



Technisch reductiepotentieel voor ammoniak, methaan en lachgas in de melkveehouderij

Gerard Migchels, Joan Reijs, Eline de Kool, Michel de Haan, Jakob Jager

Report 1589



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Technisch reductiepotentieel voor ammoniak, methaan en lachgas in de melkveehouderij

Gerard Migchels¹, Joan Reijds², Eline de Kool¹, Michel de Haan¹, Jakob Jager²

1 Wageningen Livestock Research

2 Wageningen Social and Economic Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research en gesubsidieerd door het Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoek thema 'Themanaam' (projectnummer BO-43-206.1-022).

Wageningen Livestock Research
Wageningen, september 2025

Rapport 1589

Samenvatting NL LVVN heeft de WUR gevraagd om m.b.t. de haalbaarheid van KPI scores voor melkveebedrijven meer overzicht en duiding te geven. De studie is afgebakend tot ammoniakemissie (4 KPI) en broeikasgassen (5 KPI). Er is gebruik gemaakt van 5 modelstudies en de praktijkdata van het BIN en Netwerk Praktijkbedrijven. Het reductiepotentieel voor alleen managementmaatregelen bij NH3 ligt tussen de 24 en 41%. Voor broeikasgassen is dit 12-24%. Afhankelijk van de gekozen KPI. Reductie bij toevoegen van stalinnovatie 23 tot 56% (NH3) en <0 tot 40% bij broeikasgassen.

Summary UK LVVN asked WUR to provide more insight and clarification regarding the feasibility of KPI scores for dairy farms. The study was limited to ammonia emissions (4 KPIs) and greenhouse gases (5 KPIs). Five model studies and practical data from the BIN and Netwerk Praktijkbedrijven were used. The reduction potential for management measures alone for NH3 is between 24 and 41%. For greenhouse gases, this is 12-24%. Depending on the chosen KPI. Reduction when adding stable innovation 23 to 56% (NH3) and <0 to 40% for greenhouse gases.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/700357> of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).



Dit werk valt onder een Creative Commons Naamsvermelding-Niet Commercieel 4.0 Internationaal-licentie.

© Wageningen Livestock Research, onderdeel van Stichting Wageningen Research, 2025

De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

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

Wageningen Livestock Research is NEN-EN-ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	11
1.1 Aanleiding	11
1.2 Aanpak	11
1.3 Afbakening	11
1.4 Leeswijzer	12
2 Ammoniak	14
2.1 Uitgangssituatie	14
2.2 Reductiepotentieel	19
2.2.1 Mogelijke maatregelen	19
2.2.2 Reductiepotentieel volgens modelstudies	21
2.2.3 Gerealiseerde reductie in Netwerk Praktijkbedrijven	23
2.3 Vergelijking absolute waarden modelstudies en praktijkdata	25
2.4 Conclusies ammoniak	28
3 Broeikasgassen (NIR landbouw)	30
3.1 Uitgangssituatie	30
3.2 Reductiepotentieel	35
3.2.1 Mogelijke maatregelen	35
3.2.2 Reductiepotentieel volgens modelstudies	37
3.2.3 Gerealiseerde reductie in Netwerk Praktijkbedrijven	40
3.3 Vergelijking modelstudies met praktijkdata	43
3.4 Conclusies broeikasgassen	47
4 Discussie en conclusie	49
4.1 Samenhang sturen op ammoniak en broeikasgassen	49
4.2 Benutten reductiepotentieel niet eenvoudig en vanzelfsprekend	50
4.3 Keuzes ten aanzien van afbakening en functionele eenheden	51
4.4 Aandachtspunten bij implementatie	53
Literatuur	55
Bijlage 1 Overzicht maatregelen in de meegenomen modelstudies	56

Woord vooraf

Het ministerie van LNVN heeft Wageningen University & Research gevraagd om voor ammoniak en broeikasgassen overzichtelijk in kaart te brengen wat het technisch reductiepotentieel is van emissie reducerende maatregelpakketten in de melkveehouderij. Dit op basis van een aantal reeds uitgebrachte modelstudies en beschikbare praktijkdata.

Het bleek nog een flinke klus om de verschillende studies – met verschillende uitgangspunten en rekenmethodieken - onderling te kunnen vergelijken.

Dank aan Marion de Vries voor het reviewen van het rapport.

We hopen dat dit rapport kan bijdragen aan het operationeel maken van doelsturing in de melkveehouderij.

Het projectteam

Samenvatting

Doel en afbakening

Om invulling te geven aan bedrijfsgerichte doelsturing heeft LVVN behoefte aan meer overzicht en duiding ten aanzien van haalbaarheid van KPI scores (Kritische Prestatie Indicatoren) voor melkveebedrijven. LVVN heeft WUR gevraagd om te analyseren wat hierover geleerd kan worden uit (de spreiding in) praktijkdata en recente modelstudies waarin technisch reductiepotentieel van bekende mitigatiemaatregelen is doorgerekend. Bij voorkeur gedifferentieerd naar verschillende bedrijfstypen. Deze studie is afgebakend tot ammoniakemissie en broeikasgassen. Broeikasgassen betreffen hier alleen de emissies die op het bedrijf zelf plaatsvinden en vallen binnen de Nederlandse sector Landbouw: het gaat dan voornamelijk om methaan uit pens- en darmfermentatie, methaan en lachgas uit stallen en mestopslagen en lachgas dat vrijkomt uit de bodem en bij mestaanwending. In opdracht van LVVN zijn 4 KPI opties voor ammoniak en 5 KPI opties voor broeikasgassen verkend.

Voor de praktijkdata is gebruik gemaakt van zowel de data uit het Bedrijveninformatienet (BIN) als Netwerk Praktijkbedrijven (NPB). In totaal zijn 5 modelstudies meegenomen in de analyse van het technische reductiepotentieel.

Resultaten praktijkdata: referentiesituatie

Om iets te kunnen zeggen over haalbare KPI scores is het ten eerste belangrijk om de uitgangssituatie goed in beeld te hebben. In tabel S1 worden de gemiddelde KPI scores uit het BIN weergegeven. Omdat het BIN een representatieve steekproef van melkveebedrijven geven deze getallen een goed beeld van de gerealiseerde scores op de 9 onderzochte KPI's in de uitgangssituatie. Hierbij is gekozen is voor een driejaarsgemiddelde om het effect van jaarinvloeden te beperken.

Tabel S1 Overzicht van gemiddelde KPI scores op ammoniak (in kg NH₃) en broeikasgassen (in kg CO₂-equivalenten) voor BIN bedrijven in de uitgangssituatie (2020-2022).

KPI	Ammoniak (kg NH ₃)	Broeikasgassen* (kg CO ₂ eq)
Bedrijf per hectare	56,9	14.150
Bedrijf per fosfaatrecht	Niet meegenomen	146
Stal en opslag per GVE	11,3	4.683
Stal en opslag per fosfaatrecht	0,258	107
Veld per hectare	31,8	3.774

*) alleen de emissies die op het bedrijf zelf plaatsvinden en vallen binnen de Nederlandse sector Landbouw: het gaat dan voornamelijk om methaan uit pens- en darmfermentatie, methaan en lachgas uit stallen en mestopslagen en lachgas dat vrijkomt uit de bodem en bij mestaanwending.

Bron: Bedrijveninformatienet Wageningen Social & Economic Research, berekend met KringloopWijzer 2024.10.

Resultaten praktijkdata: Spreiding tussen bedrijven

Praktijkdata vanuit het BIN en NPB laten zien dat er veel variatie is in huidige KPI prestaties tussen bedrijven.

Ammoniak: De analyses in dit rapport laten zien dat op elke KPI aanzienlijke variatie bestaat in de gerealiseerde scores. Ook binnen groepen bedrijven van dezelfde intensiteitsklasse en grondsoort is sprake van aanzienlijke variatie. Dit geeft aan dat er in elke groep bedrijven en voor elke KPI sprake is van handelingsperspectief voor emissiereductie. Extensieve bedrijven (<14.000 kg melk per ha) scoren gemiddeld beter op alle KPI's. Ook zijn de scores op zand gemiddeld beter dan op klei- en veengrond. Ook dit geldt voor alle KPI's.

Broeikasgassen: Ook op de broeikasgas KPI's is sprake van variatie in de huidige praktijk. Die variatie is echter kleiner dan bij ammoniak, met name voor de stal- en opslag emissies. Bij de veldemissies is de variatie wel groot. Hierin speelt het aandeel veen een belangrijke rol. Veldemissies (en daardoor ook bedrijfsemisies) zijn veel hoger voor veenbedrijven door de mineralisatie van veen waarbij lachgas vrijkomt.

Gemiddeld hebben extensieve bedrijven (<14.000 kg melk per ha) ook hogere veldemissies. Dit komt deels ook door een hoger aandeel veen. De stal- en opslagmissies zijn in grote lijnen gelijk tussen grondsoorten en intensiteit.

Resultaten praktijkdata: reductiepotentieel

In het project Netwerk Praktijkbedrijven werkten melkveehouders in projectverband aan emissiereductie op ammoniak én broeikasgassen. De focus lag hierbij op kosteneffectieve managementmaatregelen. Door de deelnemende melkveehouders werden op de ammoniak KPI's tussen 2020 en 2023 gemiddelde reducties in de ordegrrootte van ruim 10% bij de stal- en opslagmissies en ongeveer 15% bij de veldemissies gerealiseerd. Er is veel variatie in de gerealiseerde reductie tussen individuele bedrijven, ook binnen grondsoorten en intensiteitsklassen. De reducties in broeikasgassen lagen in de ordegrrootte van tussen de 1 tot 3% bij de stal- en opslagmissies en tussen de 6-14% bij de veldemissies. De gerealiseerde reductie in broeikasgassen is dus kleiner dan bij ammoniak. Ook hier is sprake van veel variatie in de gerealiseerde reductie tussen individuele bedrijven.

Resultaten modelstudies: reductiepotentieel

Tabel S2 geeft een samenvatting van de bandbreedte in het gemiddelde reductiepotentieel in verschillende modelstudies voor ammoniak en tabel S3 doet hetzelfde voor broeikasgassen. In deze tabellen zijn verschillende scenario's in de studies gegroepeerd in drie categorieën, gebaseerd op het soort maatregelen dat is meegenomen. Zie tabel 2.6, 3.6 en Bijlage 1 voor de indeling van maatregelen per categorie. Er is een grote range in het technisch reductiepotentieel in de verschillende modelstudies. Dit komt door verschillen in Ausgangssituatie en gehanteerde maatregelenpakketten, maar ook door verschillende rekenwijzen. Hierdoor zijn de studies niet altijd even goed vergelijkbaar.

Tabel S2 Overzicht van de bandbreedte in het gemiddelde reductiepotentieel voor KPI scores (in kg NH₃) gevonden in de verschillende modelstudies. De range betreft het laagste en hoogste reductiepotentieel gevonden in de studies.

Bedrijf	Stal & Opslag			Veld
	Per ha	Per GVE	Per fosfaatrecht	Per ha Bedrijf
Alleen managementmaatregelen ¹	25% - 39%	28% - 37%	32% - 33%	24% - 41%
Managementmaatregelen & stalinnovaties ¹	27% - 47%	38% - 56%	41% - 50%	23% - 39%
Managementmaatregelen & stalinnovaties & extensivering ²	67%	59%	59%	57%

1. Het betreft de range van de gemiddelde reductiepotentiëlen uit twee studies.

2. Het betreft het gemiddelde reductiepotentieel uit één studie.

Ammoniak: Modelstudies laten zien dat bij scenario's die alleen managementmaatregelen in beschouwing nemen de gemiddelde NH₃ emissiereductie varieert tussen de 24% en 41%. Er is sprake van reductiepotentieel bij zowel de stal- en opslagmissies als de veldemissies. Belangrijke maatregelen zijn eiwitarmere voeren, lager N-gift door het vervallen van derogatie, bufferstroken en lagere gebruiksnormen in NV-gebieden; en relatief eenvoudige maatregelen in de stal zoals het jaarrond spoelen van de roosters. In scenario's waarin naast managementmaatregelen ook innovatieve staltechnieken worden meegenomen, is de gemiddelde doorgerekende emissiereductie in het veld vergelijkbaar maar in de stal- en opslag groter, namelijk tussen de 38% en 56%. Het betreft dan staltechnieken als dagontmesting in combinatie met monomestvergistings en ammoniakstrippen of een semi-dichte vloer met onderafzuiging. Deze technieken vereisen vaak flinke investeringen voor de ondernemer. Scenario's waarin naast managementmaatregelen en stalinnovatie ook verlaging van de veebezetting (minder dieren per ha) werd doorgerekend, resulteerden in 57-67% emissiereductie op bedrijfsniveau. Aangezien deze scenario's gepaard gingen met grote economische consequenties, is het de vraag of en hoe dit soort scenario's op grote schaal economisch aantrekkelijk zijn te maken.

Tabel S3 Overzicht van de bandbreedte in het gemiddelde reductiepotentieel voor KPI scores voor broeikasgassen (in kg CO₂-eq) van verschillende modelstudies. De range betreft het laagste en hoogste reductiepotentieel gevonden in de studies.

	Bedrijf	Stal & Opslag			Veld	
	Per ha	Per fosfaatrecht	Per GVE	Per fosfaatrecht	Per ha Bedrijf	
	Alleen managementmaatregelen ¹	16%	13%	17%	12%	24%
	Managementmaatregelen & stalinnovaties ²	1% - 36%	12% - 31%	9% - 40%	14% - 32%	<0 - 31%
	Managementmaatregelen & stalinnovaties & extensivering ²	23% - 61%	7% - 38%	6% - 43%	11% - 43%	<0% - 51%
1.	Het betreft het gemiddelde reductiepotentieel uit 1 studie.					
2.	Het betreft de spreiding van het gemiddelde reductiepotentieel uit 3 studies.					
3.	Het betreft de spreiding van het gemiddelde reductiepotentieel uit 2 studies.					

Broeikasgassen: Modelstudies laten zien dat scenario's die alleen managementmaatregelen in beschouwing nemen, de gemiddelde emissiereductie van broeikasgassen op bedrijfsniveau tussen de 12 en 24% ligt. Belangrijke maatregelen voor het verlagen van methaan zijn aanpassing van het voer (additieven, meer vers gras, meer mais met lage EF, krachtvoer en kuil met een lage EF), minder jongvee aanhouden via verlengen levensduur en meer weidegang. Doorgerekende maatregelen voor het verlagen van lachgasemissie betreffen onder andere het minder dierlijke mest uitrijden door afschaffing van derogatie, een lagere totale N gift in NV gebieden en het toepassen van nitrificatieremmers. In scenario's waarin naast managementmaatregelen ook innovatieve staltechnieken werden meegenomen, lag de emissiereductie op bedrijfsniveau maximaal 40% voor de stal- en opslagemissie, 31% voor de veldemissie en 36% voor de bedrijfsemissie. Het betreft dan het toevoegen van staltechnieken als dagontmesting in combinatie met monomestvergisting of mest in externe opslag en nabewerking (koelen/oxideren/vergisten). Deze technieken vereisen flinke investeringen voor de ondernemer. Scenario's die zowel managementmaatregelen als stalinnovatie als extensivering combineren laten een grote variatie zien in de uitkomsten, met een maximale emissiereductie van 51% in het veldl en 61%, uitgedrukt per hectare en 38% per fosfaatrecht. Ook hier geldt weer de opmerking van de opschaalbaarheid van deze scenario's.

Discussie en aandachtspunten

- Een deel van de maatregelen om ammoniak- en broeikasgasemissies te reduceren loopt gelijk op, een deel van de maatregelen is onafhankelijk van elkaar en sommige maatregelen kunnen juist een tegengesteld effect hebben op broeikasgassen en ammoniak. Zie paragraaf 4.1 voor een beschouwing.
- De modelstudies laten zien dat er in theorie een flink potentieel is om emissies te verlagen. Dit betekent niet dat het eenvoudig is om dat reductiepotentieel in de praktijk ook daadwerkelijk te realiseren. Hiervoor is gerichte sturing nodig. Zie paragraaf 4.2 voor een beschouwing.
- In deze studie worden meerdere KPI opties in beschouwing genomen, met verschillende afbakeningen en eenheden. Bij implementatie van bedrijfsgerichte doelsturing is daarin een keuze nodig. Hierin kunnen verschillende afwegingen worden gemaakt. In paragraaf 4.3 worden voor- en nadelen van verschillende KPI opties samengevat.
- Inzicht in het reductiepotentieel is slechts een onderdeel van het bredere systeem van bedrijfsgerichte doelsturing. Bij introductie van een dergelijk systeem zijn meer keuzes en uitwerking nodig. De inbedding en een aantal belangrijke aandachtspunten zijn beschreven in paragraaf 4.4.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In het Regeerprogramma is opgenomen dat het kabinet toewerkt naar bedrijfsgerichte doelsturing. Het Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (LVVN) zoekt uit wat nodig is om te komen tot bedrijfsspecifieke emissiedoelen op klimaat en stikstof. Daarbij hoort het verkrijgen van inzicht in welke reductie technisch behaald kan worden na doorvoering van bekende mitigatiemaatregelen.

De afgelopen jaren zijn in diverse scenariostudies maatregelpakketten doorgerekend op effecten op de ammoniak- en broeikasgas uitstoot. Deze studies zijn echter niet of onvolledig doorvertaald naar concrete reductiepotentieel per KPI score per bedrijf. Ook verschillen de studies in meegenomen sectoren, maatregelen en emissiebronnen en zijn er verschillen in onderscheiden bedrijfstypes, berekeningswijzen en referentiejaar. Naast scenariostudies zijn in verschillende projecten emissies berekend op praktijkbedrijven. Deze data zijn een waardevolle informatiebron om inzicht te krijgen in mogelijk haalbare emissiereducties in de praktijk.

Samengevat heeft LVVN behoefte aan meer overzicht en duiding wat deze modelstudies en praktijkdata zeggen ten aanzien van het technisch reductiepotentieel op bedrijfsniveau voor verschillende bedrijfstypen in de melkveehouderij, uitgedrukt in concrete reductiepercentages per KPI per bedrijf.

1.2 Aanpak

In deze studie zijn de volgende stappen uitgevoerd:

1. Breng in beeld welke KPI scores op bedrijfsniveau op melkveebedrijven worden gehaald in de uitgangssituatie (zonder maatregelen in een bepaald referentiejaar) en de eindsituatie (na doorvoering van maatregelen). Geef inzicht in wat het effect is van doorgerekende maatregelen op KPI scores op bedrijfsniveau. Vat samen in tabelvorm.
2. Beschrijf welke maatregelen zijn meegenomen in de verschillende studies, samengevat in tabelvorm. Duid de verschillen tussen de studies. Hanteer hierbij een indeling in maatregelcategorieën zoals die ook door LVVN wordt gehanteerd (management / management + stalinnovatie / management + extensivering / management + stalinnovatie + extensivering).
3. Analyseer wat overeenkomsten en verschillen tussen de studies zijn.
4. Vergelijk de uitkomsten met praktijkdata.
5. Duid wat dit betekent voor technisch haalbare KPI scores (bandbreedte) bij verschillende bedrijfstypes in de melkveehouderijsector.

1.3 Afbakening

1. Deze studie beperkt zich tot ammoniakemissie en broeikasgasemissie in de melkveehouderij. Bij broeikasgasemissie gaat het voornamelijk alleen over de directe methaan en lachgasemissie op het bedrijf omdat dit ook de afbakening is van de klimaatdoelen voor de overheid binnen de sector Landbouw.
2. De volgende modelstudies zijn meegenomen:
 - a) **CTM studie (i.o.v. Commissie Toekomstbestendige Melkveehouderij):** Perspectief voor het verlagen van ammoniakemissie in de melkveehouderij (<https://edepot.wur.nl/546112>)
 - b) **Duurzame bedrijfstypen (DBT):** Uitwerking bedrijfstypen duurzame landbouw: melkvee en akkerbouw (Jongeneel et al, 2024)

- c) **Melken met Perspectief (MMP)** (project nog niet afgerond, rapport verwacht eind 2025): Scenariostudie naar reductiepotentieel in de melkveehouderij en behalen van doelen in 2030. Met high tech en low tech maatregelenpakketten, op basis van 6 bedrijfstypen. In deze studie wordt ook extensivering en lagere productie meegenomen.
- d) **Verkenning klimaat:** Verkenning van maatregelen voor vermindering van methaanemissie uit de melkvee- en varkenshouderij voor het bereiken van klimaatdoelen 2030 (Vellinga, 2023)
- e) **AFOLU:** Beleidsscenario's voor klimaatmitigatie in landbouw en landgebruik (Lesschen et al., 2024)

De volgende studie was el geselecteerd maar uiteindelijk niet meegenomen omdat de benodigde data niet op een eenvoudige manier uit de studie konden worden afgeleid: Scenariostudie naar doelen en doelrealisatie in het kader van het Nationaal Programma Landelijk Gebied (Gies et al, 2023)

3. Door LVVN is nog geen definitieve keuze gemaakt voor te hanteren KPIs op bedrijfsniveau. Daarom zijn meerdere KPI opties meegenomen. De studie beperkt zich op verzoek van LVVN tot de volgende KPIs op bedrijfsniveau (Tabel 1.1):

Tabel 1.1 Mogelijke KPI's op bedrijfsniveau die zijn meegenomen in deze studie.

Emissie	Emissiebron	Uitgedrukt per
Ammoniak	A. Ammoniak uit dier, stal en mestopslag	1. Fosfaatrecht 2. GVE
	B. Ammoniak uit mestaanwending en gewas	1. Hectare bedrijf 2. Hectare grasland 3. Hectare bouwland
	C. Ammoniak bedrijf (= A + B)	1. Hectare bedrijf
Broeikasgassen ^{1,2}	A. Methaan uit dier, stal en mestopslag ³	1. Fosfaatrecht 2. GVE
	B. Lachgas uit stal en mestopslag ⁴	n.v.t.
	C. Broeikasgassen uit mestaanwending en bodem (met name lachgas) ⁵	1. Hectare bedrijf
	D. Broeikasgassen uit dier, stal en mestopslag (= A + B)	1. Fosfaatrecht 2. GVE
	E. Broeikasgassen bedrijf (= D + C)	1. Fosfaatrecht 2. Hectare bedrijf

1. Uitgedrukt in CO₂-equivalenten, GWP factoren die ook in NEMA gehanteerd worden.
2. KPI opties A en B zijn niet als afzonderlijke opties meegenomen in de tabellen, alleen als onderdeel van D en E.
3. Hier gaat het om de KringloopWijzer posten: methaan uit pensfermentatie (bkg_pens_vg2 + bkg_pens_gk2 + bkg_pens_sm2 + bkg_pens_ovbp1 + bkg_pens_kvmp2) en methaan uit stal en mestopslag (bkg_stop_meth2).
4. Hier gaat het om de KringloopWijzer post lachgas uit stal en mestopslag (bkg_stop_lach2).
5. Hier gaat het om de KringloopWijzer posten voerproductie veldemissie methaan (bkg_voer_meth1), voerproductie veldemissie lachgas incl. veen (bkg_voer_lach1), en voerproductie veldemissie koolstof (bkg_voer_kool1).

