



Planbureau voor de Leefomgeving

TRAJECTEN NAAR EEN 'KLIMAATNEUTRALE' LANDBOUW, LANDGEBRUIK EN GLASTUINBOUW IN 2050

Achtergrondrapport bij de studie
'Trajectverkenning klimaatneutraal 2050'

Henk Westhoek, Lena Schulte-Uebbing en Arjan Plomp
24 april 2024

PBL

Colofon

Trajecten naar een 'klimaatneutrale' landbouw, landgebruik en glastuinbouw in 2050

© PBL Planbureau voor de Leefomgeving

Den Haag, 2024

PBL-publicatienummer: 5202

Contact

henk.westhoek@pbl.nl

Auteurs

Henk Westhoek, Lena Schulte-Uebbing en Arjan Plomp

Met dank aan

Het PBL is dank verschuldigd aan Jan Peter Lesschen, Eric Arets, Sven van Baren (WUR), Harry Kager (Schuttelaar & partners), Koen Smekens (TNO), Gert-Jan van den Born, Emma van der Zanden, Jan van Dam, Marian van Schijndel, Jelle van Minnen, Bert Daniëls en Bart Strengers (allen PBL)

Redactie figuren

Beeldredactie PBL

Eindredactie en productie

Uitgeverij PBL

Toegankelijkheid

Het PBL hecht veel waarde aan de toegankelijkheid van zijn producten. Mocht u problemen ervaren bij het lezen ervan, dan kunt u contact opnemen via info@pbl.nl. Vermeld daarbij s.v.p. de naam van de publicatie en het probleem waar u tegenaan loopt.

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding:

PBL (2024), Trajecten naar een 'klimaatneutrale' landbouw, landgebruik en glastuinbouw in 2050, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is het nationale instituut voor strategische beleidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en evaluaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is vóór alles beleidsgericht. Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en wetenschappelijk gefundeerd.

Inhoud

Samenvatting	5
BEVINDINGEN	7
Trajecten naar een ‘klimaatneutrale’ landbouw, landgebruik en glastuinbouw in 2050	8
Doel en aanpak TVKN studie	8
Trajecten sectoren Landbouw en Landgebruik	12
Bevindingen sector Glastuinbouw	17
VERDIEPING	19
1 Inleiding	20
1.1 Doel en aanleiding	20
1.2 Afbakening	22
1.3 Leeswijzer	23
2 De sectoren Landbouw en Landgebruik	24
2.1 Beschrijving van de sectoren Landbouw en Landgebruik	24
2.2 Een breder perspectief	26
2.3 Analyse huidige broeikasgasemissies	29
2.4 Ontwikkeling broeikasgasemissies: terugblik en vooruitblik	32
2.5 Nationale doelstelling emissies in 2030	34
2.6 Europees beleid en mondiale afspraken 2030	35
2.7 Mogelijke doelstellingen 2030 - 2050	36
2.8 Dilemma's: doel en middelen 2050	38
3 Uitgangspunten trajecten	40
3.1 Beschrijving trajecten op hoofdlijnen	40
3.2 Uitgangspunten voor de trajecten	43
3.3 Benodigd beleid en inspanningen sector en ketenpartijen in trajecten	60
4 Resultaten trajecten sector Landbouw en Landgebruik	62
4.1 Overzicht emissies landbouw en landgebruik	62
4.2 Emissie van methaan in de trajecten	63
4.3 Emissie van lachgas in de trajecten	65
4.4 Emissie en vastlegging sector Landgebruik	66
4.5 Productie biogas door mestvergisters	68

5	Resultaten in perspectief	69
5.1	Onzekerheden en gevoeligheidsanalyse	69
5.2	Een klimaatneutraal traject	70
5.3	Kwantificeren broeikasgasemissies op bedrijfsniveau	70
5.4	Biodiversiteit en bosbouw	71
5.5	Vergelijking met andere studies	72
5.6	Economische gevolgen	73
5.7	Internationaal perspectief en effect aanpassing voedselconsumptie	74
6	Sector Glastuinbouw	78
6.1	Inleiding en context	78
6.2	Glastuinbouw in Nederland	78
6.3	Aannames ontwikkeling areaal en teeltmethode	81
6.4	Aannames energiebesparing	82
6.5	Aannames warmtevoorziening	83
6.6	Aanname CO ₂ -gebruik	85
6.7	Conclusies	85
7	Conclusies	87
7.1	Conclusies sectoren Landbouw en Landgebruik	87
7.2	Conclusies sector Glastuinbouw	90
	Referenties	91
	Bijlage 1 Emissiebronnen en sectoren	98
	Bijlage 2 Landbouwemissies per traject	99
	Bijlage 3 Methodische verantwoording	100
	Bijlage 4 Lijst van afkortingen	102

Samenvatting

Dit achtergrondrapport voor de sectoren Landbouw, Landgebruik en Glastuinbouw maakt deel uit van de PBL-studie studie 'Trajectverkenning Klimaatneutraal Nederland 2050' (TVKN). In deze studie is verkend welke ontwikkelingen in de Nederlandse maatschappij en economische sectoren nodig zijn om in 2050 klimaatneutraal te zijn.

Sectoren Landbouw en Landgebruik

Ingrijpende maatregelen leiden tot forse reductie, maar landbouw blijvende emissiebron

Er zijn uiteenlopende beelden in de maatschappij over de wijze waarop en de mate waarin landbouw en landgebruik aangepast zouden moeten worden om te passen in een klimaatneutrale samenleving. Daarom zijn een drietal trajecten onderzocht voor de sectoren Landbouw (exclusief de glastuinbouw) en Landgebruik, met verschillende combinaties van ingrepen. Deze sectoren verschillen sterk van andere sectoren, omdat de emissies grotendeels niet worden veroorzaakt door het gebruik van fossiele brandstoffen. De glastuinbouw wordt hieronder apart besproken. De emissies vanuit de landbouw zijn grotendeels in de vorm van methaan en lachgas. De ingrepen in de trajecten betreffen onder andere aanpassingen in landgebruik, zoals uitbreiding van het bosareaal, vernatting van veengronden en extensiever landgebruik, een krimp van de veestapel met 25 tot ruim 50 procent in 2050, aanpassing van veevoer en stallen, minder bemesting en meer mestvergisting. Ondanks de veronderstelde ingrepen blijven er in 2050 aanzienlijke emissies, omdat emissies vanuit de landbouw (veehouderij en akkerbouw) voor een aanzienlijk deel inherent verbonden zijn met de verschillende activiteiten, zoals veehouderij en teelt (en bemesting) van gewassen.

De broeikasgasemissies vanuit de sector Landbouw (exclusief glastuinbouw) liggen in de onderzochte trajecten tussen 8,5 en 11 megaton CO₂-equivalenten in 2050, ten opzichte van ruim 18 megaton nu. Deze emissies bestaan vooral uit methaanemissies, gevolgd door lachgasemissies. De emissies door landgebruik dalen fors in de trajecten, van ruim 4 megaton nu tot netto 0,3 tot 1,2 megaton CO₂-equivalenten. Ook is verondersteld dat het bodembeheer op landbouwgronden wordt aangepast, waardoor jaarlijks circa 0,7 megaton CO₂ kan worden vastgelegd.

Keuze voor compensatie emissies binnen Nederland

De sectoren Landbouw en Landgebruik hebben in deze trajecten dus nog een aanzienlijke uitstoot in 2050. Om klimaatneutraal te zijn moeten deze emissies elders worden gecompenseerd. Dit zou middels vastlegging door bossen in andere (EU-)landen kunnen, maar in deze TVKN-studie is verondersteld dat dit binnen Nederland gebeurt. Er is in EU-verband ook nog geen helderheid welke emissiereductie van de landbouwsector na 2030 wordt verwacht. Evenmin is voor de landgebruiksector helder welke vastlegging daar wordt voorgesteld. De landbouwsector maakt in ieder geval tot 2030 deel uit van de sectoren die onder *Effort sharing regulation* vallen.

Veel van de maatregelen die de emissies van broeikasgassen verminderen hebben ook een gunstig effect op andere opgaven, zoals voor stikstof, biodiversiteit en waterkwaliteit. Voorbeelden hiervan zijn extensivering van het gebruik van landbouwgrond, verkleining van de veestapel en de aanleg van bossen. Waar mogelijk zouden deze meekoppelingen dan ook benut moeten worden. Soms is het ook vanuit één opgave gezien niet doelmatig om een bepaalde maatregel te nemen, maar door de combinatie van positieve effecten kan er wel genoeg maatschappelijk nut zijn.

In de trajecten is vooral het potentiële effect van verschillende opties om emissies te reduceren onderzocht. Er is niet gekeken naar het mogelijke effect van concrete beleidsmaatregelen. Dit betekent dat een omgekeerde weg benodigd is, namelijk om na te gaan op welke wijze de in de trajecten beschreven veranderingen door beleidsmaatregelen, of door initiatieven van private partijen in praktijk kunnen worden gerealiseerd. Deze studie heeft hier slechts beperkt naar kunnen kijken.

Robuuste acties

Het is wel duidelijk dat een aantal maatregelen, zoals verkleining van de veestapel, aanpassing van stallen en verandering in het landgebruik tijd nodig hebben. Ook zijn dit maatschappelijk ingrijpende maatregelen. Om in 2050 voldoende effect te hebben moeten deze daarom op tijd worden gestart. Zowel verkleining van de veestapel als maatregelen in stallen worden ook vanuit het stikstofbeleid ingezet, waarbij de laatste overigens niet altijd de uitstoot van broeikasgassen terugdringen. Er is een aanmerkelijke potentieel om via aanpassing van management de emissies uit de veehouderij en akkerbouw te verminderen. Dit betreft onder aanpassingen van het veevoer, gebruik van toevoegmiddelen, genetische verbetering en snelle afvoer van mest uit stallen. Het is daarom van belang dat er (samen met de primaire sector en ketenpartijen) snel een effectief en betrouwbaar instrument wordt ontwikkeld om dit potentieel te benutten. Ook vernatting van veengronden en aanleg van bossen kosten tijd en ook hiermee moet dus tijdig en op voldoende schaal worden begonnen. Er is momenteel weinig concreet beleid om broeikasgasemissies vanuit de landbouw te verminderen, afgezien van de regionale veenweidestrategieën, SDE++ (stimulering mestvergistings) en de bedrijfsbeëindigingsregelingen in de veehouderij in het kader van het stikstofbeleid. Wel is er veel beleid in voorbereiding. Hoewel de omvang van de binnenlandse vlees- en zuivelconsumptie niet direct is gekoppeld aan de omvang van de veestapel, is vermindering van de consumptie ervan consistent met een kleinere veestapel.

Sector Glastuinbouw

De glastuinbouw gebruikt veel energie voor de verwarming van kassen en voor verlichting om de plantengroei te bevorderen. Momenteel wordt dit grotendeels opgewekt door eigen, met aardgas gestookte WKK-installaties. De emissies uit de glastuinbouw bedraagt circa 8 megaton CO₂-equivalenten in 2021, dus voor de hoge gasprijzen ten gevolge van de oorlog in Oekraïne. In 2050 zal de sector klimaatneutraal moeten zijn. Voor 2050 is verondersteld dat het areaal gelijk blijft. Door energiebesparende maatregelen, zoals betere isolatie van kassen, betere beheersing kasklimaat en zuinigere verlichting, kan het energiegebruik met circa een derde omlaag. De belangrijkste energiebronnen in 2050 zullen industriële restwarmte, geothermie en elektriciteit zijn. De elektriciteit is nodig voor belichting, maar ook voor warmtevoorziening, zoals warmtepompen. Het gebruik van elektriciteit zal naar verwachting dus toenemen. Het gebruik van biobrandstoffen en waterstof zal heel beperkt zijn, vanwege het beperkte aanbod ervan en de vraag in andere sectoren, zoals industrie en transport, maar ook omdat inpassing in de huidige WKK-bedrijfsvoering zal afnemen door een sterke afname in WKK-rentabiliteit.

BEVINDINGEN

BEVINDINGEN

Trajecten naar een ‘klimaatneutrale’ landbouw, landgebruik en glastuinbouw in 2050

Doel en aanpak TVKN studie

In de PBL-studie ‘Trajectverkenning klimaatneutraal 2050. Trajecten naar een klimaatneutrale samenleving voor Nederland in 2050’ is verkend welke ontwikkelingen in de Nederlandse maatschappij en economische sectoren nodig zijn om in 2050 klimaatneutraal te zijn en hoe dit gerealiseerd zou kunnen worden (PBL 2024b). Daarbij ligt de focus op stappen die in de periode 2030-2040 moeten worden gezet om in 2050 klimaatneutraal te zijn. Dit achtergrondrapport beschrijft drie sectoren uit deze TVKN-studie, namelijk de sectoren *Landbouw*, *Landgebruik* en *Glastuinbouw*. Bij landgebruik en landgebruiksveranderingen gaat het zowel om agrarisch als om ander landgebruik, zoals bossen, natuur of stedelijk gebied. Omdat de sectoren *Landbouw* en *Landgebruik* sterk verweven zijn, worden deze in dit rapport gezamenlijk besproken.

In dit achtergrondrapport is op twee manieren onderzocht hoe de Nederlandse sectoren *Landbouw* en *Landgebruik*¹ en de sector *Glastuinbouw* zouden passen binnen een klimaatneutraal Nederland en welk beleid hiervoor mogelijk nodig zou zijn. Ten eerste door de ontwikkeling van een aantal contrasterende ‘trajecten’, met ieder een set van maatregelen om de broeikasgasemissies in de periode 2025–2050 reduceren. Door het uitwerken van meerdere trajecten wordt recht gedaan aan de diversiteit van opvattingen in de samenleving over hoe in de landbouw er in de toekomst uit zou kunnen zien. Binnen deze trajecten is het effect gekwantificeerd op de uitstoot van broeikasgassen van een combinatie van fysieke maatregelen, zoals verkleining van de veestapel of stalmaatregelen. Tevens is zijn globale veronderstellingen gedaan welk beleid nodig zou zijn om de maatregelen te stimuleren of te verplichten.

Ten tweede is een (beperkte) analyse gemaakt van het huidige beleid en ontwikkelingen. De combinatie van beide sporen leidt tot inzicht in welke maatregelen nodig zijn voor een ‘klimaatneutrale’ landbouw en landgebruik in 2050 (of mogelijk eerder).

¹ In dit hele rapport wordt de sector *Glastuinbouw* als een aparte sector besproken. De sector *Landbouw* omvat dus de veehouderij, akkerbouw en vollegrondstuinbouw.

Context

De focus van de TVKN-studie zijn de emissies die in Nederland optreden, zoals deze in de nationale emissieregistratie worden gerapporteerd. De studie kijkt dus niet (of beperkt) naar emissies in de hele productieketen, of naar emissies in het buitenland die veroorzaakt worden door de Nederlandse consumptie.

De sector *Landbouw* wijkt wat betreft type en oorzaak van broeikasgasemissies sterk af van andere sectoren, zoals industrie en mobiliteit. Het grootste deel van de huidige emissies is namelijk in de vorm van methaan en lachgas en slechts heel beperkt in de vorm van CO₂. De emissies door energiegebruik in de sector *Glastuinbouw* zijn grotendeels als CO₂ en deels als methaan. Ook de emissies van de sector *Landgebruik* zijn grotendeels als CO₂.

Landbouw en landgebruik zijn open systemen met emissies die veelal het gevolg zijn van biologische processen. Deze emissies kunnen wel worden verminderd, maar niet geheel vermeden zonder de activiteit te beëindigen. Voor klimaatneutraliteit moeten de resterende emissies dus elders (in het buitenland) of binnen Nederland worden gecompenseerd, bijvoorbeeld via vastlegging in bossen. Dit is de reden waarom klimaatneutraal in de titel van het rapport tussen haakjes staat: een echt klimaatneutrale gecombineerde sector *Landbouw- en landgebruikssector* lijkt binnen Nederland erg lastig te realiseren. Op Europese schaal kan mogelijk wel sprake zijn van een (gecombineerde) klimaatneutrale sector *Landbouw- en landgebruik*, namelijk als er in bosrijke landen sprake is van sterk negatieve landgebruiksemissies. In de TVKN studie is echter verondersteld dat de resterende emissies binnen Nederland worden gecompenseerd. Dit wil zeker niet zeggen dat de emissies uit de Nederlandse landbouw en landgebruik op hetzelfde niveau kunnen blijven. Een klimaatneutrale sector op Europees niveau vergt de combinatie van lagere emissies en grotere vastlegging. De sector *Glastuinbouw* verstoekt fossiele brandstoffen voor verwarming en verlichting. Om klimaatneutraliteit te bereiken, dient dit gebruik van fossiele brandstoffen afgebouwd te worden, terwijl aan de behoefte aan verwarming en verlichting wel wordt voldaan. Daarbij dient er ook een oplossing te komen voor de CO₂-dosering in kassen ten behoeve van de gewasgroei, omdat deze CO₂ nu nog grotendeels uit fossiele bronnen afkomstig is.

Belangrijkste bronnen van huidige emissies: melkveehouderij en glastuinbouw

De emissies uit de sector *Landbouw*¹ bedroegen in 2021 circa 18,3 megaton CO₂-equivalenten per jaar, waarvan ruim 13,2 megaton CO₂-equivalenten per jaar als methaan, circa 4,9 megaton CO₂-equivalenten als lachgas, en 0,3 megaton CO₂ veroorzaakt door gebruik van kunstmest en indirecte emissies (figuur 1). Binnen de methaanemissies is de melkveehouderij met ruim 9 megaton CO₂-equivalenten de grootste bron, vooral als gevolg van emissies door pensfermentatie. De emissies van lachgas zijn vooral gerelateerd aan het gebruik van stikstofhoudende mest en kunstmest. Ook hier heeft de melkveehouderij het grootste aandeel. De emissies van de sector *Landgebruik* bedroegen ruim 4 megaton CO₂. De emissies uit de glastuinbouw bedroegen in 2021 en eerdere jaren zo'n 7 tot 8 megaton CO₂-equivalenten per jaar, waarvan 6 tot 7 megaton in de vorm van CO₂ en ruim 1 megaton als methaan als gevolg van onvolledige verbranding van aardgas (methaanslip). Door de

¹ Dit betreft alleen de directe emissies van methaan en lachgas uit de Nederlandse landbouw, en de CO₂ emissies uit landgebruik (door landbouw, natuur en stedelijk gebruik). De energiegerelateerde emissies van bijvoorbeeld landbouwwerktuigen, verwarming, koelen en transport vallen hier buiten.

hoge gasprijzen ten gevolge van de oorlog in Oekraïne is het gasverbruik en de broeikasgasemissie weliswaar gedaald, maar deze daling zet zich niet door in 2023.

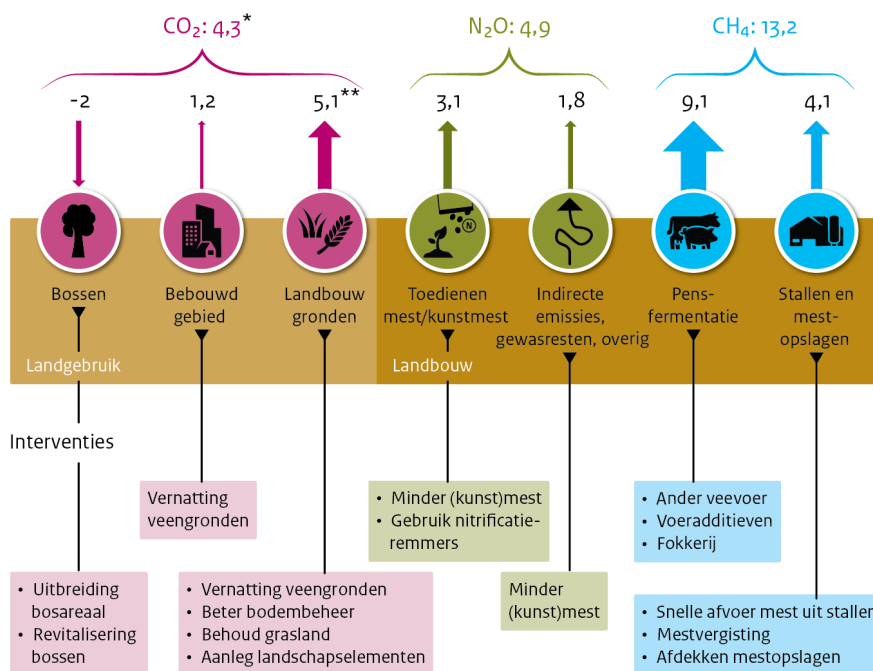
Huidige ontwikkelingen: Wel reductiedoelstellingen, maar weinig visie en concreet beleid

Het kabinet Rutte IV heeft voor 2030 voor de verschillende sectoren reductiedoelstellingen geformuleerd. De sector *Landbouw* (veehouderij en akkerbouw) moet de emissies in 2030 met circa 5 megaton CO₂-equivalenten gereduceerd hebben tot 13,6 megaton CO₂-equivalenten per jaar. Bij landgebruik gaat het om een reductie van circa 2,4 megaton CO₂-equivalenten tot 1,8 megaton CO₂-equivalenten in 2030. Het restemissiedoel voor de glastuinbouw ligt op dit moment op 4,3 megaton CO₂-equivalenten in 2030 conform de Voorjaarsnota 2023.

Er is echter nog weinig concreet beleid vastgesteld om de emissies te verminderen. Ook is er geen visie hoe landbouw en landgebruik eruit zouden zien in 2030 en verder. Het meest concrete beleid zijn de regionale veenweidestrategieën, de bossenstrategie, SDE++ (stimulering mestvergistings) en de bedrijfsbeëindigingsregelingen in de veehouderij in het kader van het stikstofbeleid.

Figuur 1
Broeikasgasemissies uit landbouw en landgebruik

Emissies in megaton CO₂-equivalenten



* Een klein deel van de landgebruiksemissies is in de vorm van CH₄ en N₂O, en niet als CO₂.

** De emissies worden vooral veroorzaakt door de ontwatering van veengronden.

De taakstelling van 5 megaton CO₂-equivalenten emissiereductie voor 2030 is ook opgenomen in de kaders voor de ontwikkelingen van provinciale programma's voor het landelijk gebied (PPLG's) die invulling moeten geven aan het Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG). Het niet-gerealiseerde landbouwakkoord bevatte wel componenten van een visie, zoals een verkleining van de veehouderij en aanpassingen van het grondgebruik. Voor de glastuinbouw worden energiebesparing en hernieuwbare energietechnologie gestimuleerd, bijvoorbeeld middels subsidies als de EG-regeling en SDE++ (stimulering geothermie en warmtepompen), CO₂-heffing en aanpassingen aan de fiscale tarieven voor de tuinbouw.

Veel opgaven voor landbouw, veel weerstand

De landbouw heeft niet alleen te maken met klimaatbeleid, er zijn ook andere opgaven zoals voor stikstof, biodiversiteit, water- en bodemkwaliteit en dierenwelzijn. Zonder aanpassingen in de economische structuur en randvoorwaarden waaronder de landbouwbedrijven produceren zijn deze opgaven moeilijk te realiseren. Tegelijk is er veel weerstand tegen grote aanpassingen en de gevolgen hiervan. Dit zijn niet alleen gevolgen voor boerenbedrijven, maar ook voor ketenpartijen als veevoederleveranciers, slachterijen, zuivelbedrijven en mogelijk ook voor financiers (banken). Vanuit deze partijen is dan ook vaak sprake van weerstand tegen plannen. Daar staat tegenover dat voor individuele boeren een kleinere veestapel zou kunnen leiden tot lagere mestafzetkosten en minder noodzaak tot dure technische oplossingen.

Trajecten sectoren Landbouw en Landgebruik

Binnen deze studie zijn voor de combinatie van de sectoren *Landbouw* en *Landgebruik* drie trajecten uitgewerkt, getiteld *Klimaat Basis*, *Klimaat Plus* en *Natuur & Klimaat*. De trajecten verschillen in de mate van structurele aanpassing van landbouw en landgebruik en in de mate waarin technische en managementoplossing worden ingezet om broeikasgasemissies te reduceren (tabel 1).

Tabel 1
Belangrijkste uitgangspunten van de drie trajecten sectoren Landbouw en Landgebruik

Traject	<i>Klimaat Basis</i>	<i>Klimaat Plus</i>	<i>Natuur & Klimaat</i>
Algemene lijn	Beperkte aanpassing structuur landbouw, volop inzet op technische en managementmaatregelen. Restemissie mag hoger zijn.	Aanpassing structuur landbouw in combinatie met technische en managementmaatregelen. Restemissie zo laag mogelijk.	Forse aanpassing structuur landbouw, ook voor andere doelen als biodiversiteit. Minder inzet op technische en managementmaatregelen. Restemissie zo laag mogelijk.
Omvang veestapel	Reductie van veestapel met 25% in 2050	Reductie van veestapel met 40-50% in 2050	Reductie van veestapel met 50-60% in 2050
Overig	Enige inzet op andere doelen (biodiversiteit, dierenwelzijn)	Gematigde inzet op andere doelen (biodiversiteit, dierenwelzijn)	Veel inzet op biodiversiteit, dierenwelzijn en landschappelijke kwaliteit
Techniek en management	Emissiereducerende technologieën (stallen, mestvergisting), plus management (veevoer, precisielandbouw).	Inzet van emissiereducerende technologieën (stallen, mestvergisting, etc.), iets minder op management	Beperkt inzet van technische en management maatregelen
Landgebruik	Beperkte aanpassingen in landgebruik (veengebieden, bossen, extra natuur).	Groter areaal bos en overige natuur (beide circa 100.000 ha extra). Vernatting van een deel van de veengronden.	Groter areaal bos en overige natuur (beide circa 100.000 ha extra). Daling graslandareaal op veengrond, ook landbouw met lage intensiteit.
Beleid en sturing	Naast sturing via rijksoverheid, spelen ketenpartijen een belangrijke rol, vooral via stimuleren managementmaatregelen.	Voor beleid van nationale overheid, veel via regelgeving en structurele ingrepen (veestapel, landgebruik), daarnaast vergoedingen aan boeren.	Sturing via nationale en regionale overheid. Ook regionale ketens spelen rol. Vergoedingen aan boeren voor leveren bepaalde diensten.

Resultaten trajecten Landbouw en Landgebruik

Uitstoot in trajecten aanzienlijk omlaag, vergt veel en forse maatregelen

De uitkomsten van de trajecten laten zien (tabel 2; figuur 2) dat een forse reductie van de emissies van methaan, lachgas en CO₂ mogelijk is. Dit vereist echter aanzienlijke ingrepen, zoals een

verkleining van de veestapel, aanpassing aan stallen, managementmaatregelen en veranderingen in landgebruik. Een deel van de reductie wordt ook bereikt dankzij ander ingezet beleid, zoals het stikstofbeleid en het mestbeleid. Ondanks de forse ingrepen zijn er in de drie trajecten bij de sector *Landbouw* in 2050 nog aanzienlijke emissies, namelijk 8,5 tot 11,0 megaton CO₂-equivalenten. In 2021 bedroegen de emissies 18,3 megaton CO₂-equivalenten. In de sector *Landgebruik* zijn er in de onderzochte trajecten in 2050 ook nog emissies, namelijk 0,3 tot 1,2 megaton CO₂-equivalenten.

Tabel 2

Emissies sectoren *Landbouw* (exclusief glastuinbouw) en *Landgebruik* in 2022 en in drie trajecten, in megaton CO₂-equivalenten.

