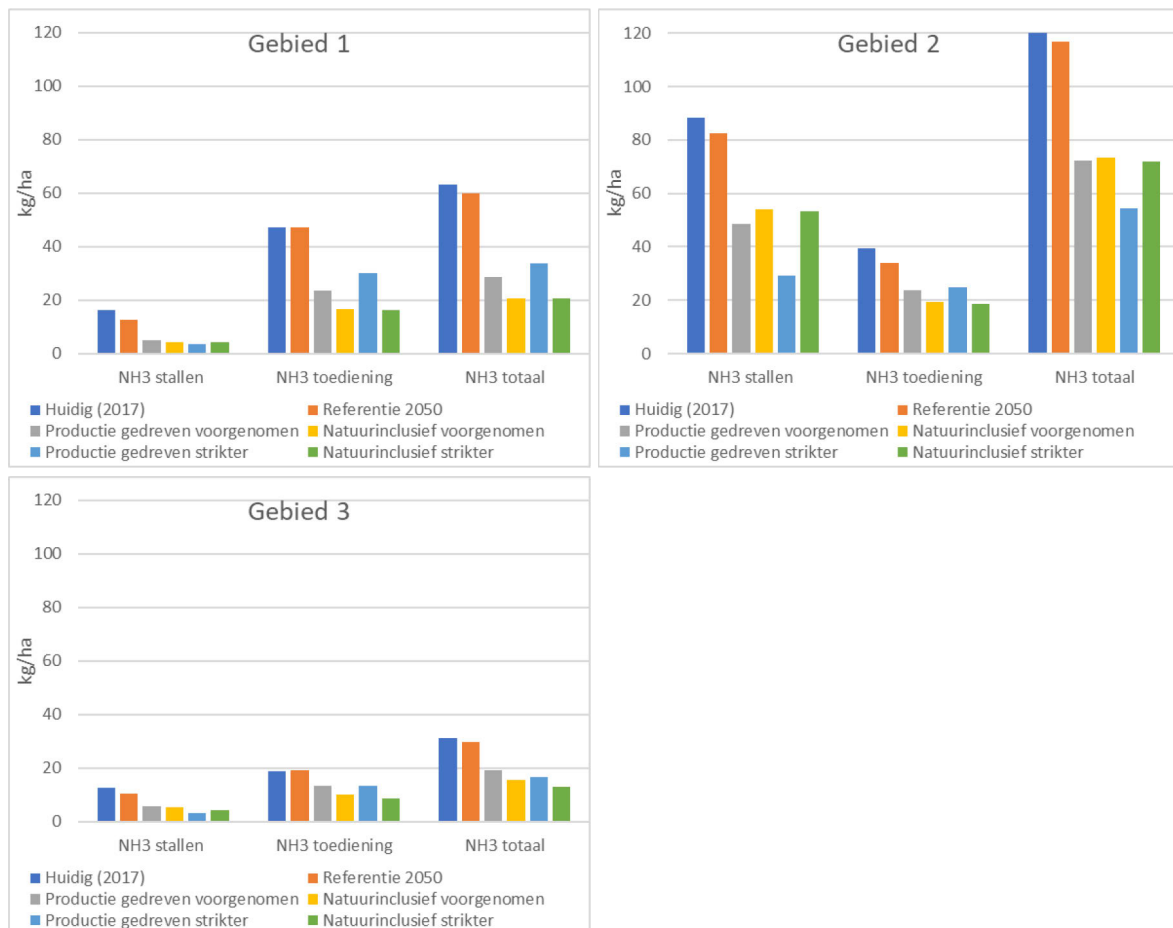
In gebied 2 zijn de stalemissies hoog door het grote aandeel intensieve veehouderij; de emissie vanuit stallen is hoger dan via mesttoediening. In gebied 1 en 3 met vooral melkvee is de emissie uit mesttoediening hoger dan die uit stallen. Deze gegevens laten zien dat stalmaatregelen een groter effect zullen hebben op de ammoniakemissie in gebied 2 dan in de twee andere gebieden. In gebied 2 is bovendien sprake van mestexport; vrijwel alle pluimveemest wordt geëxporteerd. Deze mest levert wel stalemissie, maar geen toedieningsemissie.

De ammoniakemissie neemt in het Referentiescenario 2050 (doortrekken van historische trends en het vaststaande beleid zoals dat in begin 2019 is geformuleerd) beperkt af ten opzichte van 2017, in alle gebieden.

De twee natuurinclusieve scenario's leiden tot de grootste emissiereductie in het veenweidegebied. Toename van beweiding in die scenario's speelt hierbij een grote rol. De emissie in het productiviteit gedreven scenario met strikte maatregelen neemt toe in het veenweidegebied (gebied 1). Dit wordt veroorzaakt doordat beweiding afneemt en de hoeveelheid mest in stallen en daarmee de stalemissie toeneemt.

In gebied 2 hebben technische maatregelen (*Productiviteit gedreven strikter*-scenario) het grootste effect. Het gaat hierbij met name om maatregelen om emissie uit stallen te beperken. Maatregelen om emissiearm mest toe te dienen, hebben een kleiner effect dan de stalmaatregelen in dit gebied.

Ook in het zandgebied met extensieve landbouw (gebied 3) leidt het natuurinclusieve maatregelenpakket, waaronder meer beweiding, tot een grotere reductie dan de technische maatregelen (zoals vergaande stalaanpassingen). De effectiviteit van maatregelen is in gebied 1 en 3 vergelijkbaar en duidelijk anders dan in gebied 2 met intensieve landbouw, waar veel technische maatregelen worden genomen.



Figuur 4 Ammoniakemissie uit de landbouw (vanuit stallen en opslagen, toediening en totaal; in kg NH₃/ha) bij doorvertaling van de nationale 2050-scenario's naar de drie gebieden.

3.6.4 Effecten op N-depositie en overschrijding KDW

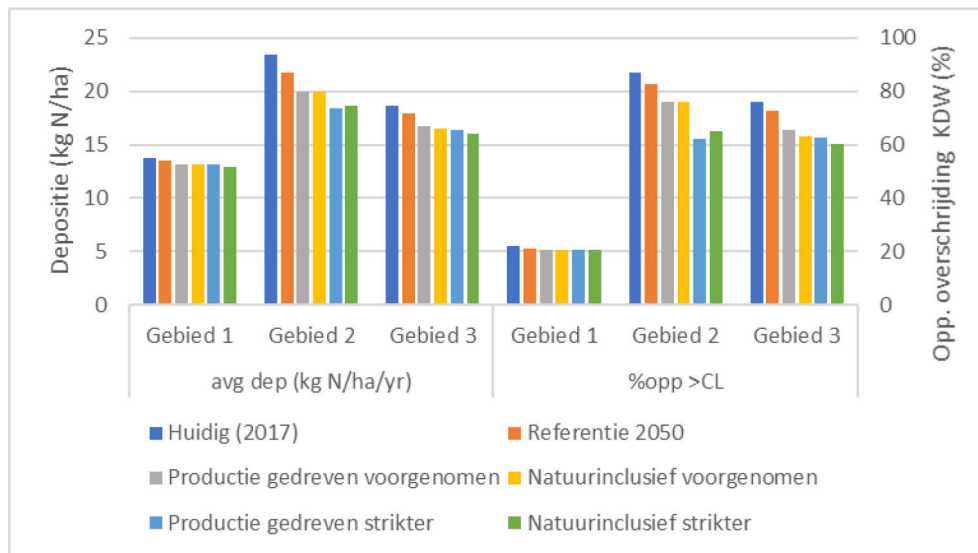
In Figuur 5 wordt een indicatie gegeven van het effect van de scenario's op de gemiddelde totale N-depositie op de N-gevoelige natuur in de N2000-gebieden die liggen in dezelfde provincie als waarin de gekozen gebieden liggen. Ook wordt het areaal met een overschrijding van de kritische depositie

waarden (KDW) gegeven. De onderbouwing met berekeningen hiervoor is te vinden in Gies et al. (2021).

In de provincie met het veenweidegebied (gebied 1) wordt op 20% van het oppervlak van stikstofgevoelige natuur de KDW overschreden. Maatregelen om ammoniakemissie te beperken, hebben beperkt effect op de stikstofdepositie in deze regio en de overschrijding van het areaal boven de KDW.

In gebied 2 wordt op ongeveer 80% van het oppervlak van stikstofgevoelige natuur in de betreffende provincie in 2017 de KDW overschreden. Maatregelen om emissie te beperken (zie vorige paragraaf), leiden tot een daling van de stikstofdepositie. Bij de strikte maatregelen in het productiviteit gedreven-scenario (dus vooral technische maatregelen) neemt de depositie het sterkst af en wordt de KDW nog op ca. 60% van het oppervlak van stikstofgevoelige natuur overschreden.

In gebied 3 wordt op ongeveer 75% van het oppervlak van stikstofgevoelige natuur in de betreffende provincie in 2017 de KDW overschreden. Bij de strikte maatregelen in het natuurinclusieve scenario neemt de depositie het sterkst af, maar wordt de KDW nog op 60% van het oppervlak van stikstofgevoelige natuur overschreden.



Figuur 5 De ontwikkeling van de N-depositie (kg N/ha) op de gevoelige habitats en de overschrijding van de KDW (% oppervlak) in de N2000-gebieden in de provincie waar het gebied ligt bij doorvertaling van de nationale 2050-scenario's naar de drie gebieden.

3.6.5 Stikstofuitspoeling naar oppervlaktewater, nitraatuitspoeling naar grondwater en fosfaatoverschot

Uit Figuur 6 blijkt dat de stikstofuitspoeling vanuit de bovengrond naar het oppervlaktewater het grootst is in gebied 2 en 3, de zandgebieden met veehouderij. Opgemerkt moet worden dat hier alleen de stikstofuitspoeling naar het oppervlaktewater uit bemesting wordt beschouwd. Stikstof die vrijkomt uit veen door mineralisatie en oppervlakkige afspoeling van meststoffen zijn twee andere processen die leiden tot belasting van het oppervlaktewater met stikstof. Ook in het veenweidegebied is de waterkwaliteit van oppervlaktewater een aandachtspunt (zie paragraaf 4.3 Discussiepunten), maar dit komt niet tot uiting in de berekende uitspoeling in Figuur 6.

Bij nitraatuitspoeling naar het grondwater zijn er grote verschillen tussen de drie regio's. De nitraatconcentraties in het veenweidegebied zijn laag. Dit komt doordat veengronden nat zijn en veel organische stof bevatten; hierdoor is er sprake van afbraak van nitraat door het microbiële proces denitrificatie. Dit proces treedt alleen op onder zuurstofloze omstandigheden. Denitrificatie is ook de

belangrijkste bron van lachgas; veengronden zijn daardoor een grotere bron van lachgasemissie dan zand- en kleigronden.

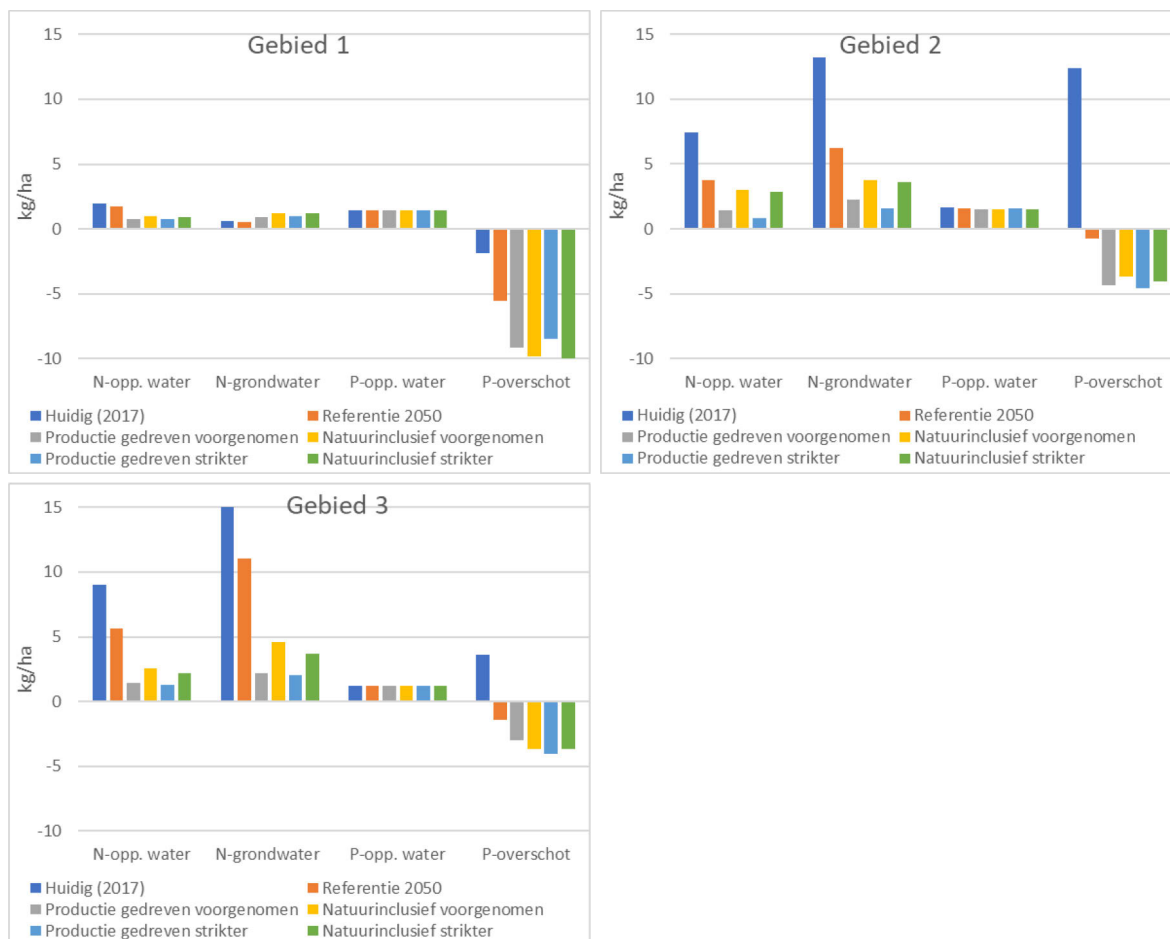
De nitraatuitspoeling naar het grondwater in het zandgebied met intensieve veehouderij (gebied 2) is lager dan die met extensieve veehouderij, ondanks de hogere mestdruk en ondanks dat de zandgronden in gebied 2 gevoeliger zijn voor nitraatuitspoeling (diepe grondwaterstanden, waardoor minder denitrificatie optreedt). De reden voor de lagere nitraatuitspoeling in gebied 2 dan in gebied 3 is dat in gebied 2 de verhouding grasland-bouwaland hoger is dan in gebied 3 (zie Figuur 6).

De nitraatuitspoeling in het kader van natuurinclusieve scenario's nemen minder sterk af dan in de scenario's met de productie gedreven scenario's. Belangrijkste reden is beweiding. Beweiding leidt tot meer nitraatuitspoeling dan toediening van drijfmest (zie ook CDM, 2021). Hoe omgaan met beweiding is een belangrijk aspect in de discussie over integraliteit. Beweiding leidt tot minder ammoniak- en methaanemissies, maar tot meer nitraatuitspoeling en lachgasemissie. Duidelijk is te zien dat de bemestingsmaatregelen (Tabel 4) die worden genomen in de productiviteit gedreven systemen leiden tot een forse reductie in nitraatuitspoeling (Figuur 6).

Veel oppervlaktewater voldoet niet aan de fosfaatdoelstellingen. Fosfaatuitspoeling uit landbouwgronden is een proces dat langzaam verloopt en het kan tientallen jaren duren voordat maatregelen om fosfaatuitspoeling te beperken zichtbaar zijn. Dit blijkt uit de berekende fosfaatuitspoeling: er is (nu nog) geen effect van maatregelen op de fosfaatuitspoeling (Figuur 6).

Het fosfaatoverschot op de bodembalans (fosfaataanvoer via meststoffen minus fosfaatafvoer via geoogst gewas) wordt gebruikt als indicator voor fosfaatuitspoeling. De resultaten laten zien dat er in 2017 een negatief fosfaatoverschot was in het veenweidegebied (gebied 1). Dit is bekend; er heeft een forse aanscherping van fosfaatgebruiksnormen plaatsgevonden, waardoor de gemiddelde fosfaatbodembalans in Nederland in de buurt ligt van evenwichtsbemesting (Fraters et al., 2020). In alle regio's nemen de fosfaatoverschotten verder af, ook al in het Referentiescenario 2050. Opgemerkt wordt dat een negatieve fosfaatbalans weliswaar op termijn leidt tot minder fosfaatuitspoeling, maar op kortere termijn kan op sommige bedrijven een beperkte aanvoer van fosfaat leiden tot lagere fosforgehalten in ruwvoer en uiteindelijk ook tot opbrengstreductie (dit laatste als de fosfaattoestand van de bodem relatief laag is).

Oppervlakkige fosfaatafspoeling treedt op tijdens hevige regenval en dit is wel een snelle route van fosfaatuitspoeling naar het oppervlaktewater. Aangezien dit proces incidenteel optreedt, kan dit niet gemodelleerd worden met de modellen die door Lesschen et al. (2020) zijn toegepast. Deze route van fosfaatbelasting van oppervlaktewater is daarom niet meegenomen, maar kan in sommige jaren een aanzienlijke bijdrage leveren aan de fosfaatbelasting van oppervlaktewater (Van der Salm et al., 2012).