4. Voor de praktijkdata is gebruik gemaakt van de data die beschikbaar is in het Bedrijven Informatie Netwerk (BIN) en Netwerk Praktijkbedrijven.
BIN is een representatieve steekproef van melkveebedrijven. Daardoor geven deze getallen een goed beeld van de gerealiseerde scores op de onderzochte KPI's in de uitgangssituatie. Hierbij is als referentie gekozen voor een driejaarsgemiddelde (2020-2022) om het effect van jaarinvloeden te beperken.

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft de resultaten van de studie weer voor de ammoniak KPI's. Daarin wordt eerst (paragraaf 2.1) een beschrijving gegeven hoe Nederlandse melkveebedrijven op de betreffende KPIs presteerden in recente jaren volgens verschillende bronnen. Dit is te zien als de referentiesituatie. Paragraaf 2.2 geeft een analyse van het technisch reductiepotentieel op de betreffende KPIs volgens de geselecteerde modelstudies.

In paragraaf 2.3 zijn de uitkomsten van de modelstudies vergeleken met praktijkdata, zowel met de gemiddelde praktijk als met resultaten van praktijkprojecten waarin maatregelen geïmplementeerd zijn om emissies te verlagen. Paragraaf 2.4 geeft de conclusies van deze analyse voor ammoniak. Hoofdstuk 3 kent dezelfde indeling als Hoofdstuk 2 maar gaat in op broeikasgassen. In Hoofdstuk 4 worden aandachtspunten bij de implementatie van bedrijfsgerichte doelsturing op deze thema's bediscussieerd.

2 Ammoniak

2.1 Uitgangssituatie

De ammoniakemissie in de uitgangssituatie betreft het referentieniveau waarmee de emissiereductie vergeleken wordt. Hiervoor is in de beschouwde studies een bepaald referentiejaar (hierna: basisjaar) gekozen. In deze paragraaf wordt een beeld gegeven van de ammoniakemissie in de uitgangssituatie uitgedrukt in verschillende KPI's op basis van de verschillende beschouwde modelstudies en praktijkcijfers.

Verschillende informatiebronnen met elkaar vergeleken

De gekozen uitgangssituatie verschilt nogal in de praktijk en de modelstudies. Niet alleen in het basisjaar, Maar ook in welke KPI's gebruikt zijn. De KPI-veldemissie grasland en bouwland is niet in alle gevallen beschikbaar. Ook wordt zowel de BIN bedrijven als voor Netwerk Praktijkbedrijven een uitsplitsing grondsoort gemaakt o.b.v. de meest voorkomende grondsoort op het bedrijf.

Tabel 2.1 laat zien dat er veel variatie is tussen melkveebedrijven in de huidige praktijk. Op melkveebedrijven wordt de ammoniakemissie onder andere bepaald door het aantal dieren en hectares, de voeding (hoe hoger de eiwitbenutting, des te geringer de minerale stikstof in de mest, des te minder emissie), het aandeel beweiding (hoe meer beweiding, des te minder emissie), het stalsysteem (minder emissie uit de stal bij emissiearme staltechniek), het aandeel bouwland (hoe meer bouwland, des te minder emissie) en de aanwendtechniek (minder emissie bij emissiearmere aanwendtechniek). Bedrijven op klei- en veengrond kunnen lagere veldemissies bij het uitrijden van mest realiseren dan bedrijven op zandgrond door bij het uitrijden met de sleepvoet (op klei en veen) niet met 33% maar met 50% te verdunnen met water. Verdunnen met water bij zodenbemester op zand blijkt geen significant effect te hebben op de emissie. Bedrijven op zand realiseren daarentegen gemiddeld lagere emissies uit stal- en opslag en bij uitrijden omdat zij over het algemeen meer bouwland hebben en daardoor meer snijmais kunnen voeren in het rantsoen (lagere RE/TAN via meer snijmais) ten opzichte van bedrijven op klei- en veengrond, en ammoniakemissies door mesttoediening bij snijmais doorgaans lager zijn dan bij grasland.

De tabel laat ook zien dat het gemiddelde emissieniveau verschilt tussen de verschillende bronnen. Dit maakt het lastig om studies met elkaar te vergelijken t.b.v. het bepalen van het technisch reductiepotentieel. In alle studies is in de uitgangssituatie nog sprake van derogatie.

Wat opvalt aan deze tabel is dat:

- Stal- en opslag emissie op basis van NEMA duidelijk hoger ligt dan op basis van het BIN (berekend met de KringloopWijzer (KLW)). De veldemissie ligt op een nagenoeg vergelijkbaar niveau. Het is niet precies duidelijk waar het verschil tussen NEMA en BIN/KLW door veroorzaakt wordt. Het heeft waarschijnlijk te maken dat NEMA ervan uitgaat dat de huidige emissiearme stallen niet werken. En dus alle emissiearme melkveestallen bij NEMA dezelfde emissiefactor van 13 kg NH₃ per dierplaats¹ van de standaard ligboxenstal zonder weidegang hebben gekregen. Terwijl de KLW wel de emissiereductie van een emissiearme stal inrekent.
- Duidelijk is dat de modelstudie van Jongeneel et al (2024) begint vanuit een lage uitgangspositie m.b.t. de NH₃ emissie. Dit kan te maken hebben met het gehanteerde model (er is niet gerekend met KLW maar met Farmdyn) en met de keuze voor de referentiebedrijven die mogelijk niet volledig representatief zijn voor de gemiddelde situatie.
- Opvallend is dat bij NPB er een grote spreiding is tussen individuele bedrijven. Bij stalemissies ruwweg een factor 3 (tussen laagste en hoogste) en bij de veldemissies bijna factor 4. En bij de bedrijfsemissies zelfs ruim factor 5.

¹ De RAV waarde van 13 kg NH₃ per dierplaats is op basis van gemiddelde TAN excretie. De KLW corrigeert de emissie per dierplaats op basis van de berekende TAN excretie op het betreffende melkveebedrijf.

-
- Ook in het BIN is veel spreiding waarneembaar. Het emissieniveau waaronder de 25% best presterende bedrijven zitten (25e percentiel) ligt 25-30% lager dan het emissieniveau waarboven de 25% slechtst presterende bedrijven zitten (het 75e percentiel).
 - Spreiding in de bedrijfsemissie per hectare heeft niet alleen te maken met verschillen in bedrijfsvoering maar ook met de intensiteit van het bedrijf. Op bedrijven met weinig grond, wordt de stal- en opslag emissie door minder hectares gedeeld (zie tabel 2.2).

Tabel 2.2 Verschillen in ammoniakemissie (in kg NH₃) van melkveebedrijven in de uitgangssituatie, uitgedrukt in verschillende KPI's.

Type	Bron:	Basisjaar	Bedrijf	Stal en opslag			Veld	
			Per ha	Per GVE	Per fosfaatrecht	Per ha bedrijf	Per ha grasland	Per ha Bouwland ⁷
Gemiddelde praktijk	NEMA	2022	59,6 ¹	13,1 ²	0,30 ²	31,8 ¹	-	-
	BIN gem	2019	57,9	11,6	0,267	32,0	35,8	9,8
	BIN gem ³	2020-2022	56,9	11,3	0,258	31,8	35,8	9,6
	BIN 25-75 ³	2020-2022	46,0 – 65,9	9,2 – 12,8	0,217 – 0,295	25,4 – 36,2	29,1 – 40,2	4,5 – 11,5
Praktijk projecten	Netwerk	2020	53,8	10,8	0,247	29,9	32,9	16,4
	Praktijkbedrijven ⁴		19,2 – 110	5,3 – 15,5	0,133 – 0,339	13,7 – 88,3	13,7 – 91,8	0,1 – 67,0
Modelstudies	CTM studie ⁵	2018	61,7	12,5	0,293	31,9	-	-
			46,9 – 76,8	10,2 – 14,5	0,234 – 0,341	25,5 – 41,0		
	Duurzame bedrijfstypen (DBT) ⁶	2021	42,3	9,6	0,228	19,9	-	-
			34,6 – 50,5	8,1 – 10,3	0,199 – 0,241	14,6 – 24,1		
	Melken met perspectief (MMP) ⁵	2022	49,0	12,7	0,304	23,3	29,4	3,5
			29,6 – 64,9	10,6 – 14,6	0,270 – 0,359	14,3 – 31,2	15,4 – 40,7	2,6 – 4,3

1. Berekend uit bijlage 36 uit [Bruggen et al., 2024](#). Aan melkveesector gealloceerde emissies op basis van het NSO bedrijfstype gedeeld door de op dat bedrijfstype aanwezige hectares (812.228 hectare).
2. Berekend als alle ammoniakemissie uit melkveemest in stallen en mestopslagen gedeeld door het totaal aantal melkkoeien en fokjongvee in Nederland, uitgedrukt in GVE ([Bruggen et al., 2024](#)). Bij fosfaatrechten is gemiddeld 1,5% onderbenutting van fosfaatrechten verondersteld.
3. Bron: Bedrijveninformatienet Wageningen Social & Economic Research, berekend met KringloopWijzer versie 2024.10. Het betreft het driejaarsgemiddelden 2020 – 2022. BIN gem. heeft betrekking op de gemiddelde waarde van 640 bedrijven. BIN 25-75 geeft inzicht in de spreiding o.b.v. de 25% en 75% percentielen: 25% van de bedrijven zit onder de laagste waarde en 25% boven de hoogste waarde.
4. Bron: Project Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met KringloopWijzer versie 2024.11. Netwerk praktijkbedrijven omvat 39 bedrijven.
5. Berekend met BBPR/Dairywise.
6. Berekend met Farmdyn.
7. Niet alle bedrijven hebben bouwland met bijbehorende bouwland emissies. Bedrijven zonder bouwland in de uitgangssituatie of eindsituatie worden niet meegenomen in de berekening van het gemiddelde emissies per hectare bouwland.

Samenhang met intensiteit en grondsoort in het BIN

Uit tabel 2.2 op basis van het BIN (gemiddelde 2020-2022) blijkt dat de bedrijfsemissie per ha stijgt naarmate de intensiteit toeneemt. Dit is enerzijds het effect van de verschillen in grondgebondenheid (de stal en opslagemissies worden bij bedrijven met weinig eigen grond door minder hectares gedeeld) en anderzijds het effect van verschillen in bedrijfsvoering (management en staltechniek).

De stal- en opslagemissie uitgedrukt per GVE neemt ook toe met de intensiteit. Hierin spelen verschillen in grondgebondenheid geen rol. Een hogere melkproductie (en dus N excretie) per koe en minder beweiding bij intensievere bedrijven zijn hier waarschijnlijke oorzaken. Uitgedrukt per fosfaatrecht is die sterke relatie met intensiteit niet waarneembaar, waarschijnlijk omdat er per fosfaatrecht veel minder verschil is in N excretie tussen de groepen. Extensieve bedrijven scoren het laagst. Maar bij > 19.000 kg/ha zijn de stal- en opslagemissies net wat lager zijn dan bij de intensiteitsklasse van 14.000-19.000 kg per ha. De veldemissies nemen toe naarmate de intensiteit toeneemt. Dit kan te maken hebben met een lagere bemesting op extensieve bedrijven en met meer beweiding op extensieve bedrijven. Maar ook verschillen in rantsoen en productieniveau spelen een rol. Ook hier blijkt een flinke spreiding tussen de 25% bedrijven met de laagste en de 25% bedrijven met de hoogste emissies. Vooral bij de veldemissies bouwland is een grote spreiding. Dit kan komen door verschillen in de dierlijke mestgiften per hectare bouwland en de wijze waarop die mestgift wordt toegebracht (injectie heeft fors lagere emissie dan onderwerken in twee werkgangen).

Tabel 2.2 Verschillen in scores op ammoniak (in kg NH₃) voor BIN bedrijven, uitgesplitst naar intensiteit (uitgedrukt in kg melk per hectare op jaarbasis), in de uitgangssituatie (2020-2022).

Intensiteit (melk/ha)	Bron:	Bedrijf	Stal en opslag			Veld	
		Per ha	Per GVE	Per fosfaatrecht	Per ha bedrijf	Per ha gras	Per ha bouwland
<= 14.000 kg/ha ¹	Gem.	42,9	9,9	0,246	26,3	29,2	9,4
	25-75	34,4 – 51,3	8,2 – 12,2	0,201 – 0,291	19,8 – 30,8	23,3 – 34,7	3,9 – 9,0
14.000–19.000 kg/ha ²	Gem.	57,3	11,3	0,264	33,2	36,8	10,5
	25-75	49,0 – 64,3	9,9 – 12,8	0,234 – 0,295	27,7 – 37,1	31,9 – 40,5	4,6 – 11,5
> 19.000 kg/ha ³	Gem.	65,3	11,7	0,257	33,6	38,7	11,3
	25-75	55,6 – 74,4	9,9 – 13,3	0,217 – 0,297	27,5 – 38,1	32,4 – 44,2	5,1 – 12,2

1. Bron: Bedrijveninformatienet Wageningen Social & Economic Research, berekend met KringloopWijzer versie 2024.10. Het betreft het driejaarsgemiddelden 2020 – 2022. Het betreft gegevens van 49 bedrijven.
2. Bron: Bedrijveninformatienet Wageningen Social & Economic Research, berekend met KringloopWijzer versie 2024.10. Het betreft het driejaarsgemiddelden 2020 – 2022. Het betreft gegevens van 85 bedrijven.
3. Bron: Bedrijveninformatienet Wageningen Social & Economic Research, berekend met KringloopWijzer versie 2024.10. Het betreft het driejaarsgemiddelden 2020 – 2022. Het betreft gegevens van 79 bedrijven.

Uit tabel 2.3 blijkt dat voor elke KPI geldt dat op de BIN bedrijven op zand/löss de laagste emissie wordt gerealiseerd. En dat klei- en veenbedrijven dicht bij elkaar liggen bij de verschillende KPI's. Te zien is dat voor elke KPI geldt dat ook binnen de grondsoort sprake is van een flinke spreiding. Dit geeft aan dat er ook binnen een grondsoort sprake is van handelingsperspectief om emissie te reduceren. Opvallend is het grote verschil in de veldemissies tussen de grondsoorten: Op zandgrond is deze duidelijk lager. Dit komt enerzijds door het hogere aandeel bouwland op zand (bouwland heeft een lagere emissie per ha dan grasland). Echter, ook andere factoren spelen waarschijnlijk een rol, zoals: 1) de aanwendingstechniek op grasland (op zand meer zodenbemesten), 2) de hoeveelheid stikstof uit dierlijke mest die mag worden aangewend (op deel van de zandgebieden lagere derogatienorm) en 3) rantsoenverschillen (op zand meer snijmais in het rantsoen). De grote spreiding in emissies per ha bouwland tussen de 25% laagst en hoogst scorende bedrijven valt op. Dat is ongeacht de grondsoort, verschillen in de dierlijke mestgift per hectare en de wijze van toediening kunnen hier een rol spelen.

Tabel 2.3 Verschillen in scores op ammoniak (in kg NH₃) voor BIN bedrijven, uitgesplitst naar grondsoort in de uitgangssituatie (2020 – 2022).

Grondsoort		Bedrijf	Stal en opslag		Veld		
		Per ha	Per GVE	Per fosfaatrecht	Per ha Bedrijf	Per ha grasland	Per ha bouwland
Zand/löss ¹	Gemiddeld	51,9	10,9	0,248	27,9	32,6	7,9
	25-75	43,4 - 59,8	9,2 - 12,6	0,214 - 0,282	24,4 - 31,9	27,8 - 37,3	4,2 - 9,5
Klei ²	Gemiddeld	64,1	11,9	0,273	37,3	40,1	15,9
	25-75	54,1 - 74,9	10,3 - 13,4	0,242 - 0,308	30,8 - 44,0	34,0 - 46,2	5,8 - 22,9
Veen ³	Gemiddeld	61,7	11,2	0,266	36,8	38,7	16,1
	25-75	50,9 - 69,1	9,4 - 13,1	0,231 - 0,299	30,3 - 42,3	31,1 - 44,2	5,0 - 20,3

1. Bron: Bedrijveninformatienet Wageningen Social & Economic Research, berekend met KringloopWijzer versie 2024.10. Het betreft het driejaarsgemiddelden 2020 – 2022. Het betreft gegevens van 120 bedrijven.
2. Bron: Bedrijveninformatienet Wageningen Social & Economic Research, berekend met KringloopWijzer versie 2024.10. Het betreft het driejaarsgemiddelden 2020 – 2022. Het betreft gegevens van 64 bedrijven.
3. Bron: Bedrijveninformatienet Wageningen Social & Economic Research, berekend met KringloopWijzer versie 2024.10. Het betreft het driejaarsgemiddelden 2020 – 2022. Het betreft gegevens van 26 bedrijven.

Samenhang met intensiteit en grondsoort in Netwerk Praktijkbedrijven

Tabellen 2.4 en 2.5 geven inzicht in de KPI scores van de Netwerk Praktijkbedrijven. Dit is een minder representatieve steekproef dan het BIN. In deze tabellen worden naast het gemiddelde ook de minimum- en maximumwaarden gepresenteerd (bij BIN alleen de 25% en 75% percentielen). Deze tabellen geven dus nog meer inzicht in de daadwerkelijke spreiding die er is tussen bedrijven. Doordat het een kleiner aantal bedrijven betreft (N=39), speelt het toeval een grotere rol in de verschillen tussen de groepen in deze dataset.

Het beeld dat de emissies toenemen bij toename van de intensiteit is hier wat anders. Bij de bedrijfsemissies per ha is dit wel te zien. Echter bij stal -en opslag scoren de intensieve bedrijven net wat beter dan de gemiddeld intensieve bedrijven. Bij de veldemissies is het beeld niet eenduidig. Zie tabel 2.4.

Tabel 2.4 Verschillen in scores op ammoniak (in kg NH₃) voor de deelnemers van Netwerk Praktijkbedrijven, uitgesplitst naar intensiteit (uitgedrukt in kg melk per hectare op jaarbasis), in de uitgangssituatie (2020).

Intensiteit (melk/ha)		Bedrijf	Stal en opslag		Veld		
		Per ha	Per GVE	Per fosfaatrecht	Per ha bedrijf	Per ha grasland	Per ha Bouwland ⁴
<= 14.000 kg/ha ¹	Gemiddelde	42,6	9,6	0,232	29,2	33,6	14,5
	Min – Max	19,2 - 110	5,3 - 12,5	0,133 - 0,297	13,7 - 88,3	13,7 - 91,8	0,1 - 67,0
14.000 – 19.000 kg/ha ²	Gemiddelde	52,4	11,1	0,261	29,0	31,2	16,5
	Min – Max	37,7 - 70,8	7,5 - 14,8	0,170 - 0,339	20,5 - 47,3	24,4 - 47,3	2,9 - 55,7
> 19.000 kg/ha ²	Gemiddelde	61,2	10,9	0,243	31,2	34,0	17,06
	Min – Max	43,3 - 92,8	6,5 - 15,5	0,318 - 0,325	23,3 - 49,8	22,2 - 56,5	2,9 - 43,9

1. Op basis van de gegevens van 9 bedrijven binnen het Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met de KringloopWijzer versie 2024.11.
2. Op basis van de gegevens van 15 bedrijven binnen het Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met de KringloopWijzer versie 2024.11.
3. Op basis van de gegevens van 15 bedrijven binnen het Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met de KringloopWijzer versie 2024.11.
4. Niet alle bedrijven hebben bouwland met bijbehorende bouwland emissies. Bedrijven zonder bouwland in de uitgangssituatie of eindsituatie worden niet meegenomen in de berekening van het gemiddelde emissies per hectare bouwland.

Ook bij de Netwerk Praktijkbedrijven zijn de bedrijfsemissies per ha het laagst bij zand. Echter als het gaat om stal- en opslagemissies (per GVE en fosfaatrecht) dan scoren de veen bedrijven beter dan zand/löss. De veldemissies zijn dan wel weer het laagst op zandbedrijven. Zie tabel 2.5.

Tabel 2.5 Verschillen scores op ammoniak (in kg NH₃) voor de deelnemers van Netwerk Praktijkbedrijven, uitgesplitst naar grondsoort in de uitgangssituatie (2020).

Grondsoort		Bedrijf	Stal en opslag			Veld	
		Per ha	Per GVE	Per fosfaatrecht	Per ha Bedrijf	Per ha grasland	Per ha Bouwland ³
Zand/löss ¹	Gemiddeld	50,0	10,6	0,241	25,3	27,9	12,5
	Min – Max	19,2 – 68,3	5,3 – 15,5	0,133 – 0,325	13,7 – 29,8	13,7 – 35,3	0,13 – 43,9
Klei ¹	Gemiddeld	57,5	11,2	0,262	32,0	36,1	19,0
	Min – Max	27,7, - 92,8	7,7 – 14,8	0,178 – 0,339	15,6 – 49,8	17,3 – 56,5	1,2 – 55,7
Veen ²	Gemiddeld	54,9	9,7	0,230	36,8	38,1	35,8
	Min – Max	35,8 – 110,4	6,4 – 13,2	0,138 – 0,315	23,9 – 88,3	23,9 – 91,8	4,5 – 67,0

1. Op basis van de gegevens van 16 bedrijven binnen het Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met de KringloopWijzer versie 2024.11.

2. Op basis van de gegevens van 7 bedrijven binnen het Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met de KringloopWijzer versie 2024.11.

3. Niet alle bedrijven hebben bouwland met bijbehorende bouwland emissies. Bedrijven zonder bouwland in de uitgangssituatie of eindsituatie worden niet meegenomen in de berekening van het gemiddelde emissies per hectare bouwland.