	2022	Klimaat Basis 2050	Klimaat Plus 2050	Natuur & Klimaat 2050
Sector Landbouw	18,3	11,0	8,6	8,5
waarvan methaan	13,2	6,9	5,3	5,2
waarvan lachgas	4,9	3,8	3,0	3,1
waarvan CO₂-procesemissies	0,3	0,3	0,3	0,3
Sector Landgebruik (CO₂)	4,3	1,2	0,3	0,5

Pensfermentatie melkveehouderij blijft grootste bron, effect maatregelen onzeker

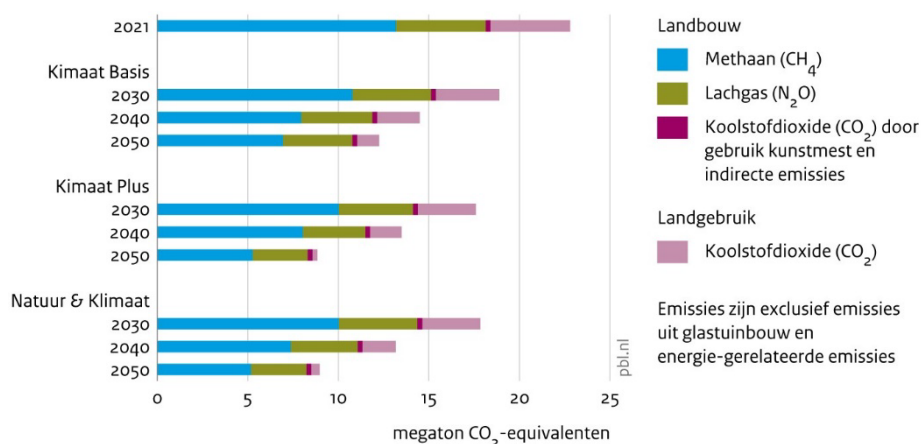
De trajecten laten zien dat een breed scala aan maatregelen nodig is om de emissie te verminderen, vanwege de diverse bronnen die hieraan bijdragen. Wel springt één bron eruit, namelijk de pensfermentatie bij melkvee. Er worden nu in de praktijk nauwelijks maatregelen genomen om deze emissies te verminderen. Er wordt wel veel onderzoek hiernaar gedaan. Dit onderzoek richt zich onder andere op het gebruik van voeradditieven (zoals het middel 3NOP), aanpassing in veevoer (bijvoorbeeld minder vezelrijke producten) en genetische aanpassing via fokkerij. Voor deze drie sporen is ingeschat dat zij de methaanemissie per melkkoe in 2050 met maximaal 32 procent kunnen reduceren. Het is echter onzeker of deze reductie in de praktijk gerealiseerd kan worden, maar ook grotere reducties zijn wellicht mogelijk. In de trajecten is ervan uit gegaan dat aanpassingen van veevoer alleen bij melkkoeien worden toegepast. Mogelijk is er ook bij andere herkauwers en bij varkens potentie om de pens- en darmfermentatie te verminderen.

Mestvergisting beperkt potentieel voor productie biogas

Het vergisten van mest dient twee doelen, namelijk het verminderen van methaanemissies en de productie van biogas. De afname van methaanemissies is vooral het gevolg van het sneller afvoeren van mest uit stallen en van het beperken van emissies uit mestopslagen. Er zijn ook andere manieren om deze emissies zonder mestvergisting te beperken, namelijk door het snel afvoeren van de mest naar een aparte, afgesloten opslag. Het alsnog vrijkomende methaangas kan dan bijvoorbeeld in een biofilter worden afgebroken. In praktijkonderzoeksprogramma's worden nu dit soort systemen getest.

Figuur 2

Broeikasgasemissie door landbouw en landgebruik



Bron: Emissieregistratie, PBL

Het tweede doel van mestvergisting is de productie van biogas. Uit deze studie blijkt dat op grond van de gekozen aannames de productie van biogas op basis van mest (mono-mestvergisters) beperkt is tot maximaal 4 PJ per jaar. Dit komt overeen met circa 0,3 procent van het huidige gasgebruik. Hierbij is ervan uitgegaan dat maximaal 15 procent van de rundveemest wordt vergist en 60 procent van de varkensmest. Het verwachte aandeel is bij rundveemest lager omdat centrale mestvergisting voor melkveebedrijven niet logisch, omdat de meeste mest van melkveebedrijven op het eigen bedrijf wordt gebruikt. Vergisting in een centrale vergister zou dan veel transport vergen. Kleinere mestvergisters op bedrijfsniveau zijn vaak minder rendabel. Bovendien is mestvergisting op bedrijven met veel weidegang minder rendabel. Het is mogelijk dat het aandeel rundveemest dat wordt vergist hoger uiteindelijk hoger uitvalt dan in de trajecten is aangenomen. De huidige productie van biogas via vergisting bedraagt circa 8 PJ per jaar. Het grootste deel hiervan is op basis van co-vergisting, waarbij ook plantaardige producten (deels restproducten) in de vergister gaan.

Weinig specifieke maatregelen voor lachgasemissies

De emissies van lachgas (N₂O) dalen in de trajecten met circa 25 tot 50 procent, dit is procentueel minder dan voor methaan. Dit komt doordat er voor de vermindering van de lachgasemissies minder technologische maatregelen beschikbaar zijn, behalve de toepassing van nitrificatieremmers. Dit vermindert slechts de emissies uit kunstmest en mest. Een bredere aanpak is het verminderen van de stikstofbemesting en het beperken van de emissie van ammoniak, maar dit vereist ook forse inspanningen en investeringen. Een lagere stikstofbemesting kan leiden tot lagere gewasopbrengsten, maar is in sommige gebieden wel inpasbaar als extensivering wenselijk is. Verder zijn precisiebemesting en gebruik van vlinderbloemigen (zoals klavers) manieren om lachgasemissies te verminderen.

In 2050 nog steeds netto-emissies vanuit landgebruik

In de trajecten worden veel maatregelen genomen om de vastlegging van koolstof in bossen en bodems te vergroten en om emissie van koolstof uit veenbodems te verminderen. Ook is goed bodembeheer op bouwland verondersteld, waarmee jaarlijks maximaal circa 0,7 megaton CO₂ kan worden opgeslagen. Ondanks deze maatregelen is landgebruik in 2050 in alle traject nog steeds een netto-bron van CO₂ en geen *sink*. Dit omdat in alle trajecten de emissies uit landbouwgronden (met name veengronden) en uit gebouwd gebied met ruim 3 megaton CO₂ per jaar groter zijn dan

de vastlegging in bossen (2,4 tot 3 megaton CO₂ per jaar). Er is een maximale bosuitbreiding van 100.000 hectare verondersteld. Een groter areaal is in theorie mogelijk maar zal ten koste gaan van nog meer landbouwgrond. Er is dus sprake van een netto-emissie. Dit is in tegenstelling tot veel andere Europese landen waar landgebruik wel een *sink* is. Alleen bij nog grotere landgebruiksveranderingen (met name de aanleg van meer bossen) zal er sprake zijn van een netto-vastlegging via landgebruik.

Veronderstelde maatregelen en beleid in de trajecten

In de trajecten is vooral het potentiële effect van verschillende opties om emissies te reduceren onderzocht. Er is niet gekeken naar het mogelijke effect van concrete beleidsmaatregelen. Dit betekent dat een omgekeerde weg noodzakelijk is, namelijk om na te gaan op welke wijze de in de trajecten beschreven veranderingen door beleidsmaatregelen, of door initiatieven van private partijen in praktijk kunnen worden gerealiseerd. Van belang hierbij is dat het om verschillende typen ingrepen gaat. Een deel van deze maatregelen is gericht op de structuur van de landbouw, zoals de omvang van de veestapel en op de aard en omvang van landgebruik. Het lijkt logisch dat het vooral de overheid zal zijn die dit type beleid opzet en uitvoert. De ervaring leert dat dit type beleid óf ingrijpende maatregelen vergt, óf veel tijd en geld. Bij meer dwingende maatregelen kan het gaan om normering van de veestapel (bijvoorbeeld in de vorm van een grootvee-eenhedennorm), het afnemen of verminderen van productierechten of het verplichten tot verdere extensivering. Het beleid kan ook worden gebaseerd op vrijwilligheid, bijvoorbeeld via vergoedingen voor bedrijfsbeëindiging of functiewijziging van grond, maar dit kost veel geld en tijd. Het vergt een beleid dat gedurende vele jaren wordt voortgezet. Het is overigens niet ondenkbaar dat ook private partijen een rol spelen bij het beperken van het productievolume. Dit gebeurt nu soms ook al, bijvoorbeeld om overaanbod te voorkomen. Private partijen (zoals supermarkten en de voedselverwerkende industrie) hebben ook de mogelijkheid om boeren te ondersteunen bij het nemen van emissiebeperkende maatregelen. Dit gebeurt gedeeltelijk ook al.

De aanpassing van stallen en installaties kan via normeren, zoals een verplichte maximale methaanemissie per dierplaats bij nieuwbouw van stallen. Aanpassing van stallen kan ook door het subsidiëren bij nieuwbouw of bij aanpassing van bestaande stallen. Managementmaatregelen zijn vaak lastig verplichtend voor te schrijven, onder andere vanwege problemen met de controlebaarheid en handhaafbaarheid ervan. Ook zijn sommige managementmaatregelen niet inpasbaar of effectief op alle type bedrijven, en is generiek voorschrijven niet effectief. Mogelijk kunnen ketenpartijen een rol spelen bij het stimuleren van de toepassing van deze maatregelen.

Veel onzekerheid in omvang emissies en in effect maatregelen

Zowel op nationaal niveau, als op bedrijfs- of lokaal niveau is het lastig om de omvang van de broeikasgasemissies uit de sectoren *Landbouw* en *Landgebruik* vast te stellen. Er is een aanzienlijke onzekerheid in de omvang van de emissies, zowel voor methaan en lachgas uit de landbouw als voor CO₂ uit landgebruik. Deze onzekerheid ontstaat onder andere doordat de emissiebronnen diffuus zijn, waardoor metingen complex zijn. Verder is er een grote variatie van deze broeikasgassen zowel wat betreft locatie als in de tijd gezien. Deze onzekerheid geldt deels ook voor het effect van bepaalde maatregelen, zoals herbebossing, vernatting van veengronden, gebruik van veevoeradditieven en methode van toediening van dierlijke mest. De berekeningsmethoden voor de nationale rapportages worden internationaal vastgesteld, en deze methoden worden regelmatig bijgesteld op grond van nieuwe inzichten. Het bovenstaande wil uiteraard niet zeggen dat er niets bekend is. Het betekent wel dat de in dit rapport gepresenteerde data niet verabsoluteerd moeten worden.

Conclusies sectoren Landbouw en Landgebruik

De hoofdvraag van deze studie is welke ontwikkelingen in de Nederlandse samenleving mogelijk en/of nodig zijn om in 2050 een klimaatneutrale maatschappij te realiseren en hoe de weg daar naartoe er uit zou kunnen zien. Deze studie laat voor de sectoren *Landbouw* en *Landgebruik* zien dat een forse daling van de emissies alleen door een combinatie van vele maatregelen kan worden bereikt. Deze belangrijkste maatregelen betreffen een verkleining van de veestapel, aanpassingen in veevoer, toepassing van (methaan-)emissiearme stallen, verminderen (stikstof)bemesting, vernatting van veengronden, bodembeheer en vergroting van het areaal bos of houtige landschapselementen. Dit zijn veelal maatregelen die tot kosten leiden voor bedrijven, of tot verlies van productie in het geval van verkleining van de veestapel. Dit betekent dat bedrijven gestimuleerd moet worden om deze maatregelen te treffen. Dit kan deels via voorlichting en kennisontwikkeling, maar dit zal niet genoeg zijn voor forse reducties. Daarvoor zijn vergoedingen nodig, of sturende regelgeving.

Meekoppeling met andere opgaven essentieel

Veel van de maatregelen die de emissies van broeikasgassen verminderen hebben ook een gunstig effect op andere opgaven, zoals voor stikstof, biodiversiteit en waterkwaliteit. Voorbeelden hiervan zijn de extensivering van landbouwgrond, verkleining van de veestapel en de aanleg van bossen. Waar mogelijk zouden deze meekoppelingen dan ook benut moeten worden. Soms is het ook vanuit één opgave gezien niet doelmatig om een bepaalde maatregel te nemen, maar door de combinatie van positieve effecten kan er wel genoeg maatschappelijk nut zijn. Niet in alle gevallen is er sprake van meekoppeling, en soms zelfs van afwenteling of spanningen. Voorbeelden hiervan zijn vaak technologische oplossingen, zoals de toepassing van methaanremmers (met weinig positief effect op de andere opgaven) of nitrificatieremmers (met mogelijk negatief effect op bodem- en waterkwaliteit). Een goed maatregelenpakket vergt dus goede afstemming en een lange termijn visie, zowel op bedrijfsniveau als op regionaal en nationaal niveau.

Emissies op bedrijfsniveau zijn lastig vast te stellen

De landbouwsector heeft een voorkeur voor beleid dat op de behaalde resultaten afrekent (doelsturing) in plaats van het gebruik van middelvoorschriften. Doelsturing zou onder andere nuttig kunnen zijn voor het stimuleren van managementmaatregelen. De broeikasgasemissies zijn op bedrijfsniveau echter nauwelijks direct te meten. Dit betekent dat echte 'doelsturing' lastig is. De *second best* optie is om op bedrijfsniveau zoveel mogelijk informatie te verzamelen, zoals over staltype, weidegang, veevoer, bodembeheer en mestgebruik om hiermee op bedrijfsniveau de omvang van de emissies te kunnen benaderen. Nadelen van deze benadering zijn onder andere hoge administratieve lasten, onnauwkeurigheid en mogelijke niet-controleerbaarheid. Dit laatste is vooral aan de orde indien er sancties of beloningen verbonden zijn aan de uitkomsten. Het lijkt zinvol om hiervoor een instrument te ontwikkelen en in de praktijk te testen. Daarbij is het van belang om niet alleen naar vermindering van broeikasgasemissies te kijken, maar tevens naar andere duurzaamheidsprestaties zoals voor stikstof, biodiversiteit en dierenwelzijn.

Europese afstemming van belang

Een Europese afstemming over de aanpak is om meerdere redenen van belang. Het blijkt erg ingrijpend te zijn om de gecombineerde sector *Landbouw en landgebruik* binnen Nederland klimaatneutraal te maken. Op Europees niveau lijkt een klimaatneutrale sector wel mogelijk. Nederland zou met de Europese Commissie en met andere lidstaten afspraken kunnen maken over een verdeling van de inspanningen binnen de (gecombineerde) sector *Landbouw en landgebruik*.

De huidige vrijheid die lidstaten nu hebben binnen de 'effort sharing regulation' om de emissiereductie over verschillende sectoren te verdelen kan ertoe leiden dat de landbouwsector per lidstaat uiteenlopende doelen krijgt. Dit kan gevolgen hebben voor de concurrentiepositie voor de landbouw. Een meer uniforme benadering van de landbouwsector zou dit kunnen voorkomen. Ook zou het GLB en mogelijk ook andere EU-instrumenten effectiever dan nu gebruikt kunnen worden om emissies te reduceren. Tot slot zou kennisuitwisseling tussen lidstaten kunnen plaatsvinden over hoe emissies kunnen worden verminderd en met welke instrumenten verbeterd kunnen worden.

Aanpassing consumptiepatroon van belang om weglekeffect te verminderen

De vermindering van dierlijke productie in Nederland draagt veel bij aan de vermindering van de emissie van broeikasgassen. Dit zal echter alleen leiden tot een wereldwijde vermindering van emissies als dit gepaard gaat met vermindering van de consumptie van vlees, zuivel en eieren in Nederland. Anders verschuift de productie alleen maar naar elders (weglekeffect). Daarom is het zinvol om ook een verschuiving van de voedselconsumptie naar meer plantaardige producten te stimuleren. Dit is in overeenstemming met zowel de ambitie van de Nederlandse overheid als met het Klimaatakkoord. Ook de Gezondheidsraad adviseert een dergelijke verschuiving. Er is nu weinig concreet beleid om deze verschuiving te ondersteunen en te versnellen. Wel hebben een aantal supermarktbedrijven ambities om de consumptie van dierlijke eiwitten te verminderen.

Snel beginnen met het nemen van maatregelen, wel met visie voor de langere termijn

Vooralsnog lijkt er weinig urgentie zowel bij politiek en beleid als bij het bedrijfsleven om de broeikasgasemissies uit landbouw en landgebruik te verminderen. Dit blijkt onder andere uit het gebrek aan concrete (beleids)maatregelen en daadwerkelijke vermindering van emissies. Ook bevat de mededeling van de Commissie over een mogelijke klimaatdoelstelling voor 2040 geen concrete doelstelling voor de sectoren landbouw en landgebruik. Het vertalen naar concreet beleid is nu (deels) neergelegd bij de provincies, in het kader van de ontwikkeling van gebiedsplannen binnen het Nationaal Programma Landelijk Gebied. De balans tussen wat op nationaal niveau middels generiek beleid geregeld zou kunnen worden en wat beter op provinciaal niveau gedaan zou kunnen worden is nog niet geheel duidelijk. Mogelijk nationaal beleid zou in de vorm van regelgeving kunnen zijn, waarbij eisen worden gesteld aan terugdringen van emissies uit stallen en mestopslag, samenstelling van veevoer en aanpassing van bemesting. Als dit tijdig wordt aangekondigd dan hebben bedrijven de mogelijkheid om hun investeringen hierop aan te passen. Eventueel kan de overheid een deel van de investeringskosten vergoeden, hoewel bij nieuwbouw stallen die minder methaan uitstoten nauwelijks duurder hoeven te zijn. Ook zijn vormen van stimulerend of beprijsend beleid denkbaar, vooral voor het bevorderen van managementmaatregelen. Hiervoor is een betrouwbaar administratief instrument nodig waarmee emissies op bedrijfsniveau kunnen worden vastgesteld. Ook het bedrijfsleven (onder andere zuivelindustrie en slachterijen) zouden hier een rol in kunnen spelen, omdat het aansluit bij eigen ambities om emissies te verminderen. Verder zijn verkleining van de veestapel en verandering van landgebruik effectieve maatregelen. Dit vergt wel ingrijpende processen die tijd kosten en zorgvuldig moeten worden uitgevoerd.

Bevindingen sector Glastuinbouw

Constant areaal glastuinbouw en dominantie conventionele kastechnieken verondersteld

In deze studie is verondersteld dat het areaal glastuinbouw in 2050 vergelijkbaar is met het huidige areaal van circa 10 duizend hectare. Daarbij is eveneens verondersteld dat de conventionele kastechnieken en het huidige type kas dominant blijven. De huidige kastechniek is ver doorontwikkeld,

maar er is nog verdere energiebesparing mogelijk. De inschatting is dat de rol van mogelijke doorbraaktechnologieën, zoals vertical farming, beperkt zal zijn.

Inzet op energiebesparing en hernieuwbare warmtevoorziening cruciaal

Een klimaatneutrale glastuinbouw in 2050 (of mogelijk eerder) is haalbaar door een combinatie van energiebesparing en inzet van hernieuwbare warmtebronnen zoals geothermie, restwarmte en warmtepompen, mogelijk gecombineerd met warmte-koudeopslag (WKO). De benodigde elektriciteit voor de warmtepompen en belichting wordt in dit toekomstbeeld klimaatneutraal opgewekt. Ook zal een forse energiebesparing gerealiseerd moeten worden.

Continueren en uitbouwen van huidig beleid van belang voor klimaatneutraliteit

Momenteel worden energiebesparing en hernieuwbare energietechnologie voor de glastuinbouw beleidsmatig gestimuleerd. Dit is onder andere middels subsidies als de EG-regeling en SDE++ (stimulering geothermie en warmtepompen), CO₂-heffing, aanpassingen aan de fiscale tarieven voor de tuinbouw en stimulering van warmte-infrastructuur. Een deel van dit beleid moet nog verder geïmplementeerd worden. Dit beleid past binnen het beeld van deze studie. Bestendiging en verdere uitbouw van dit beleid, tezamen met onderzoek naar energiebesparing en hernieuwbare energietechnologie, is van belang om op effectieve wijze klimaatneutraliteit van deze sector te bereiken.

Inzet brandstoffen als biomassa, biogas en waterstof in 2050 beperkt, evenals WKK

De rol van biomassa, biogas of waterstof in de toekomstige energievoorziening van de glastuinbouw lijkt beperkt te zijn. Binnen het nationale energiesysteem is er in meerdere sectoren veel behoefte aan dergelijke energiedragers, waardoor het aanbod niet groot is. Er zou hooguit een rol kunnen liggen bij back-up voorzieningen, bijvoorbeeld bij een piekvraag aan warmte tijdens een koude winter. Daarnaast zal de behoefte aan pieklevering van elektriciteit zeer sterk verschuiven en afnemen. Dit reduceert het mogelijke aantal jaarlijkse draaiuren en de rentabiliteit van WKK-installaties op gasvormige brandstoffen. Ook zullen de draaiuren minder samenvallen met de periodes van behoefte aan warmte. Er lijkt daarom geen rol weggelegd voor de (traditionele) WKK.

Beschikbaarheid van CO₂ voor dosering in kassen onzeker; terugdringen van verlies belangrijk

De verwachting is dat CO₂ als meststof nodig zal blijven om een blijvend goede productie te realiseren in de glastuinbouw. De technische en economische beschikbaarheid van CO₂ is onzeker: enkele trajecten binnen TVKN suggereren dat CO₂ relatief ruim beschikbaar zal blijven, maar in andere trajecten is er veel minder CO₂ beschikbaar. Omdat op dit moment veel van de toegediende CO₂ verloren gaat, is het van belang om deze verliezen technisch en qua teeltmethode zoveel mogelijk terug te dringen, zeker bij omschakeling naar hernieuwbare warmtevoorziening.

VERDIEPING

VERDIEPING

1 Inleiding

Dit achtergronddocument is onderdeel van de PBL-studie ‘Trajectverkenning naar klimaatneutraal in 2050 (TVKN)’ (PBL 2024b). In deze studie worden per sector en voor heel Nederland mogelijke routes naar klimaatneutraliteit in 2050 verkend. Hierbij gaat het primair om emissies die in Nederland plaatsvinden, al worden mogelijke veranderingen wel in bredere context beschouwd.

Tevens is in de TVKN-studie onderzocht wat dit betekent voor de keuzes die de komende jaren gemaakt kunnen of moeten worden. Dit achtergronddocument onderscheidt drie sector, namelijk de sectoren *Landbouw*, *Landgebruik* en *Glastuinbouw*. De sectoren *Landgebruik* omvat ook natuur, bossen en stedelijk landgebruik. De sector *Glastuinbouw* wordt in dit rapport dus als aparte sector besproken, dit in tegenstelling tot de Klimaat- en Energieverkenningen waar de *Glastuinbouw* onderdeel uitmaakt van de sector *Landbouw* (PBL 2023b).

De TVKN-studie kijkt naar alle sectoren in de Nederland. Er zijn ook achtergronddocumenten voor de sectoren gebouwde omgeving, industrie, mobiliteit, elektriciteitsproductie, waterstof en biograndstoffen. Vooral met de productie en het gebruik van biograndstoffen zijn er raakvlakken. Deze komen in dit rapport ook aan de orde.

1.1 Doel en aanleiding

Het doel van de TVKN-studie is om meer inzicht te krijgen in de vraag hoe de Nederlandse samenleving (en de verschillende economische sectoren daarbinnen) in 2050 klimaatneutraal kan worden (PBL 2024b). Het achterliggende doel hiervan is om de discussie te ondersteunen over hoe dit bereikt kan worden. Welke keuzes en dilemma’s zijn er? Het jaar 2050 is nog ver weg, maar belangrijke keuzes zullen de komende jaren al moeten worden gemaakt. Keuzes die nu worden gemaakt (of die juist worden vermeden) hebben een doorwerking op de langere termijn.

De aanleiding van de studie is de constatering dat de huidige focus van het Nederlandse klimaatbeleid vooral gericht is op 2030, en veel minder op het traject na 2030. Er zijn wel een aantal scenario-studies die gericht zijn op klimaatneutraliteit in 2050. Deze zijn vaak gericht op technische optimalisatie van een ‘eindbeeld’ in 2050, en hebben minder aandacht voor het pad erna toe. Het is de ambitie van de TVKN-studie om wel naar dit pad te kijken. Wat zijn de richtingbepalende dilemma’s binnen sectoren? Welke onzekerheden zijn er, en hoe kan het beleid daarmee omgaan?

Omdat er meerdere paden zijn om in 2050 klimaatneutraal te worden, zijn er per onderzochte TVKN-sector meerdere ‘trajecten’ verkend om dit te realiseren. In deze trajecten is een keuze gemaakt voor een combinatie van in eerste instantie technologische oplossingen om tot klimaatneutraliteit te komen, zonder grote aanpassingen in productie binnen Nederland. Voor de sectoren *Landbouw* en *Landgebruik* is wel verondersteld dat er aanpassingen zullen plaatsvinden in de productiestructuur, zoals de omvang van de veestapel en landgebruik. Dit heeft een aantal redenen. Vanwege het stikstofbeleid is er al sprake van concreet beleid om de veestapel te verkleinen. Ook ging het ontwerp-Landbouwakkoord ervan uit dat ‘de veestapel tot 2035 met zo’n 25-30 procent zal krimpen als gevolg van een breed palet aan maatregelen waarbij er vrijwillige stoppers zullen zijn maar er bijvoorbeeld ook meer productierechten worden afgeroomd bij overdracht’ (Landbouwakkoord 2023). Ook is het in de landbouwsector lastig om de emissies per koe of per ha zeer sterk te reduceren. Een deel van de reductie van emissies zal dus moeten komen van beperking van de omvang van de veehouderij of aanpassing van landgebruik, zoals vernatting van veengronden of uitbreiding van het bosareaal.

Uit eerdere studies, zoals Lesschen et al., 2023 en Lesschen et al., 2020 is gebleken dat het zeer ingrijpende maatregelen zou vergen om tot een geheel landbouw en landgebruikssector te komen die binnen Nederland klimaatneutraal is. Dit komt doordat emissies van methaan en lachgas worden veroorzaakt door biologische processen en deze niet geheel te voorkomen zijn. Op Europese schaal zouden deze emissies kunnen worden gecompenseerd middels koolstofvastlegging door landgebruik, vooral door bossen. Het Nederlands bosareaal is momenteel echter veel te klein om de emissies uit de relatief grote en intensieve veehouderijsector te compenseren. In de TVKN studie is ervan uitgegaan dat er vanuit de sectoren *Landbouw* en *Landgebruik* een restemissie overblijft die binnen Nederland middels koolstofopslag (CCS) gecompenseerd moet worden. Voor de sector *Glastuinbouw* is verondersteld dat het huidige areaal in stand blijft, en dat de sector wel klimaatneutraal wordt binnen Nederland.

Verder is de beoogde meerwaarde van de TVKN-studie dat deze niet naar één sector kijkt, maar dat ook gekeken wordt naar de systeemcontext: passen de gekozen trajecten ook in een totaalbeeld op nationaal niveau? Zo is het gebruik van 'groen gas' in theorie een bruikbare oplossing voor mobiliteit, glastuinbouw en gebouwde omgeving. Het is echter de vraag of er op duurzame wijze voldoende groen gas geproduceerd kan worden. En als de hoeveelheid groen gas onvoldoende blijkt te zijn, wat zijn dan alternatieve oplossingen? Dit kan bijvoorbeeld leiden tot een hoger elektriciteitsgebruik. Hierbij is het systeemintegratiemodel OPERA (Option Portfolio for Emission Reduction Analysis) als hulpmiddel toegepast, waarbij ook de relatie tussen de ontwikkelingen in Nederland en de bredere Europese en mondiale context wordt meegenomen (PBL 2024b).

De studie betreft een verkenning van mogelijke trajecten naar 'klimaatneutraliteit' en geen voorspelling. De gepresenteerde cijfers in dit rapport dienen niet te absoluut geïnterpreteerd te worden. Er is gebruik gemaakt van beschikbare kwantitatieve informatie binnen en buiten het PBL, maar er zijn grote onzekerheden en vele keuzes die gemaakt kunnen worden. De waarde van deze studie ligt daarom niet in de exacte uitkomsten in termen van maatregelen en cijfers, maar in het identificeren van cruciale thema's, dilemma's of vragen die zullen spelen in de transitie naar een klimaatneutrale economie.

Deze achtergrondstudie is gemaakt in een erg dynamische tijd voor de betreffende sectoren. Er is veel tegelijkertijd in beweging. Zo is er een intens maatschappelijk debat over de toekomst van de landbouw, natuur en landgebruik in Nederland. In 2030 moet al veel gerealiseerd zijn: op gebied van reductie ammoniakemissies, verbetering natuurkwaliteit, verbetering waterkwaliteit en vermindering broeikasgasemissies (LNV et al. 2022). Dit hangt deels samen met Europese opgaven rond biodiversiteit, waterkwaliteit (KRW) en mestgebruik (nitraatrichtlijn). En ook met nationale ambities, zoals het Aanvalsplan landschap, de Bossenstrategie en ambities rondom circulaire economie. Op dit moment loopt de uitwerking van het Nationaal Programma Landelijk Gebied (NLPG), waarin via gebiedsplannen wordt geprobeerd om een aantal van deze ambities in samenhang te realiseren. Deze studie geeft geen antwoord op alle vragen, maar vormt mogelijk het startpunt voor verdere verkenningen.