Figuur 6 De ontwikkeling van de N- en P-toevoer (resp. in kg N/ha en kg P/ha) naar oppervlaktewater, nitraat naar grondwater (in kg N/ha) en het P-overschot (in kg P/ha) vanuit de landbouw bij doorvertaling van de nationale 2050-scenario's naar de drie gebieden.

3.6.6 Methaan- en lachgasemissies

De volgorde in methaanemissie in de drie gebieden is gebied 3 < gebied 1 < gebied 2 (Figuur 7). Deze volgorde is gerelateerd aan veedichtheid, omdat pensfermentatie van rundvee en mestopslagen de twee belangrijkste bronnen van methaan zijn. In de referentie 2050 neemt de methaanemissie iets toe door de hogere melkproductie en daaraan gekoppelde voeropname. In alle gebieden leiden de verschillende scenario's tot minder methaanemissie. De laagste methaanemissie treedt op bij het productiviteit strikter-scenario door het toepassen van technische stalmaatregelen en voermaatregelen. Meer beweiding is een oorzaak voor de hogere methaanemissie bij de natuurinclusieve scenario's.

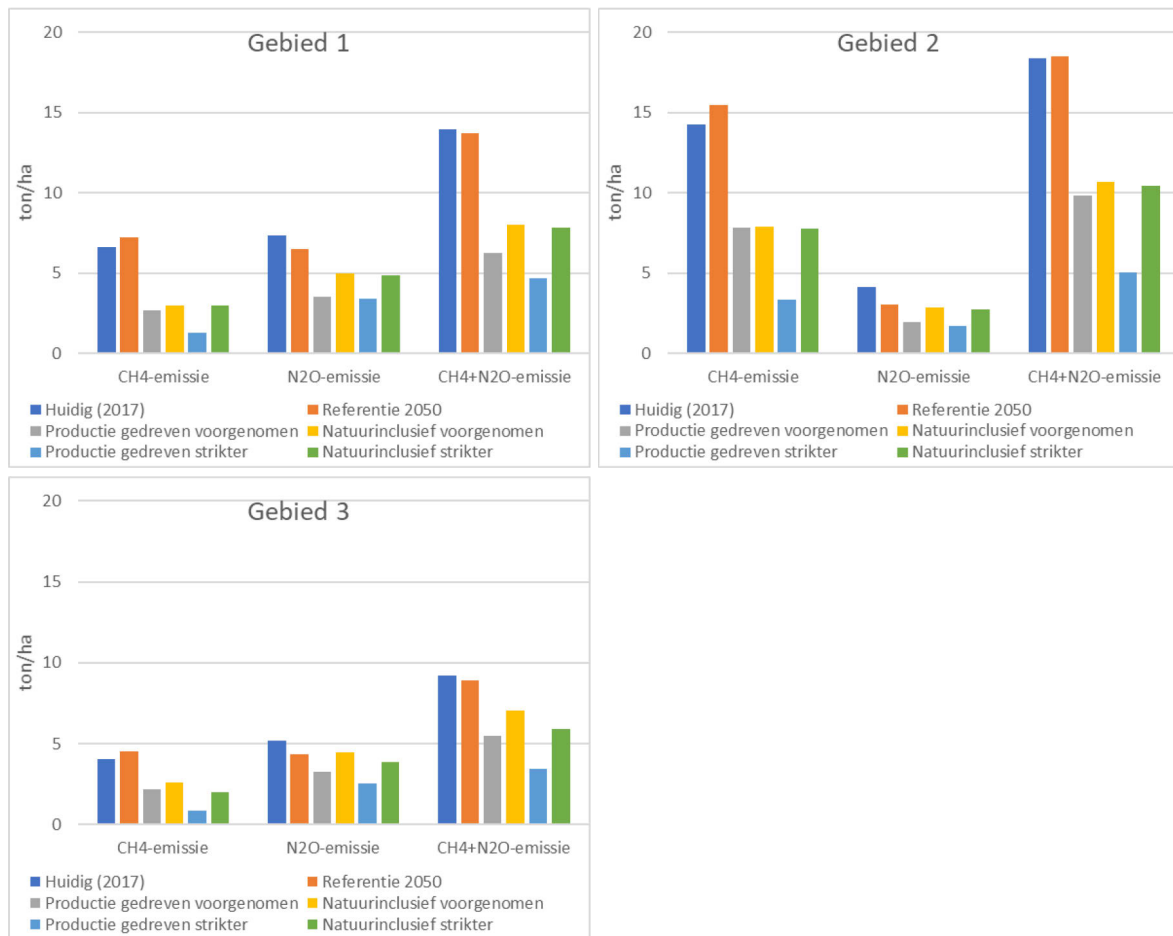
De lachgasemissie is het hoogst in het veenweidegebied (gebied 1) en het extensieve veehouderijgebied (gebied 3). Zoals eerder aangegeven, is de lachgasemissie hoog in veengronden doordat natte omstandigheden en organische stof denitrificatie stimuleren. De verschillen tussen de twee zandregio's worden waarschijnlijk veroorzaakt doordat in de extensieve regio relatief meer mest aan bouwland wordt toegediend dan aan grasland (zie Figuur 2). Lachgasemissie uit dierlijke mest is hoger bij bouwland dan bij grasland (Van der Zee et al., 2021).

Beweiding leidt tot een hogere lachgasemissie dan toediening van mest. Daarom neemt de lachgasemissie in de natuurinclusieve scenario's minder sterk af dan in productiviteit gedreven-scenario's.

De lachgasemissie in het productiviteit gedreven-scenario met strikte maatregelen is het laagst; dit wordt veroorzaakt door lagere bemestingsnormen en toepassing van nitrificatieremmers.

In alle gebieden neemt de totale broeikasgasemissie door lachgas en methaan het sterkst af in het productiviteit gedreven-scenario met strikte maatregelen. Dit wordt veroorzaakt door een lagere

methaanemissie door stalaanpassingen en mestverwerking en een lagere lachgasemissie door lagere gebruiksnormen en nitrificatieremmers.



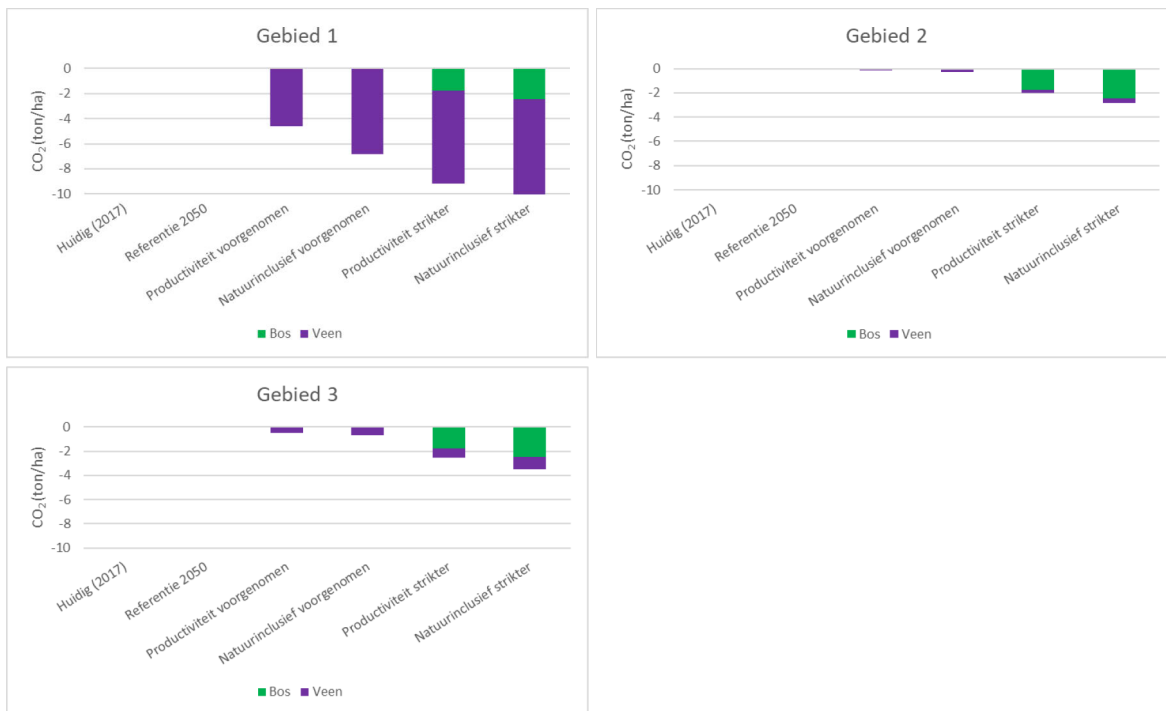
Figuur 7 De ontwikkeling van de CH₄- en N₂O-emissie en de som van beide van de landbouw (uitgedrukt in CO₂-equivalenten) bij doorvertaling van de nationale 2050-scenario's naar de drie gebieden.

3.6.7 CO₂-emissiereductie door het vergroten van het areaal bos en het uit productie nemen van veengrond

Bosuitbreiding resulteert in vastlegging van CO₂, terwijl ontbossing en het veenweidegebied nog steeds een bron zijn van CO₂. Door het uit productie nemen tezamen met peilverhoging is de CO₂-emissie uit veengronden te verlagen. De aanplant van 1 ha bos resulteert in de vastlegging van 12 ton CO₂ per ha per jaar en peilverhoging van veengronden resulteert in een emissiereductie van tussen de 6 en 12 ton CO₂ per ha per jaar (afhankelijk van het scenario). In Figuur 8 zijn de effecten van de scenario's op CO₂-emissie door landgebruiksverandering gegeven.

Resultaten laten zien dat in het veenweidegebied (gebied 1) de grootste reductie in CO₂-emissie wordt behaald door het uit productie nemen van veengronden. In gebied 2 is, door de geringe aanwezigheid van veengronden, met name emissiereductie te realiseren door het omzetten van landbouwgrond in bos. Gebied 3 neemt een tussenpositie in, waarbij zowel met het uit productie nemen van veengronden als met bosconversie CO₂-emissie te reduceren is.

Ook de omzetting van bouwland naar grasland leidt tot CO₂-vastlegging, maar dit effect kon vanwege de neerschaling van de nationale studie naar drie voorbeeldgebieden niet gekwantificeerd worden voor de drie gebieden. Het gaat hier bovendien veelal om een relatief klein aandeel: een emissie reductie van < 0.1 ton CO₂/ha.



Figuur 8 De CO₂-emissies (in ton CO₂/ha) die worden bespaard door het uit productie nemen van veengronden en het omzetten van landbouwgrond in bos (uitgedrukt in CO₂-equivalenten) bij doorvertaling van de nationale 2050-scenario's naar de drie gebieden.

3.6.8 Biodiversiteit in natuurgebieden

Naast de belangrijke parameter stikstofdepositie uit de lucht (zie paragraaf 3.6.4) wordt de natuur door nog een aantal factoren bedreigd. Deze drukfactoren omvatten kortweg vermessing, verzuring, verdroging en versnippering, waarbij de stikstofdepositie een belangrijke bijdrage levert aan vermessing en verzuring. Het verminderen of opheffen van drukfactoren draagt bij aan het herstel en vergroten van de veerkracht van de natuur en daarmee aan de natuurkwaliteit. Voor natuurherstel dienen alle aspecten die bijdragen aan verbetering van de natuurkwaliteit, en daarmee bijdragen aan een verbetering van de landelijke staat van instandhouding, in ogenschouw genomen te worden. Kort gezegd: het opheffen van de ene drukfactor is niet uitwisselbaar met de andere, maar alle tezamen bepalen de natuurkwaliteit.

Op dit moment loopt er onderzoek naar de beoordeling van de mate waarin habitattypen op de middellange termijn (dertig jaar) te behouden/herstellen zijn met behulp van herstelbeheer, uitgaande van adequaat regulier (vervolg)beheer. Klimaat en klimaatverandering worden daarin echter niet expliciet meegenomen.

In Lesschen et al. (2020) wordt niet ingegaan op de effecten van de scenario's op Natura 2000-gebieden op grond van habitattypen. Daarom hebben we in Tabel 5 op basis van een lijst van drukfactoren in veenweidegebieden en zandgebieden (Bijlsma, pers. comm) die aangepakt moeten worden om natuurkwaliteit te vergroten, door deskundigen een beoordeling te laten geven hoe scenario's hieraan bijdragen. Zie ook de WOT-brochure Vogel- en Habitatrichtlijnrapportage 2019.

Op het niveau van de scenario's zal er overall een positief effect zijn. Op het niveau van afzonderlijke maatregelen is afwenteling mogelijk. Bv. meer beweiden bij het Natuurinclusief scenario kan een hogere uit- en afspoeling tot gevolg hebben.

Tabel 5 Drukfactoren op natuur in veenweide- en zandgebieden (Bijlsma, pers. comm) en score (0 - +++)¹⁾ van de verwachte bijdrage van de scenario's van Lesschen et al. (2020) aan het verminderen van drukfactoren.

Drukfactor op natuur	Typen gebieden			Scenario's				
	Huidige situatie (veenweidegebied)	Huidige situatie (intensief zandgebied en grondgebonden zandgebied)	Productiviteitgericht voorgenomen	Productiviteitgericht strikt	Natuurinclusief voorgenomen	Natuurinclusief strikt		
Landgebruik grasland/veehouderij	Grootschalig intensief benutte gras/weilanden, uniform, monocultuur, bloemarm; voedsel- en nectaraanbod zeer laag voor insecten en dus ook voor de rest van de voedselketen	Grootschalig, uniform, geëgaliseerd, monocultuur, bloemarm, sterk bemest (geïnjecteerd); voedsel- en nectaraanbod zeer laag voor insecten en dus ook voor de rest van de voedselketen	0 Vergelijkbaar met huidige situatie; areaal snijmais iets lager dan huidige situatie	+	Minder areaal in productie (veen); wel veel monocultuur; binnen milieuen klimaatrandvoorwaarden boeren (geen beweiding, alleen maaien, vee binnen)	+++ Idem als natuurgericht strikt maar iets 'intensiever' dan strikt (minder areaal uit productie; iets meer vee). NI maatregelen zijn zelfde; areaal snijmais neemt af	++++ Veen uit productie Veen vernatten Natuurinclusief boeren (variatie in gras) Minder dieren/ha; areaal snijmais neemt meest af, vervangen door gras (kruidenrijk grasland)	
Landgebruik akkers		Monocultuur tot in de randen, overwegend mais, sterk bemest, veel bestrijdingsmiddelen, geen overstaand gewas voor overwinterende vogels	+	Areaal snijmais iets lager dan huidige situatie; extensiever bouwplan (1:4 rotatie) andere teelten met name eiwitgewassen, iets minder rooigewassen; beperkte toepassing minimale grondbewerking	0	Areaal snijmais iets lager dan huidige situatie; beperkte toepassing minimale grondbewerking	++	Extensief bouwplan (1:5 rotatie) met rustgewassen en minder rooigewassen; minder snijmais; sterke inzet minimale grondbewerking
Waterkwaliteit	Veel te veel nitraat, fosfaat, sulfaat in oppervlaktewater	Veel te veel nitraat, fosfaat, sulfaat in oppervlaktewater en via inzijging ook in lokaal grondwater	+	Technische maatregelen om N-uitspoeling tegen te gaan, beperkt beweiding, precisiebemesting wordt toegepast	++	Technische maatregelen om N-uitspoeling tegen te gaan, geen beweiding, precisiebemesting wordt toegepast	+	Striktere bemestingsmaatregelen maar meer beweiding en dus minder controleerbaar

Drukfactor op natuur	Typen gebieden			Scenario's		
	Huidige situatie (veenweidegebied)	Huidige situatie (intensief zandgebied en grondgebonden zandgebied)	Productiviteitgericht voorgenoemen	Productiviteitgericht strikt	Natuurinclusief voorgenoemen	Natuurinclusief strikt
Verdroging ¹⁷		Regionale kwel en kwel vanuit dekzandruggen niet meer aanwezig of afgevangen, niet meer beschikbaar in wortelzone, laat staan aan of boven maaiveld; ook het gevolg van egalisatie			Meer kruidenrijk grasland en daardoor minder gevoelig voor verdroging	Meer kruidenrijk grasland en daardoor minder gevoelig voor verdroging
Peilbeheer (in de scenario's is alleen gekeken naar peilbeheer in veengebieden)	Te weinig seizoensfluctuaties en inundaties met gebufferd water, grondwaterstand overwegend te laag	Agrarisch ingesteld	+ Onderwaterdrainage; droger in winter (dus geen uitspoeling), natter in zomer Betere efficiëntie van nutriënten	+ Onderwaterdrainage; uit productie genomen grond wordt broekbos/moeras (<10 cm)	++ Peilverhoging; veel extensief hoog peil (20-30 cm)	++ Vernatten veen mineralisatie wordt teruggedrongen, minder intensief boeren, minder watertekort; peilbeheer naar <10 cm (broekbos, moeras) en extensief hoog peil (20-30 cm)
Natuur	Verdwenen of kleine, geïsoleerde populaties van kwaliteitssoorten (in zin van SNL); echter: er lijkt nog wel een vitale zaad- en sporenbank aanwezig (voor eventueel herstel van schraallanden)	Intensief zandgebied Extreem hoge N-depositie; verdwenen of kleine, geïsoleerde populaties van kwaliteitssoorten (in zin van SNL); echter: er lijkt nog wel een vitale zaad- en sporenbank aanwezig (voor eventueel herstel van schraallanden) Grondgebonden zandgebied een betere uitgangssituatie met een relatief grote oppervlakte natuurreservaat en relictpopulaties van	0 Zelfde scores als landgebruik	++ <i>Alle stallen emissie 0 (voor ammoniak belangrijk) en areaal uit productie</i>	++ Want ammoniakemissie laag en areaal uit productie	+++ Meer grond voor natuur alle emissies N naar omlaag, minder vee

¹⁷ Niet meegenomen in Lesschen et al. (2020).