2.2 Reductiepotentieel

2.2.1 Mogelijke maatregelen

In tabel 2.6 worden de maatregelen genoemd die in de verschillende modelstudies zijn genomen voor ammoniak. In tabel B1.1 is een volledig overzicht van genomen maatregelen per modelstudie te vinden, inclusief de maatregelen voor broeikasgassen.

Tabel 2.6 Overzicht van toegepaste maatregel(pakketten) in de modelstudies voor ammoniak.

Maatregelcategorie	Maatregel	Duurzame bedrijfstypen (DBT)	CTM	Melken met Perspectief*
Management - rantsoen	• Ruw eiwitgehalte rantsoen verlagen	x	x	x
	• Meer snijmais in het rantsoen	x	x	x
Management - weidegang	• Meer weidegang t.o.v. uitgangssituatie	x	x	x
	• Weiden jongvee (kalveren en/of pinken)		x	
Management - dier	• Levensduur verhogen			x
Management - bouwplan	• Meer snijmais verbouwen		x	x
	• 10% / 20% productief kruidenrijk grasland	x		x
Management - mest	• Minder bemesten en klaver	x		x
	• Struviet bij de mest	x		
	• Mest 1 op 2 verdund uitrijden met water	x	x	x
	• Mest aangezuurd uitrijden	x		x
	• Mestaanwending op grasland gedeeltelijk/100% zodebemesten / sleepvoet	x	x	
Management - stal	• Jaarrond spoelen met water	x		x
Stal - innovatie technieken	• Dagontmesting + monomestvergisting + ammoniakstrippen	x		x
	• Overgaan op semi-dichte vloer met onderafzuiging	x		x
	• Overgaan naar emissiearme stal met RAV 8,6 kg NH3/dierplaats/jaar		x	x
	• Mest in externe opslag en nabewerking			x
Extensivering	• Verlaging GVE-norm via extra grond	x		x
	• Verlaging GVE-norm via minder dieren	x		
Mestbeleid	• Vervallen derogatie	x		x
	• Daling van N-gebruiksnorm + bufferstroken	x		x

* Niet alles overal, passende maatregelen per bedrijf en strategie.

2.2.2 Reductiepotentieel volgens modelstudies

In onderstaande tabel is het reductiepotentieel zoals kon worden afgeleid uit de drie modelstudies naast elkaar gezet. En daarbij is gesorteerd op scenario's met verschillende type maatregelen: 1) scenario's met alleen managementmaatregelen (inclusief het spoelen met water in de stal), 2) scenario's met management in combinatie met stalinnovaties, 3) scenario's met managementmaatregelen en extensivering en 4) de combinatie van management – stalinnovatie en extensivering.

Tabel 2.7 Berekend reductiepotentieel (%) voor ammoniak KPI's (in kg NH₃) ten opzichte van de uitgangssituatie in de scenariostudies.

	Bedrijf	Stal & opslag			Veld	
	Per ha	Per GVE	Per fosfaatrecht	Per ha bedrijf	Per ha Grasland	Per ha Bouwland ⁴
Alleen managementmaatregelen						
CTM ¹	25%	28%	32%	24%		
	14% - 35%	7% – 35%	12% - 38%	14% - 36%	-	-
DBT Hightech ²	39%	37%	33%	41%		
	35% – 42%	32% - 45%	19% - 38%	36% - 49%	-	-
Managementmaatregelen & Stalinnovaties						
DBT hightech met stalinnovaties ²	47%	56%	50%	39%		
	40% – 56%	47% - 64%	30% - 63%	21% – 50%	-	
MMP – Hi Tech ³	27%	38%	41%	23%	9%	-59%
	13% - 40%	26% - 59%	29% - 61%	-17% - 66%	-46% - 58%	-183% ⁵ - 42%
Managementmaatregelen en extensivering						
DBT extensivering ²	55%	32%	32%	54%		
	39% - 74%	19% - 50%	19% - 50%	44% - 69%	-	-
MMP – Low Tech ³	30%	31%	28%	21%	27%	16%
	16% - 47%	9% – 55%	5% - 52%	6% - 42%	8% - 42%	-1% - 37%
Managementmaatregelen en stalinnovaties en extensivering						
DBT extensivering met ² stalinnovaties	67%	59%	59%	57%		
	55% - 85%	47% - 72%	47% – 72%	38% - 76%	-	-

1. Berekend met BBPR/Dairywise. In deze studie is geen onderscheid gemaakt in maatregelpakketten.
2. Berekend met Farmdyn. In deze studie zijn vier hoofdrichtingen verkend en alle vier de richtingen zijn verkend met en zonder stalinnovatie. De vier richtingen betreffen: 1) Hightech-open, met een GVE norm van 2,5 GVE/ha; 2) Extensiveren, met een GVE norm van 1,5 GVE/ha; 3) Omschakelen naar biologisch, met een GVE norm van 1,5 GVE/ha; en 4) Omschakelen naar natuurinclusieve bedrijfsvoering (NIL), met een GVE norm van 1,0 GVE/ha. De laatste twee richtingen zijn in deze tabel samengevoegd. Binnen elk van deze vier richtingen wordt onderscheid gemaakt tussen een Licht, Licht Anders, Zwaar, en Zwaar Anders maatregelpakket. Verschil tussen deze pakketten zit in welke Ecoregeling (Licht = Brons; Zwaar = Zilver) er behaald wordt en hoe stallemissies worden aangepakt (Licht = jaar rond spoelen met water; Anders = dagontmesting + monovergisting + ammoniakstrippen; Zwaar = semi-dichte vloer met onderafzuiging).
3. Berekend met BBPR/Dairywise. In deze studie zijn twee ontwikkelrichtingen verondersteld: Hi-tech en Lowtech. Hi tech wordt meer gekenmerkt door innovatie maatregelen zoals emissiearme stallen en Low tech meer door management maatregelen zoals spoelen met water. De spreiding is op basis van 5 gangbare bedrijfstypes en 1 biologisch bedrijfstype.
4. Het betreft enkel bedrijven die zowel in de uitgangssituatie als in de eindsituatie bouwland hebben.
5. Dit bedrijfstype heeft een toename in bouwland van 20 hectare.

Uit deze tabel valt op te maken dat:

1. Er grote variatie is in het doorerekende reductiepotentieel in de verschillende studies, zowel in de stal- en opslagmissies als de veldmissies en dus ook in de bedrijfsemissies.
2. De studie DBT laat de grootste reductiepercentages op bedrijfsniveau per ha zien (tot maximaal 85%). Dit heeft ermee te maken dat in die studie verschillende maatregelen zijn gecombineerd zoals stalaanpassingen met een RAV lager dan 4 kg NH₃ per dierplaats, verlies van derogatie en daar bovenop ook nog een vergaande extensivering / omschakeling naar natuurinclusieve landbouw.
3. Het procentuele reductiepotentieel is in belangrijke mate ook afhankelijk van de uitgangssituatie van het betreffende bedrijf. Als een bedrijf al een lage emissie heeft, is het reductiepotentieel lager. In de CTM studie is het laagste reductiepercentage bijvoorbeeld voor het bedrijf dat in de uitgangssituatie al een emissie-arme stal heeft. In de MMP studie betreffen de laagste reductiepercentages het biologische bedrijf.

4. De gemiddelde reductiepercentages liggen in de volgende ordegrrootte:

- a. CTM: in deze studie is sprake van een bandbreedte tussen de 14 - 35 % (KPI bedrijfsemissie per ha) (m.u.v. het bedrijf dat in de uitgangssituatie al een emissie-arme stal heeft). De gemiddelde emissiereductie lag in die studie op 28% (stal en opslagemissie per GVE) en 24% (veldemissie per ha). In deze studie is het wegvallen van derogatie nog niet meegenomen in de maatregelen. Aan de andere kant is het effect van verdund uitrijden bij een zodenbemester overschat. Uit metingen bleek later geen significant effect van verdunnen bij een zodenbemester waar in de modelberekeningen wel vanuit was gegaan. Eiwitarm voeren is ingerekend tot een gemiddeld niveau van 160 gram RE per kg ds. Er zijn geen innovatieve staltechnieken doorgerekend. De ingerekende emissiereductie in de stal (gemiddelde RAV factor van 8,6) kan in principe ook gerealiseerd worden via het jaarrond spoelen van de roosters.
- b. DBT: in deze studie ligt het reductiepotentieel tussen de 35 en 85% (KPI bedrijfsemissies per ha). Bij alleen managementmaatregelen is de spreiding tussen de 35-42%. Bij management in combinatie met stalinnovaties is dit tussen de 40 en 56%. De combinatie van management en extensivering heeft een spreiding van 39 tot 74%. En bij alles combineren is de spreiding tussen de 55 en 85%. Bij extensivering daalt de veebezetting van 2.5 GVE/ha naar 1.5 GVE/ha. Er is in de studie sprake van lichte en zware pakketten. In alle pakketten is uitgegaan van verlagen van het RE-gehalte in het rantsoen, toevoegen struviet aan mest, meer weidegang, roosters jaarrond spoelen en mest verdund en aangezuurd uitrijden. Bij de zware pakketten is daarnaast een innovatieve staltechniek ingerekend. In de meest vergaande scenario's (omschakeling naar biologisch en natuurinclusief) loopt het reductiepotentieel op tot 85%. In deze scenario's worden extensieve, natuurinclusieve vormen van melkveehouderij gecombineerd met innovatieve staltechnieken. De studie laat ook zien dat deze scenario's zonder compensatie bedrijfseconomisch niet aantrekkelijk zijn. In de studie is rekening gehouden met het vervallen van derogatie.
- c. MMP: in deze studie is sprake van een bandbreedte tussen de 13 - 47% (KPI bedrijfsemissies per ha) bij de Hi tech variant bij combinatie van management en stalinnovaties. De bandbreedte is tussen de 16 en 47% bij de combinatie van managementmaatregelen en extensivering . Er is in deze studie rekening gehouden met het vervallen van derogatie, een lagere stikstofgebruiksnorm in NV gebieden en bufferstroken. Verder zijn er een groot aantal maatregelen doorgevoerd, inclusief innovatieve staltechnieken. Een belangrijke notie is dat de pakketten hier niet alleen geoptimaliseerd zijn op het reduceren van ammoniakemissie maar op brede verduurzamingsopgaven en er is een keuze gemaakt ten aanzien van passende maatregelen bij het bedrijf. Niet alle maatregelen zijn bij elk bedrijf doorgevoerd. Bovendien is er bij de selectie van maatregelen een inschatting gemaakt of de maatregelen passend zijn bij de uitgangssituatie en de strategie van het bedrijf (met een onderscheid naar een Hi-Tech en een Low-Tech optimalisatie van het bedrijf). De Low-Tech scenario's leiden tot een gemiddelde reductie van de stal- en opslagemissie (per GVE) van 31% en van de veldemissie van 21%. Bij de Hi-Tech variant gaat het om respectievelijk 38% voor de stal- en opslagemissie (per GVE) en 23% voor de veldemissie. Het betreft voorlopige resultaten. De studie is nog niet afgerond en gepubliceerd.

2.2.3 Gerealiseerde reductie in Netwerk Praktijkbedrijven

Toelichting project Netwerk Praktijkbedrijven

In deze paragraaf is weergegeven hoe de ammoniakemissie is ontwikkeld op de Netwerk Praktijkbedrijven in de periode 2020 – 2023. Het doel van het project Netwerk Praktijkbedrijven is om in vijf jaar tijd (2020 t/m 2024) de emissie van ammoniak én methaan met 30% te reduceren door middel van (kosteneffectieve) maatregelen die passen bij het individuele bedrijf. De maatregelen bestaan vooral uit managementmaatregelen zoals aanpassingen in het rantsoen, in de stal en mestopslag en in het veld. Ook zijn er een aantal stalinnovaties toegepast op enkele bedrijven. Voor elk bedrijf is een specifiek maatregelenpakket samengesteld, binnen de mogelijkheden van dat bedrijf en de wensen van de veehouder. Hoewel het project ammoniak- én methaanreductie als doel heeft, lag in de periode 2020 – 2023 de focus vooral op ammoniakreductie. Voor deze rapportage worden de KringloopWijzer resultaten voor 2020 en 2023 (berekend met KringloopWijzer versie 2024.11) van de onderzoeksbedrijven en de demonstratiebedrijven meegenomen.

Gerealiseerde reductie

Uit onderstaande tabel (tabel 2.8) blijkt dat in elke intensiteitsklasse gemiddeld een reductie van de emissie is gerealiseerd, met uitzondering van de veldemissie per hectare bouwland. De veldemissies per bedrijf zijn gemiddeld het hardst gedaald op de extensieve bedrijven. Bij de stal- en opslagemissie zijn de reductiepercentages vrijwel gelijk. De extensieve bedrijven hebben gemiddeld de grootste emissiereductie gerealiseerd (in bedrijfsemissies per ha). Met een toename van 29% tot een afname van 58% is de spreiding tussen de bedrijven echter erg groot. Dit geldt voor elke groep en bij elke KPI. Opvallend zijn de extreem hoge percentages bij de bouwland emissies. Dit heeft ermee te maken dat er enkele bedrijven zijn die van een situatie met een zeer klein areaal bouwland (waarop geen bemesting werd toegepast) zijn gegaan naar een situatie met meer bouwland en wel bemesting.

Tabel 2.8 *Gerealiseerde reductie (%) bij Netwerk Praktijkbedrijven in 2023, uitgesplitst naar intensiteit.*

Intensiteit (melk/ha)	Bedrijf	Stal en opslag			Veld		
		Per ha	Per GVE	Per fosfaatrecht	Per ha Bedrijf	Per ha Grasland	Per ha Bouwland ⁴
<= 14.000 kg/ha ¹	Gemiddeld	17%	11%	10%	21%	27%	-3.547%
	Min – max	-20% - 58%	-12% - 48%	-14% - 46%	-38% - 72%	-4% - 71%	-21.227% - 84%
14.000 – 19.000 kg/ha ²	Gemiddeld	15%	12%	12%	15%	12%	-33%
	Min – max	13% - 73%	-4% - 31%	2% - 30%	-29% - 76%	-15% - 75%	-600% - 70%
> 19.000 kg/ha ³	Gemiddeld	7%	9%	9%	8%	7%	-9%
	Min - max	-29% - 33%	-2% - 31%	-1% - 31%	-17% - 42%	-34% - 49%	-158% - 94%

- 1. Op basis van de gegevens van 9 bedrijven binnen het Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met KringloopWijzer versie 2024.11.
- 2. OP basis van de gegevens van 15 bedrijven binnen het Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met KringloopWijzer versie 2024.11.
- 3. Op basis van de gegevens van 15 bedrijven binnen het Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met KringloopWijzer versie 2024.11.
- 4. Niet alle bedrijven hebben bouwland met bijbehorende bouwland emissies. Bedrijven zonder bouwland in de uitgangssituatie of eindsituatie worden niet meegenomen in de berekening van het gemiddelde emissies per hectare bouwland.

Uit onderstaande tabel (Tabel 2.9) blijkt dat de klei bedrijven gemiddeld zowel de stal- en opslag (18%) als de veldemissie (19%) flink hebben kunnen reduceren. Op de veenbedrijven is de gemiddelde reductie van de veldemissie groot (31%) en van de stal- en opslagemissie beperkter (8%). Op de zandbedrijven is de gemiddelde reductie van zowel de stal- en opslagemissie (5%) als de veldemissie (2%) beperkt. De tabel laat ook een grote spreiding zien, bij de bedrijfsemissies per hectare bijvoorbeeld van een 29% toename tot 21% afname op zand, 20% toename tot 73% afname op klei en 6% toename tot 58% afname op veen. Kortom, erg veel variatie.

Tabel 2.9 Gerealiseerde reductie (%) bij Netwerk Praktijkbedrijven in 2023 ten opzichte van de uitgangssituatie, uitgesplitst naar grondsoort.

Grondsoort	Bron:	Bedrijf	Stal en opslag			Veld	
		Per ha	Per GVE	Per fosfaatrecht	Per ha bedrijf	Per ha grasland	Per ha Bouwland ³
Zand/löss ¹	Gemiddeld	2%	5%	5%	2%	1%	-1273%
	Min - max	-29% - 21%	-12% - 17%	-14% - 13%	-29% - 25%	-34% - 36%	-21227% - 94%
Klei ¹	Gemiddeld	18%	18%	17%	19%	21%	-16%
	Min - max	-20% - 73%	3% - 48%	4% - 46%	-38% - 76%	-2% - 75%	-158% - 93%
Veen ²	Gemiddeld	25%	8%	8%	31%	31%	40%
	Min - max	-6% - 58%	-4% - 15%	-1% - 17%	0% - 72%	0% - 71%	-3% - 84%

1. Op basis van de gegevens van 16 bedrijven binnen het Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met KringloopWijzer versie 2024.11.
2. Op basis van de gegevens van 7 bedrijven binnen het Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met KringloopWijzer versie 2024.11.
3. Niet alle bedrijven hebben bouwland met bijbehorende bouwland emissies. Bedrijven zonder bouwland in de uitgangssituatie of eindsituatie worden niet meegenomen in de berekening van het gemiddelde emissies per hectare bouwland.

Eindsituatie

Onderstaande tabellen 2.10 en 2.11 geven een overzicht van de eindsituatie op de Netwerk Praktijkbedrijven.

Tabel 2.10 laat zien dat in de eindsituatie extensieve bedrijven gemiddeld de laagste emissie realiseren, ongeacht de gehanteerde KPI. De spreiding (min-max) tussen de bedrijven in een intensiteitsklasse blijft groot.

Tabel 2.11 laat zien dat in de eindsituatie de gemiddelde bedrijfsemissies per ha het laagst zijn op veengrond en het hoogst op Zand/Löss. Dit geldt ook bij de stal- en opslag emissies per GVE. Uitgedrukt per fosfaatrecht komen de bedrijven nagenoeg overeen. Bij de veld emissies is het beeld net wat anders. Daar hebben klei en zand/löss een nagenoeg zelfde emissie en veengrond de laagste emissie. Ook hier blijft sprake van grote variatie binnen de groep.

Tabel 2.10 Verschillen in absolute KPI scores voor ammoniak (in kg NH₃) voor Netwerk Praktijkbedrijven in 2023, uitgesplitst naar intensiteit.

Intensiteit (melk/ha)		Bedrijf	Stal en opslag			Veld	
		Per ha	Per GVE	Per fosfaatrecht	Per ha Bedrijf	Per ha Grasland	Per ha Bouwland ⁴
<= 14.000 kg/ha ¹	Gemiddeld	30,9	8,4	0,207	18,4	21,0	11,2
	Min - max	19,5 - 45,9	4,2 - 11,2	0,116 - 0,278	13,0 - 24,5	14,2 - 36,6	1,2 - 28,4
14.000 - 19.000 kg/ha ²	Gemiddeld	43,8	9,5	0,221	24,0	27,0	10,7
	Min - max	19,0 - 60,0	6,4 - 11,5	0,156 - 0,282	11,3 - 33,7	11,7 - 36,9	2,24 - 22,7
> 19.000 kg/ha ³	Gemiddeld	55,9	9,9	0,223	28,0	30,5	11,8
	Min - max	42,8 - 73,7	5,5 - 14,2	0,114 - 0,299	20,9 - 34,9	21,7 - 39,5	1,6 - 36,1

1. Op basis van de gegevens van 9 bedrijven binnen het Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met KringloopWijzer versie 2024.11.
2. Op basis van de gegevens van 15 bedrijven binnen het Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met KringloopWijzer versie 2024.11.
3. Op basis van de gegevens van 15 bedrijven binnen het Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met KringloopWijzer versie 2024.11.
4. Niet alle bedrijven hebben bouwland met bijbehorende bouwland emissies. Bedrijven zonder bouwland in de uitgangssituatie of eindsituatie worden niet meegenomen in de berekening van het gemiddelde emissies per hectare bouwland.

Tabel 2.11 Verschillen in absolute KPI scores voor ammoniak (in kg NH₃) voor Netwerk Praktijkbedrijven in 2023, uitgesplitst naar grondsoort.

Grondsoort	Bron:	Bedrijf	Stal en opslag		Veld		
		Per ha	Per GVE	Per fosfaatrecht	Per ha Bedrijf	Per ha Grasland	Per ha Bouwland ³
Zand/löss ¹	Gemiddeld	48,3	10,0	0,227	24,6	27,3	11,1
	Min - max	21,1 – 63,5	6,0 – 14,2	0,151 – 0,299	15,3 – 34,9	14,3 – 39,5	1,6 – 29,7
Klei ¹	Gemiddeld	46,3	9,2	0,216	24,7	28,1	12,4
	Min - max	19,0 – 73,7	4,2 – 11,8	0,116 – 0,277	11,3 – 33,7	11,7 – 37,8	1,2 – 36,1
Veen ²	Gemiddeld	37,3	8,4	0,200	22,5	23,5	7,8
	Min - max	25,3 – 45,9	5,5 – 11,2	0,114 – 0,278	15,0 – 33,6	15,0 – 33,7	4,7 – 10,9

1. Op basis van de gegevens van 16 bedrijven binnen het Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met KringloopWijzer versie 2024.11.

2. Op basis van de gegevens van 7 bedrijven binnen het Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met KringloopWijzer versie 2024.11.

3. Niet alle bedrijven hebben bouwland met bijbehorende bouwland emissies. Bedrijven zonder bouwland in de uitgangssituatie of eindsituatie worden niet meegenomen in de berekening van het gemiddelde emissies per hectare bouwland.

2.3 Vergelijking absolute waarden modelstudies en praktijkdata

In deze paragraaf vergelijken we de absolute waarden zoals die berekend worden in de eindsituatie met scores van praktijkbedrijven in praktijkprojecten en tot de huidige praktijk.

Er zit verschil in de absolute niveaus van KPI scores tussen studies die worden veroorzaakt door modelmatige verschillen. Bij het hanteren van bedrijfsdoelen is het belangrijk om er altijd zeker van te zijn dat het doelniveau met exact dezelfde methode is berekend als de methode waarop het bedrijf uiteindelijk wordt beoordeeld. Voor de meeste regels in bovenstaande tabel is de KringloopWijzer (of de rekenwijze BBPR/DairyWise die tot vrijwel dezelfde resultaten leidt) gehanteerd voor de berekening. Uitzondering is de DBT studie waar gebruik wordt gemaakt van het model Farmdyn.