Naast vermindering van de uitstoot van broeikasgassen zijn de vermindering van ammoniakemissie en verbetering van de waterkwaliteit en biodiversiteit ook belangrijke opgaves voor de landbouw. Hoewel deze opgaves wel een rol hebben gespeeld bij het opstellen van de trajecten, is er niet specifiek gekeken naar mogelijkheden om stikstofemissies te reduceren of om de waterkwaliteit te verbeteren.

Net als voor andere sectoren (zoals wonen, industrie en mobiliteit) geldt dat verstrekkende veranderingen nodig zijn binnen de sectoren Landbouw, Landgebruik en Glastuinbouw om deze te laten passen in een klimaatneutrale samenleving in 2050. Alleen technologische oplossingen zullen hoogstwaarschijnlijk niet volstaan. Er zullen ook veranderingen nodig zijn in landgebruik en in de omvang en structuur van de landbouw. Dit kan ingrijpende gevolgen hebben voor agrariërs, voor het aanzien van het landschap en ook voor de aard van de voedselconsumptie. Deze sociaal-economische aspecten komen in deze studie echter beperkt aan de orde.

1.2 Afbakening

In deze studie is gekozen voor de volgende afbakening:

- De studie focust op het terugdringen van broeikasgasemissies op Nederlands grondgebied. Het gaat dus om de ‘nationale schoorsteen’. Emissies in het buitenland die het gevolg zijn van productie of consumptie in Nederland zijn in deze studie niet onderzocht.
- De gebruikelijke rekenmethodes, zoals die zijn vastgelegd in het kader van de UNFCCC (het VN Klimaatverdrag) worden in principe gevolgd. Deze methodes worden gebruikt voor de officiële nationale rapportage (*National Inventory Report*) en de Klimaat- en energieverkenningen.
- De studie kijkt alleen naar de emissies van de sectoren *Landbouw*, *Landgebruik* en *Glastuinbouw*. Bij landbouw is alleen gekeken naar de emissies in de vorm van methaan en lachgas. De CO₂-emissies als het gevolg van energiegebruik (bijvoorbeeld voor landbouwwerktuigen of verwarming van stallen) en van kalkhoudende meststoffen zijn buiten beschouwing gelaten, al worden deze in hoofdstuk wel kort besproken.
- Evenmin is gekeken naar emissies in het bredere voedselsysteem, zoals de emissies van de toeleverende en verwerkende industrie. Deze worden binnen andere sectoren in de TVKN-studie meegenomen, zoals in de industrie- of de mobiliteitssector.
- Deze studie zal beperkt aandacht besteden aan de bredere context, zoals gevolgen voor import en export van landbouwproducten, veevoer en biograndstoffen. Ook aan mogelijke veranderingen in voedselconsumptie wordt beperkt aandacht besteed.
- De focus van het rapport is het verminderen van de netto-broeikasgasemissies (resultante van emissies en koolstofvastlegging), en niet de andere uitdagingen waar de landbouw- en landgebruikssectoren voor staan, zoals het verbeteren van biodiversiteit, verminderen van de stikstofuitstoot en bieden van perspectief aan bedrijven. Deze uitdagingen vormen echter wel een belangrijke context. Daarom wordt wel zoveel mogelijk rekening gehouden met verwachte ontwikkelingen, zoals bijvoorbeeld die in het stikstofdossier of als gevolg van natuurbeleid en van de bossenstrategie.
- Bij de ontwikkeling van trajecten is rekening gehouden met economische aspecten, met technische haalbaarheid en met bredere maatschappelijke doelen, zoals biodiversiteit en dierenwelzijn. Er is echter geen uitgebreide economische analyse of toekomstverkenning gemaakt. Evenmin is van individuele maatregelen een kosten-batenanalyse gemaakt.
- Dit rapport kijkt niet naar de gevolgen van klimaatverandering voor de Nederlandse landbouw en het Nederlandse landgebruik, en evenmin naar welke maatregelen nodig zijn om landbouw en landgebruik aan te passen aan de verwachte klimaatverandering.
- Dit rapport kijkt niet in detail naar de verwachte effecten op emissies van het vastgestelde, voorgenomen en geagendeerde beleid. Dat gebeurt in de KEV (PBL 2022, 2023b). Het ingezette beleid wordt wel op hoofdlijnen meegenomen in de ontwikkelde trajecten.

1.3 Leeswijzer

In dit rapport worden drie sectoren besproken, namelijk de sectoren *Landbouw*, *Landgebruik* en *Glastuinbouw*. Deze worden in aparte hoofdstukken uitgewerkt. Omdat de sectoren *Landbouw* en *Landgebruik* veel overlap hebben, is de bespreking ervan gecombineerd in de hoofdstukken 2 tot en 5. Hoofdstuk 2 geeft een beschrijving van deze twee sectoren, van het huidige nationale en Europese beleid en van de recente ontwikkeling van de broeikasgasemissies. Hoofdstuk 3 beschrijft de uitgangspunten van de drie ontwikkelde trajecten en hoofdstuk 4 de resultaten ervan. Hoofdstuk 5 plaats deze resultaten in breder perspectief en gaat na wat deze voor mogelijk toekomstig beleid betekenen. Hoofdstuk 6 beschrijft de uitdagingen en oplossingsrichtingen voor de sector *Glastuinbouw*. Tot slot worden in hoofdstuk 7 de belangrijkste conclusies gepresenteerd.

2 De sectoren Landbouw en Landgebruik

2.1 Beschrijving van de sectoren Landbouw en Landgebruik

De sectoren *Landbouw* en *Landgebruik* bestaan uit een aantal deelsectoren, die onderling sterk verschillen en toch verweven zijn, vooral via het landgebruik. Zo zal bijvoorbeeld een mogelijke uitbreiding van bossen of steden vaak ten koste gaan van het landbouwareaal. De sectoren omvat de volgende activiteiten:

- De sector *Landbouw* omvat de veehouderij en de open teelten, zoals de akker- en vollegrondstuinbouw;
- De sector *Landgebruik* omvat bossen en overige natuur en landgebruik voor landbouwkundig of stedelijk gebruik.

Landbouw grootste speler in landgebruik, gevolgd door bebouwing en natuur

De landbouwsector is met een aandeel van circa 55 procent (ruim 1,8 miljoen hectare) de grootste grondgebruiker in Nederland. Dit betreft het areaal in gebruik door landbouwbedrijven. Er is ook nog ruim 100.000 ha in landbouwkundig gebruik door andere grondbezitters, voor bijvoorbeeld (hobbymatige) paarden- of schapenhouderij. Dit valt in de statistieken grotendeels onder 'overig grasland'. Ook terreinen als dijken, brede wegbermen, sportvelden en overige terreinen vallen in deze categorie. Bebouwing maakt circa 20 procent van het landgebruik uit. Ook natuurterreinen hebben een areaal van circa 20 procent, dit is verdeeld over de categorieën bos, heide, rietmoeras en een deel van overig grasland. Het bosareaal bedroeg in 2021 ruim 360.000 hectare. Veruit het grootste deel hiervan is natuurgebied.

Nederlandse landbouwsector: hoge productiviteit en intensief

De Nederlandse landbouwsector produceert plantaardige en dierlijke producten en sierproducten voor Nederlandse en buitenlandse consumenten. Ook zijn zaai- en pootgoed belangrijke producten. De Nederlandse landbouwsector bestaat grotendeels uit gespecialiseerde bedrijven. De sector is op verschillende manieren intensief: vanwege de hoge fysieke en geldelijke opbrengsten per hectare, het grote aantal dieren per hectare en vanwege het hoge gebruik van meststoffen en andere inputs per hectare. Een verklaring voor de intensiteit van de sector zijn de hoge grondprijzen, evenals de hoge kosten voor arbeid. Grote delen van het landelijk gebied zijn zo optimaal mogelijk ingericht voor de landbouw en worden ook zo beheerd. De afgelopen zeventig jaar zijn veel landschapselementen (zoals boomhagen) verdwenen en zijn percelen vergroot. Per seizoen wordt de grondwaterstand zo ingeregeld dat deze optimaal is voor landbouw. De sector is kennisintensief, en er worden veelal producten met hoge toegevoegde waarde gecreëerd, zoals siergewassen en zaai- en pootgoed.

Nederlandse landbouw- en voedselsysteem sterk op handel gericht

Het Nederlandse landbouw- en voedselsysteem is sterk op handel gebaseerd: veel van wat de Nederlandse landbouw produceert gaat naar het buitenland. Dit betreft onder andere vlees, eieren, zuivel, groenten, sierproducten als bloemen, bloembollen en potplanten en zaai- en pootgoed.

Anderzijds komt veel van wat Nederlanders eten uit het buitenland, zoals broodgraan, vis, koffie en thee. Nederland exporteerde in 2021 voor 107 miljard euro aan landbouwgoederen, waarvan 29 miljard euro wederuitvoer. Sierteelt (12 miljard euro) was in 2021 het grootste exportproduct, gevolgd door vlees (9,1 miljard euro), zuivel en eieren (8,7 miljard euro), groente (7,2 miljard euro) en fruit (7,0 miljard euro) (Jukema et al. 2022). Bij fruit is het grootste deel van de export overigens doorvoer.

Agrocomplex belangrijke economische pijler

Het economisch belang van de landbouwsector is groter dan alleen de primaire landbouwbedrijven. Er is een omvangrijke toelevering van goederen en diensten zoals veevoer, kunstmest, energie, machines, stallen, kassen, en veterinaire en zakelijke diensten (Berkhout et al. 2022). Veel agrarische producten worden verwerkt in de voedingsmiddelenindustrie, en er is uiteraard ook handel en distributie. Dit geheel wordt aangeduid als het agrocomplex. De toegevoegde waarde van het totale agrocomplex bedroeg in 2019 circa 56 miljard euro. Dat is circa 7 procent van het bruto binnenlands product. De bijdrage aan de werkgelegenheid ligt rond de 8 procent (Berkhout et al. 2022).

Melkveehouderij domineert agrarisch grondgebruik

Meer dan de helft van het Nederlandse landbouwareaal staat ten dienste van de melkveehouderij in de vorm van grasland en maïsteelt. Melkveehouderijbedrijven verschillen onderling sterk in de mate van veedichtheid en intensiteit. Biologische bedrijven, en ook bedrijven die veel aan agrarisch natuur- en landschapsbeheer doen zijn extensiever, met een lagere melkproductie per hectare. Er zijn ook heel intensieve melkveebedrijven. Bij een deel hiervan staan de koeien ook in de zomer op stal. Het is de ambitie van het kabinet dat de melkveehouderij ‘grondgebonden’ wordt (LNV 2021). De concrete invulling hiervan is nog niet bekend. Bij het concept-Landbouwakkoord werd gesproken over een graslandnorm, dit is een minimum areaal grasland per grootvee-eenheid (Landbouwakkoord 2023). Een deel van de melkveebedrijven boert op veengronden. Als gevolg van ontwatering en veenafbraak stoten deze veengronden veel CO₂ uit. Andere vormen van graasdierhouderij, zoals rundvee voor exclusief vleesproductie en schapenhouderij, zijn beperkt van omvang.

Hoge veedichtheid, vooral in aantal provincies

Naast de melkveehouderij, zijn ook de kalver-, varkens- en pluimveehouderij grote sectoren. De veehouderij in Nederland wordt gekenmerkt door een hoge veebezetting per hectare. Zo is de veebezetting per hectare (hok- en graasdieren samen) in Noord-Brabant en Limburg meer dan tien keer zo hoog als gemiddeld in de EU (EC 2022). Deze hoge veebezetting is alleen mogelijk dankzij een grote import van veevoergrondstoffen, zoals als granen en soja. De hoge veebezetting leidt tot veel mest. Dit veroorzaakt milieuproblemen, met name een achteruitgang van de waterkwaliteit en de uitstoot van ammoniak (stikstof). Als sinds de jaren '80 van de vorige eeuw wordt beleid gevoerd om de omvang van de veestapel te beperken. Zo zijn er voor veel diersoorten (melkvee, varkens, kippen) productierechten ingevoerd. Sinds 2020 voert de overheid in de vorm van opkoopregelingen actief beleid om in een aantal regio's de veestapel te verkleinen (PBL 2022). Ook is er wetgeving om het gebruik van dierlijke mest en kunstmest te reguleren.

Relatie met stikstof- en biodiversiteitsbeleid

De landbouw heeft een grote invloed op de Nederlandse leefomgeving. Het is veruit de grootste bron van ammoniakemissie, van belang voor het stikstofdossier. Landbouw heeft op velerlei manieren invloed op biodiversiteit in Nederland. Naast ammoniakemissies gaat het onder andere om waterkwaliteit (via uit- en afspoeling van stikstof, fosfaat en gewasbeschermingsmiddelen),

intensiteit van landgebruik, versnippering van leefgebieden, watergebruik en peilbeheer. Vanuit de dossiers stikstof en biodiversiteit wordt beleid gevoerd om stikstofemissies te verminderen en biodiversiteit te bevorderen. Veel van de uit deze dossiers voorgestelde maatregelen, zoals verkleining van de veestapel, vernatting van veengebieden en extensivering van een deel van het agrarisch landgebruik leiden ook tot vermindering van broeikasgasemissies.

Aanzienlijke hoeveelheid grond en dieren buiten ‘landbouw’

De CBS-statistieken voor de landbouw zijn grotendeels gebaseerd op de landbouwtelling. Hierin worden alleen grond en dieren geteld van professionele landbouwbedrijven, die een minimale economische grootte hebben. Een aanzienlijke hoeveelheid grond en dieren valt zo buiten de landbouwstatistieken. Bij dieren gaat het vooral om schapen en paarden. In 2021 waren er 98.000 paarden en pony's op landbouwbedrijven¹, op een totaal aantal van circa 450.000 paarden in Nederland. De paardenhouderij is met een omzet van circa 2 miljard euro (in 2016) ook economisch een belangrijke sector. De omvang van het particulier grondgebruik is waarschijnlijk ruim 100.000 hectare. Dit grondgebruik is ook deels verweven met de landbouwsector. Zo wordt er op deze grond mest uitgereden van landbouwbedrijven, en wordt er ook jongvee en vleesvee gehouden.

Natuur en bosbouw

Veruit de meeste natuurgebieden (inclusief bossen) in Nederland maken onderdeel uit van het Natuurnetwerk Nederland (NNN). De omvang hiervan bedroeg in 2018 circa 695.000 ha (Sanders et al. 2021). Hiervan is circa 309.000 ha Natura 2000-gebied. Met de binnenwateren erbij zoals rivieren, plassen, meren (waaronder ook het IJsselmeer) is het areaal Natura 2000-gebied 570.000 hectare. Het areaal natuur is de afgelopen 20 jaar iets toegenomen, vooral door de aankoop en omzetting van landbouwgronden. Het is de ambitie uit het Natuurpact om het areaal natuurgebieden de komende jaren met circa 30.000 hectare toe te laten nemen (PBL 2023a).

Bos besloeg in 2021 circa 11 procent van het grondgebruik in Nederland (Schelhaas et al. 2022). Vergeleken met 10 jaar eerder is het areaal bos met bijna 10.000 ha afgenomen (Arets et al. 2022). De voornaamste oorzaken hiervan zijn het vellen van tijdelijke bossen en het omzetten van bos in andere natuur, zoals heidecorridors en zandverstuivingen (Schelhaas et al. 2022). Het meeste bos heeft als hoofdfunctie natuur, in combinatie met recreatie. Het is dus geen productiebos. De Nederlandse houtproductie is met 3,3 miljoen m³ rondhoutequivalenten dan ook bescheiden². Voor materiaaltoepassingen (als papier en bouwmaterialen) in Nederland dekt de productie slechts 5 procent van de binnenlandse vraag. Bij energietoepassing dekt de Nederlandse productie circa een derde van de huidige vraag.

2.2 Een breder perspectief

De Nederlandse landbouw en landgebruik functioneren binnen een bredere context. Dit betreft zowel de politieke, maatschappelijke en economische context, als ook de geografische en historische context.

¹ <https://opendata.cbs.nl/statline#/CBS/nl/dataset/80783ned/table?ts=1672744617775>

² <https://www.bosenhoutcijfers.nl/de-houtmarkt/houtverbruik/>

Landbouwproductie grotendeels vraaggestuurd

Zo wordt de invloed van de vraagzijde van het voedsel- en landbouwsysteem vaak over het hoofd gezien. Net als andere economische sectoren is de landbouw grotendeels vraaggestuurd: zonder vraag naar bepaalde producten zou er geen productie zijn. Veranderingen in de vraag leiden tot veranderingen in de productie. Daarbij kan het gaan om de hoeveelheid (vlees, aardappelen of groentes), om de kwaliteit (bijvoorbeeld verschuiving naar magerder vlees) of de productiewijze.

Consumenten en ketens stellen eisen aan productiewijze

Ketens en consumenten vinden het voor sommige aspecten, zoals bijvoorbeeld dierenwelzijn, belangrijk dat de productiewijze voldoet aan bovenwettelijke eisen. Inmiddels zijn veel zuivelproducten in supermarkten van 'weidemelk' gemaakt en heeft het meeste varkensvlees een Beter Levenkeurmerk. Ook in de toekomst kunnen uiteraard forse verschuiving in de vraag optreden, zowel binnen Nederland als daarbuiten. Zo heeft de Nederlandse overheid de ambitie dat in 2030 15 procent van het landbouwooppervlak voor biologische landbouw gebruikt wordt (LNV 2022a). Al deze veranderingen kunnen weer forse invloed op de Nederlandse productie hebben. Ook kunnen afnemers eisen gaan stellen aan de productiewijze, of boeren ondersteunen om deze te veranderen. Zo zijn de zuivelverwerkers Royal Friesland Campina en Vreugdenhil een proef gestart op verzoek van hun afnemers (zoals Nestlé) om via veevoertoevoegmiddelen de methaanemissie te verminderen¹.

Verschuiving naar meer plantaardige consumptie

Zowel de overheid, als retailpartijen hebben de ambitie om consumenten meer plantaardige producten te laten consumeren, en wat minder dierlijke. Zo is het doel van LNV en VWS een 50/50 verhouding van dierlijke/plantaardige eiwitten in 2030 (LNV 2022c). Uit de voedselconsumptiepeiling van het RIVM blijkt dat Nederlanders tussen 2019 en 2021 meer plantaardige en minder dierlijke producten zijn gaan consumeren (RIVM 2023b). De verhouding dierlijk/plantaardig eiwitten is verschoven van 62/38 in 2007-2010 naar 57/43 in 2019-2021 (CLO 0598). Ook veel supermarktenketens hebben de ambitie voor deze 'eiwittransitie'. Zij hebben doelstellingen geformuleerd voor het aandeel plantaardige eiwitten in 2030 (Winkel et al. 2023). Deze supermarkten rapporteren hier ook over via de methode 'Eiweet'. De rapportages laten zien dat de verhouding verkoop van plantaardige eiwitten veelal nog ruim onder het gestelde doel ligt. Een verschuiving naar meer plantaardige en minder dierlijke producten kan uiteraard gevolgen hebben voor de omvang van de dierlijke productie, zeker wanneer deze verschuiving in meer Europese landen plaats zou vinden.

Kans op doorbraak kweekvlees en productie zuiveleiwitten door micro-organismen

Een nog grotere doorbraak dan een verschuiving naar meer plantaardig eten zou het goedkoop en efficiënt industrieel produceren van vlees en zuivel zijn. Voorbeelden hiervan zijn 'kweekvlees' en 'lab-melk'. Bedrijven en overheden doen hier al veel onderzoek naar. Een voorwaarde is uiteraard wel dat deze producten maatschappelijk geaccepteerd zouden worden. Een andere voorwaarde is dat de productie schoon, veilig en efficiënt is. Voor de productie zijn grondstoffen nodig, die vaak uit de landbouw komen. Vanuit milieuoogpunt is het niet zinvol op kweekvlees over te stappen als dit niet efficiënter is dan dierlijke productie. Voor dierenwelzijn ligt dit uiteraard anders.

¹ <https://www.vreugdenhildairyfoods.nl/uitgelicht/melkveehouders-vreugdenhil-gestart-met-voeder-additief-bovaerr>

Mogelijk zouden kweekvlees en lab-melk niet tot gehele vervanging van dierlijke productie leiden, maar wel tot een aanzienlijke vermindering. Het is niet de verwachting dat dit op termijn van enkele jaren reeds mogelijk zal zijn, maar op een termijn van decennia is er wellicht meer mogelijk.

Grote invloed Europees beleid

Het Europese beleid heeft grote invloed op de Nederlandse landbouwsector. Dit omvat onder andere het handelsbeleid, het Gemeenschappelijke Landbouwbeleid (GLB) en het Europese milieubeleid. De invloed van het handelsbeleid is groot: bij import van producten als zuivel en vlees naar de EU moeten nu veelal invoerrechten worden betaald, waardoor de Europese producenten worden beschermd. Zonder deze bescherming zou de import van buiten Europa van bijvoorbeeld rundvlees en van kippenvlees mogelijk fors toenemen. Soms maken bepaalde Europese eisen op gebied van voedselkwaliteit en -veiligheid import ook lastiger.

Het Gemeenschappelijke Landbouwbeleid (GLB) heeft grote invloed op de landbouwsector, deels via de betaling van inkomenstoeslagen en voorwaarden die daarbij horen, deels ook door vergoeding voor agrarische natuur- en landschapsbeheer. En uiteraard hebben milieumaatregelen die in Europees verband zijn afgesproken grote invloed, zoals de vogel- en habitatrichtlijnen, de nitraatrichtlijn en de kaderrichtlijn water. Ter vermindering van broeikasgasemissies zijn een aantal verordeningen van kracht (zie paragraaf 2.6).

De Nederlandse landbouw is verder een sector die sterk afhankelijk is van externe inputs, zoals energie in de glastuinbouw, kunstmest en geïmporteerd veevoer. Verhoging van de prijzen hiervan, of vermindering van de beschikbaarheid, heeft merkbaar invloed op de Nederlandse landbouw en op de prijzen van producten. Een verminderde vraag naar kunstmest en veevoer heeft, in ieder geval in theorie, ook invloed op emissies in het buitenland.

Veel uitdagingen voor landbouw en landgebruik; integrale aanpak nodig

De landbouw bepaalt grotendeels het aanzien van het Nederlandse platteland. Emissies vanuit de landbouw hebben grote invloed op waterkwaliteit en biodiversiteit. Ook zal klimaatverandering aanpassingen vergen, zoals meer rekening houden met langdurige droogte, terwijl de mogelijkheden voor irrigatie worden beperkt. Dit betekent dat een integrale aanpak nodig is, zowel op nationale schaal als op gebiedsniveau. In het kader van het Nationaal Programma Landelijk gebied wordt nu getracht om via een gebiedsgerichte aanpak de emissie (en depositie) van stikstof te reduceren, de emissie van broeikasgassen te verminderen, de waterkwaliteit te verbeteren, evenals biodiversiteit. Eenzelfde wens voor een integrale aanpak geldt voor landgebruik. Zo zal de aanleg van bossen niet alleen uit oogpunt van vastlegging koolstof plaatsvinden, maar ook vanwege verbetering biodiversiteit en recreatie (LNV & IPO 2020). Ook landschappelijke kwaliteit en cultuurhistorische waarden zijn van belang bij bepaling van de locatie van bossen.

Verder is de doorgaande verstedelijking een belangrijke drijvende kracht voor landgebruik en veranderingen hierin. De komende tien tot twintig jaar moeten er veel woningen bijkomen, en ook infrastructuur en recreatievoorzieningen. Tegelijk moet bij de inrichting van stedelijke gebieden meer rekening worden gehouden met de gevolgen van klimaatverandering. Bij landgebruik en landeigendom spelen ook grote financiële belangen.

2.3 Analyse huidige broeikasgasemissies

Deze paragraaf geeft een overzicht op hoofdlijnen van de huidige emissies van de sectoren *Landbouw* en *Landgebruik*. Wat zijn de belangrijkste bronnen? Welke bronnen worden in deze studie niet onderzocht en welke wel?

Vooraf bij de sector *Landbouw* zijn verschillende definities van wat er wel en niet bij deze sector hoort (zie ook bijlage 1). De twee meest relevante hiervan zijn:

- De definitie zoals die in internationaal kader is afgesproken voor de *National Inventory Reports* (RIVM 2023a). Volgens deze definitie omvat de sector *Landbouw* de procesemissies van methaan en lachgas uit de veehouderij, akker- en tuinbouw, plus de CO₂-emissies door het gebruik van kalkkunstmest en ureum, en indirecte CO₂-emissies door niet-methaan vluchtige organische stoffen (NMVOS). Deze CO₂-emissies zijn beperkt vergeleken met de emissies van methaan en lachgas.
- In de Klimaat- en Energieverkenning wordt een bredere definitie voor de sector *Landbouw* gehanteerd (PBL 2022, 2023b). Naast de bovenstaande landbouwemissies zoals in de *National Inventory Reports*, omvatten deze ook de energiegerelateerde emissies van de glastuinbouw, van stallen en overige gebouwen. De emissies vanuit de sector *Glastuinbouw*, en vooral de aanpak om in 2050 klimaatneutraal te zijn, worden in hoofdstuk 6 verder besproken. De energiegerelateerde emissies door gebruik van stallen en gebouwen (bijvoorbeeld voor verwarming) worden hieronder kort besproken, maar komen in dit rapport verder niet aan de orde.

Het energieverbruik voor grondbewerking, oogsten en andere activiteiten die voertuigen vereisen valt onder de categorie mobiele werktuigen in de transportsector.

In dit rapport wordt de definitie voor de sector *Landbouw* van de *National Inventory Reports* gevolgd. Omdat wordt verondersteld dat glastuinbouw in 2050 klimaatneutraal is (zie hoofdstuk 6) maakt het voor de berekende emissies in de trajecten in 2050 (zie hoofdstuk 4) ook niet uit of glastuinbouw hier nu wel of niet mee wordt gerekend.

Emissies sector Landbouw gedomineerd door methaan uit pensfermentatie

Figuur 2.1 toont de broeikasgasemissies uit de sectoren *Landbouw* en *Landgebruik*. De broeikasgasemissies vanuit de sector *Landbouw* in Nederland bedroegen in 2021 18,3 megaton CO₂-equivalenten (PBL 2023b). Dit komt overeen met ruim 10 procent van de totale emissie van broeikasgassen in Nederland in 2021. Hiervan bedroeg de emissie van methaan 13,1 megaton CO₂-equivalenten en die van lachgas 4,9 megaton CO₂-equivalenten. De emissie van CO₂ die wordt veroorzaakt door gebruik van kalkkunstmest en ureum (een stikstofmeststof) en indirecte CO₂-emissies door niet-methaan vluchtige organische stoffen (NMVOS) was in 2021 circa 0,3 megaton CO₂. Deze CO₂-emissies worden in deze studie als constant verondersteld en zijn niet verder onderzocht.

Binnen de landbouwsector vormt de emissie van methaan als gevolg van pensfermentatie in de melkveehouderij de grootste bron. Andere belangrijke bronnen zijn de methaanemissie uit stallmest (melkvee- en varkenshouderij) en lachgasemissies. De lachgasemissies worden vooral veroorzaakt door emissies uit bodem en stal.

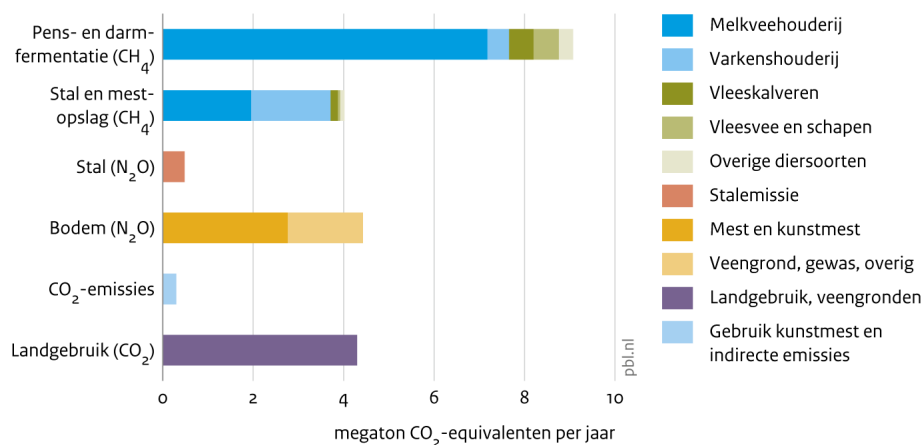
Methaan en lachgas zijn sterke broeikasgassen

De emissie van methaan en lachgas zijn het gevolg van bacteriële processen. Bij methaan betreft dit de afbraak van organische stof in de pens of darm van dieren, of in de mest. Lachgas ontstaat bij de omzetting van stikstofverbindingen (zoals nitraat) in en uit mest, kunstmest en bodem. Hierbij

verdwijnt de meeste stikstof in de vorm van het voor het milieu onschuldige stikstofgas (N_2), en slechts een klein deel als lachgas (N_2O). Toch hebben deze emissies een groot effect, omdat methaan en lachgas een veel sterker broeikasgas zijn dan CO_2 . Methaan is, gerekend over een periode van 100 jaar, circa 28 keer zo sterk en lachgas zelfs 265 keer zo sterk (PBL 2022). Met deze waarden is ook gerekend in deze studie. Het zijn dus emissies in een andere verbinding dan CO_2 , die naar CO_2 worden omgerekend. Daarom worden deze weergegeven als (megaton) CO_2 -equivalenten.