Drukfactor op natuur	Typen gebieden			Scenario's		
	Huidige situatie (veenweidegebied)	Huidige situatie (intensief zandgebied en grondgebonden zandgebied)	Productiviteitgericht voorgenomen	Productiviteitgericht strikt	Natuurinclusief voorgenomen	Natuurinclusief strikt
		kwaliteitssoorten; door aankoop van landbouwgronden die fungeren als inzigtgebieden en door natuurontwikkeling, zijn hydrologie en waterkwaliteit deels hersteld; N-depositie was vanouds relatief laag maar neemt toe; intensieve landbouw, verdroging en kwaliteit oppervlaktewater blijven drukfactoren				
Invasieve soorten	Met name kreeften					+ ? want natuurlijke systeem wordt hersteld

¹⁾ 0 = geen effect, + = gering (positief) effect, ++ = matig effect, +++ = sterk effect, ++++ = zeer sterk effect.

3.6.9 Biodiversiteit in het agrarisch gebied

Uit een kwalitatieve beoordeling van effecten van de scenario's en maatregelen op agrobiodiversiteit blijkt dat de twee natuurinclusieve scenario's het grootste effect hebben op de agrobiodiversiteit akkerbouw en melkveehouderij en op het landschap en soortenbiodiversiteit (Tabel 6).

Tabel 6 Score van de scenario's voor de biodiversiteit indicatoren agrobiodiversiteit en landschappelijke kwaliteit en soortenbiodiversiteit (Lesschen et al., 2020).

	Productiviteit voorgenomen	Natuurinclusief voorgenomen	Productiviteit strikt	Natuurinclusief strikt
Agrobiodiversiteit akkerbouw	-	+	-	+
Agrobiodiversiteit melkveehouderij	-	+	-	+
Landschap en soortenbiodiversiteit	-	+	0	++
Effect van bedrijfsvoering in alle scenario's	Van -- tot ++	Van -- tot ++	Van -- tot ++	Van -- tot ++

3.6.10 Sociaaleconomische gevolgen

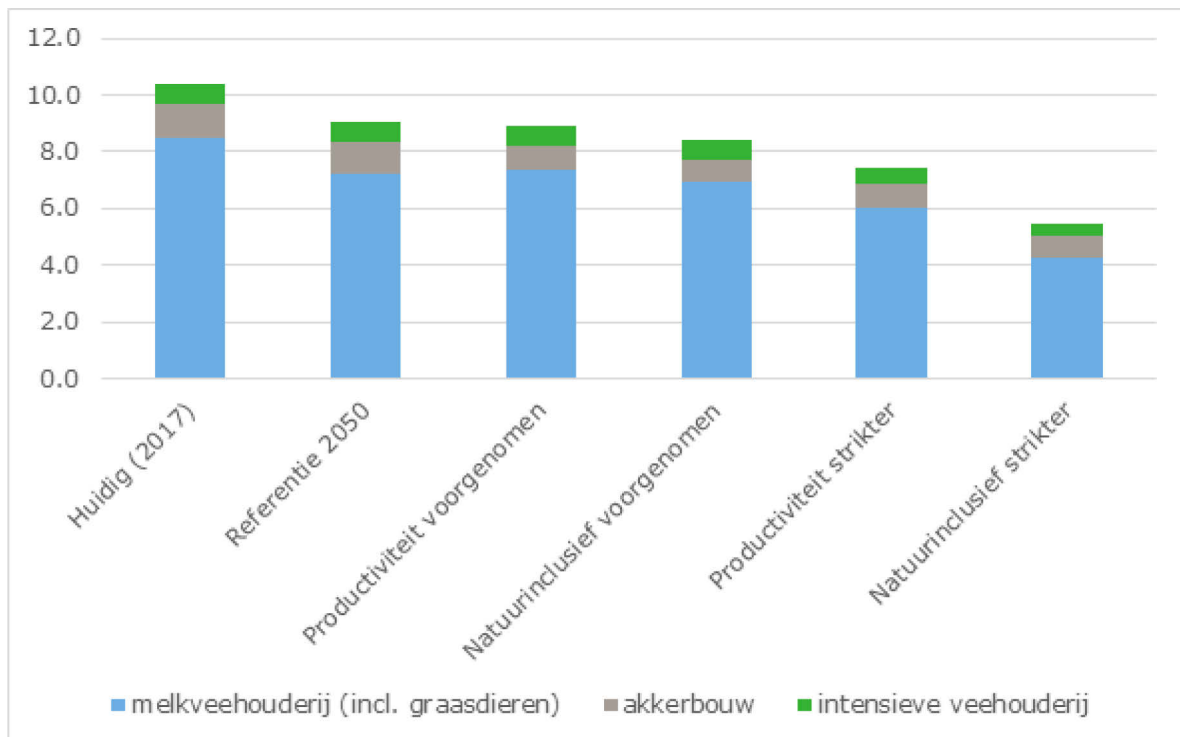
De in de studie van Lesschen et al. (2020) gebruikte economische modellen opereren op nationale schaal en zijn in beginsel niet geschikt voor analyses op het niveau van de drie gebieden. Heel globaal kan er wel iets gezegd worden over de sociaaleconomische gevolgen voor de gebieden.

Figuur 9, gebaseerd op Lesschen et al. (2020), geeft het effect van de scenario's op de 'equivalente-toegevoegde waarde 2019' van de landbouwsector aan voor geheel Nederland. Voor de figuur is als basis de toegevoegde waarde van 2019 genomen, die voor de melkveehouderij, akkerbouw en intensive veehouderij op respectievelijk circa 1,2 miljard euro, 8,5 miljard euro en 0,7 miljard euro uitkomt. Merk op dat bij de indicator 'equivalente toegevoegde waarde 2019' de productiestructuur constant wordt gehouden met betrekking tot de situatie in 2019. Echter in de diverse scenario's moeten maatregelen worden genomen die de toegevoegde waarde ten opzichte van de situatie in 2019 verder onder druk kunnen zetten. De extra kosten en/of investeringen die volgen uit de beleidspakketten met milieumaatregelen leiden tot aanpassing in de kostenstructuur en kostenniveaus en kunnen daarom tot een lagere toegevoegde waarde per eenheid product/dier leiden. Dit betekent dat de (extra) kosten die gepaard gaan met technische maatregelen die moeten worden geïmplementeerd om emissiereducties te realiseren (bijvoorbeeld door investeringen in emissiearme stallen), niet in de hier gepresenteerde 'equivalente toegevoegde waarde 2019' zijn meegenomen. De reden daarvoor is de onzekerheid rond de kosten van deze emissie-reducerende maatregelen¹⁸ (die deels nog in ontwikkeling zijn of nog moeten worden gecommmercialiseerd) (zie voor details Lesschen et al. (2020), Bijlage 1), onduidelijkheid over welke specifieke combinatie van maatregelen voor een gebied optimaal is en ook het gebrek aan informatie over de mate waarin dergelijke maatregelen via het beleid zullen worden gefaciliteerd (bijvoorbeeld met gerichte subsidies en/of het GLB) (Jongeneel en Gonzalez-Martinez, in prep).

In de 'equivalente toegevoegde waarde 2019' is dus het effect van inkrimping van de veestapel wel meegenomen, maar het effect van operationele kosten en kosten samenhangend met investeringen van emissie reducerende maatregelen niet. Het weergegeven effect op de echte te realiseren

¹⁸ Ter indicatie dat het hier om substantiële investeringen zal gaan het volgende: In een recente melkveehouderijsectorstudie werden benodigde investeringsbedragen berekend voor het emissiearm maken van stallen en het creëren van voldoende wateropslag om verdund mest te kunnen uitrijden. Deze bedroegen gemiddeld 87 duizend euro per bedrijf, waarvan het merendeel (84%) voor stallen. Opgeteld voor de hele sector zou dit op circa 930 miljoen euro uitkomen. Daarnaast werd er nog extra in grond geïnvesteerd ten opzichte van het basisscenario 2030. Gemiddeld kwam dat uit op 37 duizend euro per bedrijf. Op sectorniveau zou dit betekenen dat er circa 390 miljoen euro extra in grond zou worden geïnvesteerd. In zijn totaliteit zouden de extra investeringen voor ammoniakmaatregelen in stallen, wateropslag en grond daarmee op circa 1,3 miljard euro uitkomen (Reijs et al., 2021). In de hier geanalyseerde maatregelen gaat het om een veel breder pakket aan maatregelen, om een grotere mate van extensivering (grondaankopen) en om meer sectoren.

toegevoegde waarde wordt daarmee onderschat: de werkelijke toegevoegde waarde kan lager zijn dan wat in Figuur 9 wordt weergegeven, omdat er netto kosten voor de maatregelen moeten worden gemaakt die in de huidige weergave nog niet zijn verrekend.



Figuur 9 Omvang en samenstelling van 'equivalente-toegevoegde waarde 2019' in de landbouw voor de huidige situatie en de verschillende 2050 scenario's (in miljard euro) (Bron: gebaseerd op Lesschen et al. (2020), Figuur 21).

De 'equivalent toegevoegde waarde 2019' van de geanalyseerde primaire sectoren bedraagt in het referentiescenario voor Nederland als geheel in totaal circa 9 miljard euro. In het Productiviteit voorgenoemen scenario neemt deze waarde naar schatting nog met circa 100 miljoen euro af tot 8,9 miljard euro. Zoals de figuur laat zien, loopt de 'equivalent-toegevoegde waarde 2019' voor de vier mitigatiescenario's van links naar rechts omlaag, waarbij in het Natuurinclusief strikter scenario deze waarde naar schatting ruim 3,6 miljard euro (39%) lager ligt dan in het referentiescenario. Van het berekende verlies aan 'equivalent toegevoegde waarde 2019' komt meer dan circa 80 procent voor rekening van de melkveehouderijsector. De rest van de daling vindt vooral plaats bij de andere dierlijke sectoren. De 'equivalente toegevoegde waarde 2019' van de akkerbouw laat maar een beperkte variatie zien tussen de scenario's.

Hierboven is al opgemerkt dat deze veranderingen in de 'equivalente toegevoegde waarde 2019' de extra kosten zijn die zullen moeten worden gemaakt om de te nemen emissiereductiemaatregelen te financieren. Er is ook geen rekening gehouden met eventuele extra inkomsten, bijvoorbeeld doordat via de markt een 'meerwaarde' van kringloopproducten (hogere prijs) kan worden gerealiseerd. Het is verder niet denkbeeldig dat de transitie naar kringlooplandbouw gefaciliteerd zal worden door het beleid, bijvoorbeeld via betalingen voor het voldoen aan bovenwettelijke eisen met betrekking tot duurzaamheid.

Het aantal landbouwbedrijven zal in de gebieden met relatief veel (melk)veehouderij en weinig akkerbouw, in deze gebiedsstudie gebied 1 en 2, relatief het sterkst dalen. In de scenario's Productiviteit strikter en Natuurinclusief strikter zal het gaan om respectievelijk circa 20% en circa 45% (iets meer dan de inkrimpingen van de veestapel van respectievelijk circa 18% en circa 42% omdat in verhouding meer kleinere bedrijven zullen stoppen). Deze geschatte percentages stoppers gelden in het geval van opkoop. Wordt de krimp ingevuld via het korten op rechten, dan is de daling in het aantal landbouwbedrijven moeilijk te voorspellen: het vergt een diepgaandere, aanvullende studie

om vast te stellen welke bedrijven door korting op rechten in grotere of kleinere financiële problemen kunnen komen. In gebied 3 zal de daling van het aantal bedrijven geringer zijn, omdat het akkerbouwareaal (exclusief snijmais) beperkt verandert.

De weergegeven 'equivalente toegevoegde waarde 2019' in Figuur 9 betreft alleen de primaire landbouwbedrijven. Er zullen ook effecten optreden met betrekking tot de toeleverende en verwerkende industrie en diensten. De dienstverlening zal ongeveer een gelijke verandering in omvang te zien geven als de verandering in productie. Voor de toeleverende en de verwerkende industrie kan dit anders liggen. De krimp van de melkproductie zal de zuivelverwerkers raken en mogelijk leiden tot het afstoten van zuivelfabrieken (desinvesteringen), waarbij ervoor zal worden gekozen de productielocaties op logistiek gunstige liggingen te krijgen. De krimp van de intensieve veehouderij zal van invloed zijn op zowel de veevoersector als de slachterijen. Bedrijven in de keten kunnen zich eventueel ook richten op meer export of import, een tendens die nu al gaande is. Zo zetten veevoerfabrikanten al aanzienlijke hoeveelheden voer af in het buitenland en worden er biggen geëxporteerd. Ook wordt een aanzienlijk aantal vleesvarkens in het buitenland geslacht, terwijl juist vleeskuikens vanuit het buitenland in Nederland worden geslacht. De vleeskalverensector importeert eveneens een groot aantal nuchtere kalveren uit het buitenland om die in Nederland als witvlees- of rosé vleeskalf in te zetten. Het is niet doenlijk om de effecten daarvan op de economie van de gebieden in geldbedragen te kwantificeren.

In eerste aanleg bewegen veranderingen in de werkgelegenheid mee met de veranderingen in de toegevoegde waarde. Net zoals hierboven is aangegeven ten aanzien van de toegevoegde waarde, is het moeilijk in te schatten hoe de werkgelegenheid in het agrocomplex (totaal van primaire landbouwbedrijven, dienstverlening aan de landbouw, toeleverende en verwerkende industrie) zich in de drie gebieden zal ontwikkelen. De drie gebieden importeren uit de rest van Nederland (of het buitenland) en exporteren daar ook naartoe. En deze effecten zijn relatief groter dan op nationale schaal. In gebied 3, met meer akkerbouw, staat bijvoorbeeld geen suikerfabriek (er zijn er nog twee in Nederland en die staan in de kleigebieden, één in Dinteloord en één in Hoogkerk) en het is mogelijk dat er ook geen enkele veevoerfabriek of zuivelverwerker aanwezig is in de drie gebieden.

3.7 Optimale mix van maatregelen in gebieden

De optimale mix van maatregelen in gebieden is afhankelijk van het prioritaire doel of de specifieke doelen voor het gebied. De doelen zijn een door de politiek en/of maatschappij bepaalde keuze. Vanuit de wetenschap kan aangegeven worden waar welke maatregelen relatief het meeste effect hebben.

De resultaten van de landelijke scenariostudie zijn in dit onderzoek vertaald naar de drie regio's. Daarbij zijn de uitgangspunten van de landelijke studie en de optimalisatie van dieraantallen en landgebruik op landelijk niveau als een gegeven beschouwd. We wijzen er nogmaals op dat de maatregelenpakketten dus niet specifiek per gebied gemaakt zijn, maar door verschillen in landgebruik, bodem en veestapel zijn de milieueffecten wel per gebied verschillend.

Gebied 1: Klimaatdoelen prioriteit geven

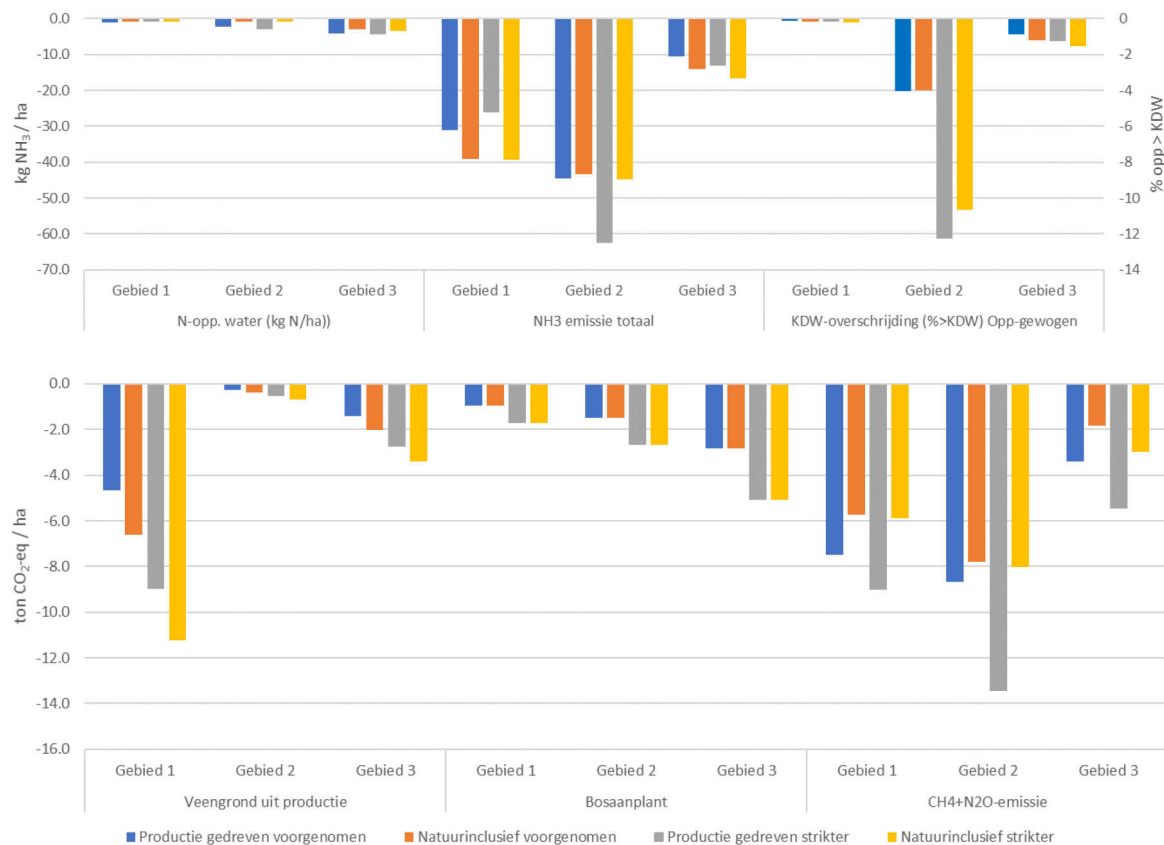
In gebied 1, melkveehouderij in veenweidegebieden, kan de grootste reductie in broeikasgasemissies worden behaald, zowel door het uit productie nemen van veengronden als door vermindering van methaanemissie vanuit de melkveehouderij (zie Figuur 7 en Figuur 8). Klimaatdoelen hebben hier dan ook prioriteit.