Tabel 2.12 Ammoniakemissie in de eindsituatie (na toepassing van maatregelen) in de praktijk (NPB) en in modelstudies (in kg NH₃). BIN data betreffen geen eindsituatie maar zijn bedoeld ter vergelijking (referentiesituatie 2020-2022).

		Bedrijf	Stal & Opslag		Veld	
Praktijkdata		Per ha	Per GVE	Per fosfaatrecht	Per ha Bedrijf	Per ha Grasland Per ha Bouwland ⁵
BIN gem. (2020-2022) ¹		56,9	11,3	0,258	31,8	35,8 9,6
BIN 25 -75 (2020-2022) ¹		46,0 - 65,9	9,2 - 12,8	0,217 - 0,295	25,4 - 36,2	29,1 - 40,2 4,5 - 11,5
NPB (2023) gem. ²		45,8	9,4	0,219	24,3	27,0 11,3
NPB (2023) min - max ²		19,0 - 73,7	4,2 - 14,2	0,114 - 0,299	11,3 - 34,9	11,7 - 39,5 1,2 - 36,1
Modelstudies eindsituatie						
Alleen managementmaatregelen	CTM ³	45,9 37,8 - 55,9	8,9 8,1 - 9,6	0,198 0,182 - 0,213	24,1 22,4 - 25,5	- -
	DBT Hightech-open zonder kapitaalintensieve stalaanpassing ⁴	25,5 22,0 - 30,1	6,1 5,5 - 6,5	0,153 0,136 - 0,194	12,5 10,7 - 14,6	- -
	DBT Hightech-open met kapitaalintensieve stalaanpassing ⁴	21,8 18,1 - 27,1	4,2 3,4 - 5,0	0,108 0,087 - 0,140	12,4 10,2 - 15,7	- -
Managementmaatregelen en stalinnovaties	MMP Hightech ³	34,8 25,7 - 42,9	8,0 5,2 - 10,8	0,180 0,111 - 0,255	16,7 9,1 - 23,7	25,4 13,5 - 42,6 5,1 2,5 - 7,5
	DBT - Extensivering zonder kapitaalintensieve stalaanpassing ⁴	18,4 11,4 - 22,0	6,5 5,0 - 8,0	0,155 0,121 - 0,185	9,2 6,3 - 12,0	- -
Managementmaatregelen en extensivering	MMP Lowtech ³	33,1 24,8 - 41,7	8,6 6,5 - 11,4	0,216 0,159 - 0,279	17,7 13,4 - 20,5	20,7 14,1 - 24,4 2,9 2,7 - 3,4
	DBT - Extensivering met kapitaalintensieve stalaanpassing ⁴	13,6 7,4 - 19,3	3,9 2,9 - 5,0	0,093 0,066 - 0,117	8,4 4,5 - 13,2	- -
Managementmaatregelen en extensivering en stalinnovaties						

1. Bron: Bedrijveninformatienet Wageningen Social & Economic Research, berekend met KringloopWijzer versie 2024.10. Het betreft het driejaarsgemiddelde 2020 t/m 2022. BIN gem. geeft de gemiddelde waarde van 640 bedrijven. BIN 25-75 geeft inzicht in de spreiding o.b.v. de 25% en 75% percentielen: 25% van de bedrijven zit onder de laagste waarde en 25% zit boven de hoogste waarde.
2. Bron: Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met KringloopWijzer 2024.11 Netwerk Praktijkbedrijven omvat 39 bedrijven. NPB gem. laat de gemiddelde waarde zien. NPB min - max geeft inzicht in de spreiding o.b.v. de hoogste en laagste waarde.
3. Berekend met BBPR/Dairywise. Getoond zijn het gemiddelde en de laagste en hoogste waarde (min - max).
4. Berekend met Farmdyn. Getoond zijn het gemiddelde en de laagste en hoogste waarde (min - max).
5. Niet alle bedrijven hebben bouwland met bijbehorende bouwland emissies. Bedrijven zonder bouwland in de uitgangssituatie of eindsituatie worden niet meegenomen in de berekening van het gemiddelde emissies per hectare bouwland.

Stal- en opslagemissies

Stal- en opslagemissie per GVE ligt in de huidige praktijk gemiddeld op 11,3 kg NH₃ volgens BIN met 50% van de bedrijven tussen 9,2 en 12,8. In Netwerk Praktijkbedrijven lag het gemiddelde in 2023 op 9,4 met een spreiding tussen de 4,2 en 14,2. Modelstudies laten zien dat de stalemissie per GVE inclusief innovatieve staltechnieken zou kunnen dalen tot onder de 5,0. Bij de resultaten van DBT studie geldt de kanttekening dat niet hetzelfde rekenmodel is gebruikt. Ook zonder innovatieve staltechnieken behoort een aanzienlijke daling van de stal- en opslagemissie tot de mogelijkheden. Belangrijke maatregelen om dit te realiseren zijn eiwitarm voeren, het spoelen van roosters en verhogen van het aandeel weidegang. De CTM studie komt bijvoorbeeld tot een gemiddelde van 8,9 kg NH₃ per GVE. De Melken met Perspectief studie waarbij maatregelen zijn geoptimaliseerd per bedrijf (dit betekent op een aantal bedrijven wel kapitaalintensieve stalaanpassingen en op andere niet) komt in de eindsituatie tot een gemiddelde stal- en opslagemissie van 8,0 kg NH₃ per GVE.

De stal- en opslagemissie per fosfaatrecht ligt in de huidige praktijk gemiddeld op 0,258 kg NH₃ volgens BIN met 50% van de bedrijven tussen 0,217 en 0,295. In Netwerk Praktijkbedrijven lag het gemiddelde in 2023 op 0,219 met een spreiding tussen de 0,114 en 0,299. De modelstudie DBT laat zien dat de stal- en opslagemissie per fosfaatrecht zou kunnen dalen tot onder de 0,10.

Veldemissies

De veldemissie per ha ligt in de huidige praktijk gemiddeld op 31,8 kg NH₃ volgens BIN met 50% van de bedrijven tussen 25,4 en 36,2. In Netwerk Praktijkbedrijven lag het gemiddelde in 2023 op 24,3 met een spreiding tussen de 11,3 en 34,9. Modelstudies laten zien dat de veldemissie per hectare zou kunnen dalen tot onder de 10,0 kg NH₃. Bij de resultaten van de DBT studie geldt de kanttekening dat niet hetzelfde rekenmodel is gehanteerd. Het vervallen van de derogatie speelt een belangrijke rol in het verlagen van de veldemissies omdat er minder dierlijke mest wordt aangewend. Andere maatregelen zijn eiwitarm voeren en het verdund en aangezuurd uitrijden van mest en het toepassen van meer weidegang. Bouwland heeft doorgaans een lagere emissie per hectare dan grasland en op klei- en veengrond is aanvullende reductie mogelijk door bij de toepassing van de sleepvoet extra de mest te verdunnen (50% water ipv 33% water). De Melken met Perspectief studie waarbij maatregelen (inclusief innovatieve staltechnieken) zijn geoptimaliseerd per bedrijf komt in de eindsituatie tot een gemiddelde veldemissie van 16,7 kg NH₃ per ha. Hier is het effect van vervallen derogatie meegenomen.

Bedrijfsemissies

De bedrijfsemissie per ha ligt in de huidige praktijk gemiddeld op 56,9 kg NH₃ volgens BIN met 50% van de bedrijven tussen 46,0 en 65,9. In Netwerk Praktijkbedrijven lag het gemiddelde in 2023 op 45,8 met een spreiding tussen de 19 en 73,7. Modelstudies laten zien dat de bedrijfsemissies in individuele gevallen zouden kunnen dalen tot onder de 14. Dit wordt enerzijds veroorzaakt door bovenstaande reductie van stal- en opslag en veldemissies en anderzijds door veronderstelde toenemende grondgebondenheid en extensivering als gevolg van onder andere grondgebondenheid. In modelscenario's die alleen uitgaan van emissie reducerende maatregelen en verder gelijkblijvende veebezetting daalt de bedrijfsemissie per hectare tot 24,8. Bij de resultaten van DBT studie past een kanttekening bij het gebruikte rekenmodel.

2.4 Conclusies ammoniak

Ammoniakemissie in de uitgangssituatie

Tabel 2.13 geeft een samenvatting van gemiddeldes en spreiding in verschillende KPI's op bedrijfsniveau voor een representatieve steekproef van melkveebedrijven uit het BIN, berekend met de KringloopWijzer. De BIN cijfers worden hier getoond omdat ze een goed beeld geven van de gemiddelde praktijk in recente jaren. Dit betekent dat het effect van emissie-arme stallen (op basis van de RAV factor) is ingerekend. Ook is in de tabel de spreiding opgenomen in de berekende KPI's van de bedrijven in project Netwerk Praktijkbedrijven. Deze bedrijven zijn niet representatief voor het Nederlands gemiddelde maar laten wel zien dat voor alle KPI's de variatie tussen individuele melkveebedrijven groot is.

Tabel 2.13 Overzicht van gemiddelde en spreiding in KPI scores op ammoniak (in kg NH₃) voor BIN bedrijven in de uitgangssituatie (2020-2022).

	Bedrijf	Stal & Opslag		Veld
	Per ha	Per GVE	Per fosfaatrecht	Per ha Bedrijf
Praktijkdata				
BIN gemiddelde (2019) ¹	57,9	11,6	0,267	32,0
BIN gemiddelde (2020-2022) ¹	56,9	11,3	0,258	31,8
BIN 25 -75 (2020-2022) ^{1,2}	46,0 – 65,9	9,2 – 12,8	0,217 – 0,295	25,4 – 36,2
NPB (2023) min – max ³	19,0 – 73,7	4,2 – 14,2	0,114 – 0,299	11,3 – 34,9

1. Bron: Bedrijveninformatienet Wageningen Social & Economic Research, berekend met KringloopWijzer 2024.10.

2. BIN 25-75 geeft inzicht in de spreiding o.b.v. de 25% en 75% percentielen: 25% van de bedrijven ligt onder de laagste waarde en 25% ligt boven de hoogste waarde.

3. Bron: Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met KringloopWijzer 2024.11. Het betreft de gegevens van 39 bedrijven.

De resultaten voor ammoniakemissie in de uitgangssituatie laten zien dat:

- Bedrijfs- en veldemissies per hectare lager zijn op extensieve bedrijven.
- Stal- en opslagemissies lager zijn op extensieve bedrijven, zowel per GVE als per fosfaatrecht.
- Op zandgrond doorgaans sprake is van lagere emissies ten opzichte van klei en veengrond.
- De stal en opslagemissies in 2020-2022 wat lager zijn dan in 2019 en de veldemissies gelijk.

Binnen elke intensiteitsklasse en grondsoort is sprake van spreiding op alle KPI's. Dit geeft aan dat er in elke groep bedrijven sprake is van handelingsperspectief voor emissiereductie.

Reductiepotentieel

Er zijn grote verschillen in het technisch reductiepotentieel in de verschillende modelstudies. Dit komt door verschillen in uitgangssituatie, gehanteerde maatregelenpakketten en rekenwijzen. Ook de bedrijven binnen Netwerk Praktijkbedrijven laten een grote range aan gerealiseerde emissiereductie zien. Het is dan ook niet mogelijk om 'het' technisch reductiepotentieel exact te definiëren in een enkel getal. Wel is een beschrijving van de bandbreedte mogelijk. Hiertoe zijn gemiddelde reductiepercentages uit Tabel 2.7 hieronder samengevat. Met daarbij de toelichting op basis van de KPI kg NH₃ bedrijfsemisies per ha.

Bij scenario's die **alleen managementmaatregelen** in beschouwing nemen, ligt de gemiddelde emissiereductie bij NH₃ **ongeveer tussen de 25 en 39% voor de KPI op bedrijfsniveau per hectare** (CTM en DBT studie). Netwerk Praktijkbedrijven toont aan dat dit soort reducties op praktijkbedrijven ook haalbaar zijn. Dit wil niet zeggen dat het eenvoudig is om te realiseren op sectorniveau. Het vergt implementatie van de betreffende maatregelen op alle bedrijven. Belangrijke maatregelen zijn eiwitarmer voeren (zorgt ook voor lagere veldemissies), minder dierlijke mest aanwenden door het vervallen van derogatie en relatief eenvoudige maatregelen in de stal zoals het jaarrond spoelen van de roosters. Een daling van het gemiddelde RE gehalte van 170 naar 158 gram per kg ds kan bijvoorbeeld ruwweg 12% reductie van zowel stal- als veldemissies betekenen. Vervallen van derogatie betekent grofweg 20% minder veldemissies per hectare. De combinatie van die twee maatregelen kan op bedrijfsniveau al tot 20-25% emissiereductie leiden.

In scenario's waarin **naast managementmaatregelen ook innovatieve staltechnieken** worden meegenomen, ligt de emissiereductie op bedrijfsniveau **ongeveer tussen de 27-47%** (MMP en DBT studie). Het betreft dan staltechnieken als dagontmesting in combinatie met monomestvergisting en ammoniakstrippen of een semi-dichte vloer met onderafzuiging. Deze technieken vereisen vaak flinke investeringen door de ondernemer. Een belangrijke voorwaarde om dit soort technieken te kunnen toepassen, is dat de werking goed geborgd wordt en vergunningverlening goed werkt. Het toepassen van een innovatieve staltechniek zal niet voor ieder bedrijf even aantrekkelijk zijn (bv. minder aantrekkelijk bij een bedrijfsvoering met veel weidegang of op bedrijven waarin flinke stalaanpassingen niet passen in de investeringscyclus).

Scenario's die naast **managementmaatregelen ook extensivering** combineren, resulteren in **ongeveer 37-55% emissiereductie** op bedrijfsniveau (MMP en DBT). Als daar **ook stalinnovaties** aan worden toegevoegd, leidt dit zelfs tot **ongeveer 67% emissiereductie** (DBT studie).

Het is echter de vraag of en hoe dit soort scenario's op grote schaal economisch aantrekkelijk zijn te maken..

Gemiddeld realiseerden de Netwerk Praktijkbedrijven in de periode 2020 – 2023 reducties in de ordegrootte van ruim 10% bij de stal- en opslagemissies en ongeveer 15% bij de veldemissies. Er is veel variatie in de gerealiseerde reductie tussen individuele bedrijven, ook binnen grondsoorten en intensiteitsklassen.

Tabel 2.14 *Overzicht van het gemiddelde reductiepotentieel voor KPI scores (in kg NH₃) gevonden in de verschillende modelstudies. De range betreft het laagste en hoogste reductiepotentieel gevonden in de studies.*

Bedrijf	Stal & Opslag			Veld
	Per ha	Per GVE	Per fosfaatrecht	Per ha Bedrijf
Alleen managementmaatregelen ¹	25% - 39%	28% - 37%	32% - 33%	24% - 41%
Managementmaatregelen & stalinnovaties ¹	27% - 47%	38% - 56%	41% - 50%	23% - 39%
Managementmaatregelen & extensivering ¹	30% - 55%	31% - 32%	28% - 32%	21% - 54%
Managementmaatregelen & stalinnovaties & extensivering ²	67%	59%	59%	57%

1. Het betreft de range van de gemiddelde reductiepotentiëlen uit twee studies.

2. Het betreft het gemiddelde reductiepotentieel uit één studie.

3 Broeikasgassen (NIR landbouw)

3.1 Uitgangssituatie

In deze paragraaf wordt eerst een beeld gegeven van de verschillen in scores op broeikasgas KPI's in de uitgangssituatie op basis van verschillende bronnen. Het gaat dus om alle emissies die in de NIR systematiek vallen in de sector Landbouw. De scope is het melkveebedrijf, dus alle emissies die in de stal en op het land van het melkveebedrijf plaatsvinden. Emissies in de aanvoerketen worden dus niet meegenomen. Het betreft vooral methaanemissie vanuit de pens, methaanemissie uit de stal en tenslotte de lachgasemissie vanuit het land (bodem en bemesting). Daarnaast spelen ook nog andere emissies een beperkte rol zoals CO₂ emissies als gevolg van toepassing van ureum en kalkmeststoffen. Emissies die vallen in andere NIR sectoren, zoals de sector Landgebruik (emissie van CO₂ uit en vastlegging van C in de bodem), zijn hierbij niet inbegrepen.

De broeikasgasemissie in de uitgangssituatie betreft het referentieniveau waarmee de emissiereductie vergeleken wordt. Hiervoor is in de beschouwde studies een bepaald referentiejaar (hierna: basisjaar) gekozen. Deze geeft een beeld van de broeikasgasemissie in de uitgangssituatie uitgedrukt in verschillende KPI's op basis van de verschillende beschouwde modelstudies en praktijkcijfers.

LVVN heeft nog geen definitieve keuze gemaakt m.b.t. de te hanteren KPI's. Op hun verzoek is daarom een brede range aan KPI's opgenomen. Met daarbij ook bedrijfsemissies per ha. Zie paragraaf 4.3 over de mogelijke consequenties van de KPI keuzen.

Verschillende informatiebronnen met elkaar vergeleken

De uitgangssituatie verschilt sterk tussen verschillende databronnen. Dit is niet alleen het gevolg van verschillende basisjaren. Ook methodologische verschillen kunnen hier een rol in spelen.

Tabel 3.1 laat zien dat er veel variatie is tussen bedrijven. Op melkveebedrijven wordt de totale methaanemissie per bedrijf vooral bepaald door het aantal dieren en hectares, met andere woorden: de omvang van het bedrijf. De methaanemissie per GVE wordt vooral beïnvloed door de voeding (hoe structuurrijker het voer (uitgedrukt in een emissiefactor (EF), des te hoger de methaanemissie uit de pens), het aandeel beweiding (hoe meer beweiding, des te meer vers gras en minder emissie; vers gras heeft een lagere EF dan kuilgras), de verblijftijd van de mest in de stal (des te vaker de mest uit de stal, des te kleiner het volume mest in de kelder, des te minder methaanemissie uit de stal), de aanwezigheid van een mestvergister in combinatie met frequent verwijderen van mest uit de stal (minder emissie bij aanwezigheid van een mestvergister en frequenter verpompen van mest naar de vergister), het aandeel mais in het rantsoen (hoe meer mais, hoe minder emissie). Bedrijven op zand/löss kunnen meer snijmais voeren in het rantsoen (lagere EF via meer snijmais) ten opzichte van bedrijven op klei- en veengrond. De lachgasemissie uit de bodem wordt in belangrijke mate bepaald door de grondsoort (op veengrond fors hogere emissie) en de hoeveelheid N aanwending met dierlijke mest en hoeveelheid en type kunstmest. De methaanemissie per GVE wordt ook nog beïnvloed door het melkproductieniveau. Als de methaanemissie per fosfaatrecht is dit effect van melkproductieniveau er nauwelijks.

De tabel laat ook zien dat het gemiddelde niveau verschilt tussen de verschillende bronnen. Dit maakt het lastig om een eenduidige uitgangssituatie vast te stellen en het gevonden emissiereductiepotentieel in studies met elkaar te vergelijken. Helaas was het niet mogelijk om de KPI's op basis van NEMA te berekenen. Wat opvalt aan deze tabel is dat:

- De gemiddelde stal- en opslag emissies per GVE en fosfaatrecht qua niveau redelijk met elkaar overeenkomen. In de modelstudie DBT ligt het niveau iets hoger. Dit is waarschijnlijk te verklaren doordat een ander rekenmodel en hogere Global Warming Potential (GWP)-waardes voor methaan en lachgas zijn gehanteerd in die studie. De GWP waarde geeft het opwarmingsvermogen van een broeikasgas aan ten op zichte van koolstofdioxide (CO₂), wat een GWP van 1 heeft. De AFOLU studie heeft voor methaan een GWP-waarde van 28 gebruikt en voor lachgas 265. De DBT studie heeft

voor methaan een GWP van 34 en voor lachgas van 298 gebruikt. De studies MMP en Verkenning klimaatmaatregelen, de BIN en NPB cijfers zijn berekend met een GWP van 27 voor methaan en 273 voor lachgas.

- Er aanzienlijke verschillen zijn in veldemissies (dit betreft vooral lachgasemissies uit de bodem en bij mestaanwending). Dit kan enerzijds worden veroorzaakt door verschillende aandelen veengrond (veenbedrijven hebben een fors hogere emissie). Anderzijds kan het ook liggen aan modelmatige verschillen. In de studie Verkenning klimaatmaatregelen wordt emissies uit veengrond niet meegenomen. In de MMP en DBT studies wordt emissie uit veengrond berekend met de KringloopWijzer (Dijk et al., 2024), waarbij gebruik wordt gemaakt van een vaste emissiefactor per hectare. De AFOLU gebruikt het Somers 1.0 model (Erkens et al., 2022) waarbij de emissies uit veengrond gesimuleerd worden via een dynamische fluxberekening over de nitrificatie en denitrificatieprocessen in de bodem. Verderop in deze notitie wordt dit verder toegelicht. De cijfers uit de BIN en voor NPB zijn ook berekend met de KringloopWijzer.
- Bovenstaande verschillen (beperkte verschillen in stal- en opslagemissie en flinke verschillen veldemissies) werken ook door in de bedrijfsemisies per hectare en per fosfaatrecht. Verschillen in intensiteit van de bedrijven spelen hierin echter ook een rol. Ook hier komen we later in het rapport op terug.
- NPB laat een grote spreiding zien tussen individuele bedrijven. Bij de bedrijfsemisies per ha ruwweg een factor 6. Bedrijfsemisies per fosfaatrecht ruwweg een factor 3 (tussen laagste en hoogste). De stal en opslag per GVE en fosfaatrecht liggen juist weer dicht bij elkaar. Bij de veldemissies is de variatie extreem groot: Meer dan factor 20. Het aandeel veengrond is hierin een belangrijke factor maar niet de enige.
- Ook in het BIN is veel spreiding waarneembaar. Het emissieniveau waaronder de 25% best presterende bedrijven zitten (25e percentiel) ligt hebben 25 - 30% lager dan het emissieniveau waarboven de 25% minst presterende bedrijven zitten (het 75e percentiel) als het gaat om de bedrijfsemisies per ha. Uitgedrukt per fosfaatrecht is de spreiding in bedrijfsemisies fors kleiner. De spreiding in stal- en opslagemissies is aanzienlijk kleiner dan de spreiding in de veldemissies. Stal en opslag emissies uitgedrukt per GVE vertonen een grotere spreiding dan per fosfaatrecht. De spreiding in de veldemissies is zo groot dat de gemiddelde waarde niet meer in het 25-75% (percentielen) interval valt. De 25% bedrijven met de hoogste emissies trekken dit gemiddelde aanzienlijk omhoog. Dit zijn waarschijnlijk vooral bedrijven met veengrond.
- Spreiding in de bedrijfsemissie per hectare heeft niet alleen te maken met verschillen in bedrijfsvoering maar ook met de intensiteit / grondgebondenheid van het bedrijf. Op bedrijven met weinig eigen grond in verhouding tot dieren, wordt de stal- en opslag emissie door minder hectares gedeeld (zie tabel 3.2). Deze bedrijven scoren dus slechter. Als bedrijfsemisies door fosfaatrechten worden gedeeld, scoren bedrijven met relatief veel grond juist slechter. Ook de grote spreiding in de veldemissies is terug te zien Hier worden meer bodememissies gedeeld door hetzelfde aantal fosfaatrechten.