Figuur 2.1

Broeikasgasemissies Nederlandse landbouw en landgebruik, 2021



Bron: PBL

Overige broeikasgasemissies gerelateerd aan sector Landbouw

Er zijn nog twee emissiebronnen die gerelateerd zijn aan de sector Landbouw. Dit betreft ten eerste de CO_2 -emissies door gebruik van aardgas, LPG en stookolie in de veehouderij en de akkerbouw, bijvoorbeeld voor de verwarming van stallen. Deze emissies bedroegen ongeveer 0,7 megaton CO_2 in 2021. Deze emissies vallen in de KEV wel onder de sector Landbouw, maar zijn hier niet verder beschouwd. Wel zijn deze impliciet meegenomen in de integrale berekening met het OPERA-model. De oplossingen om deze fossiele brandstoffen te vervangen komen grotendeels overeen met die in de rest van gebouwde omgeving, namelijk beter isoleren, warmteterugwinning en gebruik van warmtepompen.

Ook wordt er in de landbouw een aanzienlijke hoeveelheid elektriciteit verbruikt. Er is een apart TVKN-achtergrondrapport over de verduurzaming van de elektriciteitsproductie. Een deel hiervan kan op de bedrijven zal worden opgewekt, middels wind- en zonne-energie. In de KEV worden deze emissies aan te elektriciteitssector toegerekend.

Ten tweede zijn er de CO_2 -emissies van trekkers en andere rijdende werktuigen. Deze bedroegen in 2021 ruim 1 megaton CO_2 . Deze maken in de TVKN-studie (net als in de KEV) onderdeel uit van de sector Mobiliteit. Als oplossingsrichtingen worden onder andere gebruik van hernieuwbare brandstoffen, batterij-elektrisch en waterstof genoemd.

Netto-emissies als gevolg van landgebruik en bosbouw

In het kader van internationale rapportageverplichtingen worden de CO_2 -emissies en -vastlegging door landgebruik, landgebruiksverandering en bosbouw (LULUCF) als aparte categorie

gerapporteerd. Ook in de KEV is dit een aparte categorie.

Op dit moment zijn de emissies door landgebruik (met name vanuit veengronden) in Nederland ruim hoger dan de vastlegging in bossen, hetgeen resulteert in een netto-emissie vanuit de LULUCF-sector van 4,3 megaton CO₂-equivalenten in 2022 (van Baren et al. 2023). Er wordt jaarlijks circa 2 megaton CO₂-equivalenten in bossen vastgelegd. De netto-emissie van grasland en bouwland samen bedroeg in 2021 4,9 megaton CO₂-equivalenten, vooral uit veengronden. De emissie vanuit bebouwd (stedelijk) land is jaarlijks ruim 1 megaton CO₂-equivalenten. Ook vallen hier beperkte methaan en lachgasemissies onder. Bij methaan gaat het om een emissie van circa 0,2 megaton CO₂-equivalenten uit drainagesloten in bos, grasland en bouwland op organische bodems (RIVM 2023a). Bij lachgas (N₂O) betreft het 0,1 megaton CO₂-equivalenten.

Minerale landbouwgronden (klei- en zandgronden) kennen momenteel beperkte CO₂-emissies. Bij ander beheer of functiewijziging (bijvoorbeeld meer bos of landschapselementen) zou de koolstofvastlegging op deze gronden kunnen toenemen. Anderzijds, wanneer een deel van het huidige permanente grasland zou worden omgezet in bouwland, dan zou er tijdelijke sprake zijn van een forse emissie. Het feit dat de huidige emissies en koolstofvastlegging door minerale gronden beperkt zijn, zegt dus weinig over de potentie van deze gronden.

Grootste koolstofvastlegging door landbouw is deel van de kort-cyclische koolstofkringloop

Hierboven zijn de emissies beschreven zoals deze worden berekend conform de internationale richtlijnen. Soms wordt de vraag gesteld hoe het zit met de grote hoeveelheid CO₂ die jaarlijks door gewassen wordt opgenomen. Dit is inderdaad een aanzienlijk hoeveelheid, een grove schatting leert dat in Nederland jaarlijks door gewassen en grasland enkele tientallen miljoenen tonnen wordt CO₂ gebonden. Deze CO₂-binding komt echter niet terug in de emissiestatistieken, omdat deze onderdeel is van de zogenaamde kort-cyclische koolstofkringloop. De gewassen worden gegeten door vee en mensen, waardoor door afbraak van de organische stof de CO₂ binnen een aantal maanden of hooguit jaren weer vrijkomt. Deze CO₂-emissie staat evenmin in de boeken, omdat deze (over enkele jaren gemiddeld) overeenkomt met de vastlegging door gewassen en grasland. Vastlegging en vrijkomen van CO₂ heffen elkaar in deze kortdurende cyclus dus op. Alleen wanneer de koolstof langjarig wordt vastgelegd, wordt deze als 'sink' in de boeken opgenomen. Dit is bijvoorbeeld het geval bij extra CO₂-opname in bossen, of wanneer het organischstofgehalte van bodems langdurig wordt verhoogd.

Methaan: een bijzonder broeikasgas

Methaan heeft een veel sterkere broeikasgaswerking dan CO₂. Het wordt door processen in de atmosfeer wordt afgebroken tot CO₂. Na ongeveer elf jaar is de helft van het methaan afgebroken tot CO₂, na ruim 22 jaar is driekwart afgebroken. Omdat er steeds 'nieuwe' methaan wordt aangevoerd, daalt de methaanconcentratie in de lucht echter niet. Er wordt door menselijke activiteiten de afgelopen eeuwen juist meer methaan aangevoerd dan methaan wordt afgebroken. Sinds 1900 is de methaanconcentratie in de atmosfeer hierdoor meer dan verdubbeld. Hierbij gaat het om methaanemissies uit de industrie, door winning van fossiele brandstoffen, uit de landbouw (veehouderij en rijstteelt) en uit stortplaatsen.

Indien wereldwijd de methaanemissies fors zouden dalen, dan leidt dit binnen enkele jaren tot een vermindering van de hoeveelheid methaan in de atmosfeer en daarmee tot minder opwarming. Dit is anders dan bij een vermindering van de emissie van CO₂. Dit leidt slechts tot een minder snelle toename, aangezien de uitgestoten CO₂ vele eeuwen in de atmosfeer aanwezig blijft. Vanwege

de mogelijkheid om door een lagere methaanemissie de opwarming te verminderen is er op de klimaatop in Glasgow een apart verdrag voor methaan afgesproken (zie paragraaf 2.6).

2.4 Ontwikkeling broeikasgasemissies: terugblik en vooruitblik

Hoe hebben de broeikasgasemissies uit landbouw en landgebruik zich de afgelopen twintig jaar ontwikkeld, en wat is de verwachting (mede als gevolg van ingezet beleid) voor de komende tien jaar? Deze paragraaf gaat daarbij uit van de raming voor 2030 zoals deze in de jaarlijkse Klimaat- en EnergieVerkenning (KEV) wordt gepubliceerd (PBL 2022, 2023b). Deze verkenning maakt een onderscheid tussen vastgesteld, voorgenomen en geagendeerd beleid. In de beschreven trajecten (zie hoofdstukken 3 en 4) worden vanaf circa 2025 aanvullende maatregelen verondersteld, waardoor de berekende emissies al in 2030 kunnen afwijken van de raming uit de KEV. In deze paragraaf worden eerst de ontwikkeling van de methaan- en lachgasemissies uit de landbouw besproken en daarna de emissies gerelateerd aan landgebruik.

Lichte daling emissies uit veehouderij en akkerbouw afgelopen 20 jaar, weinig gericht beleid

Figuur 2.2 laat zien dat de methaan- en lachgasemissies vanuit de landbouwsector de afgelopen 20 jaar vrij constant zijn geweest. Er zijn wel enige veranderingen opgetreden. Zo zijn de methaanemissie na een lichte daling weer gestegen in de periode 2013-2017, en daarna weer licht gedaald. Dit was het gevolg van een groei van de melkveestapel na het beëindigen van het systeem van melkquotering, gevolgd door het instellen van een nieuwe vorm van regulering van de omvang van de melkveestapel. De emissie van lachgas is licht gedaald in de periode 2000-2021. Er is in deze periode echter nauwelijks gericht beleid geweest om de broeikasgasemissies te verminderen, de daling is vooral een gevolg van ander beleid (zoals mestbeleid) en bredere ontwikkelingen (zoals prijzen van producten en kunstmest).

Bij beleid dalen landbouwemissies in beperkt mate tot 2030

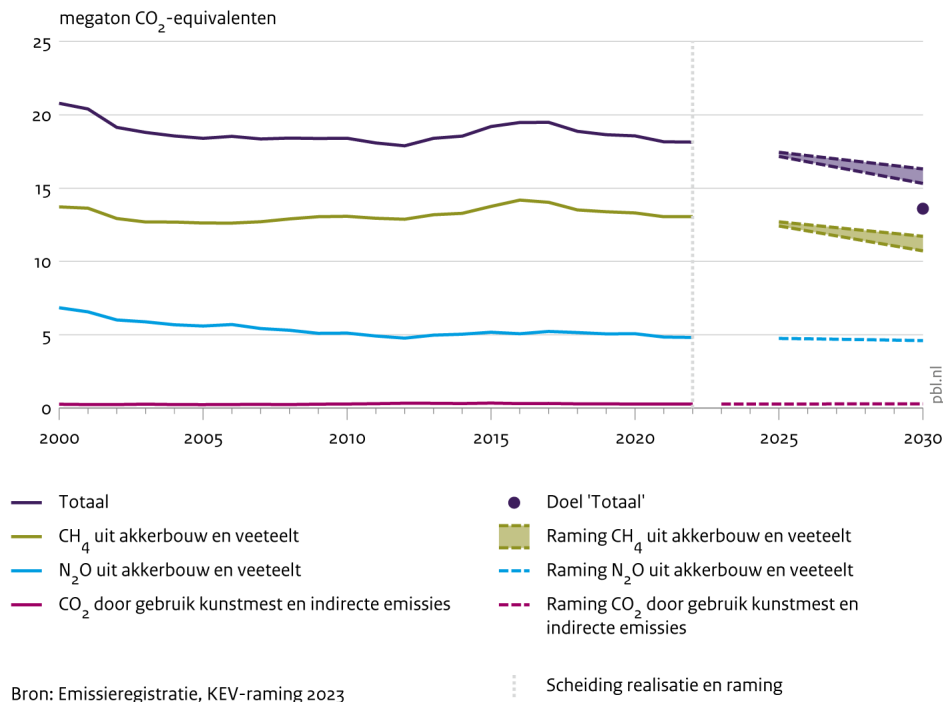
Er is een groot aantal maatregelen en instrumenten met effect op methaan- en lachgasemissies, variërend van volumebeleid (bedrijfsbeëindigingsregelingen), via SDE++-regeling (voor mestvergist) tot innovatiebeleid. Onderdeel van het geagendeerde beleid is onder andere het vervallen van de derogatie en de voorwaarden in de nieuwe derogatiebeschikking. Het verwachte effect van het vastgestelde, voorgenomen en geagendeerde beleid (stand mei 2023) op de broeikasgasemissies uit de landbouw is echter beperkt. In totaal wordt (inclusief autonome ontwikkelingen) voor de combinatie van methaan- en lachgasemissies een daling geraamd van circa 1,5 tot 2,5 megaton CO₂-equivalenten tussen 2022 en 2030 (figuur 2.2) tot circa 15,5 tot 16,6 megaton in 2030 (PBL 2023b). Het doel voor 2030 voor de landbouw, namelijk een maximale emissie van 13,6 megaton CO₂-equivalenten van methaan en lachgas gezamenlijk ligt daarmee ruim buiten bereik.

Toekomstig beleid onzeker

In het Coalitieakkoord van kabinet Rutte-IV (2021) werd veel beleid aangekondigd om broeikasgasemissies te verminderen, grotendeels in samenhang met het stikstofbeleid. Er was hiervoor 24,3 miljard euro gereserveerd voor de periode tot en met 2035. De uitvoering van het beleid zal waarschijnlijk in belangrijke mate via het aangekondigde Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG) verlopen (LNV et al. 2022). Met de val van het kabinet Rutte-IV is de toekomst van dit beleid onzeker.

Figuur 2.2

Emissie broeikasgassen door landbouw



Landgebruik: bescheiden daling emissies

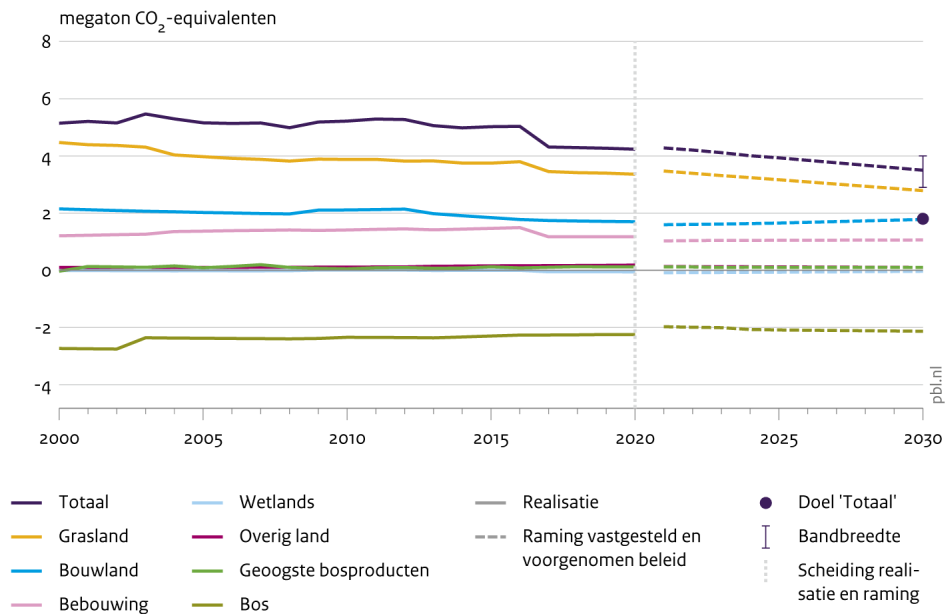
De emissies als gevolg van landgebruik zijn de afgelopen 20 jaar met circa 1 megaton CO₂-equivalenten gedaald (figuur 2.3), grotendeels als gevolg van lagere emissies vanuit grasland. Voor landgebruik en landgebruiksverandering wordt een daling verwacht van circa 4,3 megaton CO₂-equivalenten in 2021 naar 2,5 tot 3,7 megaton CO₂-equivalenten in 2030 (figuur 2.3).

De doelstelling van het kabinet Rutte-IV is een maximale netto-emissie door landgebruik van 1,8 megaton CO₂. Op basis van het ingezette beleid is deze nationale doelstelling dus buiten bereik. De EU-doelstelling voor landgebruik voor 2030 (maximale emissie van 4,5 megaton CO₂) wordt hoogstwaarschijnlijk wel gehaald (PBL 2023b).

De verwachte afname in emissies tot 2030 is het gevolg van verschillende ontwikkelingen (PBL 2022). Dit zijn deels autonome ontwikkelingen en deels ingezet door beleid. Bij grasland daalt het areaal veen- en moerige gronden en daalt de emissie door beleidsmaatregelen in twee provincies, waardoor veen- en moerige gronden minder CO₂ uitstoten. Hierdoor daalt de emissie van grasland met 0,5 megaton. De verwachting is dat onder vastgesteld en voorgenomen beleid de bossen in Nederland in 2030 iets meer koolstof gaan vastleggen. Per saldo wordt er in 2030 ongeveer 0,4 megaton CO₂ meer vastgelegd dan in 2022. De toename van koolstofvastlegging door bos na 2020 is mede het effect van de voorziene bosuitbreiding als gevolg van aanplant en de extra compensatie voor ontbossing in het kader van natuurontwikkeling.

Figuur 2.3

Emissies naar en verwijdering van broeikasgassen uit atmosfeer door landgebruik



Bron: KEV-raming 2023

2.5 Nationale doelstelling emissies in 2030

In de Nederlandse klimaatwet is vastgelegd dat de emissies van broeikasgassen in 2030 55 procent lager moeten zijn dan in 1990, en dat de netto-uitstoot van broeikasgassen uiterlijk in 2050 tot nul moet zijn gereduceerd¹. De Nederlandse klimaatwet geeft invulling aan het VN-klimaatakkoord uit 2015 (het ‘akkoord van Parijs’). In het Beleidsprogramma Klimaat is deze doelstelling naar de verschillende sectoren vertaald, en zijn ook diverse beleidsmaatregelen aangekondigd (EZK 2023a). Om dit doel ook zeker te halen, richtte het kabinet Rutte IV zich op een hogere opgave van circa 60 procent reductie in 2030 ten opzichte van 1990.

Doelstelling voor 2030

Het voorjaarspakket (2023) geeft een doelstelling voor vermindering van emissies uit landbouw (inclusief glastuinbouw, exclusief landgebruik) van 17,9 megaton CO₂-equivalenten in 2030 (EZK 2023b). Uit nadere toedeling blijkt dat de doelstelling voor methaan- en lachgas hierbinnen gezamenlijk dan 13,6 megaton CO₂-equivalenten bedraagt. Dit is circa 5,7 megaton CO₂-equivalenten lager dan de emissies in 2021, en 2 tot 3 megaton CO₂-equivalenten lager dan de voor 2030 berekende emissies op basis van vastgesteld beleid (PBL 2023b). De provincies hebben bij de ontwikkeling van de programma’s in het NPLG een reductietaakstelling meegekregen van 5 megaton CO₂-equivalenten voor 2030 (LNV et al. 2022).

Voor landgebruik geldt een nationale doelstelling voor de indicatieve restemissie voor 2030 van 1,8 megaton CO₂-equivalenten (EZK 2023b). Dit betekent een vermindering van de emissies met 2,5

¹ <https://wetten.overheid.nl/BWBR0042394/2023-07-22>. Klimaatwet als geldend vanaf 22 juli 2023

megaton CO₂-equivalenten ten opzichte van de netto-emissie in 2021, en een vermindering met 0,7 tot 1,9 megaton CO₂-equivalenten ten opzichte van de geraamde emissie in 2030.

2.6 Europees beleid en mondiale afspraken 2030

De focus van dit rapport ligt op de periode 2030-2050 (en niet op het jaar 2030), en meer op het traject naar klimaatneutraliteit dan op de vraag wat het effect op emissies is van het huidige beleid. Toch is het goed om te kijken naar het huidige beleid en beleidsambities voor 2030, zowel in Nederland als in de Europese Unie. Dit omdat keuzes die in de komende jaren worden gemaakt voor een deel de uitgangssituatie voor 2030 en verder bepalen.

Europees klimaatbeleid bepalend

De hoofdlijnen van het Nederlandse klimaatbeleid worden bepaald door afspraken die in Europees verband worden gemaakt. Er is ook een Europese Klimaatwet. In juni 2021 is het broeikasgasemissiereductiedoel van de Europese Unie aangescherpt naar ten minste 55 procent in 2030 ten opzichte van 1990. Om deze doelstelling te kunnen halen heeft de Europese Commissie in juli 2021 een ambitieus beleidspakket gepresenteerd onder de noemer 'Fit for 55'.

Het Europese klimaatbeleid is uitgewerkt in drie pijlers die samen alle broeikasgasemissies binnen de Europese Unie afdekken. Dit zijn het Europese emissiehandelssysteem (*EU Emission Trading Scheme, ETS*), de verordening inzake de verdeling van de inspanning (*Effort Sharing Regulation, ESR*) en de verordening voor emissies van landgebruik, landgebruiksverandering en bosbouw (*Land Use, Land Use Change and Forestry, LULUCF*) (Hekkenberg et al. 2021). Deze drie pijlers zijn als volgt uitgewerkt:

- 1) Het Europese emissiehandelssysteem (EU ETS). Dit een systeem dat gebaseerd is op verhandelbare emissierechten. Omdat de hoeveelheid emissierechten jaarlijks daalt, zal ook de uitstoot dalen. Onder het ETS vallen vooral grote uitstoters, zoals industriële bedrijven en de elektriciteitssector, en in de toekomst ook de gebouwde omgeving en wegtransport. In de landbouw vallen slechts enkele glastuinbouwbedrijven onder het ETS.
- 2) De *Effort Sharing Regulation (ESR)*. Deze verordening reguleert de emissies voor de activiteiten die buiten het ETS vallen. Het gaat hierbij met name om de emissies in de gebouwde omgeving, de mobiliteit en de landbouw. Voor 2030 gaat een ESR-reductiedoelstelling voor Nederland gelden van 48 procent ten opzichte van 2005¹. In feite gaat het niet alleen om het jaar 2030, maar om de cumulatieve emissies in de periode 2026-2030. Landen zijn vrij in de verdeling van de reductie over de verschillende sectoren die onder de ESR vallen. Eén land kan bijvoorbeeld een grotere inspanning vragen van de gebouwde omgeving, een ander land meer van de landbouwsector. Ook is het in beperkte mate mogelijk om ESR tekorten te compenseren met een hogere vastlegging in de LULUCF-sector.
- 3) De LULUCF-verordening gaat over zowel vastlegging als uitstoot van broeikasgassen door landgebruik en bossen. Onder de LULUCF-verordening hebben de lidstaten momenteel de verplichting de situatie niet te laten verslechteren. In het kader van het Fit for 55-pakket zijn nu ook bindende hoeveelheden netto-vastlegging door de LULUCF-sector vastgesteld voor de

¹ De aanscherping van de ESR-verordening is in April 2023 goedgekeurd door het Europees parlement ([Regulation \(EU\) 2023/857 of The European Parliament and of The Council](#))

periode 2026-2030¹. Voor de EU als geheel geldt een streefcijfer voor 2030 van 310 megaton CO₂ netto-verwijdering, terwijl de vastlegging nu jaarlijks circa 230 megaton bedraagt. Nederland mag (gezien de uitgangssituatie) echter in 2030 nog een netto-emissie hebben van 4,5 megaton CO₂.

Op mondiale schaal is er het Raamverdrag van de Verenigde Naties inzake klimaat-verandering (UNFCCC). Daarbinnen zijn weer concretere afspraken gemaakt zoals de Overeenkomst van Parijs. De EU en alle lidstaten hebben deze ondertekend en geratificeerd. Tijdens de 26ste VN-klimaatconferentie (COP26) hebben een groot aantal landen (waaronder Nederland) middels de 'Global Methaan Pledge' afgesproken om de mondiale uitstoot van terug te dringen met 30 procent in 2030 ten opzichte van 2020 (LNV 2022d).

2.7 Mogelijke doelstellingen 2030 - 2050

Voor de meeste sectoren geldt dat de broeikasgasemissies in 2050 (of eerder) uitgebannen moeten zijn. Alleen in geval van gelijktijdige vastlegging via *carbon capture and storage* (CCS) in ondergrondse opslagen kunnen bedrijven nog CO₂ produceren. In de sectoren *Landbouw en Landgebruik* ligt dit anders. De landbouwsector is een open systeem, waarin biologische processen optreden waarbij methaan en lachgas vrijkomen. Deze emissies kunnen wel verminderd worden, maar zijn niet geheel te vermijden. Anderzijds is de landgebruiksector uniek in de zin dat deze koolstof kan opslaan, vooral door bossen en in beperkte mate in landbouwgronden. In Nederland veroorzaakt de landgebruiksector momenteel echter een CO₂-uitstoot, vooral door de ontwatering van veengronden. Het Nederlandse bosareaal is momenteel te klein om dit te kunnen compenseren (zie paragraaf 2.3). Deze paragraaf gaat in op de vraag hoe hoog de emissies in 2030 en 2050 uit de landbouw- en landgebruikssector mogen zijn, dan wel wat een mogelijk plausibele doelstelling zou kunnen zijn.

Europees klimaatbeleid gericht op klimaatneutraliteit in 2050

In de EU Klimaatverordening is vastgelegd dat de EU als geheel in 2050 klimaatneutraal moet zijn (Publicatieblad van de Europese Unie 9.7.2021 L 243/9). Dit Europese doel hoeft echter niet te betekenen dat de Nederlandse emissies (van alle sectoren) op netto-nul uit moet komen in 2050. In artikel 2 van de EU Klimaatverordening staat: 'rekening houdend met het belang van het bevorderen van zowel rechtvaardigheid en solidariteit tussen de lidstaten als kosteneffectiviteit bij het verwezenlijken van deze doelstelling'. Dit betekent dat er mogelijk ruimte wordt geboden voor een gedifferentieerde benadering per sector en per land. De sector Landbouw, bosbouw en landgebruik (de AFOLU-sector) is één van deze sectoren waarvoor dit mogelijk voor gaat gelden.

Geen helder doel voor landbouw in 2040

De Europese Commissie heeft in februari 2040 een mededeling uitgebracht met een aanbeveling voor een mogelijke klimaatdoelstelling voor Europa voor 2040 en de weg naar klimaatneutraliteit tegen 2050 (EC 2024a). In deze mededeling beveelt de Commissie aan om aan de netto broeikasgasemissies tegen 2040 met 90 procent te verminderen ten opzichte van het niveau van 1990. Voor de emissies vanuit de landbouwsector is voor 2040 echter geen concreet doel opgenomen. De

¹ De aanscherping van de LULUCF verordening is in maart 2023 goedgekeurd door het Europees parlement ([Regulation \(EU\) 2023/839 of the European Parliament and of the Council](#))

Commissie geeft aan ervoor gekozen te hebben om een strategische dialoog te starten over de toekomst van de landbouw in de EU.

Voorstel Europese commissie voor vooralsnog AFOLU sector niet overgenomen

Het Fit-for-55 pakket van de Europese Commissie voor de herziening van de LULUCF-verordening bevatte een voorstel voor de vorming van een *Agriculture, forestry and land use* (AFOLU)-sector. Deze sector zou zowel de lachgas- en methaanemissies van de landbouwsector omvatten, als de CO₂-emissies én -vastlegging als gevolg van landgebruik (inclusief bosbouw). De energiegerelateerde emissies uit de landbouwsector maken geen deel uit van deze AFOLU-sector. Het voorstel was dat de AFOLU-sector in 2035 klimaatneutraal zou moeten zijn, dat wil zeggen dat op Europees niveau de emissies uit de landbouw gecompenseerd zouden moeten worden door vastlegging in bossen en landgebruik. Bij de behandeling van het voorstel zijn echter noch de Europese Raad (de lidstaten), noch het Europese parlement akkoord gegaan met het voorstel tot de vorming van deze sector. Wel zijn zij akkoord gegaan met de doelstellingen per lidstaat voor verhoogde vastlegging via LULUCF in 2030. Verder zal de Commissie nadere studie doen naar de vorming van een AFOLU-sector en mogelijk met een nieuw voorstel hiervoor komen.

Principes achter de voorstelde AFOLU-sector

Het idee achter de vorming van een AFOLU-sector was onder andere dat de landbouwsector ook veel invloed heeft op de koolstofhuishouding van bodems. Het samenbrengen van de landbouwsector met de LULUCF-sector zou kunnen leiden tot een meer geïntegreerde benadering. De Commissie stelde verder voor dat de AFOLU-sector in 2035 op netto-nul uit zou moeten komen, en daarna mogelijk zelfs netto-negatief. Dit zou kunnen door een combinatie van lagere emissies uit de landbouw en hogere vastlegging in de LULUCF-sector.