De meeste veengebieden¹⁹ in Nederland zijn al eeuwen geleden ontgonnen en ontwaterd om de bodem geschikt te maken voor landbouw, maar zijn daarmee een bron van CO₂- en N₂O-emissies geworden. Verminderen van die emissies vraagt dan ook om een maatregelenpakket gericht op

¹⁹ De laagveengebieden in het westen en noorden van het land worden met name gebruikt voor de melkveehouderij (veenweide), terwijl de hoogveengebieden in het oosten van het land (met name de Veenkoloniën) ook voor akkerbouw worden gebruikt. Door de ontwatering oxideren de veenbodems met CO₂- en N₂O-emissies tot gevolg. Vooral in de hoogveengebieden is al veel veengrond verdwenen en blijven moerige gronden (gronden met een veenlaag van 5-40 cm) of zandgronden over.

emissiereductie in veenweidegebieden. De huidige emissies uit organische bodems liggen rond de 6 Mton CO₂ per jaar. Het pakket aan maatregelen dat daaraan bijdraagt: verhogen van het waterpeil, reductie van de melkveehouderij, veengronden uit productie nemen, bos aanplanten en bedrijven opkopen.

In het kielzog van de maatregelen voor broeikasgasemissiereductie, worden in de integrale maatregelenpakketten ook andere emissies gerealiseerd, zoals te zien in Figuur 10, waarin de verschillen in emissies ten opzichte van de Referentie 2050 worden getoond. Zo dragen de maatregelen in gebied 1 ook duidelijk bij aan de reductie in NH₃-emissie en in aanmerkelijk mindere mate aan de reductie in KDW-overschrijding en N-uitspoeling naar het oppervlaktewater.



Figuur 10 De verandering ten opzichte van het Referentie 2050-scenario in N-belasting van het oppervlaktewater, NH₃-emissie en (opp. gewogen) KDW-overschrijding (bovenste figuur) en de broeikasgasemissie (veengrond uitproductie; bosaanplant en CH₄ + N₂O-emissie; onderste figuur) bij doorvertaling van de nationale 2050-scenario's naar de drie gebieden. Deze figuur laat de verschillen zien van de emissies zoals getoond in Figuur 5, 6, 7 en 8.

Gebied 2: Depositiereductie prioriteit geven

In gebied 2, intensieve landbouw in zandgebieden, kan de grootste bijdrage geleverd worden aan het areaal stikstofgevoelige natuur dat onder de KDW komt. Hiervoor moeten maatregelen worden genomen in meer intensieve landbouwgebieden die gelegen zijn in de directe omgeving grote stikstofgevoelige natuurgebieden (zie Figuur 5 en Figuur 10).

Uit Gies et al. (2021) is duidelijk gebleken dat, om zo snel mogelijk 74% van het areaal stikstofgevoelige natuur onder de KDW te krijgen, alle maatregelen die depositie verminderen op grote N2000-gebieden met relatief veel stikstofgevoelige natuur prioriteit moeten krijgen. Het pakket aan maatregelen dat daaraan bijdraagt, zijn maatregelen op die bedrijven in de nabije omgeving van het natuurgebied die door hun emissie een belangrijke bijdrage leveren aan de depositie: opkopen van bedrijven; technische maatregelen om zo weinig mogelijk emissie te realiseren; transitie van bedrijven naar extensievere bedrijfsvoering.

Dus niet alleen de ligging en het type en omvang van de landbouw, maar ook de ligging en het type natuur en omvang van het natuurgebied spelen daarin een rol.

In het kielzog van de maatregelen voor depositiereductie, worden in de integrale maatregelenpakketten ook andere emissies gerealiseerd. Zo dragen de maatregelen in gebied 2 ook duidelijk bij aan de reductie in NH₃-emissie, N₂O- en CH₄-emissie en de N-uitspoeling naar het oppervlaktewater (Figuur 10).

Gebied 3: Klimaat en uitspoeling en afspoeling t.b.v. waterkwaliteit prioriteit geven

In gebied 3, grondgebonden landbouw op zandgronden, zijn er mogelijkheden voor een bijdrage aan de klimaatdoelen, maar er kan ook een grote reductie in NO₃-uitspoeling en N-afspoeling worden behaald. Problemen van uitspoeling doen zich met name voor op droge zandgronden met intensieve landbouw, maar (deels) ook in de minder intensieve gebieden zoals gebied 3 (zie Figuur 6). Echter in gebied 3 is sprake van een hoge nitraatuitspoeling en stikstofafspoeling, als gevolg van veenmineralisatie van de in dit gebied aanwezige moerige en veengronden. Dit zou te verminderen zijn door deze gronden te vernatten en uit productie te nemen. Doordat er in gebied 3, in vergelijking tot gebied 1, sprake is van een geringere ruimtedruk, biedt dit gebied de mogelijkheid voor aanplant van nieuwe bossen en landschapselementen. Verder draagt het omzetten van bouwland in grasland eveneens bij aan een hogere CO₂-vastlegging én vermindering van NO₃-uitspoeling en N-afspoeling.

In het kielzog van de maatregelen voor het halen van de klimaatdoelen en het verbeteren van de waterkwaliteit, worden in de integrale maatregelenpakketten ook andere verbeteringen gerealiseerd, zoals de reductie in ammoniakemissie en KDW-overschrijding.

Samenvattend

Een optimale mix aan maatregelen vergt ook een beleidsmatige aanpak die afgestemd is op het behalen van de beoogde emissiereducties van deze optimale mix. Gies et al. (2021) pleiten ervoor dat regelingen voor maatregelen op elkaar afgestemd moeten worden en de beschikbare budgetten voor maatregelen ondersteunend te maken aan het effect dat moet worden bereikt in plaats van aan de maatregel zelf. Ter illustratie: als een bedrijf met een grote bijdrage aan de stikstofdepositie op een Natura 2000-gebied niet bereid is om mee te doen aan een vrijwillige opkoopregeling kan het (kosten)effectiever zijn om op deze bedrijven technische maatregelen te nemen dan andere kleinere piekbelasters op te kopen. Flexibiliteit in waar het beschikbare budget dan op ingezet kan worden, kan dan tot een groter effect leiden.

4 Discussie en conclusies

4.1 Afwenteling van maatregelen

- Maatregelen die leiden tot een lagere input van stikstof, koolstof en fosfaat op het bedrijf leiden tot verlaging van de meeste emissies en het risico op afwenteling is meestal beperkt. Voorbeelden van dit soort maatregelen zijn minder vee door krimp of opkoop, minder stikstof en fosfaat in het voer en minder input van stikstof via kunstmest en andere bronnen; die maatregelen leiden alle tot extensivering.
- Bij de meer technische maatregelen die gericht zijn op het beperken van de emissie van een specifieke stof in een deel van het landbouwsysteem ontstaat wel een risico op afwenteling. Voorbeelden van dit soort maatregelen zijn emissie-reducerende stalmaatregelen.
- Er zijn diverse risico's op afwentelingen van maatregelen binnen een bedrijf maar ook tussen emissies:
 - Binnen een bedrijf →
 - Emissiearme stallen leiden tot meer N in mest, die na toediening toch gedeeltelijk als NH₃ kan ontsnappen; zo zal bv. een 50% emissiereductie in de stal uiteindelijk door emissie bij mestaanwending op netto 40% uitkomen (waarbij is gerekend met een emissieverlies van 20% N bij mestaanwending)
 - Tussen emissies →
 - NH₃-emissiearme bemesting leidt tot meer lachgasemissie ten opzichte van bovengronds bemesten
 - Meer beweiding leidt tot minder NH₃ en CH₄, maar tot meer NO₃ en N₂O
 - Maatregelen →
 - Verhouding grasland-maisland. Meer mais in het rantsoen is een maatregel om een lager eiwitgehalte te realiseren (in het kader van NH₃), maar meer maisland t.o.v. grasland leidt tot meer nitraatuitspoeling. Daarnaast kan grasland veel meer koolstof opslaan dan maisland. Meer maisland is daarentegen weer positief vanuit CH₄. Daarnaast speelt biodiversiteit een rol (alhoewel er aan grasland dan ook wat moet veranderen). Mesttoediening aan maisland leidt bij toepassing van injectie tot een lagere NH₃-emissie dan mesttoediening aan grasland.
 - Zonering: extensiveren in de ene regio kan leiden tot intensiveren in andere regio's. Bijvoorbeeld het bemoeilijken van nitraat-uitspoelingsgevoelige teelten in het zuidelijk zand- en lössgebied, kan ertoe leiden dat er meer groenten en aardappelen (met hoog risico op nitraatuitspoeling) naar zandgebieden in Midden- en Noord-Nederland gaan en daar tot toename van nitraatuitspoeling leiden.
 - Nog onbekende afwentelingen. Omzetten van landbouwgronden in veengebieden in natuur (moeras) zal tot een toename in methaanemissie kunnen leiden. Bodemdaling is ook een belangrijk argument om veengronden te vernatten. Daarom is het belangrijk om al dit soort effecten te beschouwen als er grote structurele ingrepen in landgebruik plaatsvinden. Bijvoorbeeld door uit te zoeken wat het saldo is van CO₂-, N₂O- en CH₄-emissies bij structurele ingrepen.
 - Afwentelingen zijn niet altijd te voorkomen, maar ook beleidsmakers moeten zich ervan bewust zijn. Vaak wordt in beleid slechts een van de emissieroutes bekeken per directie.
 - In de praktijk zijn afwentelingen niet te voorkomen. Zoals bij meer beweiden en mestinjectie: beide leiden tot minder NH₃-emissie, maar meer N₂O-emissie. Daarom is het zaak om het integrale effect, dus inclusief de afwentelingseffecten, op landelijke en zo mogelijk op regionale schaal in kaart te brengen. Hiervoor is een (model)analyse nodig, waarbij alle beoogde maatregelen tegelijk worden meegenomen.

4.2 Integrale gebiedsgerichte aanpak

4.2.1 De aanpak

- Maatregelen toegepast in de scenariostudie van Lesschen et al. (2020) zijn min of meer vergelijkbaar met de maatregelen in de PBL-studie op basis van maatregelen van de twee beleidsvarianten ('stikstofvariant' en een 'integrale variant'). De mate waarin de maatregelen zijn ingezet, verschilt per scenario. De maatregelen komen in hoofdlijnen ook overeen met de lijst van mogelijke maatregelen die in de verschillende dossiers genomen kunnen worden (zie hoofdstuk 2). PBL en RIVM gebruiken echter andere rekeninstrumenten dan Lesschen et al. (2020). De resultaten van de onderhavige studie en die van PBL en RIVM zijn dus niet rechtstreeks met elkaar te vergelijken. Wel laten de resultaten zien dat een integrale afweging van de thema's stikstof, waterkwaliteit en klimaat ondersteund kan worden met de hier gebruikte modelanalyse, waarbij tevens de afwentelingseffecten worden meegenomen.
- De doelstelling van een klimaatneutrale landbouw heeft in de scenario's 2050 een groot effect op zowel landgebruik als dieraantallen. Land wordt uit productie genomen en al dan niet aangeplant met bos. Dieraantallen dalen. Op langere termijn hebben de doelstellingen in het klimaatbeleid dus een grote impact op de landbouw. Dit benadrukt nog eens het belang van een integrale benadering van stikstof-, mest-, waterkwaliteit- en klimaatproblematiek.
- De scenario's uit Lesschen et al. (2020) zijn berekend op landelijk niveau. Die berekeningen zijn hier geschaald naar regionaal niveau (top-down). Dat betekent dat de huidige structuur van de landbouw en het grondgebruik in een gebied en de ligging van en het type natuurgebieden de impact van de scenario's bepalen. Door de beperkte tijd is er geen bottom-upbenadering uitgevoerd, waarin per regio wordt gekeken wat de doelstellingen zijn en waarvan regio-specifiek beleid en maatregelen zijn afgeleid. De scenario's laten zien dat er grote veranderingen kunnen optreden in landbouw en landgebruik, de grootte van de veestapel kan variëren en de verhouding tussen akkerbouw en veehouderij kan veranderen. Deze berekeningen zijn uitgevoerd op basis van generieke aannames en globale berekeningen op nationale schaal. De resultaten bevatten daarom de nodige onzekerheidsmarges. Dit geldt ook voor de hier gepresenteerde geschaalde resultaten op gebiedsniveau. Zowel de verschillen tussen de scenario's als tussen de gebieden dienen daarom slechts als indicatief te worden beschouwd. Ze zijn uitsluitend opgesteld om mogelijke effecten en verbanden nader in kaart te brengen.

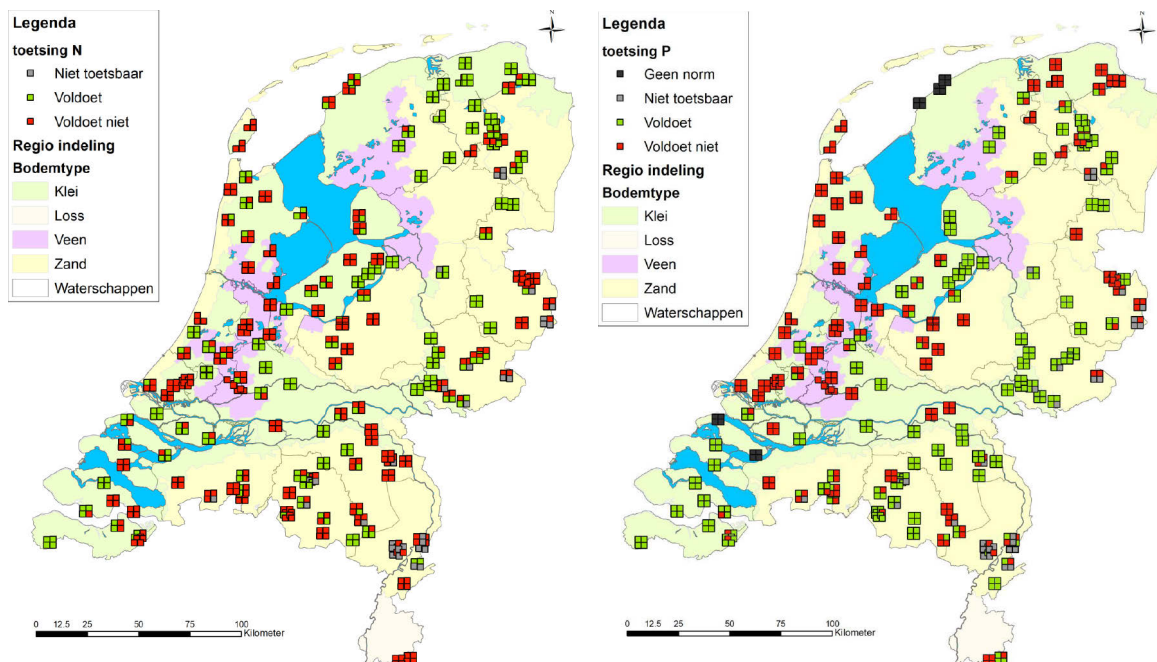
4.2.2 De optimale mix aan maatregelen

- De geschaalde resultaten op gebiedsniveau laten zien waar welke maatregelen rond stikstof (ammoniak/natuur), waterkwaliteit (N- en P-uit- en afspoeling) en klimaat (methaan lachgas, CO₂), de meeste impact hebben. Daarmee bieden ze informatie om op gebiedsniveau de te behalen bijdragen aan de beleidsdoelen te bepalen, zoals voor CO₂-emissiereductie in veenweidegebieden of voor ammoniakdepositiereductie in intensieve zandgebieden met grote arealen stikstofgevoelige natuurgebieden in de omgeving.
- De optimale mix aan maatregelen is afhankelijk van de structuur van de landbouw in het gebied, de ligging, het type natuurgebieden en het (de) te realiseren gebiedsdoel(en).
- De grootste depositiereductie is te realiseren in gebieden met een groot areaal stikstofgevoelige natuurgebieden, omgeven door intensieve bedrijven die door hun emissie een grote depositie veroorzaken (bijvoorbeeld gebied 2). Behalve gericht opkopen en extensiveren, door minder aanvoer van voer of (kunst)mest, zijn mogelijk aanvullende technische maatregelen nodig, zoals emissiearme stallen, opslag en mestaanwending. Op uitspoelingsgevoelige zandgronden zijn vermoedelijk aanvullende maatregelen nodig om uitspoeling van N te voorkomen. In het kielzog van de depositiereductie leveren de maatregelen ook een bijdrage aan de reductie van andere emissies en daarmee verminderen ze de drukfactoren op natuur.
- De grootste klimaatwinst is te behalen in gebieden waar de CO₂-emissie hoog is. Met name organische bodems zoals in veenweidegebieden. Maatregelen zoals opzetten van het waterpeil, uit productie nemen van gronden, opkopen van bedrijven en extensiveren helpen hierbij, zoals in gebied 1. Maar ook in andere gebieden waar landbouwgrond wordt omgezet naar bos of waar bouwland wordt omgezet in grasland is klimaatwinst te boeken. De maatregelen helpen tevens om een aantal andere emissiereducties te realiseren. Daarmee verminderen ze de drukfactoren op natuur.