Tabel 3.1 Verschillen in de KPI scores voor broeikasgassen NIR landbouw (in kg CO₂-equivalenten) in de uitgangssituatie.

Type	Bron:	Basisjaar	Bedrijf		Stal en opslag		Veld
			Per ha	Per fosfaatrecht	Per GVE	Per fosfaatrecht	Per ha
Gemiddelde praktijk	NEMA	2022					
	BIN gem	2019	13.787	142	4.669	107	3.404
	BIN gem ³	2020-2022	14.150	146	4.683	107	3.774
	BIN 25-75 ³	2020-2022	10.916 – 15.632	122 - 134	4.449 – 4.880	104 - 110	1.461 – 2.382
Praktijkprojecten	Netwerk Praktijkbedrijven ⁴	2020	16.023	175	4.742	110	5.339
			5.738 – 35.146	118 - 423	4.160 – 5.420	98 - 120	782 – 19.750
Modelstudies	Duurzame bedrijfstypen (DBT) ⁵	2021	16.023	165	5.553	132	3.125
			11.625 – 21.728	143 - 227	5.269 – 5.716	128 - 134	1.514 – 7.804
	Melken met perspectief (MMP) ⁶	2022	13.234	159	4.581	109	3.905
			7.275 – 23.396	125 - 304	3.766 – 5.133	92 - 116	1.149 – 16.294
	Verkenning klimaatmaatregelen ⁷	2020	9.042	129	4.706	111	1268 ⁹
	AFOLU ⁸	2020	9.804	138	4.580 ¹⁰	108 ¹⁰	2.167

1. Berekend uit bijlage 36 uit [Bruggen et al., 2024](#).

2. Berekend uit [Bruggen et al., 2024](#). Bij fosfaatrechten is gemiddeld 1,5% onderbenutting van fosfaatrechten verondersteld.

3. Bron: Bedrijveninformatienet Wageningen Social & Economic Research, berekend met KringloopWijzer versie 2024.10. Het betreft het driejaarsgemiddelden 2020 – 2022. BIN gem. heeft betrekking op de gemiddelde waarde van 640 bedrijven. BIN 25-75 geeft inzicht in de spreiding o.b.v. de 25% en 75% percentielen: 25% van de bedrijven zit onder de laagste waarde en 25% boven de hoogste waarde.

4. Bron: Project Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met KringloopWijzer versie 2024.11. Netwerk praktijkbedrijven omvat 39 bedrijven.

5. Berekend met Farmdyn.

6. Berekend met BBPR/Dairywise.

7. Berekend met GLEAM.

8. Berekend met een combinatie van het NEMA-model, GLEAM, KEV 2022, Somers 1.0-model en RothC-model.

9. Het betreft hier enkel veldemissies vanuit dierlijke mest vanuit weidegang en mestaanwending. Emissies vanuit voerproductie of kunstmesttoediening zijn niet inbegrepen in het model. Wanneer de lachgasemissies van voerproductie en kunstmesttoediening wel worden meegenomen komt de veldemissie van lachgas uit op 1589 kg N₂O/ha (naberekening in overleg met auteur)

10. Het betreft enkel methaan emissie uit dier, stal en mestopslag. Lachgas uit stal en mestopslag is niet inbegrepen.

Samenhang met intensiteit en grondsoort in het BIN

Uit onderstaande tabel 3.2 op basis van het BIN (gemiddelde 2020-2022) blijkt dat:

- De bedrijfsemissie per ha stijgt naarmate de intensiteit toeneemt en de bedrijfsemissie per fosfaatrecht juist daalt. Zie toelichting hierboven.
- De stal- en opslagemissie uitgedrukt per GVE toeneemt met de intensiteit. Dit komt omdat de intensievere bedrijven gemiddeld ook hogere melkproducties per koe hebben. Uitgedrukt per fosfaatrecht is de relatie met intensiteit niet meer aanwezig (voor koeien met een hogere melkproductie zijn meer fosfaatrechten nodig).
- De veldemissies zijn gemiddeld hoger zijn bij extensieve bedrijven. Mogelijk heeft dit te maken met het grotere aandeel veenbedrijven onder extensieve bedrijven. Een andere verklaring kan zijn dat het aandeel grasland groter is op extensieve bedrijven dan op intensieve bedrijven. De veldemissies op bouwland zijn lager dan op grasland. Ook het feit dat er vaak meer beweiding is op deze bedrijven kan een rol spelen. Vooral bij de veldemissies is sprake van een grote spreiding binnen de groep.

Tabel 3.2 Verschillen in KPI scores voor broeikasgassen NIR landbouw (in kg CO₂-equivalenten) voor BIN bedrijven, uitgesplitst naar intensiteit (uitgedrukt in kg melk per hectare op jaarbasis), in de uitgangssituatie (2020-2022).

Intensiteit (melk/ha)		Bedrijf		Stal en opslag		Veld
		Per ha	Per fosfaatrecht	Per GVE	Per fosfaatrecht	Per ha
<= 14.000 kg/ha ¹	Gemiddeld	11.570	171	4.285	106	4.428
	BIN 25 - 75	7.912- 12.700	126 - 199	4.001- 4.546	102- 109	1.344 - 6.112
14.000 – 19.000 kg/ha ²	Gemiddeld	13.342	146	4.651	108	3.480
	BIN 25 - 75	11.029 – 13.169	124 - 135	4.499 - 4.848	106 - 110	1.487 – 2.416
> 19.000 kg/ha ³	Gemiddeld	16.933	138	4.877	107	3.750
	BIN 25 - 75	13.634- 18.170	118 - 128	4.710 – 5.040	105 - 110	1.497 – 2.382

1. Bron: Bedrijveninformatienet Wageningen Social & Economic Research, berekend met KringloopWijzer versie 2024.10. Het betreft het driejaarsgemiddelde 2020-2022 en de gegevens van 49 bedrijven.

2. Bron: Bedrijveninformatienet Wageningen Social & Economic Research, berekend met KringloopWijzer versie 2024.10. Het betreft het driejaarsgemiddelde 2020-2022 en de gegevens van 85 bedrijven.

3. Bron: Bedrijveninformatienet Wageningen Social & Economic Research, berekend met KringloopWijzer versie 2024.10. Het betreft het driejaarsgemiddelde 2020-2022 en de gegevens van 79 bedrijven.

Uit onderstaande tabel 3.3 op basis van het BIN (gemiddelde 2020-2022) blijkt dat:

- De variatie in veldemissies tussen grondsoorten groot is. Op klei ligt het gemiddelde iets hoger dan op zand/löss. Veen ligt ruim een factor zeven hoger dan Zand/löss en klei. Dit is onder andere het gevolg van de netto N mineralisatie op veengrond en het lachgas dat daarbij vrijkomt.
- De variatie in de stal- en opslagemissies tussen de grondsoorten zeer beperkt is. Uitgedrukt per GVE ligt de stal- en opslagemissie op veen iets lager. Dit kan mogelijk worden verklaard door een lagere melkproductie per koe op veenbedrijven.
- De bedrijfsemissies per hectare en per fosfaatrecht liggen op veengrond gemiddeld duidelijk hoger en op kleigrond iets hoger dan op zand/löss. Dit wordt veroorzaakt door bovenstaande verschillen plus verschillen in intensiteit tussen de grondsoorten.

Tabel 3.3 Verschillen in KPI scores voor broeikasgassen NIR landbouw (in kg CO₂-equivalenten) voor BIN bedrijven, uitgesplitst naar grondsoort, in de uitgangssituatie (2020-2022).

Grondsoort		Bedrijf		Stal en opslag		Veld
		Per ha	Per fosfaatrecht	Per GVE	Per fosfaatrecht	Per ha
Zand/löss ¹	Gemiddeld	12.493	129	4.681	107	2.179
	BIN 25 - 75	10.421 - 14.276	120 - 129	4.499- 4.901	104- 109	1.381 - 1.978
Klei ²	Gemiddeld	12.972	132	4.731	108	2.370
	BIN 25 - 75	11.099 - 14.258	123 - 131	4.551- 4.949	106- 110	1.589 - 2.123
Veen ³	Gemiddeld	25.007	266	4.539	107	14.912
	BIN 25 - 75	23.463 - 27.154	233 - 288	4.305- 4.772	106- 110	12.564 - 16.675

1. Bron: Bedrijveninformatienet Wageningen Social & Economic Research, berekend met KringloopWijzer versie 2024.10. Het betreft het driejaarsgemiddelde 2020-2022 en de gegevens van 120 bedrijven.
2. Bron: Bedrijveninformatienet Wageningen Social & Economic Research, berekend met KringloopWijzer versie 2024.10. Het betreft het driejaarsgemiddelde 2020-2022 en de gegevens van 64 bedrijven.
3. Bron: Bedrijveninformatienet Wageningen Social & Economic Research, berekend met KringloopWijzer versie 2024.10. Het betreft het driejaarsgemiddelde 2020-2022 en de gegevens van 26 bedrijven.

Samenhang met intensiteit en grondsoort in NPB

Tabellen 3.4 en 3.5 geven inzicht in de KPI scores van Netwerk Praktijkbedrijven. Dit is een minder representatieve steekproef dan het BIN. In deze tabellen worden naast het gemiddelde ook de minimum en maximum waarden gepresenteerd (bij BIN alleen de 25% en 75% percentielen). Deze tabellen geven dus nog meer inzicht in de daadwerkelijke spreiding die er is tussen bedrijven (echter zonder representatief te zijn voor de Nederlandse melkveehouderij). Doordat het een kleiner aantal bedrijven betreft (N=39), speelt het toeval een grotere rol in de verschillen tussen de groepen dan bij het BIN.

Met betrekking tot de stal en opslagemissies komt het beeld van Netwerk Praktijkbedrijven op grote lijnen overeen met het beeld van de BIN bedrijven. Echter met betrekking tot de veldemissies liggen de veldemissies van extensieve bedrijven ruim factor 5 hoger bij NPB. Hier speelt een verstrengeling met het aandeel veengrond mee (bij NPB ligt 18% van de bedrijven op veengrond, bij de BIN is dat 12%). Ook bij de andere intensiteitsklassen ligt de veldemissie ruim een factor 2 hoger in NPB. Het is niet duidelijk wat de oorzaak hiervan is. Door de hogere veldemissies zijn ook de bedrijfsemisies uitgedrukt per ha of per fosfaatrecht fors hoger bij NPB.

Tabel 3.4 Verschillen in KPI scores voor broeikasgassen NIR landbouw (in kg CO₂-equivalenten) voor Netwerk Praktijkbedrijven, uitgesplitst naar intensiteit, in de uitgangssituatie.

Intensiteit (melk/ha)		Bedrijf		Stal en opslag		Veld
		Per ha	Per fosfaatrecht	Per GVE	Per fosfaatrecht	Per ha
<= 14.000 kg/ha ¹	Gemiddeld	15.269	252	4.459	109	9.061
	Min - max	5.738 - 27.994	132 - 423	4.160 - 5.029	98 - 120	782 - 19.750
14.000 - 19.000 kg/ha ²	Gemiddeld	14.321	161	4.681	110	4.415
	Min - max	9.427 - 24.351	118 - 298	4.190 - 5.037	100 - 117	1.423 - 14.344
> 19.000 kg/ha ³	Gemiddeld	17.936	143	4.955	110	4.054
	Min - max	11.528 - 35.146	118 - 225	4.541 - 5.420	105 - 117	1.243 - 17.250

1. Op basis van de gegevens van 9 bedrijven binnen het Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met KringloopWijzer versie 2024.11.
2. Op basis van de gegevens van 15 bedrijven binnen het Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met KringloopWijzer versie 2024.11.
3. Op basis van de gegevens van 15 bedrijven binnen het Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met KringloopWijzer versie 2024.11.

Net als bij BIN bedrijven liggen bij de bedrijven in Netwerk Praktijkbedrijven de emissies voor de verschillende KPI's van Zand/löss en klei dicht bij elkaar. De veldemissies zijn hier echter bij veen ten opzichte van klei en zand/löss bijna factor 5 hoger. Terwijl dit bij de BIN bedrijven net iets meer is dan factor

2. De stal- en opslagemissies zijn net wat lager op veen dan bij de andere grondsoorten. Zowel per GVE als per fosfaatrecht.

Tabel 3.5 Verschillen in KPI scores voor broeikasgassen NIR landbouw (in kg CO₂-equivalenten) voor Netwerk Praktijkbedrijven, uitgesplitst naar grondsoort, in de uitgangssituatie.

Grondsoort		Bedrijf		Stal en opslag		Veld
		Per ha	Per fosfaatrecht	Per GVE	Per fosfaatrecht	Per ha
Zand/löss ¹	Gemiddeld	14.625	148	4.816	110	3.350
	Min - max	8.850 – 24.351	118 – 259	4.291 – 5.263	104 – 117	1.243 – 14.215
Klei ¹	Gemiddeld	13.868	143	4.743	111	3.066
	Min - max	5.738 – 25.382	118 – 225	4.190 – 5.420	100 – 120	782 – 13.097
Veen ²	Gemiddeld	24.035	307	4.563	108	15.040
	Min - max	15.151 – 35.146	219 – 423	4.160 – 5.215	98 – 114	9.502 – 19.750

1. Op basis van de gegevens van 16 bedrijven binnen het Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met KringloopWijzer versie 2024.11.

2. Op basis van de gegevens van 7 bedrijven binnen het Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met KringloopWijzer versie 2024.11.

3.2 Reductiepotentieel

3.2.1 Mogelijke maatregelen

In tabel 3.6 worden de maatregelen genoemd die in de verschillende modelstudies zijn genomen voor methaan en lachgas. In tabel B1.1 is een volledig overzicht van genomen maatregelen per modelstudie te vinden.

Tabel 3.6 Overzicht van toegepaste maatregelen in de modelstudies voor broeikasgassen NIR landbouw.

Maatregelcategorie	Maatregel	Duurzame bedrijfstypen	Verkenning klimaat	AFOLU scenario's	Melken met Perspectief ¹
Management - rantsoen	Methaan-remmend voeradditief	X	x	x	x
	Snijmais aandeel in het rantsoen verhogen	x	x		x
	Hoeveelheid en samenstelling van krachtvoer en/of bijproducten aanpassen	x	x	x	x
	Kwaliteit van de kuil verbeteren	x	x		x
	Aandeel vers gras in het rantsoen verhogen t.o.v. graskuil				x
	Aandeel gras(kuil) in het rantsoen t.o.v. maiskuil verlagen				x
	Vetten voeren				x
Management - weidegang	Weidegang aanpassen	x	x	x	x
Management - mest	Nitrificatieremmers toevoegen aan de mest	x	x		x
Management - fokkerij	Fokken op dieren met lage enterische methaanemissie	x	x	x	x
Management - bouwplan	50% van het grasland niet scheuren	x			
Management - dier	Levensduur verhogen		x		x
Stal - innovatie technieken & ingrijpende aanpassingen	Dagontmesting + monomestvergisting + strippen	x			x
	Mest in externe opslag en nabewerking (koelen/oxideren/vergisten)		x	x	x
Extensivering	Verlaging GVE-norm / ha via extra grond	x			x
	Verlaging GVE-norm / ha via minder dieren	x			
	Uitbreiding met 20% (tot GVE-norm)	x			
	Extensivering (Krimp veestapel)		x		
Mestbeleid	Vervallen derogatie, stikstofgebruiksnorm in NV gebieden, bufferstroken	x			x

1. Niet alles overal, passende maatregelen per bedrijf en strategie.

3.2.2 Reductiepotentieel volgens modelstudies

In onderstaande tabel zijn de vier modelstudies naast elkaar gezet. En daarbij is gesorteerd op scenario's met verschillende type maatregelen:

- Scenario's met alleen managementmaatregelen (inclusief het spoelen met water in de stal),
- Scenario's met managementmaatregelen in combinatie met stalinnovaties
- Scenario's met managementmaatregelen in combinatie met extensivering
- Scenario's met de combinatie van managementmaatregelen, stalinnovatie en extensivering.

Tabel 3.7 Berekend reductiepotentieel (%) voor methaan en lachgas KPI's (in kg CO₂-eq) ten opzichte van de uitgangssituatie in de scenariostudies.

	Bedrijf		Stal en opslag		Veld
	Per ha	Per fosfaatrecht	Per GVE	Per fosfaatrecht	Per ha
Alleen managementmaatregelen					
DBT hightech ¹	16%	13%	17%	12%	24%
	13% - 18%	-7% - 18%	15% - 26%	-9% - 17%	19% - 31%
Managementmaatregelen en stalinnovaties					
DBT hightech met stalinnovaties ¹	36%	31%	40%	32%	31%
	19% - 54%	3% - 45%	26% - 52%	-3% - 46%	3% - 46%
MMP – Hi-Tech ²	1%	18%	9%	14%	9%
	-22% - 22%	4% - 36%	-11% - 29%	-7% - 35%	-4% - 29%
Verkenning klimaatmaatregelen – P1 ³	9%	12%	9%	14%	-6% ⁶
	5% - 12%	8% - 16%	5% - 14%	10% - 18%	-7% - -5%
Managementmaatregelen en extensivering					
DBT extensivering ¹	51%	24%	28%	28%	50%
	39% - 70%	15% - 29%	24% - 39%	24% - 37%	33% - 68%
MMP – Low Tech ²	19%	5%	11%	8%	0,3%
	8% - 42%	-18% - 35%	-18% - 46%	-18% - 42%	-34% - 14%
Managementmaatregelen en stalinnovaties en extensivering					
DBT extensivering met stalinnovaties ¹	61%	38%	43%	43%	51%
	45% - 80%	22% - 48%	27% - 57%	27% - 56%	35% - 69%
Verkenning klimaatmaatregelen – P2 t/m P4 ³	24%	7%	10%	15%	-13%
	21% - 28%	4% - 13%	2% - 18%	7% - 23%	-54% - 15%
AFOLU ⁴	23%	11%	6% ⁵	11% ⁵	22%
	11% - 37%	4% - 23%	-4% - 22%	2% - 26%	16% - 28%

1. Berekend met Farmdyn. In deze studie zijn vier hoofdrichtingen verkend en alle vier de richtingen zijn verkend met en zonder stalinnovatie. De vier richtingen betreffen: 1) Hightech-open, met een GVE norm van 2,5 GVE/ha; 2) Extensiveren, met een GVE norm van 1,5 GVE/ha; 3) Omschakelen naar biologisch, met een GVE norm van 1,5 GVE/ha; en 4) Omschakelen naar natuurinclusieve bedrijfsvoering (NIL), met een GVE norm van 1,0 GVE/ha. De laatste twee richtingen zijn in deze tabel samengevoegd. Binnen elk van deze vier richtingen wordt onderscheid gemaakt tussen een Licht, Licht Anders, Zwaar, en Zwaar Anders maatregelpakket. Verschil tussen deze pakketten zit in welke Ecoregeling (Licht = Brons; Zwaar = Zilver) er behaald wordt en hoe stalemisssies worden aangepakt (Licht = jaar rond spoelen met water; Anders = dagontmesting + monovergisting + ammoniakstrippen).
2. Berekend met met BBPR/Dairywise. In deze studie zijn twee ontwikkelrichtingen verondersteld: Hi-tech en Low tech. Hi tech wordt meer gekenmerkt door innovatie maatregelen zoals mestvergisting en Low tech meer door management maatregelen zoals rantsoen aanpassingen. De spreiding is op basis van 5 gangbare bedrijfstypes en 1 biologisch bedrijfstype.
3. Berekend met GLEAM. In deze studie zijn 4 maatregelpakketten opgesteld: P1 bevat pens en mestmaatregelen zoals additieven en stalaanpassingen; P2 omvat pens- en mestmaatregelen en 20% krimp van de veestapel; P3 omvat pens- en mestmaatregelen, 20% krimp van de veestapel, en 3000 uur weidegang; P4 omvat pens- en mestmaatregelen, 20% krimp van de veestapel, 3000 uur weidegang en verlenging van de levensduur van een melkkoe.
4. Berekend met een combinatie van het NEMA-model, GLEAM, KEV 2022, Somers 1.0-model en RothC-model. 3 scenario's worden uitgewerkt: 1) geagendeerd beleid bij 50% implementatie (denk aan Lbv- en MGA regeling), 10% meer weidegang en 33% van de bedrijven hebben een emissiearme stal en mestopslag; 2) geagendeerd beleid bij 100% implementatie, 30% meer weidegang en 66% van de bedrijven hebben een emissiearme stal en mestopslag; 3) geagendeerd beleid bij 100% implementatie en sturing van het bedrijfsleven en de maatschappij, 50% meer weidegang, fokken op lage methaanemissie, laag methaanrantsoen, methaanreducerende additieven op 80% van de bedrijven, en alle bedrijven hebben emissiearme stal en mestopslag.
5. Hier betreft het enkel methaan uit dier, stal en mestopslag. Lachgas uit stal en mestopslag is niet inbegrepen.