In een technische achtergrondstudie van de Europese Commissie behorende bij de klimaatplannen voor 2030 en 2050 (EC 2018, 2020) gaat men uit van een mogelijke daling van de niet-CO₂ emissies uit de landbouw met circa 30 – 45 procent in 2050 ten opzichte van 2015, afhankelijk van inzet van technologie en verandering van consumptiepatroon (EC 2018, 2020). De impactassessment behorende bij de mededeling over een klimaatdoel voor 2040 komt tot een redelijk vergelijkbare bandbreedte (EC 2024b). Verder zouden de CO₂-emissies van landbouwbodems (vooral afkomstig uit veengronden) voorkomen moet worden. Ook zou de CO₂-vastlegging door bossen en ander landgebruik met bijna 25 procent moeten toenemen. Op deze wijze zou in 2050 een AFOLU-sector ontstaan die netto CO₂ vastlegt.

Ter illustratie: de uitstoot vanuit de landbouw van de EU-27 bedroeg in 2021 circa 384 megaton CO₂-equivalenten, de vastlegging via landgebruik bedroeg netto circa 230 megaton (EEA, 2023). Het is de ambitie van de EU dat deze netto-vastlegging in 2030 toeneemt tot 310 megaton ((EC 2021)). De emissie vanuit de landbouwsector zouden dus met circa 20 procent moeten afnemen voor een klimaatneutrale AFOLU-sector. De vraag is of in 2040 en verder een AFOLU-sector die netto CO₂ vastlegt voldoende is. Een netto-vastlegging door AFOLU-sector kan lastig te voorkomen emissies uit andere sectoren compenseren. Daarom lijkt een daling van de gemiddelde EU landbouwemissies van circa 30 – 45 procent een redelijke streven.

Hierbij is het daarbij mogelijk niet noodzakelijk dat in elke lidstaat de AFOLU-sector op netto-nul uitkomt. Bij een gelijke daling van de landbouwemissies in de verschillende lidstaten, in combinatie met een stijging van de CO₂-vastlegging zijn er nog steeds lidstaten met een netto-emissie (zoals waarschijnlijk Nederland, Ierland en Denemarken) en lidstaten met een forse netto-vastlegging

(zoals Zweden en Finland). Nederland zou dan deze netto-emissie mogelijk niet in eigen land hoeven te compenseren (bijvoorbeeld via vergroting van de vastlegging in bossen). Omgekeerd is het zo dat bijvoorbeeld Zweden de koolstofvastlegging in de Zweedse bossen niet mag gebruiken om restemissies van de Zweedse industrie te compenseren. Deze industrie valt namelijk onder het ETS-regime. Dit zou anders ook tot een oneerlijk concurrentievoordeel voor de Zweedse industrie leiden. De bovenstaande benadering zou aansluiten bij principes als solidariteit tussen lidstaten en kostenefficiëntie, zoals opgenomen in de Europese klimaatwet.

Nederlandse klimaatwet

De Nederlandse klimaatwet is in 2023 herzien om deze in lijn te brengen met de herziene Europese klimaatwet. In het artikel 2 van deze wet staat: 'waarbij Nederland overeenkomstig artikel 2, eerste lid, van de Europese klimaatwet [] de netto-uitstoot van broeikasgassen uiterlijk in 2050 tot nul reduceert' (Staatsblad 2023). In de Memorie van Toelichting bij het wetsvoorstel staat: 'Dit doel hoeft niet per definitie te betekenen dat in Nederland net-zero emissies moet worden bereikt in 2050, omdat de Europese wetgeving -naar verwachting- mogelijkheden zal bieden om te salderen tussen lidstaten. Deze mogelijkheid is evenwel afhankelijk van de ruimte die de Uniewetgever Nederland op dat moment biedt en is te ongewis om op vooruit te kunnen lopen. Door in de Klimaatwet vast te leggen dat Nederland in 2050 de netto-uitstoot van broeikasgassen overeenkomstig artikel 2, eerste lid, van de Europese klimaatwet tot nul reduceert handelt Nederland in de lijn met het bovengenoemde beginsel van loyale samenwerking.' Dus wanneer de EU-regelgeving voor specifieke sectoren saldering met andere lidstaten mogelijk maakt, dan kan Nederland gebruik maken van deze mogelijkheid.

Indicatieve doelen voor Nederlandse landbouw- en landgebruiksector voor 2050

Bovenstaande indicaties suggereren dat de benodigde afname van de netto Nederlandse AFOLU-emissies in 2035-2050 in de orde van 30 tot 45 procent zouden liggen ten opzichte van 2020. Dit zou op zich redelijk in lijn zijn met de Nederlandse ambitie voor 2030 voor landbouw, welke overeenkomt met een reductie van circa 25 procent over de periode 2020-2030. De verwachting is dat pas na 2025 duidelijk is wat de doelstelling is voor de Nederlandse landbouw- en landgebruiksector in 2035 en verder. In deze studie wordt voornamelijk een reductiedoelstelling van 30 tot 45 procent in 2050 ten opzichte van 2015 gehanteerd. In deze TVKN-studie is er verder voor gekozen om in 2050 de restemissies uit de Nederlandse AFOLU-sector binnen Nederland te compenseren. Dit kan bijvoorbeeld door het toepassen van CCS. Er wordt dus geen Europese verrekening binnen de AFOLU-sector te verondersteld.

2.8 Dilemma's: doel en middelen 2050

Dit hoofdstuk heeft twee grote keuzes aan het licht gebracht voor het bereiken van een 'klimaat-neutrale' sector Landbouw en landgebruik.

Dit betreft ten eerste de doelstelling van de maximaal toelaatbare emissies in 2050. Voor 2030 zijn er wel heldere doelen voor de maximale emissie uit landbouw en landgebruik, maar deze zijn er nog niet voor 2050. De emissies uit de landbouw moeten tussen 2030 en 2050 wel verder dalen, maar het is nog niet duidelijk in welke mate precies. Dat hangt er mede van af of er een Europees systeem voor de AFOLU-sector (landbouw, bosbouw en landgebruik) komt, en of binnen dit systeem compensatie tussen lidstaten zal plaatsvinden. Globaal kan worden gesteld dat de methaan- en lachgasemissies met minimaal 30 procent zullen moeten afnemen, maar mogelijk zelfs met 50 procent of meer. De Nederlandse landgebruiksemisies zullen rond nul moeten liggen, mogelijk

nog daaronder. Middels verschillende trajecten zal in deze studie onderzocht worden wat de betekenis is van deze doelen (zie hoofdstuk 3). Ook zal bij wijze van gevoeligheidsanalyse onderzocht worden wat een doelstelling van 'netto-nul' voor Nederland zou betekenen.

Ten tweede zijn er keuzes te maken in de manier waarop de emissies worden verminderd. In hoofdlijn gaat het dan om de vraag in hoeverre de emissies vooral met inzet van technische en managementmaatregelen worden verminderd en in welke mate de structuur van de landbouw wordt veranderd, waarbij de omvang van de veestapel en de aard van grondgebruik belangrijke factoren zijn.

3 Uitgangspunten trajecten

Dit hoofdstuk beschrijft een aantal mogelijke trajecten waarlangs de sectoren *Landbouw* en *Landgebruik* in 2050 zouden kunnen passen in een klimaatneutrale samenleving. Paragraaf 3.1 geeft een beschrijving op hoofdlijnen van de trajecten voor de sectoren *Landbouw* en *Landgebruik* (inclusief natuurontwikkeling en bosbouw). In paragraaf 3.2 worden deze meer in detail uitgewerkt, waarbij de verschillende trajecten getalsmatig worden uitgewerkt. Tot slot geeft paragraaf 3.3 een beknopte beschrijving van welk beleid behulpzaam zou zijn om de trajecten werkelijkheid te laten worden.

3.1 Beschrijving trajecten op hoofdlijnen

Op grond van de in hoofdstuk 2 beschreven ontwikkelingen en dilemma's zijn een groot aantal trajecten op te stellen. In deze studie is gekozen om de trajecten uit te werken langs twee assen (zie tabel 3.1). De eerste as is veel versus weinig technologische oplossingen om broeikasgasemissies te beperken. De tweede as betreft de mate van aanpassing van de landbouwstructuur en het grondgebruik: sterke aanpassing van deze structuur (met onder andere forse verkleining van de veestapel, extensivering van een deel van de landbouwgronden en een groter areaal natuur) versus een zo beperkt mogelijke aanpassing van de landbouwstructuur en het grondgebruik. Deze twee assen komen overeen met de twee 'twistpunten' zoals geconstateerd in de analyse van de verkiezingsprogramma's van 2021 (Boezeman et al. 2021). In theorie zou dit vier trajecten opleveren. De combinatie van beperkte aanpassing van de landbouwstructuur en weinig technologische oplossingen om broeikasgasemissies te reduceren komt echter grotendeels overeen met de huidige situatie is daarom niet verder onderzocht. Dit vak bleef ook leeg bij de analyse van de verkiezingsprogramma's van een aantal partijen (Boezeman et al. 2021). Dit leidt tot een drietal te onderzoeken trajecten, die als naam hebben gekregen *Klimaat Basis*, *Klimaat Plus* en *Natuur & Klimaat*. Een aantal aspecten van de overige dilemma's als beschreven in hoofdstuk 2 zijn waar dit mogelijk en logisch was gekoppeld aan de verschillende trajecten.

Trajecten zijn geen scenario's, maar mogelijke paden naar klimaatneutraliteit

Het is van belang te benadrukken dat de trajecten conceptueel afwijken van wat vaak onder 'scenario's' wordt verstaan. Bij veel scenariostudies hebben de scenario's als doel om de verschillende mogelijke toekomsten zoveel mogelijk te omspannen. De trajecten hebben een ander doel: het zijn mogelijke paden waarlangs de maatschappij klimaatneutraal kan worden. De trajecten hebben derhalve een focus op klimaat en klimaatbeleid, en zijn minder breed dan scenario's veelal zijn. Verder hebben de trajecten een doel, namelijk de vermindering van broeikasgasemissies. Omdat dit doel op meerdere manieren kan worden bereikt, zijn er meerdere trajecten ontwikkeld.

Trajecten verschillen fors in verwachte emissiereductie en omvang veehouderij

Het is te voorzien dat de trajecten zullen leiden tot onderling sterk verschillende verminderingen van broeikasgasemissies. Naar verwachting zijn de resterende broeikasgasemissies in *Klimaat Basis* in 2050 het hoogst. Zoals in paragraaf 2.7 is aangegeven is er nog geen vastgesteld doel voor de mogelijke restemissies van methaan en lachgas in 2050. Daarom is ervoor gekozen om met de trajecten een bandbreedte te verkennen van verschillende mate van emissiereductie. De trajecten verschillen ook in de hoogte van de dierlijke productie in 2050: deze is (in fysieke termen) het hoogst in het traject *Klimaat Basis* en het laagst in *Natuur & Klimaat*. In het laatste traject is meer aandacht voor streekproducten, productkwaliteit en verbreding. In geldelijke opbrengst voor de landbouwsector verschillen de trajecten daarom mogelijk minder van elkaar, maar dit is niet verder uitgewerkt. Het

doel van de verschillende trajecten is dus vooral om de effecten in beeld te brengen van verschillende mate van emissiereductie en de verschillende wijze waarop dit mogelijk is. Het doel is niet om de trajecten onderling te vergelijken ten behoeve van een keuze voor het ‘beste’ traject.

3.1.1 Uitgangspunten trajecten

Tabel 3.1 geeft een beschrijving van trajecten op hoofdlijnen. De concrete en kwantitatieve uitwerking volgen in paragraaf 3.2.

Tabel 3.1
Overzicht onderzochte trajecten

	Veel management en technologische oplossingen	Weinig technologie / Natuurlijk systeem staat voorop
Beperkte aanpassing landbouwstructuur	<p>Klimaat Basis</p> <p>Gematigde krimp van dierlijke productie en veestapel, van circa 10% in 2030, en 25% in 2050.</p> <p>Inzet van emissiereducerende technologieën (stallen, veevoer, mestvergisting, precisiebemesting etc.). Boeren worden hierbij ook beloond door overheid en bedrijfsleven. Toezicht hierop via ketenpartijen.</p> <p>Beperkte aanpassingen in landgebruik (veengebieden, bossen, extra natuur).</p>	<p>Geen traject, want zou grotendeels status quo betekenen.</p>
Forse aanpassing landbouwstructuur	<p>Klimaat Plus</p> <p>Focus op forse reducties van broeikasgasemissies, streven naar oplossing gericht op efficiëntie door inzet technologische oplossingen.</p> <p>Forse krimp veestapel, van circa 40 - 50% in 2050.</p> <p>Scheiding van landbouw en natuur</p> <p>Hogere productie biograndstoffen uit Nederlandse landbouw (voor zover economisch haalbaar).</p> <p>Nationale overheid aanjager, veel via regelgeving, vergoedingen.</p>	<p>Natuur & Klimaat</p> <p>Forse reducties van broeikasgasemissies, ook veel aandacht voor biodiversiteit, dierenwelzijn en landschap.</p> <p>Forse krimp veestapel, van circa 50 - 60% in 2050.</p> <p>Extensivering van grondgebruik</p> <p>Daling graslandareaal op veengrond, deels landbouw met hogere grondwaterstand en lagere intensiteit.</p> <p>Groter areaal bos en overige natuur.</p> <p>Gebieden/ provincies zijn aanjager, in combinatie met ketenpartijen.</p>

Om de trajecten makkelijker te kunnen vergelijken worden in die paragraaf de keuzes voor alle trajecten per onderwerp besproken, zoals de aard van het landgebruik, de omvang van de veestapel en veronderstelde technologische ontwikkelingen. In de trajecten is rekening gehouden met het ingezette beleid, zoals dat in paragraaf 2.4 is beschreven. Er is verondersteld dat het beleid vanaf 2025 gestaag gaat verschillen tussen de trajecten, in overstemming met de verhaallijnen van de trajecten.

3.1.2 Traject Klimaat Basis

In dit traject is het streven om broeikasgasemissies te beperken, maar wordt niet naar het uiterste gestreefd. Structurele aanpassingen (zoals krimp van de veestapel) worden in dit traject zo beperkt mogelijk ingezet. Emissies worden vooral via management en technische oplossingen teruggebracht. Er is voor het jaar 2050 een krimp van de veestapel van circa 25 procent verondersteld, vooral als gevolg van het stikstofbeleid en het vervallen van de derogatie. De overheid maakt met de verschillende sectoren bindende afspraken over de omvang van de broeikasgasemissies. Zolang dit plafond niet wordt overschreden, grijpt de overheid niet in. Deze afspraken hebben overigens niet alleen betrekking op broeikasgasemissies, maar ook op andere aspecten zoals ammoniakemissie, waterkwaliteit, biodiversiteit en dierenwelzijn. Verder heeft de overheid een faciliterende en controlerende rol. Ook geeft de overheid vergoeding voor bepaalde publieke diensten, zoals natuur- en landschapsbeheer. In de melkveehouderij daalt het aantal dieren iets meer, omdat er verondersteld wordt dat de melkproductie per koe verder toeneemt. Om te voorkomen dat het aantal dieren toeneemt blijft het systeem van productierechten van kracht. Een deel van het veenareaal wordt vernet, maar zoveel mogelijk met technieken die een landbouwkundig gebruik mogelijk blijven maken. Verder wordt het areaal bos en overige natuur uitgebreid. Dit laatste gebeurt in zo beperkt mogelijke mate.

De sector zet in samenwerking met ketenpartijen maximaal in op ‘slimme’ management- en technische maatregelen. Dus bijvoorbeeld op maatregelen die gericht zijn op optimaal management van vee, veevoer, grond en mest. Dure technologische oplossingen worden zoveel mogelijk vermeden. De sector en de verwerkende industrie hebben gezamenlijk een systeem opgezet om emissies en andere impacts op bedrijfsniveau zo nauwkeurig mogelijk te kunnen monitoren. Wanneer er sprake is van overschrijding van afgesproken maximale emissies, dan volgen er sancties, zoals kortingen op afzetprijzen. Dit wordt geheel privaatrechtelijk geregeld. Dezelfde privaatrechtelijke aanpak zorgt voor kennisontwikkeling en vooral ook voor kennisdeling tussen boeren. Op deze manier kunnen nieuwe ideeën snel in de praktijk worden getoetst en kunnen boeren van elkaar leren. Een klein deel van de bedrijven wil niet meedoen aan dit systeem. Zij vallen dan onder het generieke systeem van de overheid, met forfaitaire normen en voorgeschreven technieken. De overheid zorgt in dit geval ook voor de handhaving.

3.1.3 Traject Klimaat Plus

In dit traject richt de overheid zich op het zoveel mogelijk reduceren van broeikasgasemissies. Dit gebeurt door de combinatie van beperking van het productievolume en technische maatregelen. Na de eerder gerealiseerde krimp van de veestapel in de periode 2025 - 2035 wordt de krimp verder doorgezet totdat in 2050 de veestapel ongeveer gehalveerd is. Ook wordt een deel van het landbouwareaal omgezet in bos of andere natuur. Dit geldt ook voor veengronden, die voor een aanzienlijk deel uit cultuur worden genomen. Het beleid is eerder gericht op het scheiden van functies (landbouw en natuur) dan op vermenging hiervan. Een deel van het bosareaal wordt gebruikt voor de extra productie van hout.

De overheid is de belangrijkste motor van veranderingen. Er zijn bedrijfsbeëindigingsregelingen om de veestapel verder te laten krimpen. De overheid stimuleert het gebruik van technologische mogelijkheden, zoals veevoermaatregelen, mestvergistings- en stalaanpassingen. Een deel van deze technieken wordt ook verplicht gesteld. Bedrijven moeten jaarlijks een overzicht insturen van hun ammoniak-, mest- en klimaatboekhouding. Bij overschrijding van gestelde normen volgen heffingen, mogelijk alleen op het onvermijdbare deel.

3.1.4 Traject Natuur & Klimaat

Dit traject heeft als uitgangspunt een landbouw waarin niet alleen broeikasgassen sterk worden gereduceerd, maar die ook veel bijdraagt aan herstel van biodiversiteit, waterkwaliteit en dierenwelzijn. De waterkwaliteit verbetert en emissies naar de lucht nemen af. De meest kwetsbare gebieden (inclusief delen van veengebieden) worden grotendeels uit cultuur genomen of heel extensief en natuurinclusief beheerd. Er wordt zoveel mogelijk gekozen voor ‘natuurlijke’ oplossingen om landbouw te bedrijven en om emissies te reduceren. Zo worden meer vlinderbloemigen ingezet om stikstof te binden, zoals klavers op grasland. Om met beperkte inzet van technologische oplossingen toch een forse vermindering van emissies te realiseren, krimpt de veestapel het meest in dit traject.

In dit traject hebben provincies een hoofdrol, waarbij deze nauw samenwerken met ‘gebiedsorganisaties’. Deze gebiedsorganisaties worden gevormd door boeren, natuur- en landschapsorganisaties, recreatieondernemers en vertegenwoordigers van afnemers van voedsel. Er worden gebiedscontracten opgesteld, waarin afspraken worden gemaakt over veedichtheid, natuur- en landschapsbeheer, recreatiemogelijkheden en planologische aspecten. Een veel groter deel dan nu het geval is van de landbouwproducten wordt lokaal of regionaal verkocht, waardoor boeren ondanks de lagere productie toch een goed inkomen hebben. Bovendien ontvangen boeren in dit traject de meeste vergoedingen voor agrarisch natuur- en landschapsbeheer en voor leveren van andere ecosysteemdiensten als waterbeheer.

De controle en handhaving van bedrijven is eenvoudiger dan nu, of dan in de andere trajecten. Bijna alle veehouderijbedrijven zijn lokaal grondgebonden, waardoor er veel minder transport van mest nodig is. Vanwege de wens om zo weinig mogelijk kunstmest te gebruiken is mest weer een waardevolle grondstof geworden. Hierdoor is er ook minder toezicht nodig. Bovendien is er veel druk en sociale controle vanuit de gebieden en van de afnemers (deels korte ketens) om voorschriften na te leven en kwaliteitsproducten te leveren.

3.2 Uitgangspunten voor de trajecten

Deze paragraaf beschrijft meer in detail de veronderstelde ontwikkelingen en uitgangspunten in de drie trajecten. De beschrijving begint met het verwachte landgebruik, gevolgd door de omvang van de veestapel die hier deels mee samenhangt. Daarna komen de uitgangspunten voor het gebruik van mest en kunstmest aan de orde. De laatste stap zijn de uitgangspunten voor typen stallen, aanpassingen in veevoer en omvang van de mestvergisting. In hoofdstuk 4 worden de resultaten (emissies van broeikasgassen) van de trajecten besproken. Het zou in principe makkelijker lezen als per onderwerp na de bespreking van de uitgangspunten ook meteen de resultaten gepresenteerd zouden worden. Dit is echter lastig omdat veel effecten met elkaar samenhangen (zie tabel 3.1). Zo heeft een kleinere omvang van de veestapel niet alleen een direct effect op methaanemissies, maar ook een indirect effect via de omvang van de mestproductie op mest- en kunstmestgebruik. En dat heeft ook weer een effect op onder andere lachgasemissies. Ook zal het effect van bijvoorbeeld stalmaatregelen afhangen van de omvang van de veestapel. Daarom worden de effecten van de gezamenlijke maatregelen pas in hoofdstuk 4 gepresenteerd.

Tabel 3.1
Effecten van maatregelen op broeikasgasemissies¹

Maatregel of ontwikkeling	CH ₄	N ₂ O	CO ₂
Areaal landbouwgronden		x	x
Areaal veengronden	(x)	x	x
Areaal bos			x
Toepassing nitrificatieremmers		x	
Omvang veestapel	X	x	
Reductie pensfermentatie door rantsoensamenstelling, additieven, fokkerij	X		
Innovaties stalsystemen en mestopslag	X	(x)	
Mestvergisting & -verwerking	X	x	
Verlaging gebruiksnormen (mest) en stikstofgebruiksnormen		x	
Meer weidegang	X	x	
Indirecte effecten			
Vermindering ammoniakemissie		x	
Export en verwerking van mest	(x)	x	

¹ 'x' betekent duidelijk effect; '(x)' betekent beperkt, indirect of onzeker effect

3.2.1 Landgebruik en landbeheer

Het toekomstig landgebruik en ruimtelijke veranderingen zijn om meerdere redenen belangrijk voor een klimaatneutrale samenleving. Ten eerste zijn er vormen van landgebruik die leiden tot vastlegging van koolstof (zoals groeiende bossen en bepaalde vormen van landbouw) of juist tot CO₂-emissie (zoals ontwatering veengronden). Ten tweede kunnen landgebruiksveranderingen tot emissies leiden, zoals bij omzetting van grasland naar bouwland, of juist tot CO₂-vastlegging. Dit gebeurt bijvoorbeeld bij omzetting van bouwland in bossen. Ten derde zijn het areaal en de wijze van agrarisch landgebruik een belangrijke factor in de omvang en aard van de landbouwproductie, inclusief de omvang van de veestapel en de emissies uit mest en kunstmest. Tot slot kunnen met name bossen en bouwland zorgen voor de productie van biograndstoffen, zoals hout en isolatiematerialen. Hiermee wordt bovendien langdurig koolstof vastgelegd.

Niet alleen type landgebruik, maar ook beheer van belang voor koolstofhuishouding

Bij landgebruik gaat het niet alleen om veranderingen in het type gebruik, zoals bouwland of bos. Ook het beheer en de intensiteit van gebruik zijn belangrijke factoren voor vastlegging of vrijkomen van koolstof. Zo is in de veengebieden de hoogte van het grondwaterpeil relevant, zowel voor de omvang van veenafbraak (en daarmee de CO₂-uitstoot) als voor de landbouwkundige mogelijkheden. Ook op klei- en zandgrond is de intensiteit van beheer relevant, vooral de veedichtheid en de hoogte van de stikstofbemesting. De hoogte van de stikstofbemesting bepaalt ook weer de lachgasemissies. Ook indirect is er een koppeling via de omvang van de veestapel en de daarmee samenhangende emissie van methaan. Verder kan door aanpassingen in het beheer van landbouwgronden in enige mate koolstof worden vastgelegd. Bij beheer van bossen en houtige landschapselementen kan gekozen worden voor meer nadruk op de productiefunctie (en hogere koolstofvastlegging) of voor een meer natuurlijk beheer.

Demografische en economische krachten bepalen, samen met beleid, toekomstig landgebruik

Het toekomstig landgebruik in Nederland wordt door een reeks van factoren bepaald, zoals sociaal-economische krachten, maatschappelijke ontwikkelingen en beleid. Zo bepalen economische en demografische ontwikkelingen, samen met beleid de omvang van de uitbreiding van ‘rode’ functies, zoals woningbouw, bedrijventerreinen en infrastructuur. Beleidskeuzes bepalen ook grotendeels de omvang en eventuele uitbreiding van het areaal bos en andere natuur. Uitbreiding van de ‘rode’ en ‘donkergroene’ vormen van landgebruik hebben ertoe geleid dat het agrarisch grondareaal de afgelopen 50 jaar aanzienlijk is afgenomen, en de verwachting is dat deze afname zich voortzet.

Beleidskeuzes hebben ook invloed op de aard van het agrarisch grondgebruik. Zo wordt er gewerkt aan het verhogen van grondwaterstanden in veengebieden, om zo verdere afbraak van veengrond tegen te gaan. Middels het Agrarisch Natuur- en landschapsbeheer (ANLb) wordt onder andere extensiever graslandbeheer gestimuleerd, vanwege weidevogels en de verbetering van de botanische kwaliteit. Ook de aanleg van boomwallen wordt gestimuleerd. De ecoregeling in het vernieuwde Gemeenschappelijk Landbouwbeleid kan leiden tot keuzes voor andere gewassen, of voor het behouden van grasland. In het Coalitieakkoord van 2021 is verder de vorming aangekondigd van een tussenvorm van natuur- en landbouwgrond, namelijk landschapsgronden. Het is echter nog niet besloten of deze aparte planologische categorie er ook daadwerkelijk komt en welke voorwaarden hiervoor gaan gelden. Wet- en regelgeving reguleert aspecten van landgebruik, zoals de omvang van het mestgebruik en de verplichte teelt van nagewassen.

Forse uitbreiding areaal bos en natuur in sommige trajecten

In het kader van deze studie wordt voor de drie trajecten dezelfde groei verondersteld van het bebouwde areaal voor de periode 2021-2050 (tabel 3.2). Dit areaal is overgenomen en voor 2050 geëxtrapoléerd uit (Arets et al. 2022). Er is verondersteld dat tot 2030 13.400 ha nieuw bos wordt aangeplant, hetgeen ruim minder is dan de ambitie van de bossenstrategie voor het jaar 2030 (LNV & IPO 2020). Ook wordt verondersteld dat het areaal overige natuur in 2030 is toegenomen met 7.000 ha, onder andere in de vorm van groen-blauwe dooradering zoals is voorgesteld in het Aanvalsplan landschap (Samen voor Biodiversiteit 2022).

Na 2030 gaan de trajecten fors uiteenlopen wat betreft ontwikkeling van het areaal natuur en bos. In *Klimaat Basis* is een beperkte uitbreiding van het areaal bos en natuur verondersteld van ruim 45.000 ha in 2050 ten opzichte van 2021. Hierbinnen neemt het areaal bos tussen 2021 en 2050 toe met 37.000 ha. Hiermee wordt de ambitie voor 2030 uit de Bossenstrategie wel vervuld, zij het veel later. Zowel in *Klimaat Plus* als in *Natuur & Klimaat* wordt in de periode 2021-2050 een grotere uitbreiding verondersteld van zowel het areaal bos als dat van overige natuur. Het areaal bos neemt met 90.000 ha toe, plus nog 8.000 ha bomen buiten het bos. Het areaal overige natuur neemt toe met ruim 100.000 ha. In totaal neemt het areaal natuur dus in beide trajecten vergeleken met 2021 met ongeveer 200.000 ha toe, dit is (ongeveer) conform het scenario ‘Natuurinclusief’ van de Natuurverkenning 2050 (Breman et al. 2022). Er is toch een belangrijk verschil tussen de trajecten *Klimaat Plus* en *Natuur & Klimaat*. In *Klimaat Plus* ligt de nadruk meer op scheiden van landbouw en natuur, terwijl in *Natuur & Klimaat* de nadruk meer op verweving van natuur met een extensievere vormen van landbouw ligt. Ook is het bosbeheer in een deel van de bossen in *Klimaat Basis* en *Klimaat Plus* meer op de houtproductie en CO₂-vastlegging gericht dan in *Natuur & Klimaat*. In dat traject ligt de nadruk op vergroting van biodiversiteit.