- De grootste bijdragen aan de verbetering van de waterkwaliteit is te behalen op droge zandgronden in gebieden met veel bouwland en een redelijk intensieve landbouw. Maatregelen als extensivering door aanscherpen van de gebruiksnormen en/of minder vee of door de teelt van vanggewassen, het aanleggen van bufferstroken of mestbe- of verwerking dragen hieraan bij. Tegelijkertijd dragen ze ook bij aan de reductie van andere emissies en daarmee aan de drukfactoren op natuur.
- Inzetten van maatregelen om emissies te verminderen, hebben sociaaleconomische effecten. Krimp van de veestapel betekent een daling van de werkgelegenheid in de landbouw en van de toegevoegde waarde in het agrocomplex. De conjunctuur van de economie in de periode van de krimp bepaalt sterk of er elders in de economie emplooi kan worden gevonden. Voor de primaire landbouwbedrijven is van grote invloed hoe de krimp gaat plaatsvinden: via opkoop of door meer of minder generiek korten op rechten. Bij opkoop ondervinden continuerende bedrijven duidelijk minder problemen dan bij korten op rechten: bij (proportioneel) korten op rechten kan een aanzienlijk aantal bedrijven in grote problemen komen, omdat de vaste kosten (gebouwen, machines) niet evenredig mee dalen en zelfs nog kunnen toenemen.
- Een meer nauwkeurige en kwantitatieve berekening van de effecten op regionale schaal vraagt om een uitgebreidere analyse. Een bottom-up studie, uitgevoerd met een integraal model, waarbij: 1) op basis van de voorgestelde zonerings door LNV, 2) de bestaande ideeën over stikstofmaatregelen bij diverse ministeries meeneemt, 3) tezamen met maatregelen die op tafel liggen voor het 7^e AP Nitraatrichtlijn en derde generatie Stroomgebiedsbeheer plannen KRW, 4) met maatregelen die onderzocht worden in de klimaatveloppen voor veehouderij, veenweide (NOBV) en minerale gronden (Slim Landgebruik), 5) voor ambities met betrekking kringloop landbouw en natuurinclusieve landbouw en 6) rekening houdend met afwentelingen tussen maatregelen, sectoren en gebieden. Ook de sociaaleconomische gevolgen en de gevolgen voor de verdienmodellen van agrariërs (bedrijfsniveau) zouden dan beter in beeld kunnen worden gebracht. Hetzelfde geldt voor de gevolgen op de kwaliteit van de natuur.

4.3 Discussiepunten

- Er wordt zowel ingezet op technische maatregelen (emissiearme stallen en mestverwerking en emissiearme mesttoediening) als op extensivering. De vraag is welke technische maatregelen nog nodig zijn als de veestapel fors krimpt, welke sociaal gewenste dynamiek daarvoor nodig is en hoe op een transitie kan worden ingezet. Het antwoord op deze vragen vereist aanvullende berekeningen.
- Extensivering of krimp van de veestapel leidt tot minder behoefte aan ruwvoer. De vraag is wat dit betekent voor het toekomstige landgebruik en de gewassen die geteeld worden. Komt er minder grasland of een meer extensieve melkveehouderij met minder snijmais? En wat zijn dan de effecten op bijvoorbeeld uitspoeling?
- De stikstofgebruiksnormen in het zuidelijke zand- en lössgebied zijn aangescherpt om te voldoen aan de nitraatdoelstelling. Verdere aanscherping kan ertoe leiden dat er niet voldoende bemest kan worden, waardoor opbrengst en gewaskwaliteit verminderen. Teelten kunnen dan onrendabel worden, zodat boeren met bepaalde gewassen moeten stoppen. Als het verminderen van bepaalde gewassen in regio's kan leiden tot het realiseren van waterkwaliteitsdoelstellingen, dan zou hier specifiek beleid op gericht moeten worden. Aanscherpen van stikstofgebruiksnormen waardoor boeren in problemen komen, is hiervoor geen geschikt instrument.
- Onduidelijk is of bij de invoering van zonerings zoals voorgesteld ook de opgaves in het kader van de Kaderrichtlijn Water in volle omvang worden meegenomen. In Figuur 11 met resultaten uit het meetnetwerk van waterschappen/Deltares (MNLISO) komen veel rode punten voor in de zg. A-regio's (kleigebieden met overschrijdingen). Voor fosfor (P) wordt op veel plaatsen in de kleiregio nog niet voldaan aan de zogenaamde waterschapsnormen voor P (zie Figuur 11). Ook in de veenregio (oppervlaktewaterkwaliteit m.b.t. N en P), de lössregio (nitraatconcentratie in het grondwater) en de zandregio, en dan met name het zuidelijke zandgebied (nitraatconcentratie), wordt niet voldaan aan de doelstellingen uit de Kaderrichtlijn Water en Nitraatrichtlijn. Hiertoe zullen extra maatregelen moeten worden genomen die in het kader van het stikstof(ammoniak)dossier niet worden genomen, zoals de teelt van vanggewassen, bufferstroken langs oppervlaktewater en wijzigingen in bouwplannen. Dit soort maatregelen is afhankelijk van grondsoort, hydrologie en gewas en zijn daardoor regio-specifiek.



Figuur 11 Normoverschrijdingen 2015 t/m 2018 per Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater (MNLSSO) locatie voor N-totaal (linkerfiguur) en P-totaal (rechterfiguur), getoetst aan de waterschapsnorm. In beide figuren staat linksboven 2015, rechtsboven 2016, linksonder 2017 en rechtsonder 2018 (Buijs et al., 2020²⁰).

- Als de veestapel dusdanig afneemt dat alle mest in Nederland binnen de gebruiksnormen (N, P en dierlijke mest) gebruikt kan worden, zijn er geen mestoverschot, fraudedruk of hoge kosten voor mestverwerking en -export meer.
- Hoewel het nog in geen van de scenario's van Lesschen et al. aan de orde is, is de vraag of er mogelijk meer kunstmest gebruikt moet worden om nutriënten aan te vullen als de veestapel fors is afgenomen. Productie van N-kunstmest vergt momenteel nog veel energie en kunstmestfosfaat is gelimiteerd beschikbaar (eindige voorraden wereldwijd). Bovendien moet hierbij gerealiseerd worden dat de nutriënten in de Nederlandse mest voor een groot deel afkomstig zijn uit geïmporteerd krachtvoer en dat in landen waar bijvoorbeeld soja geteeld wordt, ook met kunstmest bemest wordt. Een kunstmestloze landbouw bestaat niet. Met vlinderbloemigen kan een deel van stikstofbehoefte worden opgevuld (maar daarvoor is extra land nodig en jaarlijks onzekerheid of N-binding voldoende is), maar kalium en fosfaat moeten uiteindelijk uit kunstmest komen. Dit wil niet zeggen dat er niet ook sterk moet worden ingezet op recycling van N en P (ook uit humane mest) om de kunstmestbehoefte te beperken.
- Maatregelen als CO₂-opslag en bosaanplant zijn mitigerende maatregelen om de gevolgen van klimaatverandering te beperken. Klimaatverandering beïnvloedt het gemiddelde weer en daarmee ook de frequentie van weersextremen, zoals hittegolven, extreme buien en droge perioden.²¹ In de KNMI-klimaatscenario's is een viertal klimaatrends benoemd die door klimaatverandering veroorzaakt worden: het wordt warmer, het wordt natter, het wordt droger en de zeespiegel stijgt (verzilting). De mate van verandering is regionaal verschillend in Nederland. Zo treedt verzilting vooral op langs de kust en krijgt met name het binnenland te maken met veel meer hittegolven. Al deze trends beïnvloeden de gewassen en dieren in de Nederlandse landbouw. De aardappelteelt gaat veel last krijgen van de toename van de frequentie van hittegolven, uien zijn kwetsbaar voor droge perioden, peen heeft last van natte omstandigheden die rot kunnen veroorzaken. Verzilting heeft de grootste impact op met name sierteelten, fruit en bloembolgewassen. Granen, eiwitgewassen, gras en suikerbieten zijn minder kwetsbaar voor de voorspelde veranderingen en klimaatrends, mede omdat de kans op vorst kleiner wordt.²² Het effect dat klimaatverandering gaat hebben op het

²⁰ Buijs, S., K. Ouwerkerk & J. Rozemeijer (2020) Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater. Toestand en trends tot en met 2018. Deltares rapport 11203728-005-BGS-0002.

²¹ <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/knmi-klimaatscenario-s>

²² <https://edepot.wur.nl/535133>

voorkomen en de typen ziekten en plagen is nog onzeker. Adaptatie in de open teelten is noodzakelijk om de bedrijfsvoering rendabel te houden. Denk hierbij aan watermanagement; water opslaan als het valt (in de winter) en efficiënt benutten in het groeiseizoen. Tevens ras- en gewaskeuze zijn belangrijk; de ontwikkeling van hitteresistente aardappelrassen zou bijvoorbeeld de productie in de warmere toekomst op peil kunnen houden. Bodembeheer is uiterst relevant om de weerbaarheid van het gewas te versterken. Tot slot: het managen van risico's door middel van risicospreiding (kwetsbare teelten niet op kwetsbare percelen verbouwen) en verzekeren²³ wordt steeds urgenter.

De dieren in de veehouderij kunnen last krijgen van hittestress, uitdroging en een grotere kans op infecties van ziekten die hun gezondheid en dus productie negatief beïnvloeden.²⁴

²³ <https://edepot.wur.nl/515383>

²⁴ <https://edepot.wur.nl/463803>

Literatuur

- Adviescollege Stikstofproblematiek, 2020. *Niet alles kan overal*. In Eindadvies over structurele aanpak op lange termijn Adviescollege Stikstofproblematiek LNV, Den Haag, pp. 179.
- CDM, 2013. *Beoordeling mestproducten op basis van het Protocol Gebruiksvoorschriften Dierlijke Mest, versie 1.0*. Gebr1_2013; 2 mei 2013 Commissie Deskundigen Meststoffenwet, Wageningen, 36 pp.
- CDM, 2016. *Naar een effectief mest- en ammoniakbeleid*. Commissie Deskundigen Meststoffenwet (CDM), 31 pp.
- EC, 2001. *Directive 2001/81/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2001 on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants*. European Commission, Brussel.
- Fraters, B., A. Hooijboer, A. Vrijhoef, A. Plette, N. van Duijnhoven, J. Rozemeijer, M. Gosseling, C. Daatselaar, J. Roskam en H. Begeman, 2020. *Landbouwpraktijk en waterkwaliteit in Nederland; toestand (2016-2019) en trend (1992-2019): De Nitraatrapportage 2020 met de resultaten van de monitoring van de effecten van de EU Nitraatrichtlijn actieprogramma's*. In Agricultural practices and water quality in the Netherlands; status (2016-2019) and trend (1992-2019): The Nitrate rapport 2020 containing the results of monitoring effects of the EU Nitrates Directive action programmes. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu RIVM.
- Gies, E., T. Hermans, H. Kros en J.C. Voogd, 2021. *Naar een gebiedsaanpak: doorrekening landelijke stikstofmaatregelen in Gelderland*. Een basis voor een gebiedsgerichte uitwerking van de Structurele Aanpak Stikstof in Gelderland, Wageningen Environmental Research, Wageningen.
- Groenendijk, P., E. van Boekel, L. Renaud, A. Greijdanus, R. Michels en 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, Wageningen.
- Groenestein, K., N. Ogink, H. Ellen, L. Sebek, C. van Bruggen, J. Huijsmans en I. Vermeij, 2019. *PAS Update aanvullende reservemaatregelen Landbouw*. Rapport / Wageningen Livestock Research, Wageningen Livestock Research, Wageningen.
- Jongeneel, R. en A. Gonzalez-Martinez, iv. *Climate Change and Agriculture: an Integrated Dutch Perspective*. EuroChoice.
- Lesschen, J.P., J. Reijs, T. Vellinga, J. Verhagen, H. Kros, M. de Vries, R. Jongeneel, T. Slier, A. Gonzalez Martinez, I. Vermeij en C. Daatselaar, 2020. *Scenariostudie perspectief voor ontwikkel-richtingen Nederlandse landbouw in 2050*. Rapport 2984. Wageningen Environmental Research, Wageningen.
- Reijs, J., A. Beldman, M. de Haan, A. Evers, G. Doornewaard en I. Vermeij, 2021. *Perspectief voor het verlagen van NH3-emissie uit de Nederlandse melkveehouderij: verkenning van reductiepotentieel en economische impact op sectorniveau op basis van integrale doorrekening maatregelen op 8 representatieve melkveebedrijven*. Rapport / Wageningen Economic Research, Wageningen Economic Research, Wageningen.
- Roest, G. en A. Bleeker, 2021. *Zonering emissiereductie stikstof*. RIVM.
- Ter Haar, B., 2021. *Normeren en beprijzen van stikstofemissies*. ABDTOPConsult, Den Haag.
- Tiktak, A., D. Boezeman, G.J. van den Born en A. Van Hinsberg, 2021. *Quickscan van twee beleidspakketten voor het vervolg van de structurele aanpak stikstof*. Planbureau voor de Leefomgeving.
- TK, 2019. *National Climate Agreement - The Netherlands*. The House of Representatives, The Hague.
- UNECE, 2013. *1999 Protocol to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone to the Convention on Long range Transboundary Air Pollution, as amended on 4 May 2012*. ECE/EB.AIR/114. UN Economic Council for Europe, Executive Body for the LRTAP-Convention.
- Van den Born, G.J., L. Couvreur, J.D. van Dam, G. Geilenkirchen, M. Hoen, R. Koelemeijer, M. van Schijndel, M. Vink en E. Zanden, 2020. *Analyse stikstof bronmaatregelen - Analyse op verzoek van het kabinet van zestien maatregelen om de uitstoot van stikstofoxiden en ammoniak in Nederland te beperken*. PBL-publicatienummer: 4073. Den Haag, 111 pp.

-
- Van den Burg, A.B., F. Berendse, H.F. van Dobben, J. Kros, R. Bobbink, J. Roelofs, B. Odé, C.A.M. van Swaay, H. Sierdsema, H.N. Siebel en W. de Vries, 2021. *Onderzoek naar een ecologisch noodzakelijke reductiedoelstelling van stikstof: stikstof en natuurherstel*. Wereld Natuur Fonds, [Netherlands].
- Van der Salm, C., A. van den Toorn, W.J. Chardon en G.F. Koopmans, 2012. *Water and Nutrient Transport on a Heavy Clay Soil in a Fluvial Plain in The Netherlands*. *Journal of Environmental Quality* 41 (1), 229-241.
- Van der Zee, T., A. Bannink, C. van Bruggen, K. Groenestein, J. Huijsmans, J. van der Kolk, L. Lagerwerf, H. Luesink, G. Velthof en J. Vonk, 2021. *Methodology for estimating emissions from agriculture in the Netherlands. Calculations for CH₄, NH₃, N₂O, NO_x, NMVOC, PM₁₀, PM_{2.5} and CO₂ using the National Emission Model for Agriculture (NEMA) – Update 2021*. In *Methode om landbouwemissies naar lucht te berekenen. Berekeningen voor methaan, ammoniak, lachgas, stikstofoxiden, niet-methaan vluchtige organische stoffen, fijnstof en koolstofdioxide met NEMA-update 2021*Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu RIVM.
- Velthof, G.L. en J. Mosquera, 2011. *The impact of slurry application technique on nitrous oxide emission from agricultural soils*. *Agric. Ecosyst. Environ.* 140 (1-2), 298-308.