Uit deze tabel valt op te maken dat:

1. Er grote variatie is in het doorgerekende reductiepotentieel zowel tussen als binnen de verschillende studies, zowel in de stal- en opslagemissies als de veldemissies en dus ook in de bedrijfsemisies. Deze verschillen hebben enerzijds te maken met verschillen in de doorgerekende maatregelpakketten. Verschillen tussen de studies kunnen ook veroorzaakt worden door methodologische verschillen.
2. Het procentuele reductiepotentieel is in belangrijke mate ook afhankelijk van de uitgangssituatie van het betreffende bedrijf. Als een bedrijf al een lage emissie heeft, is het reductiepotentieel veelal lager. Dat kan ook door de bedrijfsstrategie komen. In de MMP studie betreffen de laagste reductiepercentages bijvoorbeeld het biologische bedrijf. Omdat mestvergisting en toepassen Bovaer niet goed past bij een biologische bedrijfsvoering.
3. De gemiddelde reductiepercentages liggen in de volgende ordegrootte:
 - a. DBT: in deze studie ligt het reductiepotentieel bij de KPI stal- en opslagemissie per fosfaatrecht tussen de -9 en 56%. Uitgedrukt per GVE is de spreiding 15 tot 57%. En tussen de 13 en 80% bij de KPI bedrijfsemisies per ha. Afhankelijk van de gekozen KPI is de spreiding bij alleen managementmaatregelen tussen de -9 en 31%. Bij management in combinatie met stalinnovaties is dit tussen de -3 en 54%. De combinatie van management en extensivering heeft een spreiding van 15 tot 70%. En bij alles combineren is de spreiding tussen de 22 en 80%. Bij extensivering daalt de GVE van 2.5 GVE/ha naar 1.5 GVE/ha. Er is in de studie sprake van lichte en zware pakketten. In alle pakketten is uitgegaan van aangepast rantsoen, toevoegen struviet aan mest, meer weidegang, roosters jaarrond spoelen en mest verdund en aangezuurd uitrijden. Bij de zware pakketten is daarnaast een innovatieve staltechniek ingerekend. In de meest vergaande scenario's qua extensivering (omschakeling naar biologisch en natuurinclusief) loopt het reductiepotentieel op tot 80% per ha. In deze scenario's worden extensieve, natuurinclusieve vormen van melkveehouderij gecombineerd met innovatieve staltechnieken. De studie laat ook zien dat deze scenario's zonder compensatie bedrijfseconomisch niet aantrekkelijk zijn. In de studie is rekening gehouden met het vervallen van derogatie. Grondgebondenheid speelt de grootste rol bij de hoge reductie percentages bij de KPI bedrijfsemisies per ha. In deze scenario's worden extensieve, natuurinclusieve vormen van melkveehouderij gecombineerd met innovatieve staltechnieken. De studie laat ook zien dat deze scenario's zonder compensatie bedrijfseconomisch niet aantrekkelijk zijn. In de studie is rekening gehouden met het vervallen van derogatie. In deze scenario's worden extensieve, natuurinclusieve vormen van melkveehouderij gecombineerd met innovatieve staltechnieken. De studie laat ook zien dat deze scenario's zonder compensatie bedrijfseconomisch niet aantrekkelijk zijn. In de studie is rekening gehouden met het vervallen van derogatie.
 - b. MMP: in deze studie is bij de KPI stal- en opslagemissie per fosfaatrecht sprake van een bandbreedte tussen de -7 en 35%. Uitgedrukt per GVE is de spreiding -11 tot 29%. En tussen de -22 en 22% bij de KPI bedrijfsemisies per ha bij de Hi-Tech variant bij combinatie van management en stalinnovaties. In het Hi-tech scenario wordt meer vee per hectare gehouden dan in de uitgangssituatie, waardoor emissie per hectare in sommige gevallen hoger uitvalt. In het Low-tech scenario ligt bij de KPI stal- en opslagemissie per fosfaatrecht de bandbreedte tussen de -18 en 42%. Uitgedrukt per GVE is de spreiding -18-46%. Het gaat bij Low-tech om de combinatie van managementmaatregelen en extensivering. Er is in deze studie rekening gehouden met het vervallen van derogatie. Verder zijn er een groot aantal maatregelen doorgevoerd, inclusief innovatieve staltechnieken/mestvergisting. Een belangrijke notie is dat de pakketten hier niet geoptimaliseerd zijn op het reduceren van broeikasgassen per ha maar op brede verduurzamingsopgaven. Bovendien is er bij de selectie van maatregelen een inschatting gemaakt of de maatregelen passend zijn bij uitgangssituatie en de strategie van het bedrijf (met een onderscheid naar een Hi-Tech en een Low-Tech optimalisatie van het bedrijf). De Low-Tech scenario's leiden tot een gemiddelde reductie van de stal- en opslagemissie (per GVE) van 11% en van de veldemissie (per ha) van 0,3%. Bij de Hi-Tech variant gaat het om respectievelijk 9% voor de stal- en opslagemissie en 9% voor de veldemissie. Het betreft voorlopige resultaten. De studie is nog niet afgerond en gepubliceerd.
 - c. Verkenningen klimaatmaatregelen. Bij management in combinatie met stalinnovaties gaat het bij de KPI stal- en opslagemissies per fosfaatrecht om een reductie tussen de 10 en

-
- 18%. Uitgedrukt per GVE is de spreiding 5 tot 14%. En tussen de 5 en 12% bij bedrijfsemissies uitgedrukt per ha. Aangevuld met extensivering ligt de emissiereductie bij stal- opslag per fosfaatrecht tussen 7-13%. Per GVE tussen de 2 en 18%. En tenslotte bij bedrijfsemissie per ha tussen de 21 en 28%.
- d. Bij de AFOLU studie is de bij de KPI stal- en opslagemissie per fosfaatrecht de spreiding tussen de 2 en 26%. Per GVE is dat tussen de -4 en 22%. En uitgedrukt in bedrijfsemissie per ha gaat het om 11 en 37% reductie. Naast management gaat het om het opslaan van mest in een externe opslag met nabewerking (koelen/oxideren/vergisten) en extensivering via het verlagen van de veebezetting en melkproductie per koe en het in gebruik nemen van afgewaardeerde grond van stoppende melkveebedrijven.
4. De veld- of bodememissies dalen in de meeste studies aanzienlijk. In de meeste studies zal het vervallen van de derogatie en bufferstroken hierin een belangrijke factor zijn, naast de doorgerekende managementmaatregelen. In de DBT studie dalen deze emissies het sterkst tot gemiddeld meer dan 50%, vooral vanwege sterke extensivering en minder kunstmestgebruik. In de andere studies ligt de gemiddelde reductie ongeveer tussen de -13 en de 20%. In de studie Verkenning klimaatmaatregelen nemen de veldemissies toe vanwege een toename in het aantal uren weidegang, wat leidt tot een verhoging van het RE-gehalte van het rantsoen.
5. Het reductiepotentieel voor stal- en opslagemissies lijkt wat lager dan voor de veldemissies. Ook voor de stal- en opslagemissie laat de DBT studie de grootste reductiepercentages zien, gemiddeld tussen de 32 en 43%, inclusief stalinnovaties (bij toepassing van dagontmesting i.c.m. mestvergisting) en gemiddeld 12-17% met alleen managementmaatregelen (additieven en voeraanpassingen). De studie Verkenning klimaatmaatregelen geeft reducties tussen de 9 en 15%. AFOLU en MMP laten gemiddeld lagere reducties zien. In individuele scenario's/bedrijven ligt de maximale reductie in die studies tussen de 20 en 35% zonder extensivering en tot ongeveer 45% inclusief extensivering. Het gemiddelde reductiepotentieel in die studies ligt laag omdat er ook bedrijven en scenario's zijn doorgerekend met een beperkte implementatie van broeikasgasmaatregelen en/of maatregelen voor andere doelen (zoals biodiversiteit) een ongunstig effect hebben op broeikasgassen.

3.2.3 Gerealiseerde reductie in Netwerk Praktijkbedrijven

Toelichting project Netwerk Praktijkbedrijven

In deze paragraaf is weergegeven hoe de broeikasgasemissie is ontwikkeld op de Netwerk Praktijkbedrijven in de periode 2020 – 2023. Het doel van het project Netwerk Praktijkbedrijven is om in vijf jaar tijd (2020 t/m 2024) de emissie van ammoniak én methaan met 30% te reduceren door middel van (kosteneffectieve) maatregelen die passen bij het individuele bedrijf. De maatregelen bestaan vooral uit managementmaatregelen zoals aanpassingen in het rantsoen, in de stal en mestopslag en in het veld. Ook zijn er een aantal stalinnovaties toegepast op enkele bedrijven. Voor elk bedrijf is een specifiek maatregelenpakket samengesteld, binnen de mogelijkheden van dat bedrijf en de wensen van de veehouder. Hoewel het project ammoniak- én methaanreductie als doel heeft, lag in de periode 2020 – 2023 de focus vooral op ammoniakreductie. Voor deze rapportage worden de KringloopWijzer resultaten voor 2020 en 2023 (berekend met KringloopWijzer versie 2024) van de onderzoeksbedrijven en de demonstratiebedrijven meegenomen.

Gerealiseerde reductie

Uit onderstaande tabel 3.8 blijkt dat:

- De gerealiseerde reductie in broeikasgassen op de NPB bedrijven in de periode 2020-2023 gemiddeld beperkt is voor vrijwel alle KPI's in alle intensiteitsklassen. De gemiddelde reductie van de veldemissie per ha is hoger. Het ligt tussen de 6-14% per ha.
- Bedrijven met gemiddelde intensiteit de grootste emissiereductie (in bedrijfsemisies per ha) hebben gerealiseerd met 4% per ha.
- De spreiding tussen bedrijven groot is, zowel binnen de intensiteitsklassen als tussen de klassen. Het varieert bij de bedrijfsemisies per ha tussen een toename van 65% tot een afname van 54% per ha.

Tabel 3.8 Gerealiseerde reductie (%) voor Netwerk Praktijkbedrijven in 2023 voor methaan en lachgas ten opzichte van de uitgangssituatie, uitgesplitst naar intensiteit.

Intensiteit (melk/ha)		Bedrijf		Stal en opslag		Veld
		Per ha	Per fosfaatrecht	Per GVE	Per fosfaatrecht	Per ha
<= 14.000 kg/ha ¹	Gemiddeld	2%	5%	3%	2%	6%
	Min – max	-5% - 11%	-3% - 17%	-5% - 20%	-5% - 15%	-10% - 24%
14.000 – 19.000 kg/ha ²	Gemiddeld	4%	2%	0%	0%	14%
	Min – max	-15% - 54%	-5% - 10%	-6% - 7%	-6% - 6%	-11% - 61%
> 19.000 kg/ha ³	Gemiddeld	-2%	0%	1%	0%	7%
	Min – max	-65% - 34%	-16% - 5%	-10% - 10%	-6% - 5%	-7% - 28%

1. Op basis van de gegevens van 9 bedrijven binnen het Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met de KringloopWijzer versie 2024.11.

2. Op basis van de gegevens van 15 bedrijven binnen het Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met de KringloopWijzer versie 2024.11.

3. Op basis van de gegevens van 15 bedrijven binnen het Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met de KringloopWijzer versie 2024.11.

Uit onderstaande tabel 3.9 blijkt dat:

- Stal- en opslagemissies gemiddeld alleen op kleibedrijven zijn gedaald: 3% per GVE en 2% per fosfaatrecht.
- Veldemissies op alle bedrijven gemiddeld wat zijn gedaald en het meeste op klei (15%)
- Bedrijfsemisies op veen en klei wat zijn gedaald en op zand per hectare wat zijn gestegen. Dit heeft behalve bovenstaande ontwikkelingen ook te maken met ontwikkelingen in de veebezetting. Als bedrijven intensiever worden (meer dieren per ha), neemt automatisch de bedrijfsemissie per hectare ook toe.
- De spreiding in reductie voor de stal- en opslagemissie beperkt is en voor de veld- en bedrijfsemissie groter.

Tabel 3.9 Gerealiseerde reductie (%) voor Netwerk Praktijkbedrijven in 2023 voor methaan en lachgas ten opzichte van de uitgangssituatie, uitgesplitst naar grondsoort.

Grondsoort		Bedrijf		Stal en opslag		Veld
		Per ha	Per fosfaatrecht	Per GVE	Per fosfaatrecht	Per ha
Zand/löss ¹	Gemiddeld	-3%	0%	0%	0%	4%
	Min - max	-65% - 33%	-5% - 5%	-10% - 6%	-6% - 5%	-7% - 17%
Klei ¹	Gemiddeld	4%	4%	3%	2%	15%
	Min - max	-14% - 54%	-6% - 17%	-6% - 17%	-6% - 15%	-11% - 61%
Veen ²	Gemiddeld	6%	3%	-1%	-1%	8%
	Min - max	-5% - 34%	-16% - 12%	-9% - 20%	-6% - 14%	0% - 28%

1. Op basis van de gegevens van 16 bedrijven binnen het Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met KringloopWijzer versie 2024.11.
2. Op basis van de gegevens van 7 bedrijven binnen het Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met KringloopWijzer versie 2024.11.

Eindsituatie

Onderstaande tabellen 3.10 en 3.11 geven een overzicht van de eindsituatie op de Netwerk Praktijkbedrijven.

Tabel 3.10 laat zien dat in de eindsituatie de middengroep de laagste bedrijfsemissie per hectare realiseert en de intensieve groep de laagste bedrijfsemissie per fosfaatrecht. Bij de extensieve bedrijven is de veldemissie fors hoger, zeer waarschijnlijk omdat het aandeel veen bedrijven het hoogst is bij de extensieve bedrijven. De stal- en opslagemissie neemt toe met intensiteit, vooral uitgedrukt per GVE. De spreiding tussen bedrijven is vooral bij de veldemissies groot.

Tabel 3.10 Verschillen in absolute KPI scores voor methaan en lachgas (in kg CO₂-eq) voor Netwerk Praktijkbedrijven in 2023, uitgesplitst naar intensiteit.

Intensiteit (melk/ha)		Bedrijf		Stal en opslag		Veld
		Per ha	Per fosfaatrecht	Per GVE	Per fosfaatrecht	Per ha
<= 14.000 kg / ha ¹	Gemiddeld	15.111	238	4.317	107	8.754
	Min - max	5.111 - 29.389	116 - 379	3.348 - 4.915	98 - 112	606 - 19.714
14.000 - 19.000 kg / ha ²	Gemiddeld	13.478	150	4.663	109	3.617
	Min - max	4.368 - 23.612	115 - 261	4.171 - 5.330	99 - 122	567 - 14.124
> 19.000 kg / ha ³	Gemiddeld	17.455	144	4.894	110	3.670
	Min - max	12.451 - 27.689	113 - 253	4.417 - 5.707	102 - 118	1.037 - 13.605

1. Op basis van de gegevens van 9 bedrijven binnen het Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met de KringloopWijzer versie 2024.11.
2. Op basis van de gegevens van 15 bedrijven binnen het Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met de KringloopWijzer versie 2024.11.
3. Op basis van de gegevens van 15 bedrijven binnen het Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met de KringloopWijzer versie 2024.11.

Tabel 3.11 laat zien dat in de eindsituatie de bedrijfsemissies per ha bij Netwerk Praktijkbedrijven het laagst zijn op kleigrond en duidelijk het hoogst op veen. Dat wordt vooral veroorzaakt door de veld emissies per ha. Want qua stal- en opslagemissies komen de KPI scores nagenoeg overeen.

Tabel 3.1111 Verschillen in absolute KPI scores voor methaan en lachgas (in kg CO₂-eq) binnen Netwerk Praktijkbedrijven in 2023, uitgesplitst naar grondsoort.

		Bedrijf		Stal en opslag		Veld
		Per ha	Per fosfaatrecht	Per GVE	Per fosfaatrecht	Per ha
Zand/löss ¹	Gemiddeld	14.710	149	4.795	110	3.272
	Min - max	8.523 – 23.612	113 - 261	4.161 – 5.381	103 - 121	1.037 – 14.124
Klei ¹	Gemiddeld	13.810	139	4.584	108	3.060
	Min - max	4.368 – 27.689	113 - 237	3.693 – 5.330	99 - 122	567 – 13.605
Veen ²	Gemiddeld	22.158	296	4.594	108	13.925
	Min - max	15.937 – 29.389	233 - 379	3.348 – 5.707	98 - 118	8.967 – 19.714

1. Op basis van de gegevens van 16 bedrijven binnen het Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met KringloopWijzer versie 2024.11.
2. Op basis van de gegevens van 7 bedrijven binnen het Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met KringloopWijzer versie 2024.11.

3.3 Vergelijking modelstudies met praktijkdata

In deze paragraaf vergelijken we de niveaus van broeikasgasemissies na toepassing van maatregelen in de modelstudies ('eindsituatie') met niveaus op praktijkbedrijven (BIN en NPB), voor de verschillende KPIs.

Er zit verschil in de absolute niveaus van KPI scores tussen studies die worden veroorzaakt door modelmatige verschillen. Bij het hanteren van bedrijfsdoelen is het belangrijk om er altijd zeker van te zijn dat het doelniveau met exact dezelfde methode is berekend als de waarop het bedrijf uiteindelijk wordt beoordeeld. Voor de meeste regels in bovenstaande tabel is de KringloopWijzer (of de rekenwijze BBPR/DairyWise die tot vrijwel dezelfde resultaten leidt) gehanteerd voor de berekening.

Uitzonderingen daarop zijn de DBT studie waar gebruik wordt gemaakt van het model Farmdyn en de studies AFOLU en Verkenning Klimaatmaatregelen waarbij NEMA berekeningen als uitgangspunt zijn gehanteerd. Uit tabel 3.1 blijkt dat vooral bij de modelstudies DBT en Verkenning klimaatmaatregelen de kanttekening moet worden geplaatst dat de absolute waarden in deze tabel maar beperkt vergelijkbaar zijn.

Tabel 3.12 Verschillen in de absolute KPI scores tussen de praktijkdata en de modelstudies voor methaan en lachgas (in kg CO₂-eq).

Praktijkdata		Bedrijf		Stal & opslag		Veld
		Per ha	Per fosfaatrecht	Per GVE	Per fosfaatrecht	Per ha
	BIN (2020-2022) Gem. ¹	14.150	146	4.683	107	3.774
	BIN (2020-2022) 25-75 ¹	10.916 – 15.632	122 - 134	4.449 – 4.880	104 - 110	1.461 – 2.382
	NPB (2023) Gem. ²	15.487	167	4.678	109	4.824
	NPB (2023) min – max ²	4.368 – 29.389	113 - 379	3.348 – 5.707	98 - 122	567 – 19.714
Modelstudies						
<i>Alleen managementmaatregelen</i>	DBT Hightech-open zonder kapitaalintensieve stalaanpassing ³	11.981	141	4.630	116	2.037
		9.745 – 15.121	126 - 187	4.232 – 4.819	109 - 145	1.047 – 6.198
<i>Managementmaatregelen en stalinnovaties</i>	DBT Hightech-open met kapitaalintensieve stalaanpassing ³	10.183	118	3.049	88	2.517
		6.697 – 16.373	80 - 221	2.829 – 4.245	69 - 134	1.044 – 6.654
	MMP Hightech ⁴	12.955	132	4.412	93	3.395
		6.665 – 22.311	85 - 262	3.471 – 5.015	74 - 109	1.177 – 13.906
	Verkenning klimaatmaatregelen – P1 ⁵	8.256	113	4.264	95	1.343
		7.919 – 8.593	109 - 118	4.052 – 4.477	90 - 100	1.336 – 1.350
<i>Managementmaatregelen en extensivering</i>	DBT – Extensivering zonder kapitaalintensieve stalaanpassing ³	7.238	127	4.004	95	1.621
		4.584 – 11.297	109 - 186	3.471 – 4.313	84 - 101	648 – 5.193
	MMP Lowtech ⁴	10.734	158	3.993	100	3.704
		5.948 – 21.625	81 - 359	2.750 – 4.538	67 - 111	1.039 – 15.074
<i>Managementmaatregelen en extensivering en stalinnovaties</i>	DBT – Extensivering met kapitaalintensieve stalaanpassing ³	6.234	106	3.128	75	1.800
		3.595 – 10.073	80 - 163	2.449 – 4.178	59 - 95	647 – 4.550
	Verkenning klimaatmaatregelen – P2 t/m P4 ⁵	6.885	120	4.252	95	1.433
		6.503 – 7.173	112 - 123	3.844 – 4.620	85 - 103	1.080 – 1.956
	AFOLU ⁶	7.508	123	4.298 ⁷	93 ⁷	2.822
		6.220 – 8.701	106 - 133	3.578 – 4.757 ⁷	80 – 105 ⁷	2.641 – 2.993

1. Bron: Bedrijveninformatienet Wageningen Social & Economic Research, berekend met KringloopWijzer versie 2024.10. Het betreft het driejaarsgemiddelde 2020 t/m 2022. BIN gem. geeft de gemiddelde waarde van 640 bedrijven. BIN 25-75 geeft inzicht in de spreiding o.b.v. de 25% en 75% percentielen: 25% van de bedrijven zit onder de laagste waarde en 25% zit boven de hoogste waarde.
2. Bron: Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met KringloopWijzer 2024.11 Netwerk Praktijkbedrijven omvat 39 bedrijven. NPB gem. laat de gemiddelde waarde zien. NPB min – max geeft inzicht in de spreiding o.b.v. de hoogste en laagste waarde.
3. Berekend met Farmdyn. Getoond zijn het gemiddelde en de laagste en hoogste waarde (min – max).
4. Berekend met BBPR/Dairywise. Getoond zijn het gemiddelde en de laagste en hoogste waarde (min – max).

-
5. Berekend met GLEAM. Getoond zijn het gemiddelde en de laagste en hoogste waarde (min – max). De veldemissies betreffen enkel de lachgasemissies uit weidegang en mestaanwending van dierlijke mest; lachgasemissies uit voerproductie en kunstmesttoediening is niet meegenomen.
 6. Berekend met een combinatie van het NEMA-model, GLEAM, KEV 2022, Somers 1.0-model en RothC-model.. Getoond zijn het gemiddelde en de laagste en hoogste waarde (min – max).
 7. Het gaat hier enkel stal- en opslagemissies van methaan.

Stal- en opslagemissies

De stal- en opslagemissie per fosfaatrecht ligt in de huidige praktijk gemiddeld op 107 kg CO_{2-eq} volgens BIN met 50% van de bedrijven tussen 104 en 110. In Netwerk Praktijkbedrijven lag het gemiddelde in 2023 op 109 met een spreiding tussen de 98 en 122. Modelstudies laten zien dat de stal- en opslagemissie per fosfaatrecht in individuele gevallen zou kunnen dalen tot net onder de 60 bij de combinatie van management, stalinnovatie en extensivering. De *gemiddelde* scores in de eindsituatie die de modelstudies laten zien, liggen meer in de orde van de 90 kg CO_{2-eq} per fosfaatrecht.