Er circuleren verschillende getallen over de CO₂-vastlegging van nieuwe bossen, variërend van (gemiddeld over 30-40 jaar) circa 7 tot 20 ton CO₂ per hectare (van Baren et al. 2023; VBNE 2023). De vastlegging zal niet constant zijn over de hele groeiperiode. De netto CO₂-winst hangt van een aantal factoren af. Bij bosaanleg op voormalig permanent grasland daalt de koolstofvoorraad in de bodem eerst, terwijl deze bij aanleg op bouwland juist zal stijgen. Op een rijke bodem zal het bos sneller groeien en dus meer CO₂ vastleggen dan op een droge, arme bodem. En ook de soort bomen (of mix hiervan) maakt uit. In deze studie is verondersteld dat de vastlegging per ha nieuw bos in *Klimaat Basis* en *Klimaat Plus* gemiddeld 12 ton CO₂ per hectare bedraagt en in het traject *Natuur & Klimaat* gemiddeld 9 ton CO₂ per hectare. Er is verondersteld dat nieuw bos circa 10 jaar nodig heeft om deze waarden te bereiken. Daarbij is een lineaire stijging van het areaal tussen 2030 en 2050 aangenomen. Verder is verondersteld dat de vastlegging in het huidige bosareaal, inclusief recente aanplanten (in totaal circa 380.000 hectare) constant blijft op circa 2 megaton CO₂ per jaar.

De uitbreiding van areaal bos en natuur is overigens een zeer kostbare gelegenheid. De gemiddelde agrarische grondprijs in Nederland bedraagt in 2023 79.400 euro per ha¹. Aankoop van 200.000 hectare tegen deze prijs kost dus bijna 16 miljard euro. Hierbij moeten nog de kosten voor inrichting en beheer worden opgesteld. Daar staat tegenover dat wellicht niet alles aangekocht hoeft te worden, maar ook via beheersvergoedingen kan worden geregeld.

Tabel 3.2

Uitgangspunten ontwikkeling landgebruik in hectares in de drie trajecten

	2021	2021-2030	Klimaat Basis 2021-2050	Klimaat Plus 2021-2050	Natuur & Klimaat 2021-2050
Areaal rode functies	633.000	+ 21.000	+ 49.700	idem	idem
Areaal bos (inclusief vrijstaande bomen)	384.400	+ 13.400	+ 37.000	+ 98.000	+98.000
Areaal overige natuur, inclusief groen-blauwe dooradering	695.000 ¹	+ 7.000	+ 12.700	+ 102.000	+ 102.000

¹Een deel hiervan is water

Landbouwareaal daalt verder door verstedelijking en omzetting naar natuurgebieden

De verstedelijking en de uitbreiding van natuurgebieden zal bijna geheel plaatsvinden ten koste van het areaal landbouwgrond (figuur 3.1). Hierdoor daalt het areaal landbouwgrond fors in de trajecten, met 6 procent in *Klimaat Basis* en 14 procent in *Klimaat Plus* en *Natuur & Klimaat*. Omdat de vee-stapel met name in deze twee laatste trajecten ook fors daalt, gaat de daling vooral ten koste van het areaal grasland. In *Klimaat Plus* stijgt het areaal bouwland zelfs licht. Dit zou bijvoorbeeld kunnen ten koste van het areaal tijdelijk grasland.

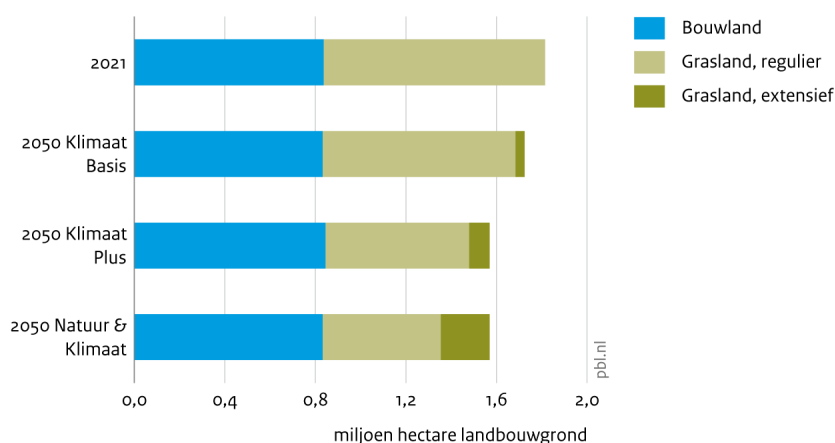
Extensivering van landbouwgrond naar landschapsgrond

Er is verder verondersteld dat in de drie trajecten in de periode 2030–2050 ingrijpende veranderingen plaatsvinden in het beheer en gebruik van landbouwgrond. Deze wijzigingen zijn het gevolg

¹ <https://www.kadaster.nl/-/kwartaalbericht-agrarische-grondmarkt-2023-1e-kwartaal>

van een ontwikkelingen in voorgenomen beleid, die op iets verschillende manier terugkomen in de drie trajecten. Ten eerste zal in het kader van het stikstofbeleid mogelijk een deel van het landbouwareaal omgezet worden in extensiever beheerde landbouwgronden, met een lagere veedichtheid en (stikstof)mestgiften. De aanzet hiertoe werd gegeven in het Coalitieakkoord van Rutte IV, waar voor de periode 2020–2035 ruim 6,9 miljard euro beschikbaar is voor financiële afwaardering van landbouwgrond. Dit is een mogelijke invulling van het eerdergenoemde begrip ‘landschapsgronden’. Bij de landbouworganisaties is echter weinig draagvlak voor omzetting van landbouwgrond naar een nieuwe planologische categorie, daarom is het areaal in *Klimaat Basis* het areaal in 2050 beperkt tot 30.000 ha. In *Klimaat Plus* is dit 60.000 hectare en in *Natuur & Klimaat* 140.000 hectare. Hierbij is verondersteld dat deze extensief beheerde gronden vooral grasland zullen betreffen. De omzetting naar landschapsgronden (of andere vormen van extensief beheer) heeft vooral langs twee wegen invloed op de uitstoot van broeikasgassen. Ten eerste leidt een lagere stikstofbemesting via mest en kunstmest tot een lagere emissie van lachgas. Ten tweede leidt een lagere veebezetting tot minder vee in Nederland, met een lagere uitstoot van methaan. Een kleiner mogelijk effect is een beperkte toename van methaanemissie door de iets slechtere verteerbaarheid van het gras van deze gronden.

Figuur 3.1
Agrarisch grondgebruik in 2021 en in drie trajecten



Bron: CBS, bewerking PBL

Vermindering CO₂-emissie uit veengronden door verhoging grondwaterstand

Op dit moment zorgt de afbraak van organische stof uit (laag)veengronden voor een aanzienlijk emissie. Deze emissies ontstaan door ontwatering van veengebieden, waardoor ze beter geschikt zijn voor landbouw. Deze gronden worden vooral door de veehouderij gebruikt. In totaal gaat het bruto 200.000 hectare in Nederland, of bijna 180.000 ha (gemeten maat) (IBO 2023). Hiervan is circa 1450.000 ha ‘kustvlakteveen’, de rest zijn vooral hoger gelegen veengronden. De emissies uit deze gronden bedragen circa 2 – 3 megaton CO₂-equivalenten. Ook in stedelijke gebieden worden veengronden ontwaterd, evenals gronden in het landelijk gebied die geen landbouw zijn zoals bermen en overige gronden. Vernatting stopt het proces van veenafbraak deels. Er is reeds beleid ingezet om de emissies te verminderen. Dit beleid is er niet alleen vanwege de CO₂-uitstoot, ook omdat bodemdaling tot meer problemen leidt, zoals verzilting, verdroging van natuurgebieden en extra kosten voor waterbeheer (van den Born et al. 2016). In de kamerbrief ‘Bodem en water sturend’ wordt een grondwaterstand van 20 cm tot 40 cm onder het maaiveld voorgesteld (IenW 2022). In

het kader van de uitwerking van het Klimaatakkoord zijn provincies bezig met regionale veenweidestrategieën.

Meerdere manieren om emissies uit veengronden te beperken

Generaliserend gesteld zijn er een vijftal mogelijkheden om emissie uit veengronden te beperken (tabel 3.3). In eerste instantie zijn deze gericht op verhoging van het grondwaterpeil tot 40 cm onder maaiveld, terwijl landbouwkundig gebruik nog mogelijk blijft, eventueel met enige beperkingen. Hierbij gaat het om productievermindering en vermindering van het aantal dagen dat vee of machines op het land kunnen. Vooral als dit wordt gecombineerd met waterinfiltratie in de zomer dan dalen de emissies sterk, tot minder dan de helft van het huidige niveau (tabel 3.3). Omdat in de zomer de afbraak van veen het grootste is, is het juist dan van belang om voldoende water in het perceel te hebben. Omdat veengrond slecht water doorlaat, stroomt dit water niet spontaan naar het midden van het perceel en is waterinfiltratie nodig. Hier zijn wel kosten aan verbonden, mogelijk in de orde van 550 euro per ha per jaar (IBO 2023).

Als het waterpeil verder wordt verhoogd (tot 20 cm onder maaiveld) dan dalen de emissies, maar wordt het landbouwkundig gebruik verder beperkt. Als dit wordt gecombineerd met waterinfiltratie dan dalen de emissies tot circa 35% van de oorspronkelijke emissies (tabel 3.3). Een andere mogelijke ontwikkeling is de omzetting naar natte teelten zoals bijvoorbeeld Miscanthus. Dit zou als strooisel gebruikt kunnen worden, of als biograndstof. Dit soort teelten zijn echter nog in ontwikkeling, en het agronomisch en economisch perspectief zijn nog onzeker (zie (PBL 2024a)). Tot slot zou landbouwgrond omgezet kunnen worden in natuurterrein met een zeer hoge grondwaterstand.

Tabel 3.3

Aanpassingen aan waterhuishouding veengronden en verwacht effect op CO₂-emissie¹

Type beheer	Beheer	Grondwaterpeil cm beneden maaiveld	Waterinfiltratie zomer	Geschatte CO ₂ - emissie in ton/ha ²
Landbouwkundig	Huidig beheer	40 tot 80	nee	circa 17
Landbouwkundig	Nieuw standaard peil	40	nee	circa 12
Landbouwkundig	Nieuw standaard peil, waterinfiltratie	40	ja	circa 8
Extensieve landbouw	Verhoogd peil, met waterinfiltratie	20	ja	circa 6
Zeer extensieve landbouw	Sterk verhoogd peil	0 – 20	nee	circa 6 - 8
Natuurterrein	Sterk verhoogd peil	0 – 20	nee	circa 6

¹ Er is een grote variatie (en onzekerheid) in emissie, onder andere afhankelijk van het huidige peil en het type veen.

² Gebaseerd op (Arets et al. 2022; Erkens et al. 2022; IBO 2023)

Groen-blauwe dooradering landbouwgebieden

De EU Biodiversiteits-strategie geeft aan dat het areaal ‘landschapselementen’ in 2030 10 procent zou moeten bedragen van het areaal landbouwgrond om het biodiversiteitsverlies een halt toe te roepen volgens. Dit betreft elementen als bufferstroken, roulerend of niet-roulerend braakland, hagen, bomen en poelen. Het betreft geen permanente functiewijziging want de grond wordt nog steeds gezien als landbouwgrond. In Nederland is het percentage ‘landschapselementen’ slechts

3,5 procent van het landbouwareaal. De toename tot 10 procent moet vooral via de Nederlandse uitwerking van het GLB worden geïmplementeerd. Bij de ontwikkeling van het landbouw areaal is daarom geen rekening gehouden met deze 10 procent, omdat deze binnen de percelen gerealiseerd moet worden. Wel is rekening hiermee gehouden bij het bepalen van de mestgiften.

Koolstofvastlegging in landbouwbodems

Landbouwbodems bevatten een aanzienlijke hoeveelheid organische stof. Geschat wordt dat in de toplaag (tot 30 cm diepte) in minerale bodems (zand- en kleigrond) ruim 90 ton C per ha is vastgelegd en 191 ton C per ha in veengronden (Lesschen et al. 2021). Dit is voor heel Nederland ruim 700 miljoen ton CO₂, dit is ruim vier keer de jaarlijkse Nederlandse uitstoot van broeikasgassen. Bij goed bodembeheer kan deze voorraad nog iets toenemen, bij slecht beheer zal deze hoeveelheid dalen en zal er netto CO₂ vrijkomen. Bij regelmatige aanvoer van organische stof naar bouwland (in de vorm van gewasresten, compost, mest en andere organische materiaal) zal de bodem meer koolstof bevatten. Er wordt gewerkt aan de ontwikkeling van systemen die boeren belonen voor het vastleggen van meer koolstof in de bodem. Dit vergt complexe en langdurige afspraken, omdat geborgd moet worden dat de koolstof ook echt langjarig in de bodem blijft opgeslagen. Eén verkeerde grondbewerking kan anders de opslag van jaren teniet doen. Volgens (Lesschen et al. 2021) leidt een 'realistische combinatie van maatregelen' tot een extra vastlegging van circa 0,60 – 0,65 ton CO₂ per hectare jaar. Dit zou gelden voor ongeveer 1,4 miljoen hectare landbouwgrond, waardoor er dus ruim 0,8 megaton CO₂ per jaar vastgelegd zou kunnen worden. In de *Handreiking voor de gebiedsprogramma's NPLG* is voor 2030 een doel opgenomen van een jaarlijkse opslag in landbouwbodems van 0,5 megaton CO₂ (LNV et al. 2022). In beleid en ook in de landbouwsector wordt soms verwacht dat koolstofopslag in de bodem een significante bijdrage aan boereninkomens kan zijn. Uitgaande van een (hoge) koolstofprijs van 200 euro per ton CO₂ zou het op grond van bovengenoemde uitgangspunten gaan om circa 120 euro per ha per jaar. Hiervoor moeten boeren ook kosten maken, waardoor de nettobijdrage aan het inkomen beperkt zal zijn.

Vanwege de grote onzekerheid van langdurige opslag van koolstof in de bodem is voor de trajecten een voorzichtige inschatting gemaakt van de bijdrage van koolstofopslag in landbouwbodems. In alle trajecten is uitgegaan van een jaarlijkse opslag van 0,7 megaton CO₂. Hierin is tevens het mogelijke effect van de (beperkte) daling van het graslandareaal in sommige trajecten verwerkt. Dit effect is onzeker, onder andere omdat het sterk vanaf hangt wat het nieuwe gebruik is (bouwland of bos), en ook of het om voormalige tijdelijk grasland gaat (met een lagere hoeveelheid koolstof) of om permanent grasland.

3.2.2 Gebruik van mest en kunstmest op landbouwgronden

De hoeveelheid stikstof die via mest en kunstmest aan bodems wordt toegediend bepaalt in belangrijke mate de omvang van de lachgasemissies. Deze paragraaf bespreekt de normen die gebruikt zijn voor het gebruik van dierlijke mest en kunstmest. Het aspect van de nationale mestmarkt en mestverwerking komt in paragraaf 3.2.6 aan bod.

In Nederland is het gebruik van dierlijke mest en van kunstmest wettelijk gereguleerd middels (mest)gebruiksnormen en fosfaat- en stikstofgebruiksnormen. Deze normen volgen deels direct uit de implementatie van de Nitraatrichtlijn, en meer indirect uit de Kaderrichtlijn water. Het doel van deze regulering is de verbetering van de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater. Tot 2023 maakte Nederland gebruik van de mogelijkheid tot derogatie van de Nitraatrichtlijn om op bedrijven met voornamelijk grasland meer stikstof via dierlijke mest toe te kunnen dienen (namelijk 250 kg per ha) dan de standaardnorm van 170 kg per ha. Vanwege overschrijdingen van normen voor

grond- en oppervlaktekwaliteit heeft de Europese Commissie in 2022 besloten om de derogatie niet verder te verlengen. Dit betekent dat de mestgebruiksnormen in de periode 2023-2026 geleidelijk verlaagd worden tot 170 kg per ha. Ook dienen de stikstofgebruiksnormen in zogeheten ‘nutriënten-verontreinigde gebieden’ 20 procent lager te zijn. Hierbij gaat het om de totale effectieve stikstofgift in de vorm van dierlijke mest en kunstmest. De regering heeft op advies van de Commissie Deskundigen Meststoffenwet (CDM) besloten om voor het jaar 2023 42 procent van het Nederlandse landbouwareaal aan te wijzen als nutriënten-verontreinigd gebied, vanwege problemen met hetzij de grondwaterkwaliteit, hetzij de oppervlaktewaterkwaliteit (LNV 2023a). Inmiddels is voor 2024 een groter areaal aangewezen (LNV 2023b).

Lichte aanscherping stikstofgebruiksnormen in trajecten

Omdat de gebruiksnormen voor dierlijke mest al in 2030 vrij scherp zijn wordt hierna geen verdere daling verwacht. Wel is zowel in 2030, als in de trajecten rekening gehouden met een iets lagere norm (165 in plaats van 170 kg N per hectare), omdat bufferstroken en landschapselementen niet bemest mogen worden. Het areaal hiervan telt als ‘landbouwgrond’. Verder is verondersteld dat bij extensief beheerde gronden de gebruiksnorm wordt verlaagd tot 120 kg stikstof per ha.

Er is verder verondersteld dat de stikstofgebruiksnormen in de trajecten wel worden aangescherpt. Deze aanscherping wordt in tabel 3.4 als percentage van de norm in 2023 uitgedrukt, omdat deze normen per gewas, en soms per grondsoort verschillen (RVO 2023). In het traject *Klimaat Basis* worden de stikstofgebruiksnormen enigszins aangescherpt (tabel 3.4), deels omdat het met precisiebemesting mogelijk is om nagenoeg dezelfde opbrengsten te realiseren, deels ook om de uitspoeling van stikstof (nitraat) verder te verminderen. Bij *Klimaat Plus* worden de normen iets verder aangescherpt, en in *Natuur & Klimaat* nog iets meer. In dit traject wordt meer opbrengstderving geaccepteerd om de uitspoeling verder te beperken. Tot slot wordt verwacht dat met name in de trajecten *Klimaat Plus* en *Natuur & Klimaat* het areaal vlinderbloemige akkerbouwgewassen toeneemt (zie paragraaf 3.1.1), evenals het areaal klavergrasland. Hierdoor is minder kunstmeststikstof nodig. Op gronden waar extensief beheer van toepassing is bedraagt de gebruiksnorm voor dierlijke mest 120 kg stikstof per ha en mag geen kunstmest worden gebruikt.

Tabel 3.4

Normen voor gebruik dierlijke mest en stikstofgebruiksnorm in 2030 en in de drie trajecten

	2030	2050 Klimaat Basis	2050 Klimaat Plus	2050 Natuur & Klimaat
Gebruiksnorm dierlijke mest (kg N per ha)	165	165	165	165
Idem, bij extensief beheer¹		120	120	120
Stikstofgebruiksnorm in percentage van huidige norm	100%	90%	80%	70%
Idem, in nutriënten-verontreinigde gebieden	80%	80%	70%	70%

¹ Gebruik van kunstmest is op deze gronden niet toegestaan

Gebruik van nitrificatieremmers

Nitrificatieremmers vertragen de omzetting van ammonium naar nitraat en voorkomen daarmee nitraatuitspoeling en lachgasemissies. Op dit moment zijn de nitrificatieremmers DCD, DMPP¹ en Triazol-3MP (Piadin) toegelaten in Nederland (Velthof & Rietra 2018). De werking van nitrificatieremmers is onder andere afhankelijk van het soort gebruikte (kunst)mest, de zuurgraad van de bodem en van weersomstandigheden zoals neerslag en temperatuur. De in veldstudies gemeten reducties lopen sterk uiteen, van ongeveer 20 tot 80 procent (Velthof & Rietra 2018).

Nitrificatieremmers worden in praktijk wel toegepast bij drijfmestbemesting in het vroege voorjaar (Folkersma & Rougoor 2021). Bij het gebruik van ammoniumhoudende meststoffen wordt toepassing van nitrificatieremmers geadviseerd om de stikstofbenutting en gewasopbrengst te verhogen (den Boer et al. 2011).

In dit rapport is uitgegaan van een reductie van 50 procent van de N₂O-emissies uit kunstmest- en drijfmestaanwending. Daarbij is verondersteld dat de toedieningsemissie van NH₃ bij gebruik van nitrificatieremmers met 8 procent zal toenemen (de Vries et al. 2023; Wu et al. 2021). Omdat het een reeds toegepaste maatregel is met voordelen voor de boer in de vorm van hogere opbrengsten zijn de veronderstelde implementatiegraden in *Klimaat Basis* en *Klimaat Plus* relatief hoog (tabel 3.5). Er ligt echter een mogelijke barrière bij de maatschappelijke acceptatie. Zo is in Nieuw Zeeland in 2011 DCD van de markt gehaald nadat residuen in melk waren ontdekt (Reisinger et al. 2018). Uit onderzoek in Duitsland en Nieuw Zeeland zijn nitrificatieremmers op grote schaal teruggevonden in oppervlaktewateren. Omdat de ecologische gevolgen hiervan nog onvoldoende zijn onderzocht (Schaffer & Schmid 2019) is in het traject *Natuur & Klimaat* verondersteld dat nitrificatieremmers niet worden toegepast.

Tabel 3.5

Toepassing van nitrificatieremmers in de drie trajecten, als percentage van de hoeveelheid mest en kunstmest (uitgedrukt in stikstof) waaraan remmers zijn toegevoegd.

Jaar	Klimaat Basis	Klimaat Plus	Natuur & Klimaat
2030	25%	35%	0%
2040 en 2050	50%	70%	0%

3.2.3 Omvang veestapel

De veehouderij is de grootste bron van broeikasgasemissies uit de Nederlandse landbouw (hoofdstuk 2). Dit betekent dat de omvang van de verschillende veehouderijsectoren, in combinatie met het effect van mogelijke technische maatregelen, grotendeels bepalend is voor de omvang van uitstoot van broeikasgassen. Een groot aantal factoren bepaalt de toekomstige omvang van de verschillende veehouderijsectoren, waaronder het landbouw- en milieubeleid. Ook het economische perspectief speelt uiteraard een belangrijke rol: de producten van de veehouderij moeten concurreren op de Europese en soms ook op de mondiale markt. Verder kan de vraag naar vlees en zuivel dalen, wat kan leiden tot een kleinere veehouderijsector.

¹ De volledige namen zijn dicyaandiamide (DCD) en dimethylpyrazolfosfaat (DMPP)

Komende tien tot twintig jaar mogelijk forse verkleining veestapel

In de jaren tot 2030 (mogelijk doorlopend tot 2035 of later) gaat er waarschijnlijk veel gebeuren wat betreft de omvang van de veehouderij in Nederland. Veel meer dan in de afgelopen twintig jaar. De bepalende krachten hierin zijn onder andere het stikstofbeleid en het vervallen van de derogatie van de nitraatrichtlijn. Door dit laatste mag er veel minder dierlijke mest worden toegediend (zie paragraaf 4.2.2). Het nationale mestplafond (uitgedrukt in stikstof en fosfaat) wordt in 2025 met circa 10 procent verlaagd, tot een maximale nationale mestproductie van 440 miljoen kg stikstof (LNV 2022b).

In het kader van het stikstofbeleid zijn er diverse rondes van bedrijfsbeëindigingsregelingen geweest, waardoor de veestapel afneemt. In 2023 zijn weer nieuwe regelingen gestart. Ook de uitwerking van het Nationaal Programma Landelijk gebied kan leiden tot verkleining van de veehouderij. In dit programma gaat het niet alleen om vermindering van de stikstofdepositie, maar ook om minder broeikasgasemissies en verbetering van waterkwaliteit en biodiversiteit. Voor de melkveehouderij is in een aantal gebieden extensivering een mogelijke optie, omdat dan de milieudruk in die gebieden specifiek daalt. De financiële haalbaarheid voor de melkveehouders hiervan is een belangrijke voorwaarde voor draagvlak en realisatie.

Uitwerking ontwikkeling veestapel in de drie trajecten

De drie trajecten zijn duidelijk verschillend wat betreft de veronderstelde ontwikkeling van de veestapel. In het traject *Klimaat Basis* (figuur 3.2) is aangenomen dat in 2030 vergeleken met 2021 het aantal stuks melkvee met 12 procent is gedaald. Dit is vooral het effect van opkoopregelingen, in combinatie het effect van het vervallen van de derogatie. Mogelijk is ook normering van het maximaal aantal grootvee-eenheden per hectare nodig om de omvang van de veestapel passend te maken met de mestafzetmogelijkheden. Voor varkens en pluimvee is een vergelijkbare daling verondersteld. Voor diersoorten als paarden, schapen en vleesvee is hierbij geen daling verondersteld. Na 2030 daalt de veestapel nog iets verder, resulterend in een totale daling ten opzichte van 2021 van circa 25 procent voor de meeste diersoorten in 2050. Voor melkvee is dit vertaald in een daling van de melkproductie met 25 procent vergeleken met de huidige omvang. Door de stijgende melkproductie per koe daalt het aantal melkkoeien met 35 procent vergeleken met 2021.

In *Klimaat Plus* is verondersteld dat de veestapel in (of rond) 2030 circa 17 procent kleiner is dan in 2021. Naast opkoopregelingen leidt ook normering van het maximaal aantal grootvee-eenheden per hectare tot deze daling. De norm zal dan strenger zijn dan in *Klimaat Basis*. Voor 2050 is verondersteld dat de melkveestapel ongeveer is gehalveerd en dat de melkproductie is afgenomen met 40 procent. Ook voor het aantal varkens is uitgegaan van een halvering. Bij pluimvee en vleeskalveren is een daling van 40 procent verondersteld en voor vleesvee, paarden, geiten en schapen 20 procent. Deze verdere daling in de periode 2030 – 2050 wordt bereikt door een combinatie voortdurende opkoopregelingen, afroming van dierrechten bij overdracht en vergoedingen voor extensivering.

De grootste daling in dieraantallen is verondersteld in *Natuur & Klimaat*. De daling in 2030 is vergelijkbaar met die van *Klimaat Plus*. In 2050 daalt de melkproductie tot 50 procent van het niveau in 2021, het aantal koeien daalt zelfs met 55 procent. Doordat het vee veel extensiever wordt gehouden, daalt het areaal grasland veel minder snel. Mogelijk produceert een aanzienlijk deel van de veestapel biologisch. Ook het aantal stuks pluimvee daalt met 50 procent, het aantal varkens met 60 procent. Voor vleesvee, paarden, geiten en schapen is een daling met 20 procent verondersteld in 2050.

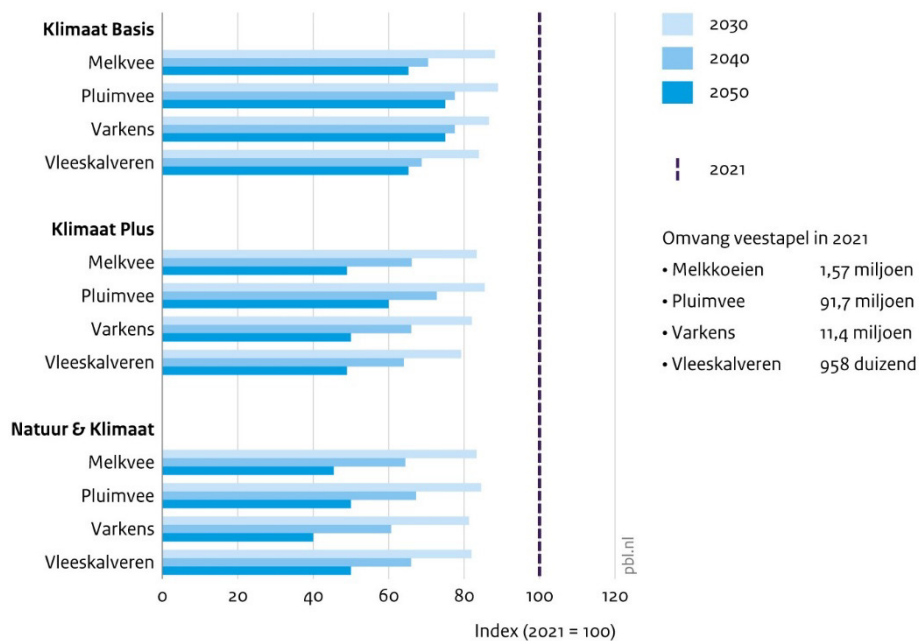
Voor pluimvee heeft een daling in dieren aantallen een beperkt effect op de broeikasgasemissies uit de Nederlandse landbouw. Vanwege het verwachte effect van het stikstofbeleid is ook voor deze sector een krimp verondersteld. Ook eisen rondom diergezondheid en dierenwelzijn leiden tot een krimp van de veestapel. Dit leidt tot hogere prijzen, waardoor bedrijven met een kleiner aantal dieren toch voldoende inkomen weten te realiseren.