Bijlage 1 Maatregelen stal en mestopslag

Karin Groenestein, Nico Ogink

Algemeen ter info:

- **Integraal** m.b.t. stalsystemen betekent in dit document vooral maatregelen die **zowel emissies van NH₃ als CH₄** reduceren en geen afwenteling veroorzaken op N₂O, fijnstof, geur en dierenwelzijn. In Nederland is het overgrote deel van de mest drijfmest, waarbij N₂O in mindere mate een probleem vormt. Fijnstof komt niet vanuit het dier of de mest, maar is vooral afkomstig van opgedroogde feces van de vloer en huidschilfers en zal weinig beïnvloed worden door de integrale maatregelen en veelal om aanvullende maatregelen vragen. Geur is zelden een probleem voor de rundveehouderij, maar zal voor varkens en pluimvee wel mee beschouwd worden. Maatregelen die dierenwelzijn beperken zijn ongewenst, de maatregelen die zijn opgenomen in dit document schaden het dierenwelzijn niet.
- **Stalsystemen betreffen stallen inclusief opslagen in de stal dan wel daarbuiten.** Voor NH₃ gelden aparte emissiefactoren voor stalopslag (Rav) en buitenopslagen. De emissies van buitenopslagen zijn wat NH₃ betreft emissiearm, omdat een generieke maatregel is dat buitenopslagen afgedekt moeten zijn. Dit is een maatregel die de NH₃-emissies met 90% reduceert, maar dit geldt niet voor CH₄, dat vergt aanvullende maatregelen.
- **Maatregelen** die in dit document beschouwd worden, betreffen de **diercategorieën rundvee en varkens**, voor pluimvee gaat het om de combinatie geur, fijnstof en ammoniak. Het betreft maatregelen en combinaties van maatregelen die in de Rav en Rgv staan. Deze kunnen indien gewenst in een nadere studie uitgewerkt worden. Pluimvee produceert geen enterisch methaan en de CH₄ uit mest is ook verwaarloosbaar. N₂O-emissie is eveneens laag, maar er moet rekening mee gehouden worden dat door afwenteling enig N₂O kan ontstaan.
- NH₃ komt alleen uit de **mest**. CH₄ komt uit de **mest en** uit het **dier** (enterisch): uit de bek (bij herkauwers herkauwen) of onder de staart (eenmagigen). Bij herkauwers komt 20-25% van de CH₄ uit de mest, bij eenmagigen is dat ca. 90%.
- De maatregelen in dit document betreffen **drijfmest** omdat Nederland weinig vaste mest heeft van rundvee en varkens. Zelfs op biologische bedrijven is vaak het merendeel van de mest als drijfmest opgeslagen.
- **Een transitie naar vaste mest** is op korte termijn **ongewenst**, omdat emissies nog slecht beheersbaar zijn met aanzienlijke risico's op N₂O en CH₄, afhankelijk van mestmanagement.
- **Secundair mest scheiden** als zodanig **reduceert emissies van NH₃ en CH₄** niet, maar kan gewenst zijn voor verdere emissiearme behandeling van de mest of mestverwerking tot gewenste producten ter recycling. Mest scheiden gaat bijvoorbeeld vaak gepaard met frequente mestverwijdering uit de stal, waardoor de NH₃- en CH₄-emissies uit de stal kunnen verlagen. Aanvullende maatregelen kunnen dan de emissies van de opgeslagen fracties verminderen. Een voorbeeld hiervan is het vergisten van de dikke fractie na snelle afvoer uit de stal. De dunne fractie kun je afgedekt opslaan, al dan niet aangezuurd of gekoeld of anderszins behandeld i.v.m. methaanemissie. (noot: wanneer dikke fractie niet vergist wordt, vereist dit aanvullende maatregelen in buitenopslag vanwege risico op compostering en/of ongecontroleerde vergisting met emissies van methaan, lachgas en ammoniak tot gevolg). **Primair scheiden** onder de staart kan de emissie wel reduceren als de urine niet in aanraking komt met door feces bevulde oppervlakken. Het koe-toilet is een voorbeeld dat de plasreflex oproept bij melkkoeien door de zenuw onder de staart te stimuleren en vervolgens de urine opvangt. Wanneer voldoende urine opgevangen en afgevoerd kan worden, zal de hoeveelheid TAN in de stal substantieel afnemen, maar het emitterend oppervlak blijft gelijk. Lopend onderzoek gaat na of NH₃-emissie uit de stal reduceert. Het heeft geen effect op de CH₄-emissie. Bij ons is onbekend wat het effect van deze maatregelen op dierenwelzijn is en of langdurige zenuwstimulatie een blijvend effect heeft. Mest scheiden is vanwege bovenstaande beschouwing niet opgenomen als maatregel in de tabel.
- Sommige maatregelen hebben een **synergetisch** effect en reduceren zowel NH₃ als CH₄, andere maatregelen kunnen **gecombineerd** worden om zowel NH₃ als CH₄ te reduceren.

Toelichting op de maatregelen:

- **Voermaatregelen.** Maatregelen die via voeding de **ammoniakemissie** reduceren komen neer op het **reduceren** van de excretie van **TAN** door de dieren. Maatregelen die de enterische methaanproductie reduceren, hebben veelal te maken met sturen van de wijze waarop het voer in de pens van herkauwers fermenteert. Voermaatregelen hebben vaak tegengesteld effect op NH₃ en CH₄ en integraal duurzaam voeren voor zowel NH₃ als CH₄ vergt een gebalanceerde aanpak met een veelheid aan mogelijke voersamenstellingen afhankelijk van de beschikbaarheid in de regio en de prijzen van voer. Daarnaast is een beperkt aantal **toevoegmiddelen/additieven** bekend die een persistente reductie kunnen bewerkstelligen op de vorming van CH₄ in de pens.
- **Frequente mestverwijdering.** Voor een integrale werking moet mest verwijderen vaak en schoon plaatsvinden, anders werkt het niet voor NH₃. Verwijderen kan op verschillende manieren. De meest voor de hand liggende zijn schuiven, spoelen met water en evt. mestbanden. Frequent voor NH₃-reductie is eenmaal per 1 of 2 uur. In geval van schuiven dienen geen urineplassen achtergelaten te worden, of resten in de poriën van het beton. Tegelijkertijd kun je vanwege beloopbaarheid en welzijn niet te gladde vloeren neerleggen. Indrukbaar rubber zou hier een goede rol kunnen spelen. Frequent voor methaan betekent een- of tweemaal per week.
- **Koelen van de mest.** De biologische processen waardoor uit ureum ammoniak en uit organische stof methaan gevormd wordt, zijn temperatuurafhankelijk. Koelen van mest zal deze processen vertragen en de emissies reduceren. Dit is alleen van toepassing op de emissie van mest in de kelder. De broeikasgasemissiereductie wordt deels tenietgedaan als voor het koelen gebruikgemaakt wordt van fossiele energie.
- **Aanzuren van de mest.** Het verlagen van de pH heeft een synergetisch effect op de NH₃- en CH₄-emissies uit mest. Veiligheid is een belangrijk aandachtspunt bij aanzuren met een sterk zuur (zoals zwavelzuur), goede menging is noodzakelijk. Net als bij koelen heeft aanzuren effect op de kelderemissie en niet op de enterische emissie of op de emissie van de roosters.
- **(Kelder)luchtbehandeling: Een techniek in onderzoek.** Voor ammoniak worden vaak biologische of chemische **wassers** gebruikt die de ammoniak uit de lucht vangen voordat het de stal verlaat. Dit is een gevalideerde techniek die in de Rav is opgenomen en ook veelvuldig in de praktijk wordt toegepast bij mechanisch geventileerde stallen. Deze technieken hebben geen effect op de CH₄-emissie. Natuurlijk geventileerde stallen, zoals melkveestallen, hebben geen centrale luchtafvoer en kunnen dus geen luchtwassers toegepast worden. Echter, er loopt onderzoek naar het gecontroleerd afzuigen van lucht onder roosters en dichte vloeren, zodat je de emissie vlak boven de mest afvangt. Hiervoor zou een **biofilter** uitkomst kunnen bieden dat zowel ammoniak als methaan uit de lucht kan afvangen. Ammoniak wordt dan omgezet in nitraat of nitriet, (NO₃⁻/NO₂⁻), en methaan in kooldioxide (CO₂, methaanoxidatie). Hierbij dient echter opgemerkt te worden dat geborgd moet worden dat er geen onvolledige oxidatie van N plaatsvindt waardoor **lachgas** (N₂O) kan ontstaan (Melse, 2003). Als hier geen garantie ligt, kan beter gebruik worden gemaakt van een chemische of biologische luchtwasser voordat de lucht door een biofilter geleid wordt om de methaan te verwijderen. Methaanoxidatie werkt alleen effectief bij hogere concentraties en kan daarom niet toegepast worden voor stallucht, maar mogelijk wel voor meer geconcentreerde lucht onder dichte vloeren en in de bovenruimte van afgedekte buitenopslagen waar ophoping van methaan heeft plaatsgevonden. Biofilters en andere methaanoxiderende technieken, zoals een fakkel en een ondergronds filter werken. Onderzoek loopt om deze systemen robuust voor de praktijk te maken. In de uitvoering dient rekening te worden gehouden met **overdruk- en onderdruksituatie** in de bovenruimte boven de mest, omdat dit de effectiviteit van het afzuigen van de lucht beïnvloedt. Afhankelijk van de toegepaste luchtbehandelingstechnieken kunnen ook fijnstof en geur gereduceerd worden.
- **Vergisten** van mest reduceert de methaanemissie als tegelijkertijd de opslagtijd van mest gereduceerd wordt. Dit heeft tweeërlei voordelen: de mest emitteert niet in opslag (stal of buiten) en de organische stof blijft behouden voor omzetting naar biogas. Wanneer frequente verwijdering van mest uit de stal gepaard gaat met een voor ammoniak effectieve techniek, zal het ook de ammoniakemissie reduceren. Groenestein et al. (2019) berekenden een methaanemissiereductie van de mest van 75% als mest vers in een vergister komt. Vergisten an sich reduceert de emissie van NH₃ niet, maar omdat de vergister helemaal afgesloten is, zal ook ammoniak niet vervluchtigen. Behalve een reductie van de CH₄-emissie heeft vergisten ook een reductie van broeikasgasemissies tot gevolg door de productie van biogas en daarmee het vermijden van fossiele CO₂-emissie.

-
- **Weidegang.** Geldt vooral voor rundvee. Weidegang draagt op drie manieren bij aan een vermindering van de ammoniakemissie: i) vermindering stalemissie omdat de vloeren niet meer bevuild worden, ii) minder emissie van de mest in de weide door het gescheiden terechtkomen van feces en urine en het snel doordringen van de urine in de bodem; iii) minder toedieningsemis­sie omdat de mest in de weide niet hoeft te worden aangewend.
 - **Verkleining emitterend oppervlak.** Dit heeft vooral effect op NH_3 , maar om het oppervlak klein te houden, gaat het vaak gepaard met frequente mestafvoer, dat weer effect heeft op CH_4 . Dit moet dan wel gepaard gaan met aanvullende technieken in de mestopslag.
 - **Verdunnen van mest.** Dit kan de NH_3 -emissie verlagen, maar heeft geen effect op de methaanemissie. In rundveestallen werkt NH_3 -emissiereductie vooral als het met regelmatige tussenpozen van bovenaf via de roosters wordt opgebracht. Verdunnen van mest kan gecombineerd worden met koelen en/of verwijderen van mest, zodat ook een CH_4 -reductie gerealiseerd wordt.

Ten slotte: in bovengenoemde lijst zijn geen **mest-additieven** opgenomen. Vaak worden additieven aangeboden zonder dat het werkingsmechanisme duidelijk is. Een test van het werkingsprincipe op labschaal zou een eerste vereiste kunnen zijn om het kaf van het koren te scheiden. Afhankelijk van de aard van het additief en de dosering zal het reducerende effect meer of minder zijn. Ook zal moeten worden aangetoond dat het effect persistent is. Methaanbacteriën kunnen bijvoorbeeld wennen aan een additief waardoor het op termijn niet meer werkt. **Mixen van mest** kan gerealiseerd worden door een roerinstallatie, maar ook door het inbrengen van luchtbellen in de mest. Als emissie-reducerende maatregel voor ammoniak is het niet succesvol gebleken (Van Dooren et al., 2019; Calvet et al., 2017). Calvet et al. (2017) toonden in een pilot wel een reductie aan voor de methaanemissie, maar onder praktijkomstandigheden kon dat nog niet aangetoond worden (Van Dooren, mondelinge mededeling). **Mest scheiden** is ook niet opgenomen als maatregel, een uitgebreide toelichting staat in de paragraaf 'Algemeen ter info' item g.

Beleid	Maatregel			Effect op emissie uit landbouw (+ = toename; 0 = geen effect; - = afname)								
	Systeem	Type	Specificatie	NH ₃	NO _x	Nitraat grondwater ²⁵	N en P Oppervlakte-water ²	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ bodem	Geur	Fijnstof
Ammoniak	Stal	1 Voermaatregelen	TAN in mest	-	0	-	-	+	0	nvt	0	0
		2 Frequente mestverwijdering	per 1 of 2 uur	-	0	0/+	0/+	-	0	nvt	-	0
		3 Koelen mest		-	0	0/+	0/+	-	0/-	nvt	-	0
		4 Aanzuren mest		-	0	0/+	0/+	-	-	nvt	+	0
		5 (Kelder)luchtbehandeling		0/-	0	0	0	0/-	0/+	nvt	0/-	0/-
		7 Weidegang	Rundvee	-	0	0/+	0/+	-	0/+	nvt	0	0
		8 Verkleining emitterend oppervlak	gepaard met frequente verwijdering	-	0	0/+	0/+	-	0	nvt	-	0
		9 Verdunnen mest		-	0	0	0	0	0	nvt	-	0
		Klimaat	CH ₄ Stal	1 Voermaatregelen	Enterisch	0/+	0	0	0	-	0	nvt
CH ₄ Stal	2 Frequente mestverwijdering		elke paar dagen	0	0	0	0	-	0	nvt	0	0
CH ₄ Stal en opslag	3 Koelen mest			-	0	0/+	0/+	-	0	nvt	-	0
CH ₄ Stal en opslag	4 Aanzuren mest			-	0	0/+	0/+	-	-	nvt	+	0
CH ₄ Stal en opslag	5 (Kelder)luchtbehandeling			-	0	0	0	-	0/+	nvt	0/-	0/-
Opslag	6 Vergisten		Met beperkte opslagtijd	-	0	0	0	-	0	nvt	0	0

²⁵ In principe leiden alle ammoniakmaatregelen (behalve voer en luchtwassers) tot meer stikstof in mest. Als hier geen rekening mee wordt gehouden tijdens bemesting, kan dit leiden tot een toename van nitraatuitspoeling, behalve als een gewas de stikstof kan benutten.

Bijlage 2 Maatregelen landbouwbodems

Gerard Velthof

Algemeen ter info:

Ammoniakemissie treedt vooral op door toediening van mest. Toediening van kunstmest en compost, beweiding en gewasresten zijn andere bronnen van ammoniak uit de bodem, maar de emissie uit deze bronnen is veel kleiner dan die uit mest.

Nitraatuitspoeling treedt met name op in perioden met een neerslagoverschot (herfst tot eind winter) en de nitraat die na de oogst nog in de bodem aanwezig is, is gevoelig voor uitspoeling.

Oppervlakkige afspoeling van stikstof en fosfaat naar oppervlaktewater treedt op onder extreem natte perioden. Belasting van oppervlaktewater met stikstof en fosfaat treedt met name op in klei- en veengronden en in natte zandgronden. Onder natte omstandigheden neemt de mobiliteit van fosfaat en daarmee het risico op uitspoeling toe.

Lachgas wordt gevormd onder natte omstandigheden, waarbij het hoogste risico optreedt bij gebruik van dierlijke mest op bouwland en van nitraathoudende kunstmest op grasland en veengrond.

Methaan wordt niet gevormd in landbouwgronden, ook niet in de veengronden die voor landbouw worden gebruikt (de aanwezige zuurstof en nitraat remmen methaanvorming).

Het effect van grondsoort en landgebruik op emissies:

- Ammoniakemissie. Het risico op ammoniakemissie is kleiner op kleigrond dan op zand- en veengronden, omdat ammonium kan worden gebonden aan kleideeltjes. Dit effect treedt met name op bij kunstmest en beweiding. Bij dierlijke mest is het met name de samenstelling van mest en de toediening die een effect hebben.
- Nitraatuitspoeling. Het risico is het hoogst in droge zandgronden (diepe grondwaterstanden) en het laagst in veengronden. Risico in afnemende volgorde: Droog zand = lössgrond > gematigd droog zand > nat zand > kleigrond > veengrond. Het risico op nitraatuitspoeling is groter voor bouwland dan voor grasland.
- Stikstof- en fosfaatafspoeling. Het risico is groter op klei- en veengronden dan op zandgronden. Als de bodem verzadigd is met water, kan ook in zandgronden oppervlakkige afspoeling optreden.
- Lachgasemissie. Het risico op lachgasemissie is hoger in veengronden dan in zand- en kleigronden. Tussen zand- en kleigronden is geen eenduidig verschil.
- Methaanemissie. Treedt niet op in landbouwgronden. In het veenweidegebied kan methaanemissie optreden in met waterverzadigde bodem en sloten. Bij omzetting van landbouwgrond op veen naar natuur (moeras) kan dit leiden tot een hogere methaanemissie.
- Perspectieven voor koolstofopslag zijn groter op minerale gronden dan veengronden (veengronden verliezen koolstof door afbraak organische stof). Kleideeltjes beschermen organische stof tegen afbraak en koolstofopslag zou daardoor in theorie hoger kunnen zijn in kleigronden dan in zandgronden.