De stal- en opslagemissie per GVE ligt in de huidige praktijk gemiddeld op ongeveer 4.700 kg CO_{2-eq} volgens BIN met 50% van de bedrijven tussen 4.449 en 4.880. In Netwerk Praktijkbedrijven lag het gemiddelde in 2023 op hetzelfde niveau als de gemiddelde praktijk, met een spreiding tussen de 3.348 en 5.707. Modelstudies laten zien dat de stal- en opslagemissie per GVE in individuele gevallen zou kunnen dalen tot net onder de 2.500 bij de combinatie van management, stalinnovatie en extensivering. De *gemiddelde* scores in de eindsituatie die de modelstudies liggen ver uit elkaar, tussen de 3.000 en 4.700 per GVE, vanwege verschillende gehanteerde melkproducties per koe en kleine verschillen in GVE-aantallen.

Veldemissies

De veldemissie per ha ligt in de huidige praktijk gemiddeld op 3.774 kg CO_{2-eq} volgens BIN met 50% van de bedrijven tussen 1.461 en 2.382. Opvallend is hier dat het gemiddelde niet binnen het 25-75% interval valt. Dit komt omdat de 25% bedrijven met de hoogste emissie een zoveel hogere emissie hebben dat zij het gemiddelde heel erg omhoog trekken. Het aandeel veengrond speelt hierin een belangrijke rol. In Netwerk Praktijkbedrijven lag het gemiddelde in 2023 met 4.824 hoger dan de gemiddelde praktijk (waarschijnlijk vanwege een hoger aandeel veengrond) en ligt de spreiding tussen de 567 en 19.714. Modelstudies laten zien dat de veldemissie per hectare in individuele gevallen zou kunnen dalen tot onder de 400 CO_{2-eq}. Vergelijking van de gemiddelde waarden van de modelstudies in de eindsituatie is niet zo zinvol omdat er zowel sprake is van methodologische verschillen als van verschillen in het aandeel veengrond. In de gerealiseerde reducties in de modelstudies speelt naast de doorgerekende managementmaatregelen ook het verlies van derogatie een belangrijke rol. Hierdoor dalen de lachgasemissies bij mestaanwending.

Bedrijfsemissies

De bedrijfsemissie per ha ligt in de huidige praktijk gemiddeld op 14.150 kg CO_{2-eq} volgens BIN met 50% van de bedrijven tussen 10.916 en 15.632. In Netwerk Praktijkbedrijven lag het gemiddelde in 2023 op 15.487 (iets hoger dus) met een spreiding tussen de 4.368 en 29.389. Modelstudies laten zien dat de bedrijfsemissies in individuele gevallen zouden kunnen dalen tot onder de 3.600. Dit wordt enerzijds veroorzaakt door bovenstaande reductie van stal- en opslag en veldemissies en anderzijds door veronderstelde toenemende grondgebondenheid en extensivering als gevolg van onder andere grondgebondenheid. Modelscenario's laten gemiddeld heel uiteenlopende resultaten zien in de eindsituatie op deze KPI. Hierin spelen zowel verschillen in meegenomen managementmaatregelen, uitgangspunten ten aanzien van grondgebondenheid en methodologische verschillen een rol. Het is lastig om hier conclusies uit te trekken.

De bedrijfsemissie per fosfaatrecht ligt in de huidige praktijk gemiddeld op 146 kg CO_{2-eq} volgens BIN. In Netwerk Praktijkbedrijven lag dit getal voor de individuele bedrijven tussen de 113 en 379. De laagste waarden voor de bedrijfsemissies die de modelstudies rapporteren in de eindsituatie voor individuele bedrijven liggen in de ordegrootte van de 80 kg CO_{2-eq} per fosfaatrecht.

3.4 Conclusies broeikasgassen

Broeikasgasemissie in de uitgangssituatie

Tabel 2.13 geeft een samenvatting van gemiddeldes en spreiding in verschillende KPI's op bedrijfsniveau voor een representatieve steekproef van melkveebedrijven uit het BIN, berekend met de KringloopWijzer. De BIN cijfers worden hier getoond omdat ze een goed beeld geven van de gemiddelde praktijk in recente jaren. Ook is in de tabel de spreiding opgenomen in de KPI's zoals die is waargenomen op de Netwerk Praktijkbedrijven. Deze regel in de tabel laat zien dat de variatie tussen individuele bedrijven voor de stal- en opslagemissie aanzienlijk kleiner is dan voor de andere KPI's, vooral uitgedrukt per fosfaatrecht.

Tabel 3.13 Overzicht van gemiddelde en spreiding in KPI scores voor broeikasgassen methaan en lachgas (in kg CO₂-eq) voor BIN bedrijven in de uitgangssituatie (2020 – 2022).

Praktijkdata	Bedrijf		Stal & Opslag		Veld
	Per ha	Per fosfaatrecht	Per GVE	Per fosfaatrecht	Per ha
BIN gemiddelde (2019) ¹	13.787	142	4.669	107	3.404
BIN gemiddelde (2020-2022) ¹	14.150	146	4.683	107	3.774
BIN 25-75 (2020 – 2022) ²	10.916 – 15.632	122 – 134	4.449 – 4.880	104 – 110	1.461 – 2.382
NPB (2023) min – max ³	4.368 – 29.389	113 – 379	3.348 – 5.707	98 – 122	567 – 19.714

1. Bron: Bedrijveninformatienet Wageningen Social & Economic Research, berekend met KringloopWijzer 2024.10.

2. BIN 25-75 geeft inzicht in de spreiding o.b.v. de 25% en 75% percentielen: 25% van de bedrijven ligt onder de laagste waarde en 25% ligt boven de hoogste waarde.

3. Bron: Netwerk Praktijkbedrijven, berekend met KringloopWijzer 2024.11. Het betreft de gegevens van 39 bedrijven.

De resultaten in dit rapport laten zien dat:

- Veldemissies per hectare hoger zijn op extensieve bedrijven (m.n. door groter aandeel veen bij extensieve bedrijven)
- Stal- en opslagemissies per GVE lager zijn op extensieve bedrijven, per fosfaatrecht niet.
- Bedrijfsemisies zijn hoger op extensieve bedrijven als ze worden uitgedrukt per fosfaatrecht maar juist lager als ze worden uitgedrukt per hectare.
- Veld- en bedrijfsemisies zijn veel hoger voor veenbedrijven dan voor bedrijven op zand en klei. Dit komt door de mineralisatie van veen waarbij lachgas vrijkomt.
- De veldemissies in 2020-2022 iets hoger waren dan in 2019 en de stal- en opslagemissies gelijk.

Binnen elke intensiteitsklasse en grondsoort is sprake van spreiding op alle KPI's. Dit geeft aan dat er in elke groep bedrijven sprake is van handelingsperspectief voor emissiereductie op alle KPI's.

Reductiepotentieel

Er is een grote range in het technisch reductiepotentieel in de verschillende modelstudies. Dit komt door verschillen in uitgangssituatie, gehanteerde maatregelenpakketten en rekenwijzen. Ook de praktijkprojecten laten een grote range aan KPI scores zien. Het is dan ook niet mogelijk om 'het' technisch reductiepotentieel exact te definiëren in een enkel getal. Wel is een beschrijving van de bandbreedte mogelijk.

Bij scenario's die **alleen managementmaatregelen** in beschouwing nemen, ligt de gemiddelde emissiereductie bij broeikasgassen op bedrijfsniveau op **16%**. Afhankelijk of het gaat om stal- en opslagemissies (12-17%) en veldemissies (24%). Netwerk Praktijkbedrijven laat zien dat het nog niet zo eenvoudig is om via alleen managementmaatregelen de emissies te reduceren. Het vergt veel aandacht. Belangrijke factoren hierin zijn aanpassing van het voer (meer vers gras, meer mais met lage EF, krachtvoer en kuil met een lage EF en toevoegmiddelen), minder jongvee aanhouden via verlengen levensduur en meer weidegang. Minder dierlijke mest uitrijden door afschaffing van derogatie. De combinatie van bovenstaande kan gemiddeld tot 12-24% emissiereductie leiden.

In scenario's waarin **naast managementmaatregelen ook innovatieve staltechnieken** worden meegenomen, ligt de emissiereductie op bedrijfsniveau **ongeveer tussen de 1-36%**. Het betreft dan staltechnieken als dagontmesting in combinatie met monomestvergisting en ammoniakstrippen of mest in externe opslag en nabewerking (koelen/oxideren/vergisten). Deze technieken vereisen vaak flinke investeringen voor de ondernemer. Een belangrijke voorwaarde om dit soort technieken te kunnen toepassen, is dat de werking goed geborgd wordt en vergunningverlening goed werkt. Het toepassen van een innovatieve staltechniek zal niet voor ieder bedrijf even aantrekkelijk zijn (bv. minder aantrekkelijk bij een bedrijfsvoering met veel weidegang of op bedrijven waarin flinke stalaanpassingen niet passen in de investeringscyclus). Toestaan van RENURE en de bijmengverplichting van groen gas kunnen via het verdienmodel dat dan ontstaat zorgen voor een impuls voor toepassing op grotere schaal.

De combinatie van managementmaatregelen en extensivering zorgen voor een reductie van **ongeveer 19-51%** op bedrijfsniveau. Extensivering blijkt uit de betreffende studies financieel onaantrekkelijk te zijn. Het vraagt dus om gerichte subsidiering (zoals een extensiveringsregeling) of een verdienmodel (bijvoorbeeld omschakeling op biologisch) om toepassing op grote schaal mogelijk te maken.

Scenario's die **zowel managementmaatregelen als stalinnovatie als extensivering** combineren, resulteren **in ongeveer 23-61% emissiereductie** op bedrijfsniveau. Het is echter de vraag of en hoe dit soort scenario's op grote schaal economisch aantrekkelijk zijn te maken.

Gemiddeld realiseerden de Netwerk Praktijkbedrijven in de periode 2020 – 2023 reducties in de ordegrrootte van tussen de 1 tot 3% bij de stal- en opslagemissies en tussen de 6-14% bij de veldemissies. Er is veel variatie in de gerealiseerde reductie tussen individuele bedrijven, ook binnen grondsoorten en intensiteitsklassen.

Tabel 3.14 *Overzicht van de spreiding van het reductiepotentieel voor KPI scores voor broeikasgassen methaan en lachgas (in kg CO₂-eq) van verschillende modelstudies.*

	Bedrijf		Stal & Opslag		Veld
	Per ha	Per fosfaatrecht	Per GVE	Per fosfaatrecht	Per ha Bedrijf
Alleen managementmaatregelen ¹	16%	13%	17%	12%	24%
Managementmaatregelen & stalinnovaties ²	1% - 36%	12% - 31%	9% - 40%	14% - 32%	-6% - 31%
Managementmaatregelen & extensivering ³	19% - 51%	5% - 24%	11% - 28%	8% - 28%	0,3% - 51%
Managementmaatregelen & stalinnovaties & extensivering ²	23% - 61%	7% - 38%	6% - 43%	11% - 43%	-13% - 51%

1. Het betreft het gemiddelde reductiepotentieel uit 1 studie.
2. Het betreft de spreiding van het gemiddelde reductiepotentieel uit 3 studies.
3. Het betreft de spreiding van het gemiddelde reductiepotentieel uit 2 studies.

4 Discussie en conclusie

4.1 Samenhang sturen op ammoniak en broeikasgassen

Een deel van de maatregelen om ammoniak- en broeikasgasemissies te reduceren loopt gelijk op, een deel van de maatregelen is onafhankelijk van elkaar en sommige maatregelen kunnen juist een tegengesteld effect hebben op broeikasgassen en ammoniak. Of maatregelen goed samengaan hangt ook af van de gekozen functionele eenheid.

Meer mais in het rantsoen draagt bij aan minder ammoniakemissie. Bij een lager RE is het dan eenvoudiger de melkproductie op peil te houden. Meer mais kan ook zorgen voor verlagen van de broeikasgasemissie (een lagere enterische methaanemissie). Voorwaarde is dan wel dat de mais een lage EF waarde heeft (niet te laat oogsten en een volle kolf/veel zetmeel). De EF waarde is een maat voor de uitstoot van methaan per kg product tijdens het fermentatieproces.

Meer weidegang zorgt voor meer opname van vers gras. Dit leidt tot minder ammoniakemissie (vanuit de stal en via minder volume mest om uit te rijden). Vers gras heeft een lage EF waarde ten opzichte van kuilgras en daardoor zorgt meer weidegang ook voor een verlaging van de enterische methaanemissie. Ook zorgt extra weidegang voor minder mest in de mestkelder. En des te minder mest er in de mestkelder zit, des te lager de methaanemissie uit de kelder (wel met hogere lachgasemissie in de wei door urineplekken).

Later maaien van gras draagt bij aan het verlagen van het RE. Hierdoor daalt de ammoniakemissie. Echter door later maaien neemt de EF waarde van het gemaaid gras toe en zal de graskuil uiteindelijk ook een hogere EF waarde hebben. Wat weer zal zorgen voor een hogere enterische methaanemissie. Voor methaanemissie is daarom oogsten in een vroeger groeistadium juist effectief.

Voor stalmaatregelen is het belangrijk om te beseffen dat er stalsystemen zijn die zich alleen focussen op het reduceren van ammoniakemissie in de stal. Er zijn ook stalsystemen die bijdragen aan het verlagen van zowel de ammoniak- en broeikasgasemissies. Technieken die bijdragen aan het verlagen van beide emissies verwijderen de mest over het algemeen snel uit de stal en slaan het op in een gesloten opslag. Voor methaan moet in die opslag dan nog een nabewerking plaatsvinden om methaan om te zetten. Aanzuren van de mest zorgt ook voor verlaging van zowel de methaan- als ammoniakemissie. Vergisting van de mest kan bij zowel dagverse mest als bij aanzuring plaatsvinden. Aandachtspunt bij vergisten is dat de TAN in de mest hierdoor toeneemt. Bij het uitrijden van de mest neemt dan de veldemissie toe. Dit is te ondervangen door de TAN in het digestaat te verlagen via een stikstofstripper. Een andere oplossing is om bij het uitrijden van de mest aanvullende mitigerende maatregelen te nemen. Zoals bijvoorbeeld het extra verdunnen (op klei en veen), uitrijden op bouwland in plaats van grasland of door het aanzuren van de mest.

Stalsystemen die alleen zorgen voor het verlagen van de TAN emissies uit de stal zorgen ervoor dat de veldemissies toenemen. De TAN die dan niet in de stal is vervluchtigd zal dan alsnog vervluchtigen bij het uitrijden. De bovengenoemde aanvullende mitigerende maatregelen kunnen deze toename van de veldemissies voorkomen.

Minder jongvee aanhouden pakt goed uit bij het reduceren van zowel ammoniak- als methaanemissie. Met name bij intensievere bedrijven.

Via goedkope managementmaatregelen is er procentueel minder aan emissies te reduceren m.b.t. broeikasgassen dan met ammoniak. Via het toevoegen van voeradditieven is de enterische methaanemissie tot 30% te reduceren. Echter heeft dat zijn prijskaartje. Ook is er nog minder praktijkervaring in het reduceren van de methaanemissie via managementmaatregelen. De focus lag bij het beleid en bij het praktijkonderzoek de afgelopen jaren toch vooral op het verlagen van de ammoniakemissie. En het is lastig

om tegelijkertijd de ammoniak- en methaanemissie te reduceren. Dat blijkt ook bij Netwerk Praktijkbedrijven waar de emissiereducties van methaan zeer beperkt zijn.

Daarnaast is er bij het reduceren van ammoniakemissie via management een duidelijk verdienmodel. Namelijk via scherper voeren en beter bemesten zijn er minder krachtvoer- en kunstmestkosten. Bij het verlagen van de EF in het totaalrantsoen als managementmaatregel is er voor het verlagen van de methaanuitstoot een moeilijker te realiseren verdienmodel. Door een hele goede kuil te realiseren met een laag EF en goede energie-eiwit verhoging neemt de voerbenutting toe en is er daardoor minder aankoop van krachtvoer nodig. Dit vraagt echter heel veel vakmanschap. Er ontstaat naar verwachting wel een verdienmodel voor het verlagen van de methaanemissie door het goedkeuren van Renure door de EU en door de bijmengverplichting van groengas. Dan zijn investeringen in vergisting en mestbewerking weer terug te verdienen. Ook is er een verdienmodel voor het verlagen van broeikasgasemissies vanuit duurzaamheidsprogramma's van zuivelbedrijven waarin premies worden uitgekeerd voor bedrijven die een lage carbon footprint per kg melk realiseren. En mogelijk zorgt de Europese richtlijn Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) ook nog voor nieuwe verdienmodellen, bijvoorbeeld via 'Carbon markets'

4.2 Benutten reductiepotentieel niet eenvoudig en vanzelfsprekend

Uit hoofdstukken 2 en 3 blijkt dat er veel variatie is in emissies in de huidige praktijk. De modelstudies laten zien dat er in theorie ook een groot potentieel is om ammoniakemissie verder te verlagen, zowel via managementmaatregelen als via extensivering en innovatieve staltechnieken. Dit betekent niet dat het eenvoudig is om dat reductiepotentieel ook daadwerkelijk te benutten.

Voor managementmaatregelen geldt dat er in theorie weinig belemmeringen zijn om de maatregelen door te voeren. De kosten zijn over het algemeen relatief beperkt. Toevoegmiddelen aan het voer om de enterische methaanemissie te verlagen zorgt wel voor een kostprijsverhoging. Het toepassen van managementmaatregelen vereist echter wel vakmanschap en veel aandacht voor de bedrijfsvoering. Meer weidegang is niet voor alle bedrijven weggelegd, bijvoorbeeld in verband met de ligging van de huiskavel. Bij eiwitarmere voeren is er bijvoorbeeld ook een risico op productieverlies indien het rantsoen onvoldoende geoptimaliseerd wordt. In dat geval gaat het wel ten koste van het economisch resultaat. Niet alle bedrijven zullen de maximale reductie kunnen realiseren. Daarnaast is het zo dat de eerste stappen in reductie (bijvoorbeeld van RE 180 naar 170) relatief makkelijker te maken zijn. Van 160 naar 150 RE is vaak veel ingewikkelder. Het stimuleren van deze managementmaatregelen kan via diverse prikkels worden georganiseerd zowel vanuit de overheid als vanuit de sector. Het is belangrijk om de periferie van de melkveehouderij hierin mee te krijgen. Een nuttig model hierin is het RESET model (Regels, Educatie, Sociale norm, Economie en Tools). Uit eerdere studies is bekend dat vaak een combinatie van prikkels nodig is om grootschalige effecten te realiseren in aanpassing bedrijfsvoering. Zie bijvoorbeeld Reijs et al. (2021) voor meer toelichting hierop.

Innovatieve staltechnieken vereisen aanzienlijke investeringen in techniek en betekenen daarmee een toename van kosten. Die investeringen kunnen op dit moment vaak niet worden gedaan omdat er onvoldoende zicht is op de werking ervan en vergunningverlening. Ook moet het investeren in techniek passen in de investeringscyclus van het bedrijf. Voor sommige technieken geldt dat ze voor grote bedrijven sneller rendabel zijn dan voor anderen. Subsidies en duidelijkheid rondom vergunningverlening en werking van technieken zijn belangrijk om dit spoor goed te kunnen benutten.

Verschillende studies laten zien dat extensivering (meer grond en/of minder koeien en/of omschakelen naar een natuurinclusieve manier van produceren) economisch in de meeste gevallen niet aantrekkelijk is. Extensivering kan op verschillende manieren worden gefaciliteerd zoals bijvoorbeeld via extensiveringsregelingen, uitbreiding van het areaal biologisch en toegang tot natuurrpachtgrond. Het lijkt interessant om dit vooral gebiedsspecifiek in te zetten. Niet voor alle melkveehouders is een extensieve bedrijfsvoering een optie.

4.3 Keuzes ten aanzien van afbakening en functionele eenheden

In deze studie worden meerdere KPI opties (afbakening en functionele eenheid) in beschouwing genomen. Bij implementatie van bedrijfsgerichte doelsturing is daarin een keuze nodig. In eerdere studies (Reijs & De Vries, 2024, Reijs et al., 2024) zijn voor- en nadelen van verschillende keuzes hierin systematisch op een rij gezet. Hieronder worden de belangrijkste bevindingen uit die rapporten nog een keer samengevat.

Ammoniak

Zie Reijs et al. (2024) voor een eerdere analyse. Bij melkveebedrijven is een keuze nodig tussen de KPI NH₃ bedrijf per hectare of het hanteren van afzonderlijke KPI's voor stal en opslag emissie en veldemissie. De KPI NH₃ bedrijf per hectare heeft als belangrijkste voordeel dat het overzichtelijker is omdat maar 1 KPI nodig is en dat het aansluit bij de huidige praktijk. Deze KPI brengt echter ook een indirecte sturing naar meer grondgebondenheid met zich mee (het verwerven van meer grond onder het bedrijf om beter te scoren op de KPI), die niet per definitie ook leidt tot het verlagen van de absolute emissies op landelijk niveau. Het is de vraag of de overheid dit ambieert in een systeem van bedrijfsgerichte doelsturing op ammoniakemissies.

Het splitsen van stal- en opslag en veldemissie heeft als voordeel dat meer inzicht ontstaat in verschil tussen de puntbelasting uit gebouwen en de ruimtelijk meer gelijkmatig verdeelde emissie in het veld. Hierdoor ontstaat voor de melkveehouders ook meer zicht op het handelingsperspectief. Ook ontstaat met de gesplitste KPI's een betere vergelijkbaarheid van bedrijven, zowel binnen de melkveehouderij (intensieve en extensieve bedrijven) als met andere sectoren (veldemissies kunnen eenvoudig worden vergeleken met bedrijven met alleen plantaardige teelten). Zeker wanneer er onderscheid is in de veldemissies per ha grasland en per ha bouwland. Ook voorkomt dit dat grasland wordt omgezet in bouwland om beter te scoren op de KPI veldemissies per ha bedrijfsoppervlakte.