Daling veestapel ingrijpend voor veehouders en toeleverende en afnemende bedrijven

De veronderstelde daling van de veestapel is uiteraard ingrijpend voor de betreffende veehouderijbedrijven, als ook voor de toeleverende en afnemende bedrijven, zoals de veevoerbedrijven en zuivelbedrijven. Uiteraard vergt dit een zorgvuldig proces, zoals dit nu reeds gestart is met de bedrijfsbeëindigingsregelingen en de gebiedsplannen in het kader van het NPLG. In een aantal sectoren kan het effect op de veehouderijbedrijven meevallen, wanneer de krimp in het aantal dieren gepaard gaat met meer aandacht (en betaling) voor beter dierenwelzijn. Dat leidt meestal tot een hogere toegevoegde waarde (en meer arbeid) per kg product. In de melkveehouderij kan een daling van dieren aantallen gepaard gaan met hogere betalingen voor publieke diensten, zoals voor agrarische natuur- en landschapsbeheer of betere waterkwaliteit. Dit vergt wel aanvullend beleid.

Figuur 3.2

Omvang veestapel



Bron: PBL

Stijging melkproductie per melkko

De afgelopen decennia is de melkproductie per koe gestaag gestegen. Ook voor de komende jaren wordt een stijging van de melkproductie per koe verwacht, van circa 0,6 procent per jaar (Vonk et al. 2023). In de trajecten *Klimaat Basis* en *Klimaat Plus* wordt deze stijging gevolgd, resulterend in een gemiddelde melkproductie per koe van circa 10.800 kg melk per koe per jaar. In het traject *Natuur & Klimaat* wordt een aanzienlijk lagere stijging van de melkproductie per koe verwacht, namelijk tot

circa 9.700 kg per koe in 2050. Dit is het gevolg van de keuze tot extensivering, minder krachtvoer en lagere bemestingsniveaus.

3.2.4 Vermindering methaanemissie uit pens- en darmfermentatie

Bij herkauwers is de pens een belangrijke bron van methaanemissie. Ook in de darmen van varkens wordt methaan gevormd, zij het in mindere mate. Enterische methaanemissie (door pens- en darmfermentatie) vormden in 2021 de helft van de totale uitstoot van methaan en lachgas uit de landbouw (exclusief glastuinbouw). Er wordt dan ook veel onderzoek verricht naar manieren om deze methaanemissie per dier of per eenheid product te verminderen. Als er weinig of geen zuurstof aanwezig is bij de vertering van organische stof, dan kunnen bepaalde bacteriën methaan produceren. De voornaamste aangrijpingspunten om methaanuitstoot te verminderen zijn (Kager et al. 2021; Vellinga & Groenestein 2023):

1. Aanpassing van de veevoersamenstelling,
2. Gebruik van bepaalde toevoegmiddelen aan veevoer,
3. Genetica: het selecteren van melkvee met een lagere methaanemissie per kg melk.

Deze maatregelen richten zich vooralsnog vooral op de melkveehouderij, en dan met name op melkkoeien. Hoewel melkkoeien de grootste bron van enterische methaanemissies zijn, waren in 2021 de overige diercategorieën gezamenlijk verantwoordelijk voor circa 34 procent hiervan. Jongvee was verantwoordelijk voor 13 procent, vleeskalveren voor 6 procent en vleesvarkens voor 5 procent.

Bij de aanpassing van de veevoersamenstelling is de verteerbaarheid van het rantsoen van belang. Hoe beter de verteerbaarheid, des te lager de methaanemissie. Vervanging van bijvoorbeeld kuilgras door andere, vooral energierijke producten, zorgt voor een betere verteerbaarheid. Een belangrijke beperking is dat veel van dit type substituties goed werken op het niveau van de individuele koe, maar dat deze minder effectief zijn op systeemniveau. Zo zou een vervanging van graskuilvoer door granen of snijmaïskuil kunnen leiden tot omzetting van grasland naar bouwland (met als gevolg een hogere CO₂-emissie uit landbouwbodems). De toepassing van bepaalde restproducten (zoals maisgluten) leidt tot minder emissie. De beschikbaarheid van deze restproducten is echter beperkt en het meeste wordt nu al als veevoer gebruikt. Ook aanpassingen in het graslandgebruik, zoals meer weiden of jonger maaien (jonger gras is beter verteerbaar) zijn soms lastig in de bedrijfsvoering in te passen. En ook deze maatregelen hebben nadelen, zoals lagere grasopbrengsten. Kager et al., 2021 noemen een potentiële reductie van 5 tot 15 procent van de emissie per koe via aanpassing van de rantsoensamenstelling. Gezien de bovengenoemde afwentelingen en beperkingen wordt in de praktijk een kleiner effect verwacht. Niet alle melkveehouders zullen de maximale potentiële reductie kunnen halen. Daarom wordt in de twee technologische trajecten een reductie van 5 procent verondersteld en in *Natuur & Klimaat* een reductie van 2 procent. In dit laatste traject is door het toepassen van meer weidegang minder goed te sturen op veevoersamenstelling.

Mogelijk fors vermindering methaanemissies door toevoegmiddelen

Toevoegmiddelen aan veevoer kunnen de methaanvorming door bacteriën beperken. Er zijn verschillende middelen in onderzoek, zoals oliën en nieuw ontwikkelde producten zoals 3-NOP (3-nitrooxypropanol, handelsnaam Bovaer). Dit laatste middel beperkt de omzetting van waterstof in methaan. Het middel is in 2021 door de EFSA goedgekeurd voor gebruik bij melkkoeien (Efsa Panel 2021). In Nederland zijn in 2022 praktijkproeven op enige honderden bedrijven gestart met het

gebruik van 3-NOP, waarvan nog geen data beschikbaar zijn. Het is dus nog niet zeker wat het effect van het middel onder Nederlandse praktijkomstandigheden op de methaanemissie is, en eventueel of er nadelen (of andere voordelen) zijn aan het gebruik van het middel. Er worden in de literatuur reductiepercentages genoemd tussen 20 en 25 procent per koe voor het effect van 3-NOP (Kager et al. 2021), soms tot 30 procent (Vellinga & Groenestein 2023). De vraag is echter of in de praktijk dergelijke reducties kunnen worden gerealiseerd. Zo worden de hoogste reductie gehaald bij een rantsoen met meer dan 70 procent maïs, terwijl in Nederland gras het voornaamste bestanddeel is. Ook zal de toepassing op bedrijven met veel weidegang beperkter kunnen zijn. Verder zullen naar verwachting biologische bedrijven het middel niet toepassen en leidt het middel tot hogere kosten; er wordt een bedrag genoemd van 1 cent per kg melk¹.

In de trajecten *Klimaat Basis* en *Klimaat Plus* is vanwege bovenstaande redenen voor het jaar 2050 gerekend met een inschatting van gemiddeld 20 procent reductie van de methaanemissie van melkkoeien. Dit zou bereikt kunnen worden wanneer 80 procent van de melkkoeien het middel krijgt, in combinatie met een reductie van de methaanemissie van 25 procent per koe waarbij het middel wordt toegepast. Het is echter mogelijk dat dit 3-NOP (of een vergelijkbaar middel) meer effect heeft. Ook kan de maatschappelijke acceptatie tegenvallen. Daarom is met een bandbreedte van het effect rekening gehouden, van 10 tot 30 procent. In *Natuur & Klimaat* is uitgegaan van een gemiddeld effect van 12 procent reductie van de methaanemissie van melkkoeien, opgebouwd uit toepassing bij 60 procent van de melkkoeien en een reductie van 20 procent.

Via genetische verbetering biedt mogelijk ook perspectief, maar kost tijd

Uit onderzoek is verder gebleken dat er koeien zijn die van nature minder methaan uitstoten. Er zijn dan ook mogelijkheden om via de fokkerij dieren te selecteren die per kg melk een lagere methaanemissie hebben. Genetische verbetering is een proces dat tijd kost; de verwachting is dat maximaal een vermindering van de methaanemissie per kg melk van 1 procent per jaar mogelijk is (Kager et al. 2021). Dit zou neerkomen op een vermindering van 30 procent tot 2050. Het is echter de vraag of de vermindering zo ver kan gaan, en of alle bedrijven dit toepassen. Daarom is een iets voorzichtigere inschatting gemaakt van het potentieel in 2050, namelijk van gemiddeld over de melkveestapel 10 procent in *Klimaat Basis* en *Klimaat Plus*, en van 5 procent in *Natuur & Klimaat*.

De effecten van de drie maatregelen (rantsoensamenstelling, toevoegmiddelen en genetische verbetering) zijn niet bij elkaar op te tellen, omdat deze op elkaar ingrijpen. Zo maakt een verminderde emissie door fokkerij het effect van een toevoegmiddel en rantsoenaanpassingen kleiner (Vellinga & Groenestein 2023). De reductie in *Klimaat Basis* in 2050 is dan niet $5 + 20 + 10$ procent (35 procent), maar $(1 - 0,95 * 0,8 * 0,9) = 32$ procent. Tabel 3.6 geeft een overzicht van de gehanteerde uitgangspunten voor melkkoeien. Voor jongvee en andere herkauwers (vleesvee, vleeskalveren en schapen) wordt geen verbetering verwacht.

¹ <https://melkvee10oplus.nl/management/bovaer-is-een-gamechanger-voor-de-melkveehouderij-en-voor-dsm/>

Tabel 3.6

Veronderstelde reductie totale methaanemissie melkkoeien van maatregelen ter vermindering methaanemissie door pensfermentatie in de drie trajecten

	2030	2050 Klimaat Basis	2050 Klimaat Plus	2050 Natuur & Klimaat
Rantsoensamenstelling	-1 tot - 2%	-5%	-5%	-2%
Toepassing toevoegmiddelen¹	- 8 tot 12,5% ¹	-20% -10 tot -30%	-20% -10 tot -30%	-12% -5 tot -18%
Genetische verbetering	-1%	-10% -5 tot -15%	-10% -5 tot -15%	-5% -2 tot -10%
Totaal effect	-10 tot -15% ²	-32%	-32%	- 18%
Bandbreedte		-23% tot -40%	-23% tot -40%	-12 tot -18%

¹Bij Natuur & Klimaat 8% en 12,5% bij Klimaat Basis en Klimaat Plus

² Natuur & Klimaat 10% en 15% bij Klimaat Basis en Klimaat Plus

3.2.5 Aanpassingen aan stallen en mestopslag

Methaanemissie uit mest is momenteel verantwoordelijk voor ruim 30 procent van de totale methaanemissie uit de veehouderij. Daarom is het zinvol om maatregelen te overwegen die emissies uit deze bron kunnen verminderen. Met uitzondering van een toename van mestvergistings (zie paragraaf 3.2) is er de afgelopen jaren weinig concreet gebeurd om de methaanemissie uit stallen te verminderen. Wel is er onderzoek verricht.

De eerste stap om de methaanemissie uit stallen te verminderen is het snel afvoeren van dierlijke mest. De methaanvorming in de mest gaat echter nog steeds door, dus de mest moet dan vervolgens óf opgeslagen worden in een gesloten opslag, of worden vergist of snel worden verwerkt. De mestopslag moet goed afgesloten zijn, wat niet het geval is bij roostervloeren in combinatie met een mestkelder. In de praktijk hebben nu veel stallen zulke mestkelders. Een separate mestopslag lijkt nu een betere oplossing. In zo'n opslag zal ook methaanvorming plaatsvinden, tenzij de mest sterk wordt gekoeld. Omdat koeling energie en geld kost, lijkt het afvangen van de lucht uit de opslagen gevolgd door oxidatie van de aanwezige methaan de meest logische route. Deze oxidatie kan door het verbranden van de lucht, of door deze door een (bio-)filter te voeren. Hiervoor zijn systemen in ontwikkeling, die echter nog niet breed worden toegepast.

Bij varkensstallen kan in theorie ook de stallucht worden gezuiverd, waarmee zowel methaan uit mest, als methaan afkomstig van darmfermentatie bij de dieren (deels) afgevangen kan worden. Dit is echter een dure oplossing, terwijl de grootste bron van methaanemissies (uit dierlijke mest) ook aangepakt kan worden door snelle verwijdering van de mest. Daarom is met deze mogelijkheid geen rekening gehouden. Gezien het open karakter van melkveestallen, is deze maatregel alleen mogelijk bij varkensstallen.

Reductie van methaan in een integraal emissiearm stalsysteem

Het snel afvoeren van dierlijke mest en opslaan in gesloten opslagen is dus vooral effectief in combinatie met mestvergistings, mestkoeling, of methaanoxidatie. Omdat ook de emissie van ammoniak in zulke systemen minder is, wordt er gesproken over integraal emissiearme stalsystemen. Een 'integraal emissiearme stalsysteem' is niet een specifiek type stal of techniek, het concept behelst dat op meerdere aspecten de stal aan bepaalde normen voldoet. Er wordt nu al verondersteld dat

in systemen met snelle mestafvoer, bijvoorbeeld naar een mestvergister, de methaanemissie uit de stal 50 procent lager is dan in reguliere stallen (van der Zee et al. 2021). Ten behoeve van deze studie is verondersteld dat als de mest naar een afgesloten opslag (dus niet naar de mestkelder) wordt afgevoerd dit nog wat frequenter gebeurt, minimaal dagelijks. Er is aangenomen dat de emissie in dat geval 30 procent bedraagt van die in een regulier stalsysteem. Dit is de bovenkant van de bandbreedte die (Kager et al. 2021) noemen (10 tot 30 procent resterende methaanemissie bij dagontmesting). Ook in de opslag komt nog methaan vrij uit de mest. Deze methaan dient geoxideerd te worden om te voorkomen dat deze alsnog in de atmosfeer komt. Afhankelijk van de toegepaste techniek kan 70 tot bijna 100 procent van de aanwezige methaan worden geoxideerd (Kager et al. 2021). In deze studie is uitgegaan van een effectiviteit van 80 procent, en zal dus 20 procent van de methaan alsnog in de atmosfeer komen. Ook bij zuivering van stallucht (in de varkenshouderij) wordt uitgegaan van een effectiviteit van 80 procent.

De methaanemissie van zo'n integraal emissiearm systeem zal dus 44 procent bedragen van een reguliere stal: 30 procent van de methaan komt alsnog vrij in de stal en van de bespaarde andere 70 procent emitteert alsnog 20 procent. Dit is dus een emissiereductie van 56 procent. De minimale eis in huidige onderzoeksprogramma's voor integraal emissiearme stallen is een reductie van 50 procent methaan per dier. De techniek kan beter uitpakken als de emissie uit de stal verder wordt teruggedrongen (bijvoorbeeld door snellere mestafvoer) of door betere oxidatie. Maar het is ook mogelijk dat het effect minder is dan hierboven is verondersteld: de biofilters zijn nog in ontwikkeling en veel hangt af van hoe zorgvuldig de mest bij praktijktoepassing uit de stal wordt verwijderd. Als bandbreedte wordt daarom een emissie aangehouden van de 30 tot 60 procent van de emissie uit een reguliere (hedendaagse) stal. Met alternatieve systemen zijn mogelijk vergelijkbare emissiereducties haalbaar, zoals met varkenstoiletten of wroetstallen (Aarnink et al. 2021). Deze systemen bevinden zich nu nog in de ontwikkelfase, of zijn te duur om breed toe te passen. In de toekomst worden deze systemen mogelijk wel vaker toegepast.

Snelheid implementatie en kosten integraal emissiearm stalsystemen

Het is goedkoper en effectiever om een integraal emissiearm-stalsysteem bij nieuwbouw toe te passen dan om achteraf aanpassingen te doen. Uitgaande van een gemiddelde economische levensduur van stallen en stalvloeren van 20 tot 30 jaar, wordt elk jaar 3 tot 5 procent vervangen. Dit betekent dat in 2050 alle stallen vervangen kunnen zijn. Het is echter de vraag of alle veehouders zo'n integraal emissiearm stalsysteem toe zullen passen: het is mogelijk dat dit voor kleinere, extensievere bedrijven minder aantrekkelijke systemen zijn. Ook voor biologische varkensbedrijven zijn zulke stalsystemen wellicht moeilijker toepasbaar en zullen emissiereducties lager zijn. Anderzijds komen er wellicht andere innovatieve systemen (zoals wroetstallen, of stallen met een varkenstoilet) die wel goed toepasbaar zijn.

Voor melkkoeien geldt dat bij nieuwbouw van een stal zonder mestkelder er geen of beperkte meerkosten zijn. Voor varkens kunnen de netto-kosten van een integraal emissiearme stal met snelle mestafvoer meevallen omdat door het verbeterde stalklimaat de dieren gezonder zijn.

Beleid nodig voor toepassing en effectief gebruik

Er zal regelgeving, subsidiëring of druk vanuit de keten nodig zijn om de toepassing van integraal emissiearme stalsystemen te stimuleren. Hoe eerder dit start, des te hoger zal het aandeel in 2050 kunnen zijn. Tegelijk zal goed nagegaan moeten worden of nieuwbouw of aanpassing van de stal op een bepaalde locatie logisch is, gezien de verwachting van verkleining van de veestapel. Verder is een goed gebruik en beheer van dit soort systemen noodzakelijk om in de praktijk de theoretisch

bereikbare emissiereductie ook echt te halen. Voor de trajecten *Klimaat Basis* en *Klimaat Plus* wordt aangenomen dat in 2050 90 procent van de stallen ‘integraal duurzaam’ zijn, met de hierboven beschreven emissiereducties (Tabel 3.7). In het traject *Natuur & Klimaat* wordt verondersteld dat er wat minder dieren in integraal duurzame stallen worden gehouden: 60 procent van het melkvee en ook 60 procent van de varkens. Dit omdat er meer scharrelvarkens zijn en kleinere melkveebedrijven.

Tabel 3.7

Verwachte ontwikkeling van integraal duurzame stallen¹. Genoemde percentages betreft het aantal dieren dat in een dergelijke stal wordt gehouden.

Diersoort	2020	2030	Klimaat Basis 2050	Klimaat Plus 2050	Natuur & Klimaat 2050
Melkveehouderij en varkenshouderij	Nog nauwelijks toegepast	10%	90%	90%	60%

¹ Voor beperking van de methaanemissie betekent dit meestal stallen met snelle mestafvoer, gevolgd door gesloten mestopslag en methaanoxidatie, of mestvergisting of mestverwerking.

3.2.6 Mestvergisting, mestverbranding en mestexport

Op dit moment wordt een aanzienlijk deel van de in Nederland geproduceerde verbrand of in verwerkte vorm geëxporteerd. Dit is noodzakelijk omdat niet alle mest binnen de geldende mestnormen kan worden geplaatst, waardoor er op nationaal een mestoverschot is. Ook wordt een deel van de mest vergist om hiermee biogas te produceren. Deze bewerkingen en verwerkingen van mest zijn om meerdere redenen relevant voor deze TVKN-studie. Via mestverbranding en -vergisting kan de energie uit mest worden omgezet naar elektriciteit, biogas of thermische energie. Bij mestvergisting wordt de mest meestal snel afgevoerd, waardoor de methaanemissie lager is (zie paragraaf 3.2.5). Bij mestbewerking kan ook juist meer methaan ontstaan.

Het doel van mestverwerking is het beperking van het volume door het vochtgehalte te verminderen. Ook moet de meeste mest vanwege het voorkómen van dierziekten gehygiëniseerd worden.

Grote energie-inhoud dierlijke mest, beperkingen voor benutting hiervan

De mest die door dieren wordt uitgescheiden bestaat voornamelijk uit de onverteerde voerresten. Deze bevat nog een aanzienlijke hoeveelheid organische stof. Bij sommige diersoorten (vooral bij pluimvee) bevat de mest ook strooiselresten. In totaal gaat het in Nederland jaarlijks om circa 5 megaton organische stof. Dit komt overeen met een energie-inhoud van globaal 90 petajoule. Dit komt overeen met circa 3 procent van het huidige Nederlandse energieverbruik.

In de praktijk is maar een beperkt deel van deze energie te winnen. Energie uit dierlijke mest kan worden omgezet naar bruikbare energie via mestvergisting of via mestverbranding. De verbranding van mest kan alleen bij droge mestsoorten, omdat er anders veel energie verloren gaat bij het drogen van de mest. Een nadeel van mestverbranding is verder dat voor de landbouw waardevolle stoffen verloren gaan, zoals organische stof en stikstof. Andere waardevolle stoffen, zoals fosfor en kalium, kunnen in principe na verbranding uit de asresten worden herwonnen en worden gebruikt om kunstmest te maken. Soms kent mest overigens ook andere hoogwaardige toepassingen, zoals het gebruik van kippen- en paardenmest voor de teelt van champignons.

Nattere mestsoorten (zoals de meeste varkens- en rundveemest) kunnen dus beter in een reactor worden vergist. Hierbij ontstaat biogas, een mengsel van methaan en CO₂. Dit biogas kan in een WKK-installatie worden verbrand, of worden opgewerkt tot groen gas. In de reactor wordt maar een beperkt deel (circa 20 tot 30 procent) van de organische stof omgezet in methaan, de rest blijft over als digestaat. Een deel van het ontstane methaan moet worden ingezet om de vergistingsinstallatie te verwarmen.

Mestverbranding

Op dit moment is de BioMassaCentrale (BMC) in Moerdijk de enige grootschalige installatie voor de verbranding van droge pluimveemest in Nederland. Van alle in Nederland geproduceerde pluimveemest wordt hier ongeveer 40 procent verbrand (Kennisplatform 2019), waarbij de warmte wordt gebruikt om stroom op te wekken. Jaarlijks wordt hier maximaal 450.000 ton mest verbrand met een geschatte energie-inhoud van circa 2 PJ, dus ongeveer 2 procent van de energie-inhoud van alle mest. Volgens de opgave van de BMC is de bruto stroomproductie 290 GWh. Dit komt overeen met ruim 1 PJ. Het belangrijkste motief voor de oprichting van de BMC was het ontlasten van de Nederlandse mestmarkt, waar sprake is van een groot mestoverschot. Voor de pluimveehouders die een contract hebben met de BMC is het een manier om tegen aanvaardbare en voorspelbare kosten van hun mest af te komen. De BMC ontvangt subsidie in het kader van de SDE+++regeling.

Mestvergisting

Mestvergisting kan zowel zorgen voor productie van biogas, als bijdragen aan vermindering van de methaanemissie uit stallen. De overheid stimuleert mestvergisting dan ook middels de SDE++-regeling. In 2020 werd 3 procent van de mest van de melkveehouderij vergist en 14 procent van de varkensmest (PBL 2022). Omdat varkensmest zelden op het eigen bedrijf wordt gebruikt, kan deze worden getransporteerd naar grotere, centrale vergistingsinstallaties. Bij veel rundveebedrijven is de schaal met alleen mest van het eigen bedrijf niet groot genoeg om een vergistingsinstallatie rendabel te maken. Omdat rundveebedrijven vaak een groter deel van hun mest kunnen inzetten op het eigen bedrijf, hoeft er minder mest afgevoerd te worden. Transport naar een centrale vergister zou veel geld en energie vragen.

De productie van biogas uit (mest)vergisting in de landbouw was in 2021 7,9 petajoule (PBL 2022). Hiervan werd 4,1 petajoule ingezet in WKK-installaties. In deze vergisters wordt echter niet alleen mest vergist, ook worden andere organische reststoffen toegevoegd. Dit zijn dus co-vergisters en geen mono-vergisters. Een berekening (zie hoofdstuk 4) laat zien dat slechts circa 1,3 van de 7,9 petajoule afkomstig is van dierlijke mest. De dierlijke mest die naar de vergisters gaat, bevatte van oorsprong circa 4 petajoule energie.

Slechts beperkt deel energie-inhoud mest wordt benut voor productie duurzame energie

Al met al wordt nu dus circa 2 petajoule uit pluimveemest en circa 4 petajoule uit varkens- en rundveemest ingezet voor energieopwekking, van de totaal beschikbare 90 petajoule. Hierbij wordt circa 2 petajoule aan groene stroom of biogas gegenereerd. Een aanzienlijk deel van de mest zou uiteindelijk voor energieopwekking gebruikt kunnen worden, al zijn er praktische en economische beperkingen. Zo is een deel weidemest, is sommige mest te nat of is inzameling of lokale vergisting te duur. Bovendien kan van de mest die wel wordt verbrand of vergist, slechts een van de energie-inhoud worden omgezet in bruikbare energie.

Mestvergisting en -verbranding in de trajecten

Voor 2030 is de veronderstelling uit de KEV (2022) overgenomen, waarin wordt verwacht dat bij varkensmest de omvang van mestvergisting tussen 2020 en 2030 toeneemt van 14 naar 47 procent van de geproduceerde mest (PBL 2022). Voor melkveemest is de verwachte stijging van 3 naar 5 procent van de in de stal geproduceerde mest. Ook is verondersteld dat de mest sneller wordt afgevoerd uit de stal naar de vergisters (zie ook paragraaf 3.2.5). Hierdoor neemt effectiviteit van de mestvergisting iets toe, zowel wat betreft het vermijden van methaanemissie als wat betreft de productie van biogas. Ook is verder aangenomen dat de lekverliezen uit vergisters iets omlaag gaan. Deze bedragen nu 4,3 procent van de methaanproductie. De veronderstelling is dat deze als gevolg van betere technieken en management dalen tot 2 procent in 2050. Na 2030 is in de trajecten verondersteld dat het aandeel vergiste mest verder groeit, zij het niet veel (tabel 3.8).

Voor de verbranding van pluimveemest is verondersteld dat deze tussen 2030 en 2040 in alle trajecten wordt afgebouwd. Er is enerzijds minder noodzaak, omdat het nationale mestoverschot daalt vanwege de kleinere veestapel. Anderzijds zal kunstmeststikstof duurder worden, omdat het lastiger is om deze zonder emissies te produceren. En mogelijk zal er ook meer behoefte zijn aan organische stof in de landbouw. Bij verbranding van pluimveemest verdwijnen zowel stikstof als organische stof uit de mest.

Tabel 3.8

Verwachte ontwikkeling mestvergisting en -verbranding in drie trajecten, als percentage van organische stof in stalrest. Getallen tussen haakjes geven bandbreedte in verwachting weer.

Mestsoort	2021	2030*	Klimaat Basis	Klimaat Plus	Natuur & Klimaat
			2050	2050	2050
Varkensmest	14%	47%	60% (50-70%)	60% (50-70%)	50% (40-60%)
Rundveemest	3%	5%	10% (5-20%)	15% (5-20%)	5% (2-10%)
Pluimveemest (verbranding)	Circa 40%	Circa 40%	geen	geen	geen

* volgens KEV raming

3.3 Benodigd beleid en inspanningen sector en ketenpartijen in trajecten

In de trajecten worden grote veranderingen in productie-omvang, landgebruik en landbouwpraktijken verondersteld. Dit zal grote gevolgen hebben voor een deel van de landbouwbedrijven in Nederland. Andere landbouwpraktijken, zoals management- en technische maatregelen gaan soms gepaard met extra kosten. Dit gaat uiteraard niet vanzelf, hiervoor zijn forse inspanningen nodig, zowel van de ondernemers zelf die dit betreft als van beleid en ketenpartijen.

Er is verondersteld dat de trajecten na 2025 uiteen gaan lopen, ook in bestuurlijke zin. In *Klimaat Basis* zijn het vooral de agrarische ondernemers zelf, in nauwe samenwerking met ketenpartijen, die het voortouw nemen in verdere verlaging van de emissies. In *Klimaat Plus* is het vooral de rijksoverheid die het initiatief, en middels een combinatie van regelgeving, vergoedingen en opkoop van bedrijven tot een vermindering van emissies komt. De EU-regelgeving speelt hierin ook een belangrijke rol. In *Natuur & Klimaat* zijn het vooral de gebieden, in combinatie met provincies en

gemeenten die een andere vorm van landbouw, voedselproductie en voedselconsumptie weten te realiseren. Dit wordt deels gefaciliteerd door de rijksoverheid.