Toelichting op de maatregelen:

- **Aantal dieren.** Het aantal landbouwdieren in Nederland wordt gereguleerd door fosfaatrechten voor melkvee en dierrechten voor pluimvee- en varkens in de Meststoffenwet. Het aantal koeien wordt dus gereguleerd door fosfaatrechten en daarmee de fosfaatproductie per koe. Het is daardoor mogelijk dat het aantal koeien en de stikstofproductie (en ook de emissie van ammoniak- en methaan) kunnen toenemen binnen de fosfaatrechten als de fosfaatuitscheiding per koe door rantsoenmaatregelen verlaagd kan worden.
- **Weidegang.** Weidegang heeft effect op de hoeveelheid mest die in de stal wordt uitgescheiden en opgeslagen, de hoeveelheid mest die wordt toegediend en daarmee ook de hoeveelheid kunstmest

en op de emissies uit de bodem. In het algemeen kan gesteld worden dat meer weidegang leidt tot minder ammoniakemissie (uit stallen en uit de bodem; emissie uit toegediende mest is hoger dan uit beweiding) en minder methaanemissie (doordat er minder mest wordt opgeslagen), maar tot meer lachgasemissie en nitraatuitspoeling, en met name als beweiding in de nazomer/najaar plaatsvindt. Meer beweiding kan bij bedrijven met een derogatie ook leiden tot een heterogene en daardoor suboptimale fosfaatverdeling, omdat bedrijven met derogatie geen fosfaatkunstmest mogen gebruiken.

- **Emissiearme mesttoediening.** Emissiearme mesttoediening kan t.o.v. bovengronds uitrijden tot meer lachgasemissie leiden, omdat er minder ammoniakemissie optreedt waardoor er meer minerale stikstof in de bodem aanwezig is. Daarnaast wordt de stikstof in de bodem gebracht; het lagere zuurstofgehalte kan lachgasemissie bevorderen (lachgas wordt onder zuurstofarme omstandigheden geproduceerd). Dit risico kan worden beperkt als bij een aanvullende kunstmestgift rekening wordt gehouden met de hogere stikstofwerking van de mest. Er zou ook afwenteling naar nitraatuitspoeling kunnen optreden, maar dit risico is kleiner dan het risico op lachgasemissie, omdat lachgasemissie in de periode direct na mesttoediening plaatsvindt en nitraatuitspoeling aan het eind van het seizoen (de stikstof die niet is opgenomen door het gewas kan uitspoelen als er een neerslagoverschot is).
- **Voermaatregelen.** Een lager eiwitgehalte in het rantsoen leidt tot minder stikstof in de mest en dit kan ook tot minder nitraatuitspoeling en lachgasemissie leiden, behalve als het lagere stikstofgehalte in de mest gecompenseerd wordt door een hogere stikstofgift met andere meststoffen (kunstmest, compost of dierlijke mest van een ander bedrijf). Binnen het stikstofgebruiksnormensysteem is het mogelijk om een lager stikstofgehalte in mest te compenseren voor een hogere gift met andere meststoffen.
- **Lagere bemesting door aanpassing gebruiksnormen.** Een lagere stikstofbemesting met kunstmest en/of dierlijke mest door verlaging van de gebruiksnormen zal tot minder stikstofemissies als ammoniak, nitraat en lachgas uit de bodem leiden. Opgemerkt wordt hierbij dat de stikstofgebruiksnormen al vaak onder het landbouwkundig advies (gericht op productiviteit en beperkt door KRW) liggen (met name in het zuidelijk zand- en lössgebied) en dat een verdere verlaging ertoe kan leiden dat bepaalde gewassen suboptimaal en minder rendabel geteeld kunnen worden door een verlaging van de productiviteit. Dit kan leiden tot structurele veranderingen in de landbouw (andere teelten, andere manier van telen (extensiever), ander landgebruik) die in potentie wel, maar niet per definitie gunstig hoeven uit te pakken met betrekking tot reductie van stikstofemissies (dit is hier niet verder uitgezocht). Het verlagen van de gebruiksnorm dierlijke mest en/of die van stikstof en fosfaat leidt tot een hoger mestoverschot in Nederland. Dit kan leiden tot afwentelingen (bv. extra opslag van mest of bewerkte mest) en verhoogt de fraudedruk. Het kan ook leiden tot krimp van de veestapel en daarmee tot lagere stikstofemissies. Opgemerkt wordt dat indien een hoger mestoverschot leidt tot meer mestexport naar Duitsland en toepassing in gebieden grenzend aan Nederland, er nog steeds een negatief effect op stikstofdepositie in Nederland van deze mest kan optreden (NB Ook in Duitsland neemt emissiearm bemesten toe.²⁶
- **Mestbe- en verwerking.** In de Meststoffenwet betekent verwerken van mest dat mest buiten de landbouw wordt afgezet (export, mestkorrels, verbranding). Bij mestbewerking (bv. scheiden van mest, vergisting) wordt de samenstelling van mest veranderd (of fracties) en blijven de nutriënten (of een deel ervan) in de landbouw. Het effect van mestver- en bewerking op de verschillende emissies is sterk afhankelijk van de techniek die wordt toegepast en de emissies tijdens be- en verwerken, het effect op opslag van de mest(producten), de samenstelling (en risico op emissie) van de geproduceerde meststoffen en de wijze van toediening. Er is geen algemeen oordeel te geven over effecten van mestbe- en verwerking. Als er aanvullende maatregelen worden genomen (zoals beperkte opslagduur en emissiearme opslag en toediening van producten uit mestbewerking), dan zijn er perspectieven om ammoniak- en broeikasgasemissies te beperken door mestbewerking.
- **Vanggewassen (zand en löss).** Vanggewassen zijn een efficiënte maatregel om nitraatuitspoeling te beperken, mits tijdig ingezaaid (voor oktober). De organische stof heeft een positief effect op de bodemkwaliteit en de stikstof die weer vrijkomt bij onderploegen in het volgende jaar, kan worden gekort op de stikstofbemesting (en dat kan tot lagere ammoniak- en lachgasemissie leiden). Het onderwerken van vanggewassen kan wel leiden tot meer lachgasemissie en daarnaast zijn

²⁶ https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/07/PD21_359_41.html

gewasresten ook een bron van ammoniak (die ook in emissieberekening wordt meegenomen). Onderwerken van gewasresten leidt tot een lagere ammoniakemissie.

- **Bufferstroken langs oppervlaktewater en akkerranden.** Deze meestal onbemeste stroken kunnen leiden tot minder afspoeling van stikstof en fosfaat naar het oppervlaktewater en kunnen een positief effect hebben op de biodiversiteit en bodemkwaliteit (afhankelijk hoe bufferstrook wordt ingericht). Aangezien bufferstroken niet bemest worden, zullen bufferstroken ook leiden tot minder stikstoftoediening via mest en kunstmest (aannemend dat het oppervlak van de bufferstrook niet meetelt in de gebruiksnorm). Bufferstroken leiden tot minder plaatsingsruimte van mest, waardoor het mestoverschot toeneemt.
- **Uitrijdperiode mest.** Het beperken van de uitrijdperiode van mest is een maatregel om het risico op uit- en afspoeling van stikstof en fosfaat te beperken. Ook de emissie van lachgas zal daardoor worden beperkt. Verkorten van de uitrijdperiode (nu ongeveer half februari-1 september) leidt ertoe dat mest langer moet worden opgeslagen. Er is dan meer opslagcapaciteit nodig en de emissies van ammoniak en methaan (en lachgas bij vaste mest) uit de mestopslag nemen daardoor toe. Een beperktere uitrijdperiode kan leiden tot mesttoediening onder warmere omstandigheden en daardoor een hogere ammoniakemissie.
- **Gewaskeuze. Derogatie-eis 80% grasland.** Nitraatuitspoeling uit grasland is lager dan uit bouwland, o.a. door de langere groeiperiode van grasland en de hogere denitrificatiecapaciteit (microbiële afbraak van nitraat). De eis van minimaal 80% grasland leidt tot minder nitraatuitspoeling. Dit betekent dat het areaal mais hierdoor wordt gelimiteerd. Om het eiwitgehalte in het ruwvoer te beperken en daarmee de ammoniakemissie zou het maisaandeel in het rantsoen hoger moeten worden. Meer mais in het rantsoen vermindert ook de methaanemissie uit pensfermentatie. De verhouding gras-mais in het rantsoen en de daaraan gekoppelde verhouding van arealen grasland-maisland hebben dus een tegengesteld effect op enerzijds emissies van ammoniak en methaan en anderzijds de uitspoeling van nitraat. De emissie van lachgas zal toenemen als er meer mais wordt geteeld in plaats van grasland (hogere emissie uit mest en emissie door scheuren van grasland). De ammoniakemissie zal afnemen als meer mais wordt geteeld waarbij de mest wordt geïnjecteerd.
- **Gewaskeuze. Akkerbouw.** De keuze van gewassen en gewasrotatie hebben een effect op de stikstofemissies (ammoniak, nitraat en lachgas), omdat gewasstype een effect heeft op de hoogte van de stikstofgift, de stikstofbenutting, de methode waarop mest wordt toegediend (bv. bouwlandinjectie lage ammoniakemissie en hoge emissie bij toediening in een staand wintergewas) en toevoer van organische stof. Er is geen algemene beoordeling te geven van het effect van veranderen van gewaskeuze op de verschillende emissies, maar er zijn wel risico's op afwenteling. Gewaskeuze kan ook effect hebben op de gewasrestemissies.
- **Reactieve barrières in drainage water.** Als drainagewater door ijzerzand wordt geleid of door met ijzer omhulde drains kan het ijzer de fosfaat absorberen, zodat belasting van oppervlakte met fosfaat afneemt. Deze maatregel heeft geen effect op andere emissies. Als drainagewater door houtsnippers wordt geleid, kan het uitspoelend nitraat worden geïmmobiliseerd of gedenitrificeerd voordat dit het oppervlaktewater bereikt. Bij deze maatregel is er een duidelijk risico op afwenteling naar lachgasemissie.
- **Recycling als meststof (toetsing rest- en afvalstoffen).** Als er nieuwe meststoffen worden gebruikt door middel van recycling, kan het mestoverschot toenemen indien deze meststoffen stikstof en fosfaat bevatten. Toelating van deze stoffen wordt gebaseerd op toetsing op landbouwkundige betekenis en milieubezwaarlijkheid (met sterke focus op contaminanten) (CDM, 2013). Effecten op stikstofemissies zijn vaak niet bekend, maar zijn waarschijnlijk beperkt.
- **Leeftijd grasland verhogen.** Dit is een maatregel om koolstof vast te leggen, maar met een risico dat de stikstofbenutting van ouder wordend grasland lager wordt en daarmee risico op nitraatuitspoeling en lachgasemissie hoger als mestgiften hier niet op worden aangepast. Minder vaak scheuren leidt tot een iets lagere ammoniakemissie, omdat gewasresten worden meegerekend bij de berekening van emissies.
- **Gewasresten. Bouwland.** Achterlaten van gewasresten zoals stro is een maatregel om koolstofopslag te bevorderen. Deze maatregel kan tot meer nitraatuitspoeling en lachgasemissie leiden, maar dit is afhankelijk van het type gewasrest. Gewasresten zijn ook een bron van ammoniakemissie. Afvoer van gewasresten kan leiden tot lagere nitraatuitspoeling, lachgasemissie en ammoniakemissie.

-
- **Dierlijke mest en compost.** Meer toedienen van dierlijke mest en compost aan bouwland is een maatregel om organische stof toe te dienen. De gebruiksnormen stellen een maximum aan de hoeveelheid organische meststoffen die aan bouwland kan worden toegediend. De gebruiksnormen dierlijke mest worden niet opgevuld in de akkerbouw²⁷, waarschijnlijk omdat fosfaat en niet stikstof limiterend is. Er zijn binnen de huidige gebruiksnormen weinig mogelijkheden om meer organische stof via dierlijke mest en compost toe te dienen.
 - **Waterinfiltratiesystemen veenweide.** Er zijn verschillende systemen in onderzoek, van drainage (druk en onderwater), slootpeilbeheer en geregeld of ongeregelde grondwaterstanden. Sommige systemen zijn gebaseerd op huidige landbouwsystemen (drainage) en andere systemen (hoge grondwaterstand) vragen om aanpassingen van het landbouwsysteem (lagere productie, andere/lagere bemesting, kleinere koeienrassen om beweiding mogelijk te maken). Vernatting kan leiden tot meer uit- en afspoeling van fosfaat en waarschijnlijk ook stikstof en meer lachgasemissie. Het effect op ammoniakemissie zal beperkt zijn. Als vernatting leidt tot extensivering, zal ammoniakemissie wel afnemen (en ook andere emissies).
 - **Natte teelten.** Natte teelten, zoals lisdodde, leiden tot andere bemesting en mogelijk tot minder gebruik van mest. De emissie van ammoniak zal afnemen als er geen mest wordt toegediend of het perceel snel onder water wordt gezet na bemesting. Er ligt een risico op afwenteling naar lachgasemissie en mogelijk ook naar methaanemissie.
 - **Bodemverbetering veengrond met klei.** Het idee achter deze maatregel is dat de veenafbraak door toediening van klei wordt verminderd. Deze maatregel zal geen effect hebben op andere emissies.

²⁷ <https://www.agrimatie.nl/SectorResultaat.aspx?subpubID=2232§orID=2233&themaID=2282&indicatorID=2772>

Beleid	Maatregel			Effect op emissie uit landbouw + = toename; 0 = geen effect; - = afname						
	Systeem	Type	Specificatie	NH ₃	NO _x	NO ₃ Grondwater	N en P Oppervlaktewater	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ bodem*
Ammoniak	Mineraal + veen	Minder vee	Via fosfaat- en dierrechten	-	-	0/-	0/-	-	0/-	0
		Meer weidegang		-	+	+	0	-	+	0
		Emissiearme mesttoediening		-	+	0/+	+0/-	0	+	0
		Voermaatregelen	Lager eiwitgehalte	-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0
		Lagere bemesting	Kunstmest/dierlijke mest	-	-	-	-	0	-	0
		Mestbe- en verwerking		+0/-	+0/-	+0/-	+0/-	+0/-	+0/-	0
Mest/Water	Mineraal + veen	Aanscherping gebruiksnorm	Stikstof	-	-	-	-	0	-	+0
		Aanscherping gebruiksnorm	Dierlijke mest	-	-	-	-	+0	-	+0
		Aanscherping gebruiksnorm	Fosfaat	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	+0
		Vanggewassen	Zand en löss	+0	+0	-	-	0	+0	-
		Bufferstroken	Oppervlaktewater	-	-	-	-	-	0	-
		Uitrijdperiode mest		+	-	-	-	-	+	0
		Minder vee	Via fosfaat- en dierrechten	-	-	0/-	0/-	-	0/-	0
		Mestbe- en verwerking		+0/-	+0/-	+0/-	+0/-	+0/-	+0/-	0
		Gewaskeuze	Derogatie: 80% grasland	+0	-	-	-	+0	-	-
		Gewaskeuze	Akkerbouw	+0/-	+0/-	+0/-	+0/-	+0/-	+0/-	+0/-
		Minder beweiding in het najaar		+	-	-	0	+	-	0
		Afvoer gewasresten		0/-	-	-	-	0	-	+
		Reactieve barrières	IJzerzand-P; houtsnippers-N	0	+	-	-	0	+	0
		Recycling als meststof	Rest- en afvalstoffen	0	0	0	0	0	0	0
Klimaat	Minerale gronden	Leeftijd grasland verhogen	Grasland	0/-	+0	-	-	0	+0	-
		Gewaskeuze	Bouwland	+0/-	+0/-	+0/-	+0/-	+0/-	+0/-	+0/-
		Achterblijven van gewasresten	Bouwland	+0	+	+	+	0	+	-
		Dierlijke mest en compost	Bouwland	+	+	+	+	0	+	-
		Groenbemesters/vanggewassen	Bouwland	+0	+0	-	-	0	+0	-
		Akkerranden	Bouwland	-	-	-	-	-	0	-
	Veengronden	Waterinfiltratiesystemen	Grasland	0	+	0	+	+0	+	-
		Natte teelten			+0	0/-	0/-	+0	+0	-
		Bodemverbetering	Grasland	0	0	0	0	0	0	0

* + betekent CO₂ neemt toe (dus minder koolstofopslag)

Bijlage 3 Kwalitatieve evaluatie van mest-gerelateerde maatregelen uit de 'integrale variant' en 'stikstofvariant'

Gerard Velthof

Mest-gerelateerde maatregelen uit de 'integrale variant'