Het uitdrukken van de stal en opslagemissie per fosfaatrecht geeft meer garantie op het verlagen van de absolute landelijke emissie dan per GVE. Binnen het fosfaatrechtstelsel kan het aantal GVE namelijk groeien, het aantal fosfaatrechten niet. Ook creëert het de mogelijkheid dat melkveehouders beter gaan scoren op de KPI via het verwerven van extra fosfaatrechten. Ook deze manier van sturen, draagt bij aan het verlagen van de absolute emissies. Met het uitdrukken van stal- en opslagemissie per GVE ontstaat mogelijk een indirecte sturing richting een extensiever bedrijfssysteem (bedrijven met lagere producties per koe scoren beter). Ook hier kan dus de vraag worden gesteld of de overheid ambieert om via een systeem van bedrijfsgerichte doelsturing op ammoniak ook indirect te sturen naar een extensiever bedrijfssysteem.

Het splitsen in twee KPI's brengt mogelijk ook het nadeel met zich mee dat de melkveehouder minder flexibel is in het kiezen van passende maatregelen. Bij sommige bedrijven zal het bijvoorbeeld beter passen om veldmaatregelen te nemen terwijl bij een ander bedrijf stalmaatregelen beter passen. Bij splitsen van de KPI's kan de situatie zich voordoen dat de melkveehouder suboptimale maatregelen moet kiezen omdat hij aan beide KPI normen moet voldoen. Mogelijk zijn hier oplossingen voor te bedenken door te werken met slimme combinaties van drempel- en streefwaarden.

Veldemissies beslaan een substantieel deel van de totale emissies uit de melkveehouderij (zie bijvoorbeeld Reijs et al., 2021, bijlage 1)² en ook bij de veldemissies is sprake van technisch reductiepotentieel, zeker als emissie-arme mestaanwendingstechnieken verder worden doorontwikkeld. Vanuit dat oogpunt lijkt het niet verstandig om veldemissies buiten beschouwing te laten in een systeem van bedrijfsgerichte doelsturing. Het stellen van ambitieuze doelen op veldemissies per ha kan echter wel een prikkel geven tot het omzetten van grasland naar bouwland. Vanuit bodem- en waterkwaliteit geredeneerd is dit een minder gewenste ontwikkeling (afhankelijk van waar dit plaatsvindt). Deze ongewenste prikkel is mogelijk weer te voorkomen door te werken met afzonderlijke normen voor bouwland en grasland. Dit brengt echter weer de vraag met zich mee of emissies van bouwland en grasland apart in voldoende mate kunnen worden geborgd. Er vindt namelijk alleen handhaving en controle plaats op de hoeveelheid mest die wordt aangewend op bedrijfsniveau, niet naar bouwland en grasland afzonderlijk.

² Overigens is wel te verwachten dat het aandeel van de veldemissies in de totale emissies uit de melkveehouderij zal dalen bij het vervallen van de derogatie.

Een mogelijke route om met bovenstaande dilemma's om te gaan is om het simpel te houden voor bedrijven die goed scoren op NH₃ bedrijfsemissies per ha en om bedrijven die dat niet kunnen omdat ze een hoge veebezetting hebben de mogelijkheid te geven om te worden beoordeeld op de gesplitste KPI's. Dit geeft de ruimte om het op te lossen zonder het (administratief) verwerven van grond of het gedwongen verkleinen van de veestapel.

Broeikasgassen

Zie Reijs & De Vries (2024) voor een eerdere analyse van voor- en nadelen van verschillende afbakeningen en functionele eenheden.

Afbakening: In deze studie wordt uitgegaan van een smalle afbakening van emissies: het gaat alleen over de broeikasgasemissies (voornamelijk methaan en lachgas) die plaatsvinden op het bedrijf en vallen binnen de sector landbouw in de nationale emissieregistratie. Op deze manier sluiten de KPI's direct aan bij de overheidsdoelen. Dit wijkt echter af van de afbakening die wordt gehanteerd door het bedrijfsleven waar wordt gerapporteerd op basis van een ketenbenadering. Zie [Mostert et al. 2023](#) voor meer toelichting. Een belangrijk nadeel van deze smallere afbakening is dat het risico geeft op verplaatsing van broeikasgasemissie naar andere sectoren in de emissieregistratie (denk aan Energie en Landgebruik), in Nederland of elders. Gezien de voordelen van de ketenbenadering (voorkomen van afwenteling) is het zinvol dat voor melkveehouders een gecoördineerde hybride aanpak wordt gehanteerd, waarbij zowel wordt gestuurd op de directe emissie van het bedrijf als op de ketenemissies (Reijs & De Vries, 2024)³. Hiermee ontstaat transparantie op beide doelen en duidelijkheid naar melkveehouders. Het is belangrijk om de introductie van een aanvullende KPI voor melkveehouders goed toe te lichten (inclusief aandacht voor de mogelijke tegenstrijdigheden) om verwarring en onduidelijkheid bij melkveehouders te voorkomen (zie ook 5.6). Ook is het zinvol om te overwegen om op termijn ook de emissies die vallen in de sector Landgebruik (CO₂ emissies uit en C vastlegging in de bodem toe te voegen. Ook op deze emissies heeft de overheid namelijk directe doelstellingen. Bovendien is er sprake van interactie in de effecten van maatregelen.

Functionele eenheid: Ook voor broeikasgassen is een keuze nodig in welke KPI's te hanteren in een systeem van bedrijfsgerichte doelsturing. Bij broeikasgassen ligt de keuze om direct toe te gaan naar het splitsen van de emissies uit stallen en opslagen enerzijds en het veld (of de bodem) anderzijds misschien wat meer voor de hand. Het uitdrukken van de bedrijfsemissies per hectare is niet heel logisch omdat het een prikkel geeft extra grond te verwerven wat op zichzelf niet per definitie bijdraagt aan het reduceren van broeikasgasemissies. Daarbij komt dat de impact van broeikasgassen niet lokaal is, in tegenstelling tot ammoniak. Voor opwarming van de aarde maakt het niet uit waar de emissie plaatsvindt. Ook vanuit dat perspectief is het uitdrukken van broeikasgasemissies per hectare minder logisch. Het uitdrukken van bedrijfsemissies per fosfaatrecht is ook niet heel logisch. Dit geeft juist een prikkel om grond af te stoten zodat de bodememissies dan niet meer hoeven te worden verantwoord.

Als wordt gekozen voor een systeem van gesplitste KPI's, lijkt het uitdrukken van stal- en opslagemissies per fosfaatrecht logischer dan per GVE. Zie argumenten bij ammoniak. Bij het uitdrukken van veld(bodem)emissies per hectare dienen normen in ieder geval te worden gedifferentieerd op basis van het aandeel veengrond. Op veengrond zijn bodememissies aanzienlijk hoger door de N mineralisatie die plaatsvindt en het lachgas dat daarbij vrijkomt.

³ Dat zou betekenen dat er gestuurd gaat worden op twee KPI's, waarbij de overheid de nadruk legt op de directe emissies en het bedrijfsleven op de ketenemissies.

4.4 Aandachtspunten bij implementatie

Deze studie gaat in op huidige KPI prestaties op bedrijfsniveau en de effecten van maatregelen op die prestaties in modelstudies en praktijkdata. Dit geeft een beeld van haalbaarheid van het sturen op KPI prestaties op bedrijfsniveau nu en op termijn, op basis van de huidige beschikbare informatie. Daarmee ontstaat nog geen totaalbeeld hoe het systeem van bedrijfsgerichte doelsturing er uit kan komen te zien. Er zijn nog meerdere openstaande punten en aandachtspunten bij de implementatie van bedrijfsgerichte doelsturing op ammoniak en broeikasgassen. Een aantal belangrijke aandachtspunten zijn:

1. Bij het vaststellen van doelen op bedrijfsniveau is het essentieel dat de gehanteerde rekenwijze om het referentieniveau vast te stellen, exact gelijk is aan de rekenwijze die wordt gehanteerd bij beoordeling van de bedrijven.
2. Nieuwe KPI's vereisen inwerktijd, NH₃ bedrijfsemissie per ha en stal en opslagemissies per koe of GVE zijn al enigszins bekende kengetallen. Stalemissie uitgedrukt per fosfaatrecht en veldemissies per hectare zijn dat nog niet. Ook alle verkende KPI opties voor broeikasgassen zijn nog onbekend in de praktijk. Melkveehouders, adviseurs, beleidsmakers en onderzoekers zullen hier aan moeten wennen en gevoel bij moeten krijgen.
3. Essentieel is om een systeem te bouwen waarmee boeren worden uitgedaagd om te verbeteren. Dit vergt zowel een goede balans tussen wortel, stok en preek in de beleidsinstrumenten als dat doelen ambitieus maar realistisch in de tijd worden gekozen. Ook het communiceren van richtgetallen en faciliteren van innovatie en managementverbeteringen door de overheid kan bijdragen aan het realiseren van doelen.
4. Voor het realiseren van betere KPI prestaties is het essentieel om de periferie van de melkveehouderij (stallenbouwers, accountants, voeradviseurs, zuivelverwerkers, dierenartsen etc.) mee te krijgen. Zij zijn essentieel in het realiseren van verandering op het boerenerf.
5. Nog niet al het reductiepotentieel is volledig uitgekristalliseerd. Er kunnen nog dingen tegenvallen of dingen bij komen. Een vraagstuk is bijvoorbeeld wat de emissies zijn van bewerkte mestsoorten. Ook kunnen er nieuwe emissie-arme technieken bij komen, zowel in de stal als in het veld. Daarnaast zijn emissierekenregels continu in ontwikkeling. Denk bijvoorbeeld aan wijzigende emissie coëfficiënten voor stallen op basis van nieuw onderzoek of aanpassing van omrekenfactor voor het opwarmende effect van verschillende broeikasgassen. Ook in de komende jaren zullen dit soort aanpassingen blijven plaatsvinden. De consequentie is dat er regelmatig een herijking nodig is of de geldende bedrijfsdoelen nog actueel zijn.
6. De benodigde KPI scores op bedrijfsniveau om landelijke emissiedoelen te halen zijn afhankelijk van de ontwikkeling van de veestapel. Bij een sterker krimpende veestapel is de opgave voor de blijvende bedrijven kleiner dan bij een gelijkblijvende veestapel.
7. Mogelijk is differentiatie in hoogte van bedrijfsdoelen nodig tussen gebieden en/of verschillende bedrijfstypen. Voor ammoniak zou het bijvoorbeeld kunnen gaan over strengere doelwaarden voor zones rondom stikstofgevoelige natuur. Voor broeikasgassen zou het kunnen gaan om aangepaste bedrijfsdoelen voor bedrijven op veengrond. Deze differentiatie moet nog worden ingevuld.
8. Een belangrijk aandachtspunt is dat het sturen op emissiereductie op praktijkbedrijven alleen zinvol is als de effecten ervan ook kunnen worden ingerekend in de monitoringskaders waarop wordt afgerekend. Dit geldt op verschillende niveaus: nationaal (halen landelijke doelen), regionaal (halen provinciale doelen), op individueel bedrijfsniveau voor prestatiebeoordeling (KPI scores) en op individueel bedrijfsniveau voor vergunningverlening. Er zal een systeem moeten worden gebouwd waarbij op al die niveaus effecten van maatregelen met voldoende borging en nauwkeurigheid kunnen worden ingerekend.
9. In de melkveehouderij zijn in principe goede mogelijkheden om aan te sluiten bij bestaande systemen voor emissieberekening op bedrijfsniveau. De KringloopWijzer berekent alle in deze notitie gehanteerde KPI-opties of kan deze met een beperkte aanpassing (functionele eenheid fosfaatrechten) gaan uitrekenen. Een belangrijke voorwaarde van het gebruiken van de KringloopWijzer is wel dat de overheid resultaten van individuele bedrijven op een transparante manier kan inzien/beoordelen. Dit betekent dat boeren hun goedkeuring moeten geven voor het gebruiken van de KringloopWijzer resultaten voor dit doeleinde of dat de overheid een alternatieve berekeningswijze dient te ontwikkelen.

-
10. Een andere belangrijke voorwaarde is dat de resultaten in voldoende mate juridisch geborgd zijn voor de door de overheid gewenste toepassing. De mate waarin KPI scores juridisch onderbouwd moeten worden, zal afhangen van het beoogde gebruik door de overheid. Bij normeren en beprijzen zal meer onderbouwing nodig zijn dan bij stimuleren en belonen, zie hierover bijvoorbeeld ook Vellinga en De Haan (2022). Zowel de voorziene beleidsinstrumenten als de daarbij behorende juridische vereisten zullen helder geformuleerd moeten worden om te beoordelen met welke nauwkeurigheid emissies dienen te worden berekend.

Literatuur

- Bruggen, C. v., Bannink, A., Bleeker, A., Bussink, D. W., Dooren, H. J. C., Groenestein, C. M., Huijsmans, J. F. M., Kros, J., Oltmer, K., Ros, M. B. H., Schijndel, M. W. v., Schulte-Uebbing, L., Velthof, G. L., & Zee, T. C. v. (2024). *Emissies naar lucht uit de landbouw berekend met NEMA voor 1990-2022*. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu.
- Dijk, W. v., Boer, J. A. d., Schils, R. L. M., Haan, M. H. A. d., Mostert, P., Oenema, J., & Verloop, J. (2024). *Rekenregels van de KringloopWijzer 2024 : achtergronden van BEX, BEA, BEN, BEP en BEC: actualisatie van de 2023-versie*. Stichting Wageningen Research. <https://doi.org/10.18174/678185>
- Erkens, G., Melman, R., Jansen, S., Boonman, J., Hefting, M., Keuskamp, J., Bootsma, H., Nougues, L., Berg, M. van den, & Velde, Y. van der. (2022). Subsurface Organic Matter Emission Registration System (SOMERS) : Beschrijving SOMERS 1.0, onderliggende modellen en veenweidenrekenregels. In *Amersfoort, NOBV - STOWA*. <https://edepot.wur.nl/633130>
- Gies, E., Cals, T., Groenendijk, P., Kros, H., Hermans, T., Lesschen, J. P., Renaud, L., Velthof, G., & Voogd, J.-C. (2023). *Scenariostudie naar doelen en doelrealisatie in het kader van het Nationaal Programma Landelijk Gebied : een integrale verkenning van regionale water-, klimaat- en stikstofdoelen en maatregelen in de landbouw*. Wageningen Environmental Research. <https://doi.org/10.18174/587289>
- Jongeneel, R., Asseldonk, M. v., Daatselaar, C., Greijdanus, A., Helming, J., & Vissers, L. (2024). *Uitwerking bedrijfstypen voor duurzame landbouw: melkveehouderij en akkerbouw*. Wageningen Economic Research. <https://doi.org/10.18174/644812>
- Lesschen, J. P., Arets, E., Baren, S. v., Gonzalez-Martinez, A., Jongeneel, R., Reijs, J., Selten, M., Siler, T., Vellinga, T., & Vissers, L. (2023). *Beleidsscenario's voor klimaatmitigatie in landbouw en landgebruik : resultaten voor de AFOLU-sector in 2035*. Wageningen Environmental Research. <https://doi.org/10.18174/630137>
- Mostert, P.F., Reijs, J.W., & Draijer, N. (2023). *Monitoring greenhouse gas emissions of livestock production : Understanding the effect of different approaches*. Wageningen University & Research. <https://edepot.wur.nl/674644>
- Reijs, J., Beldman, A., Haan, M. d., Evers, A., Doornwaard, G., & Vermeij, I. (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*. Wageningen Economic Research. <https://doi.org/10.18174/546112>
- Reijs, J., & Vries, M. d. (2024). *Afbakening en functionele eenheid KPI broeikasgassen melkveehouderij : systematische analyse van voor- en nadelen van opties*. Wageningen University & Research. <https://doi.org/10.18174/670348>
- Reijs, J., Dekker, C., Doornwaard, G., 2024. Functionele eenheid KPI's ammoniak bij doelsturing op bedrijfsniveau; Systematische analyse van voor- en nadelen van verschillende opties in de veehouderij (melkvee, varkens en pluimvee) en akkerbouw. Wageningen Economic Research. <https://doi.org/10.18174/680679>
- Reijs, J., Doorn, A. v., Schils, R., & Dekker, J. (2024). *Handleiding referentiewaarden voor landelijke KPI-systematiek duurzame landbouw : voorstel voor te hanteren werkwijze en terminologie*. Wageningen Environmental Research. <https://doi.org/10.18174/657898>
- Vellinga, T., & Haan, M. d. (2021). *Onderzoek naar de mogelijkheden van een Afrekenbare Stoffen Balans voor de melkveehouderij : een analyse van datakwaliteit en handhaving*. Wageningen Livestock Research. <https://doi.org/10.18174/558537>
- Vellinga, T. (2023). *Verkenning van maatregelen voor vermindering van methaanemissie uit de melkvee- en varkenshouderij voor het bereiken van klimaatdoelen 2030*. Wageningen Livestock Research. <https://doi.org/10.18174/629796>
- Vries, M. d. et al., 2025. Verkenning van duurzaamheidsimpacts op bedrijfs- en sectorniveau op basis van integrale doorrekening van maatregelpakketten op melkveebedrijven [rapport in voorbereiding voor project 'Melken met Perspectief']. Wageningen Livestock Research, Openbaar rapport.

Bijlage 1 Overzicht maatregelen in de meegenomen modelstudies

Tabel B1.1 Overzicht van meegenomen maatregelen in de verschillende modelstudies.

Maatregelcategorie	Maatregel	Duurzame bedrijfstypen	CTM	Verkenning klimaat	AFOLU scenario's	Melken met Perspectief
Management - rantsoen	Ruw eiwitgehalte rantsoen verlagen	x	x			
	Methaan-remmend voeradditief	x		x	x	x
	Meer snijmais in het rantsoen	x	x			x
	Minder snijmais in het rantsoen					x
	Kuil maken van jong gras	x				
	Krachtvoer vervangen door rest- en bijproducten	x				
	Laag methaanrantsoen				x	x
	Minder krachtvoer					x
	Meer gras in het rantsoen					x
	Minder gras in het rantsoen					x
	Hoger kwaliteit graskuil door lichter maaien en betere conservering					x
	Hogere kwaliteit graskuil door aankoop					x
	Methaanarm krachtvoer					x
	Enkelvoudig krachtvoer					x
	RE gras verlagen					x
	RE arme bijproducten voeren					x
	Vetten voeren					x
	Zomerstalvoeren					x
Management - weidegang	Meer weidegang t.o.v. uitgangssituatie	x	x	x	x	x
	Weiden jongvee (kalveren en/of pinken)		x			
	Minder weidegang t.o.v. uitgangssituatie					x
Management - mest	Struviet bij de mest	x				
	Mest 1 op 2 verdund uitrijden met water	x	x			
	Mest aangezuurd uitrijden	x				

	Nitrificatieremmers toevoegen aan de mest	x		x	
	Mestaanwending op grasland gedeeltelijk/100% zodebemesten of sleepvoet	x	x		
	Mest scheiden (mechanisch)				x
	Precisie bemesting				x
	Kunsmest vervangen door Renure				x
	Voorjaarsmeststof				x
	N-stabilisator toevoegen aan mest				x
	N-benutting mest verbeteren				x
	Rijenbemesting mais				x
Management - fokkerij	Fokken op dieren met lage emissies	x	x	x	x
	Fokken op hogere melkproductie				x
Management - stal	Jaarrond spoelen met water	x	x		x
Management - bouwplan	Meer snijmais verbouwen		x		
	Gras-klaver inzaaien			x	
	Meer N-bindende eiwitgewassen			x	
	Meer blijvend grasland			x	
	Meer groenbemesters/vanggewassen			x	
	Productief kruidenrijk grasland				x
	Meer rode/witte klaver (eventueel i.c.m. minder kunstmest)				x
	Extensief kruidenrijk grasland				x
	Eigen krachtvoer telen (wintertarwe of voederbieten)				x
	Grasland doorzaaien i.p.v. herzaaien				x
	10% / 20% hoogproductief kruidenrijk grasland	x			
	50% van het grasland niet scheuren	x			
Management - dier	Levensduur verhogen		x		x
	Voorjaarskalvende veestapel				x
Management - melkproductie	Hogere melkproductie door meer krachtvoer				x
	Hogere melkproductie door betere diergezondheid				x

Management - natuurinclusief	Grondwaterpeil naar -40 cm	x		x	
	5% / 10% Groenblauwe dooradering	x			
	Voldoen aan eisen voor Ecoregeling Brons / Zilver	x			
	Bufferstroken	x			x
	Waterinfiltratie			x	
	Uitgestelde maaidatum				x
	Hoger waterpeil broedseizoen				x
	Plasdras				x
	Legselbeheer				x
	Onderwaterdrainage				x
	Slootkantebeheer				x
	Greppelinfiltratie				x
	Vogelakker				x
	Houtwallen en singels				x
	Wintervoedselakker				x
	Bosje				x
Management - energie	Elektrificatie van werkzaamheden				x
	Zonnepanelen				x
	Windmolen				x
	Zonneboiler				x
	Elektrisch beregenen				x
Stal - innovatie technieken & ingrijpende aanpassingen	Dagontmesting + monomestvergisting + ammoniakstrippen	x			x
	Overgaan op semi-dichte vloer met onderafzuiging	x			
	Overgaan naar emissiearme stal met RAV 8,6 kg NH3/dierplaats/jaar			x	
	Mest in externe opslag en nabewerking (koelen/oxideren/vergisten)			x	x
	Overgaan op emissie-arme vloer				x
	Methaan oxideren				x
	Urine opvangen				x
	Mest korrelen				x
	Kelderafzuiging en luchtwassen				x
	Warmteterugwinning melkinstallatie				x
Extensivering	Verlaging GVE-norm naar 2,5 / 1,5 / 1 GVE/ha via extra grond	x			

	Verlaging GVE-norm naar 2,5 / 1,5 / 1 GVE/ha via minder dieren	x	
	Uitbreiding met 20% (tot GVE-norm)	x	
	Extensivering (Krimp veestapel)		x
Structuurmaatregelen (veebezetting sectorniveau)	Lbv-regeling		x
	MGA-regeling		x
	Afwaarderingsregeling landbouwgronden		x
Wijziging beleid	Geen derogatie	x	x
	Daling van N-gebruiksnorm	x	x

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



Wageningen Livestock Research
Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 48 39 53
E info.livestockresearch@wur.nl
www.wur.nl/livestock-research

Wageningen Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