Beschrijving van maatregel		
Stikstof_86	Stimuleren omslag naar grondgebonden bedrijfsvoering	Omslag naar een volledig grondgebonden melkvee- en rundvleesveehouderij, dat wil zeggen de mestproductie in balans brengen met de mestplaatsingsruimte, met als resultaat dat deze sectoren niet langer een mestoverschot hebben.
<p><i>Evaluatie</i></p> <p>Deze definitie van grondgebondenheid is strikter dan die door LNV wordt gehanteerd in het kader van contouren nieuw mestbeleid ("alle geproduceerde mest op eigen grond of op grond van een collega in (regionaal) samenwerkingsverband"). Deze maatregel zal leiden tot minder mestproductie uitgedrukt in stikstof, door een combinatie van een lager eiwitgehalte in rantsoen en minder (jong)vee. Dit zal leiden tot minder ammoniakemissie uit stallen. De methaanemissie kan afnemen (bij meer mais, minder mestopslag), maar mogelijk ook toenemen bij een ander rantsoen. Bij gelijkblijvende gebruiksnormen zal weinig veranderen aan de ammoniak- en lachgasemissies en nitraatuitspoeling uit de bodem, omdat gebruiksnormen worden opgevuld (net als nu).</p>		
Stikstof_87	Ondersteuning omslag naar en creëren capaciteit voor mestverwerking	Bedrijven uit andere sectoren dan de melkvee- en rundvleesveehouderij zijn niet verplicht om voor een grondgebonden bedrijfsvoering te kiezen, maar mogen dit wel. Voor bedrijven die voor een niet-grondgebonden bedrijfsvoering kiezen, zal de standaard zijn om alle geproduceerde mest af te voeren en het te laten verwerken tot een product dat voldoet aan de behoefte van bodem en gewas.
<p><i>Evaluatie</i></p> <p>In de Meststoffenwet betekent verwerken van mest dat mest buiten de landbouw wordt afgezet (export, mestkorrels, verbranding). Waarschijnlijk wordt hier mestbewerking bedoeld (bv. scheiden van mest).</p> <p>Uit een quick scan (Velthof et al., in prep.) naar ammoniak- en broeikasgasemissies bij toepassing van kunstmestvervanger volgt dat als er aanvullende maatregelen worden genomen (zoals beperkt opslagduur en emissiearme opslag en toediening van producten uit mestbewerking), er perspectieven zijn om ammoniak- en broeikasgasemissies te beperken door vervangen van kunstmest door kunstmestvervangers. Er zijn echter veel onzekerheden en de rekenmethoden van emissies die voor het Nederlandse beleid worden toegepast, zoals NEMA, moeten worden verbeterd. Hiervoor is experimenteel onderzoek nodig. Ook is meer onderzoek nodig naar energieverbruik tijdens mestbewerking. Of de ammoniakemissie in een systeem met productie en toepassing van kunstmestvervangers verschilt van een systeem gebaseerd op drijfmest en kunstmest, hangt met name af van:</p> <ol style="list-style-type: none"> 7. de duur van opslag van onbehandelde drijfmest voordat de kunstmestvervanger wordt geproduceerd, 8. de duur en methode van de opslag van het concentraat en de dikke fractie (wel/niet afgedekt), 9. de toepassing van de dikke fractie (wel/niet export en wel/niet direct inwerken van de dikke fractie) en 10. de emissie na toediening van de kunstmestvervanger. Vervangen van de kunstmest KAS door mineralenconcentraat leidt tot een hoger risico op ammoniakemissie; door diep injecteren en 		

<p>eventueel aanzuren kan de emissie van mineralenconcentraat sterk worden beperkt. Vervangen van KAS door ammoniumsulfaat of ammoniumnitraat zal bij de emissiefactoren die in NEMA worden gehanteerd leiden tot een hogere ammoniakemissie. Ammoniumsulfaat kan tot een hoge ammoniakemissie leiden bij toediening aan kalkrijke gronden. Het inwerken of injecteren van vloeibare ammoniumsulfaat of ammoniumnitraat kan de ammoniakemissie sterk reduceren.</p>		
Stikstof_88	Regulerende maatregelen 7 ^e ActieProgramma	Gebiedsgerichte maatregelen die zich richten op het verbeteren van de waterkwaliteit op plekken waar deze nog niet is behaald.
<p><i>Evaluatie</i></p> <p>Er loopt een PlanMER van het 7^e ActieProgramma (AP) Nitraatrichtlijn waarin ook de effecten op ammoniakemissie zijn doorgerekend met INITIATOR. Onbemeste bufferstroken leiden tot een lagere ammoniakemissie (kleiner areaal waaraan mest wordt toegediend). Andere maatregelen die voorzien zijn in het 7^e AP hebben geen effect op ammoniakemissie of leiden tot een beperkte reductie. Alle maatregelen zijn erop gericht om nitraat- en fosfaatuitspoeling te beperken. Meestal zal dit ook leiden tot minder lachgasemissie. Maatregelen in het kader van droogte waardoor minder mest kan worden toegediend tijdens droge perioden kunnen leiden tot langere mestopslag en daarmee hogere ammoniak- en methaanemissies.</p>		
Stikstof_89	Controle en handhaving	Het voortzetten van de versterkte handhavingsstrategie plus het implementeren van eerdergenoemde structuurveranderingen in een effectieve controle en handhaving. Vereenvoudiging en verbeteren handhaafbaarheid zijn kernpunten bij het uitwerken van het toekomstig mestbeleid.
<p><i>Evaluatie</i></p> <p>Verbeterde handhaving zal mestfraude en overbemesting verminderen. Dit kan leiden tot minder ammoniakemissie bij mesttoediening, maar dit is ook afhankelijk wat er met de mest gebeurt die nu illegaal wordt toegediend.</p> <p>Volgens Agrimatie is er nog ruimte om stikstof als dierlijke mest toe te dienen in de akkerbouw https://www.agrimatie.nl/PublicatiePage.aspx?subpubID=2523&sectorID=2233&themaID=2758&indicatorID=2772</p> <p>In de Zandregio is het gebruik van stikstofkunstmest teruggebracht. Dit gebruik daalde van gemiddeld 86 kg per ha in periode 2014-2016 naar 65 kg in de periode 2017-2019. Het gebruik via dierlijke mest in akkerbouw de Zandregio was 122 kg per ha in 2017-2019 en in de Kleiregio 75 kg stikstof per ha. De gebruiksnorm dierlijke mest is 170 kg N per ha. Waarschijnlijk beperkt fosfaat het mestgebruik. Dit betekent dat er ruimte is voor gebruik van de dunne fractie van gescheiden mest (stikstofrijke en gevoelig voor ammoniakemissie) in de akkerbouw.</p>		
Stikstof_90	Ondersteuning gebiedsaanpak	Gebiedsgerichte maatregelen die zich richten op het verbeteren van de waterkwaliteit op plekken waar deze nog niet is behaald.
<p><i>Evaluatie</i></p> <p>Zie antwoord vorige vraag</p>		
Stikstof_91	Pilots 7e AP	Het voornemen is diverse pilots te continueren met voorloperbedrijven qua waterkwaliteit, die zich richten op doelgerichter mestbeleid. Budget vooral voor bijdragen aan monitoring van de effecten en handhaving.
<p><i>Evaluatie</i></p> <p>Zie antwoord vorige vragen. Een pilot zal overigens niet zomaar leiden tot ander management bij boeren.</p>		
Stikstof_92	Droogtmaatregelen	Om de negatieve effecten van de droogte op de waterkwaliteit te beperken, worden maatregelen opgesteld (bijv. subsidie voor vergroten opslagcapaciteit mest van 7 naar 9 maanden).
<p><i>Evaluatie</i></p> <p>Een langere mestopslagcapaciteit zal leiden tot meer ammoniakemissie. Er ontstaat een extra mestoverschot in het jaar na de droogte, mocht de mest niet meer toegepast kunnen worden in de zomer en in opslag blijven tot het volgend jaar. Er is dan te veel mest om binnen de gebruiksnormen toe te dienen. Dit kan emissies beïnvloeden (maar dit is afhankelijk van wat er met de mest gebeurt; naar de akkerbouw, mestverwerking, overbemesting?).</p>		

Stikstof_93	7 ^e /8 ^e AP overig	Monitoring, kennisontwikkeling, -verspreiding, communicatie, evaluatie meststoffenwet, opstellen 8 ^e AP
<i>Evaluatie</i> Nog geen concrete maatregelen.		

Mest-gerelateerde maatregelen uit de 'integrale variant'

Beschrijving van maatregel			
Verdunnen van mest 1:1 in de zomeropslag en in alle mestkelders met voldoende capaciteit - REDUCTIE BIJ AANWENDING	Op korte termijn (volgend jaar) verplichten dat alle mest verdund moet worden	Uitgewerkt in het rapport Normeren & Beprijzen (fiche L5)	Er is weinig aanvullend mogelijk op mestgebied, eerst moet de meststapel kleiner. Alle dierlijke mest verdunnen met water lijkt enige korte termijn aanscherping. Verder is er op dit vlak niet veel extra mogelijk, omdat de aanwendingstechnieken al emissiearm zijn. We ramen kosten voor extra handhaving.
<i>Evaluatie</i> Citaat uit het CDM-advies over bronmaatregelen melkveehouderij https://www.wur.nl/web/file?uuid=1a88d52c-edfc-4a41-b842-4e5684ee175b&owner=497277b7-cdf0-4852-b124-6b45db364d72&contentid=587442&elementid=18201029 "Op 50% van het graslandareaal op zandgrond waar zodenbemesting wordt toegepast, wordt in 2025 zodenbemesting met verdunde mest toegepast (1 deel water op 2 delen mest). De effectiviteit van deze maatregel en een emissiefactor voor ammoniak zijn niet bekend; er loopt nog een onderzoek naar de emissie uit verdunde mest toegediend met een zodenbemester. In een eerder advies van de CDM is op basis van expert judgement geschat dat het verdunnen van mest met 0,5 deel water op 1 deel mest leidt tot een emissiereductie van 20-30%, bij zodenbemesting van grasland op zandgrond (CDM, 2020b). De onzekerheid is groot; door verdunning infiltreert de dunne mest weliswaar sneller in de grond en wordt de ammoniakale stikstof (TAN) concentratie in de mest lager, waardoor het risico op ammoniakemissie vermindert. Door het grotere volume mest dat moet worden toegediend voor eenzelfde stikstofgift is er ook een risico dat de ammoniakemissie toeneemt en dat daardoor de reductie in ammoniakemissie door verdunning (deels) weer tenietgedaan wordt. Resultaten: verdunning van mest bij 50% van de zodenbemesting op grasland op zandgrond en een aangenomen emissiereductie van 25% leidt tot een reductie van 1,0 kton en bij een aangenomen emissiereductie van 10% is dit 0,4 kton. Bij 1:1 verdunnen wordt nog een groter volume gecreëerd, waardoor er waarschijnlijk vaker moet worden bemest. Met risico op ammoniakemissie. De onzekerheden bij 1:1-verdunning zijn vergelijkbaar met die van 1:2- verdunning."			
Aanscherpen stikstofgebruiksnormen mest	De stikstofgebruiksnormen worden (voor met name grasland) vanaf 2025 langs twee sporen aangescherpt: 1) totale stikstofgebruiksnorm gaat omlaag en 2) de aanwendingsnorm voor dierlijke mest wordt eveneens verlaagd in combinatie met afschaffing derogatie.	Aanzet gedaan in N&B, nog niet verder uitgewerkt naar ons weten.	De NH ₃ -emissie bij mestaanwending is bijna de helft van de totale NH ₃ -uitstoot van de landbouwsector. Sinds de jaren negentig van de vorige eeuw is de NH ₃ -emissie bij mestaanwending sterk gedaald door toepassing van steeds emissiearmere aanwendingstechnieken en voorschriften hoe en hoeveel mest mag worden aangewend. De technologische opties om de NH ₃ -emissie verder te verlagen, zijn op dit moment beperkt. Op dit moment is er een mestoverschot. De WUR heeft ingeschat dat pas bij een krimp van de veestapel van 25% of meer, het mestoverschot zal verdwijnen. Er is daarom aanvullend beleid nodig om ook de NH ₃ -emissie bij

			<p>aanwending van mest te verlagen. Tegelijk met het invoeren van doelsturing voor stallen en een krimp van de veestapel met 30%, worden de stikstofgebruiksnormen verlaagd. Hierbij zal de nadruk liggen op de gebruiksnorm voor graslanden, gezien het grootste gedeelte van de NH₃-emissie op grasland wordt veroorzaakt. Aanscherping van de stikstofgebruiksnorm bestaat uit een verlaging van de totale hoeveel stikstof die mag worden aangewend (via dierlijke mest, dan wel kunstmest) en uit een verlaging van de aanwendingsnorm voor dierlijke mest. De precieze maatvoering wordt afgestemd op de reductie die nodig is om de doelstelling van het pakket te realiseren.</p>
--	--	--	--

Evaluatie

Derogatie. Uit CDM-advies over Milieueffecten bij geen derogatie van de Nitraatrichtlijn:

<https://www.wur.nl/web/file?uuid=7bcfeb22-6f66-45f5-8a7a-917648557863&owner=497277b7-cdf0-4852-b124-6b45db364d72&contentid=518724&elementid=15021412>

"De milieueffecten van 'geen derogatie' worden in sterke mate bepaald door beslissingen van graasdierhouders met een derogatie, na het wegvallen van die derogatie. Er zijn globaal drie mogelijke 'directe reacties', namelijk (i) de stikstofexcretie per kg geproduceerde melk verminderen, (ii) minder koeien houden en daardoor minder mest produceren en (iii) investeren in mestafzet in de akkerbouw in combinatie met investeren in mestverwerking. Alle drie reacties kunnen gelijktijdig optreden. Op korte termijn zal het accent liggen bij optie 1 en 3. Bij geen derogatie zal de nitraatuitspoeling waarschijnlijk toenemen, omdat grasland zal worden omgezet in maisland voor de productie van meer eiwitarm voer. De belasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfaat verandert waarschijnlijk niet veel. De ammoniakemissie zal zeer waarschijnlijk afnemen, omdat er i) minder stikstof in de mest aanwezig zal zijn, ii) minder mest op grasland en meer op bouwland wordt toegediend, en iii) minder koeien en/of jongvee worden/wordt gehouden. Daardoor zal de stikstofdepositie op natuur afnemen en het negatieve effect van stikstof op biodiversiteit worden verkleind. Het omzetten van grasland in maisland leidt daarentegen tot vermindering van de biodiversiteit in agro-ecosystemen en van de kwaliteit van het agrarisch landschap. Het niet verlengen van derogatie zal naar verwachting niet leiden tot grote netto veranderingen in broeikasgasemissies. De CDM constateert dat 'geen derogatie' op korte termijn waarschijnlijk geen stimulans is voor kringlooplandbouw."

De Koeijer et al. (2016) *Effect derogatie op melkveehouderij, zuivelindustrie en zuivelcomplex*
<https://edepot.wur.nl/392396> (NB Deze studie is uitgevoerd voordat fosfaatrechten zijn ingevoerd in de melkveesector)

"Overall kan geconcludeerd worden dat de effecten van een eventueel verlies van derogatie op het zuivelcomplex aanzienlijk kunnen zijn, gegeven de uitgangspunten in het onderzoek. De mate van voldoende beschikbare mestverwerkingscapaciteit zal naar verwachting een grote invloed hebben op de uiteindelijke effecten voor de primaire melkveehouderijsector en dientengevolge voor het gehele zuivelcomplex.

Uit de analyse blijkt dat afschaffing derogatie een grote invloed heeft op het inkomen uit normale bedrijfsvoering. Dit is van invloed op de continuïteit van de bedrijven; een aantal bedrijven zal mogelijk eerder stoppen dan gepland. Dit kan voor meer dynamiek zorgen en hierdoor kan het verlies van derogatie een ander effect op de grondprijs hebben dan is berekend."

Verlagen gebruiksnorm stikstof

In 2019 bedroeg ammoniakemissie uit kunstmest 9 kton. Stel dat kunstmestgebruik met 10% omlaaggaat, dan is dit 0,9 kton ammoniak als de afname in gebruikt hetzelfde is voor alle typen kunstmest.

NB De stikstofgebruiksnormen liggen veelal onder de landbouwkundige bemestingsadviezen, met name in zuidelijk zandgebied en het lössgebied. Een forse aanscherping van stikstofgebruiksnormen zal bij een deel van de gewassen leiden tot opbrengstreductie of verlies aan kwaliteit. Dit heeft economische gevolgen en kan leiden tot veranderingen in gewassen en bouwplannen. Mogelijk dat meer vlinderbloemigen (o.a. klaver) worden geteeld. Het is niet altijd zo dat een vlinderbloemige tot een lagere stikstofinput leidt. Ook bij vlinderbloemigen is er risico op verliezen naar het milieu.

Afrijping van gewassen en gewasresten zijn ook een bron van ammoniakemissie. In 2019 was de emissie uit afrijping van gewassen en gewasresten 4,2 kton ammoniak (<https://www.wur.nl/web/file?uuid=07172ab9-80b5-46a5-9842-6e674a738fab&owner=497277b7-cdf0-4852-b124-6b45db364d72&contentid=575753&elementid=17318115>).

De ammoniakemissie uit gewasresten is afhankelijk van de stikstof in het gewasrest en de emissiefactor. Indien aanpassing in gebruiksnormen leidt tot veranderingen in gewasarealen, dan kan dit een effect hebben op de ammoniakemissie uit gewasresten. Het effect op ammoniakemissie is waarschijnlijk beperkt.

Gewaskeuze heeft ook een effect op de wijze waarop mest wordt toegediend en daarmee op de emissiefactor. De emissie bij bouwlandinjectie is veel lager dan bij zodenbemesting en sleepvoet op grasland. Toediening van mest in het voorjaar aan een wintergraan leidt tot relatief hoge emissies. Veranderingen in gewassen hebben dus ook een effect op de wijze waarop mest wordt toegediend en daarmee op ammoniakemissie.

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

Wageningen Environmental Research
Rapport 3111
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.



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



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

Rapport 3111
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