Het bovenstaande wil overigens niet zeggen dat er geen andere aanpak mogelijk is die (ongeveer) tot een dezelfde structuur van de landbouw en inzet van maatregelen om emissies te beperken kan komen.

4 Resultaten trajecten sector Landbouw en Landgebruik

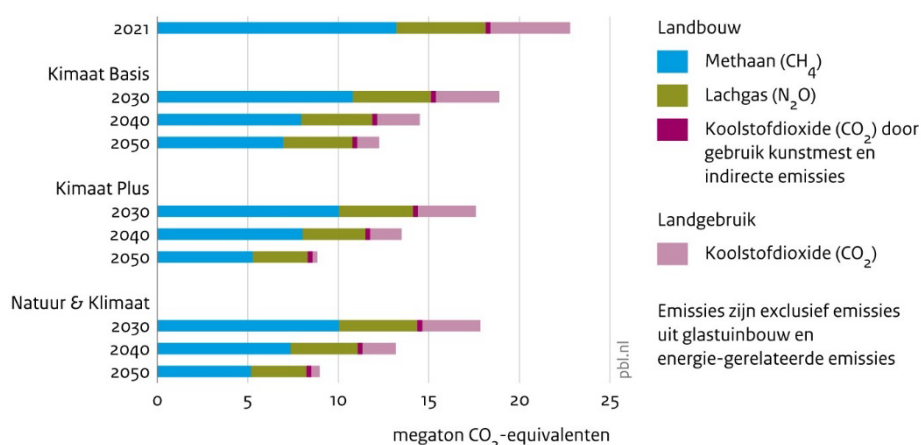
Dit hoofdstuk beschrijft de ontwikkeling van broeikasgasemissies voor sectoren *Landbouw en Landgebruik* in de drie trajecten voor de periode 2021-2050. Dit is dus exclusief de sector *Glastuinbouw*, deze sector wordt in hoofdstuk 6 besproken. Paragraaf 4.1 schetst het grote beeld voor de drie broeikasgassen samen. In de paragrafen 4.2 tot en met 4.4 worden de specifieke resultaten voor methaan, lachgas en kooldioxide besproken. Paragraaf 4.5 beschrijft de productie van biogas en paragraaf 4.6 de gevolgen voor de Nederlandse landbouwproductie. Tot slot beschrijft paragraaf 4.7 kort de gevolgen voor natuur en bosbouw.

4.1 Overzicht emissies landbouw en landgebruik

De totale emissie van broeikasgassen uit de sector *Landbouw* (exclusief *glastuinbouw*) daalt in de drie trajecten van circa 18,3 megaton CO₂-equivalenten in 2021 naar 11,0 megaton CO₂-equivalenten in 2050 in *Klimaat Basis*, naar 8,6 megaton in *Klimaat Plus* en naar 8,5 megaton in *Natuur & Klimaat* (figuur 4.1). Het grootste deel van de afname komt door de reductie in methaanemissies. De emissie van lachgas daalt minder sterk. De netto CO₂-emissies als gevolg van landgebruik dalen van 4,3 megaton CO₂-equivalenten per jaar in 2021 naar circa 1,2 megaton in 2050 in *Klimaat Basis*. In *Klimaat Plus* en in *Natuur & Klimaat* houden emissies en vastlegging bijna in evenwicht. De emissies bedragen 0,3 en 0,5 megaton CO₂-equivalenten per jaar. De daling is het gevolg van een aanmerkelijke verandering in het landgebruik, zoals die in de trajecten is verondersteld. Hierbij gaat het om aanleg van bossen, vernatting van veengronden en vastlegging van koolstof in landbouwgronden.

Figuur 4.1

Broeikasgasemissie door landbouw en landgebruik



Bron: Emissieregistratie, PBL

De broeikasgasemissies dalen al aanzienlijk tussen 2021 en 2030. Dit is het gevolg van de veronderstelde maatregelen, zoals verkleining van de veestapel, lagere mestnormen en een aantal technische maatregelen. Zoals eerder in dit rapport beschreven is de omvang van de emissies zoals berekend voor het jaar 2030 echter onzeker, omdat deze afhangt van het succes van maatregelen

die op relatief korte termijn genomen kunnen worden. In het kader van deze studie is daar geen onderzoek naar gedaan. Het zou dus goed zo kunnen zijn dat de berekende daling voor het jaar 2030 pas in de periode 2030 - 2035 wordt gerealiseerd. Het verschil tussen de trajecten is vooral zichtbaar na 2030. Dan dalen de emissies in *Klimaat Basis* minder dan die in *Klimaat Plus* en *Natuur & Klimaat*.

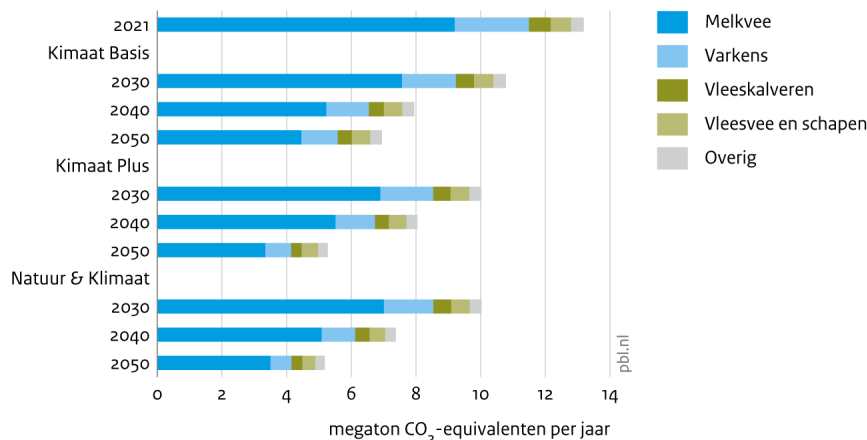
4.2 Emissie van methaan in de trajecten

Forse daling methaanemissie, vooral in melkveehouderij en varkenshouderij

De methaanemissie neemt tot 2050 fors af in de drie trajecten, namelijk van ruim 13 megaton CO₂-equivalenten in 2021, tot circa 7,0 in *Klimaat Basis*, 5,3 in *Klimaat Plus* en 5,2 megaton in *Natuur & Klimaat* (figuur 4.2). De procentuele daling is het sterkst bij de melkveehouderij en de varkenshouderij, met een daling van de emissie met ruim 50 procent in *Klimaat Basis* tot meer dan 60 procent in de andere twee trajecten. Bij schapen, vleesvee en overige diersoorten (zoals geiten en paarden) is de daling van de methaanemissie veel minder. Dit komt doordat voor deze diersoorten een kleinere krimp van de veestapel wordt verondersteld en evenmin technische maatregelen worden genomen. De melkveehouderij blijft in 2050 de grootste bron van methaanemissies, al daalt het aandeel in de methaanemissie uit de landbouw licht, namelijk van circa 70 procent in 2021 naar 63 tot 68 procent, afhankelijk van het traject.

Figuur 4.2

Methaanemissie per diersoort in drie trajecten



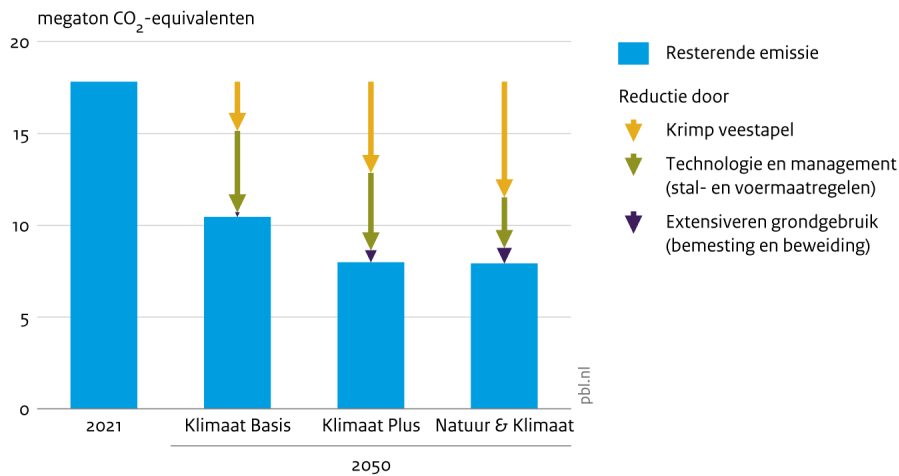
Bron: CBS, PBL

Bijdrage technische maatregelen en verkleining veestapel verschilt per traject

De daling van de methaanuitstoot in *Klimaat Basis* is voor circa twee derde te danken aan technische maatregelen in stallen, mestopslag en -verwerking en via veevoer en additieven, en voor ongeveer één derde aan het kleinere aantal dieren (figuur 4.3). In *Klimaat Plus* en vooral in *Natuur & Klimaat* is de vermindering van de emissie het gevolg van het kleinere aantal dieren.

Figuur 4.3

Broeikasgasemissie door landbouw



Bron: PBL

Optimistische en een pessimistische variant schelen ruim 1 megaton CO₂-equivalenten

Er is een beperkte gevoeligheidsanalyse gedaan voor het effect van veevoeradditieven en genetische verbetering op methaanreductie, omdat dit nog vrij nieuwe en onzekere technieken zijn. De uitgangspunten voor een optimistische en een pessimistische variant staan beschreven in paragraaf 3.2.4. In het traject *Klimaat Basis* resulteert een optimistische variant in een methaanemissie die bijna 0,5 megaton lager is dan de basisvariant, in de pessimistische variant is deze bijna 0,6 megaton CO₂-equivalenten hoger. In het traject *Natuur & Klimaat* schelen optimistisch en pessimistisch circa 0,3 megaton CO₂-equivalenten naar boven of naar beneden vergeleken met de basisvariant.

Effect van individuele maatregelen op methaanemissies

Om beter het effect te kunnen zien van individuele maatregelen, geeft tabel 4.1 per maatregel het effect op de methaanemissie.

Tabel 4.1

Methaanemissie per bron in 2021 en het effect van maatregelen conform de uitgangspunten van het traject *Klimaat Basis* (2050) om emissies te beperken, uitgaande van gelijkblijvende veestapel (dieraantallen 2021). Emissies in megaton CO₂-equivalenten.

	Omvang bron (2021)	Maatregel	Daling emissie	Resterende emissie
Pensfermentatie melkvee	7,3	Veevoeradditieven, aanpassing veevoer, fokkerij	2,5	4,7
Stallen melkveehouderij	1,9	Emissiearme stallen	1,1	0,9
Stallen varkenshouderij	1,8	Emissiearme stallen	0,8	1,0
Pluimvee	0,1	Geen	0,0	0,1
Pens- en darmfermentatie overige diersoorten	1,4	Geen	0,0	1,4
Stallen overige diersoorten	0,2	Geen	0,0	0,2
Totaal	13,2			8,7

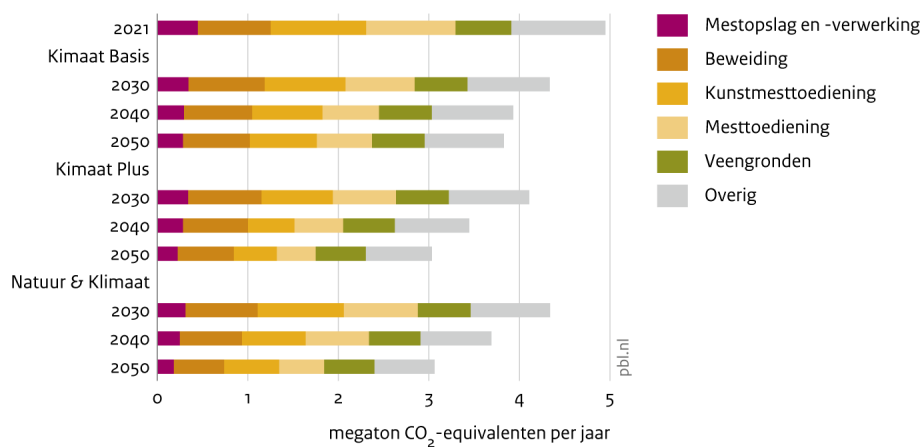
De data in de tabel zijn gebaseerd op constante dieraantallen conform het jaar 2021. Bij een kleiner aantal dieren zal het absolute effect (in megaton CO₂) uiteraard minder zijn. De grootste daling is bij de pens-emissies van melkvee, maar ook na maatregelen blijft dit de grootste bron. Verder valt op dat de emissies van de overige diersoorten (zoals schapen, vleesvee en paarden) met 1,6 megaton CO₂-equivalenten een aanzienlijk bron is. Omdat in trajecten geen technische maatregelen zijn verondersteld, en ook minder krimp, neemt de relatieve bijdrage van deze bron toe (zie ook figuur 4.2).

4.3 Emissie van lachgas in de trajecten

De emissie van lachgas daalt met ruim 1 megaton CO₂-equivalenten in het traject *Klimaat Basis* en met circa 2 megaton CO₂-equivalenten in de trajecten *Klimaat Plus* en *Natuur & Klimaat* (figuur 4.4). Deze daling komt deels doordat er minder mest en kunstmest wordt gebruikt (zie verderop in deze paragraaf) en deels door de toepassing van nitrificatieremmers in *Klimaat Plus* en *Klimaat Basis* (zie paragraaf 3.2.2). In het traject *Natuur & Klimaat* worden geen nitrificatieremmers toegepast. Hierdoor is de emissie iets hoger dan in *Klimaat Plus*. Het effect van de nitrificatieremmers bedraagt ongeveer 0,4 megaton CO₂-equivalenten. Door de daling van het areaal veengronden dat in cultuur is, daalt ook de emissie vanuit veengronden.

Figuur 4.4

Emissie van lachgas in drie trajecten



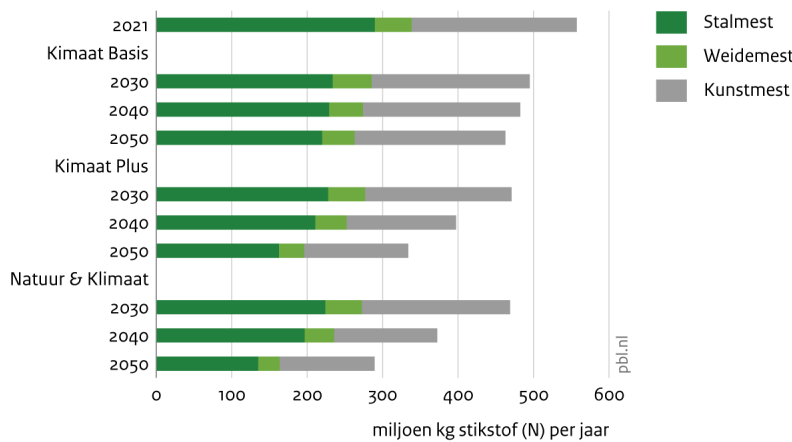
Bron: PBL

Lagere bemesting door aanscherping normen

Tussen 2020 en 2030 daalt de hoeveelheid stikstof die in de vorm van dierlijke mest mag worden toegediend sterk als gevolg van het vervallen van de derogatie voor melkveebedrijven in het kader van de Nitraatrichtlijn. Ook dalen de stikstofgebruiksnormen in een deel van Nederland (nutriënten-verontreinigde gebieden). Deze combinatie leidt tot een forse daling in alle trajecten van de toediening van dierlijke mest en kunstmest naar landbouwgronden (figuur 4.5). In *Klimaat Basis* verandert er niet veel meer na 2030. In *Klimaat Plus* en *Natuur & Klimaat* zet de daling van de aanvoer van stikstof voort. Dit komt deels door de verdere verkleining van de veestapel, de lagere stikstofgebruiksnormen, de teelt van vlinderbloemigen en de daling van het landbouwareaal.

Figuur 4.5

Toediening van stikstof via dierlijke mest en kunstmest in drie trajecten



Bron: PBL

In 2050 alle mest plaatsbaar in Nederland

In 2021 is er een mestoverschot, dat wil zeggen dat er meer mest wordt geproduceerd dan er binnen de gebruiksnormen kan worden toegediend in de landbouw. Zo wordt nu bijvoorbeeld de meeste pluimveemest buiten de Nederlandse landbouw afgezet, waarvan een deel wordt verbrand in een biomassacentrale (zie paragraaf 4.2.6). Ook wordt een aanzienlijk deel van de varkensmest in verwerkte vorm geëxporteerd. Het vervallen van de derogatie in 2026 leidt bij gelijke mestproductie tot een grote druk op de mestmarkt. In de trajecten is echter verondersteld dat ook de veestapel tussen 2021 en 2030 daalt, waardoor de druk op de mestmarkt licht afneemt. Het is echter de vraag of de afname van de veestapel al in 2026 bereikt is. Zo niet, dan moet er waarschijnlijk tijdelijk meer mest worden verwerkt en worden geëxporteerd. In 2050 kan in de drie trajecten alle mest binnen veronderstelde gebruiksnormen in de Nederlandse landbouw worden afgezet, zonder verbranding of export van mest.

4.4 Emissie en vastlegging sector Landgebruik

In de verschillende trajecten zijn maatregelen genomen die de vastlegging van koolstof in bodem en vegetatie verhogen of de emissie van CO₂ (vooral uit veenbodems) verminderen (Tabel 4.2).

Vermindering CO₂ emissie vooral door ander beheer veengronden en aanleg bossen

Deze maatregelen resulteren in een forse vermindering van de CO₂-emissie uit veengronden en een grotere vastlegging in bossen en landgebruik (Figuur 4.6). De netto-emissie daalt in *Klimaat Basis* van 4,3 megaton CO₂-equivalenten per jaar in 2021 naar circa 1,2 megaton in 2050. In *Klimaat Plus* en in *Natuur & Klimaat* houden emissies en vastlegging bijna in evenwicht. De emissies bedragen 0,3 en 0,5 megaton-equivalenten CO₂ per jaar. De vermindering van de emissie is vooral te danken aan de vernatting van veengronden, in combinatie met de aanleg van bossen. De emissies vanuit landbouwkundig gebruikte veengronden dalen van circa 2,5 megaton CO₂ per jaar naar 1,1 tot 1,5 megaton, afhankelijk van het traject. Daar zijn wel forse maatregelen voor nodig, zoals verhoging van de grondwaterstand, toepassing van waterinfiltratie en het uit cultuur nemen van gronden.

Tabel 4.2

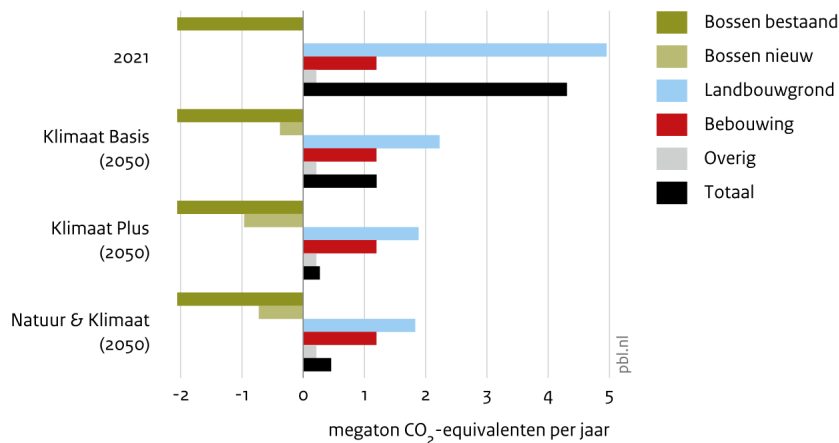
Maatregelen in de drie trajecten om emissie van CO₂ te verminderen, dan wel CO₂-vastlegging te bevorderen

Aspect	Klimaat Basis	Klimaat Plus	Natuur & Klimaat
Gebruik veengronden (voornaamste ingreep, voor details zie hoofdstuk 3)	Verhoging grondwaterpeil tot -40 cm, deels in combinatie met infiltratie	Verhoging grondwaterpeil tot -40 cm in combinatie met infiltratie, plus omzetting naar natuur	Verhoging grondwaterpeil tot -20 cm, plus omzetting naar natuur
Koolstofvastlegging in landbouwgronden	Extra aandacht, 0,7 Megaton CO ₂ -equivalenten CO ₂ vastlegging per jaar	Extra aandacht, 0,7 Megaton CO ₂ -equivalenten CO ₂ vastlegging per jaar	Extra aandacht, 0,7 Megaton CO ₂ -equivalenten CO ₂ vastlegging per jaar
Extra areaal bossen, en bomen buiten bos 2021-2050	38.500 ha bos en bomen buiten bos	98.000 ha bos en bomen buiten bos	98.000 ha bos en bomen buiten bos

De aanleg van bijna 100.000 hectare bos in *Natuur & Klimaat* en *Klimaat Plus* leidt naar verwachting rond 2050 tot een extra vastlegging van respectievelijk 0,7 en 1,0 megaton CO₂ per jaar. Dit is minder dan er in bestaande en recent aangelegde bossen wordt vastgelegd (circa 2 megaton CO₂ per jaar), maar dit betreft met circa 380.000 hectare ook een veel groter areaal. In *Klimaat Basis* is in 2050 de vastlegging in nieuwe bossen 0,4 megaton CO₂ per jaar.

Figuur 4.6

Netto-emissie en vastlegging van CO₂ via landgebruik en -veranderingen



Bron: PBL

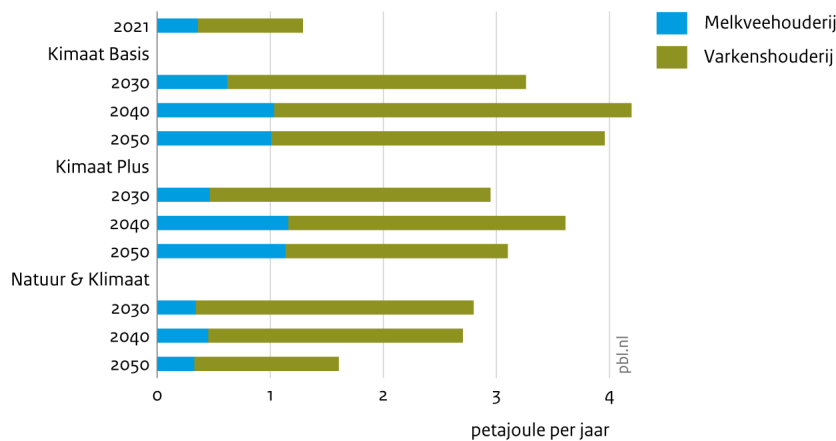
Ondanks alle maatregelen wordt landgebruik dus geen netto *sink*, zoals in veel andere landen het geval is. Dit komt doordat veengronden blijven emitteren, plus een emissie vanuit bouwland (dit betreft deels uitstoot door tijdelijk grasland) en nog emissie vanuit land dat voor stedelijke functies en infrastructuur wordt gebruikt. Wel dient aangetekend te worden dat de berekeningswijze van de CO₂-emissie uit landgebruik voor deze studie sterk is vereenvoudigd, en dat veel factoren in de berekeningen onzeker zijn. Voor een betere inschatting van de koolstofhuishouding is daarom nader onderzoek noodzakelijk, dat ook al deels in gang is gezet.

4.5 Productie biogas door mestvergisters

In alle trajecten neemt het aandeel van de varkens- en rundveemest dat wordt vergist tussen 2021 en 2050 toe, wat leidt tot een hogere productie van methaangas via vergisters. De productie is met 4,0 PJ het hoogst in *Klimaat Basis* en met ruim 1,8 PJ het laagst in *Natuur & Klimaat* (figuur 4.7). Om dit in perspectief te plaatsen: het totale aardgasgebruik in Nederland bedroeg in 2021 ruim 1250 PJ, een productie van 4 PJ is dus minder dan een half procent hiervan. Wel is er in *Klimaat Basis* sprake van een verviervoudiging van de productie van biogas op basis van dierlijke mest. Zoals in paragraaf 3.2.6. al is aangegeven is een groot deel van de huidige productie van biogas van circa 8 PJ uit vergisters op basis van de energie uit cosubstraat, en niet vanuit dierlijke mest. In de trajecten is uitgegaan van monomestvergisting. Verder speelt met name in de trajecten *Natuur & Klimaat* en *Klimaat Plus* de verkleining van de veestapel een rol: er is minder mest om te vergisten.

Figuur 4.7

Productie van biogas via mestvergisting in drie trajecten



Bron: PBL

5 Resultaten in perspectief

In het vorige hoofdstuk zijn de resultaten van de drie trajecten gepresenteerd. Dit hoofdstuk plaatst de resultaten in een breder perspectief. Paragraaf 5.1 gaat in op onzekerheden in de resultaten. In paragraaf 5.2 wordt globaal onderzocht wat er nodig zou zijn om wél klimaatneutraliteit te bereiken in de sectoren *Landbouw* en *Landgebruik* binnen Nederland. Paragraaf 5.3 gaat in op de vraag hoe een administratief instrument om te sturen op emissies op bedrijfsniveau eruit zou kunnen zien. De gevolgen voor biodiversiteit worden kort besproken in paragraaf 5.4. In paragraaf 5.5 worden de resultaten van deze studie vergeleken met die van eerdere studies. Paragraaf 5.6 beschrijft kort de mogelijke economische gevolgen van de trajecten. Tot slot wordt de benadering van emissies uit landbouw en landgebruik in paragraaf 5.7 in breder perspectief geplaatst.

5.1 Onzekerheden en gevoeligheidsanalyse

In deze studie zijn de effecten van de keuzes in de drie trajecten op de broeikasgasemissies zo goed mogelijk gekwantificeerd. Er zijn hierbij een aantal onzekerheden, die vooral te maken hebben met de aard van de emissies uit de landbouw. Deze emissie worden grotendeels veroorzaakt door natuurlijke processen uit een groot aantal bronnen, zoals uit dieren, mest en bodems. Deze processen zijn sterk afhankelijk van omgevingsfactoren die variëren in ruimte en tijd. Het daadwerkelijk meten van deze emissies op elke hectare en elk bedrijf is praktisch gezien niet mogelijk, daarom worden de emissies veelal berekend. De methodiek om broeikasgasemissies uit de landbouw te berekenen is nog steeds in beweging en wordt regelmatig verbeterd.

Daarnaast zijn er onzekerheden wat betreft het effect van bepaalde ingrepen om emissies te verminderen. Bij de onzekerheid in de absolute omvang van de emissies is er sprake van onzekerheden in gebruikte data en coëfficiënten, de zogenaamde monitoringonzekerheid (Vonk et al. 2023). De monitoringonzekerheid van de nationale methaanemissie wordt geschat op 9 procent, die van de nationale lachgasemissie 36 procent.

Een paar belangrijke onzekere factoren zijn:

- De omvang van de methaanemissie door pensfermentatie, en effecten van ingrepen om deze emissies te verminderen zoals het toepassen van veevoeradditieven. Dat is in deze studie deels ondervangen door ook de effecten van een optimistische en pessimistische variant van het effect van veevoeradditieven in beeld te brengen (paragraaf 4.2);
- De omvang van de lachgasemissies uit mest, kunstmest en landbouwbodems en het effect van maatregelen om deze emissie te beperken, zoals het gebruik van nitrificatieremmers;
- Emissie van CO₂ uit veengronden, zowel de omvang van de huidige emissie, als het effect van maatregelen om deze emissie te beperken;
- Vastlegging van CO₂ door de aanplant van bossen en overige bomen en in bodems (paragraaf 4.4).

Verder is er enige onzekerheid in de factoren (GWP, *global warming potential*) die worden gebruikt om de emissie van lachgas (N₂O) en methaan (CH₄) om te rekenen naar CO₂-equivalenten. In dit rapport zijn de factoren 28 voor methaan en 265 voor lachgas gebruikt, conform het vijfde assessmentrapport (AR5) van de IPCC. Dit zijn waarden gebaseerd op een opwarmingseffect gemiddeld over 100 jaar. In eerdere studies werden vaak waarden uit het vierde IPCC assessmentrapport (AR4) gebruikt, met een waarde van methaan van 25 en voor lachgas van 298. In het zesde IPCC assessmentrapport

(AR6) wordt een kleine bijstelling van deze waarden voorgesteld: naar 27,8 voor methaan en 273 voor lachgas.

Er is voor deze studie geen formele gevoeligheidsanalyse verricht. Uit de resultaten blijkt dat zowel in het uitgangsjaar (2021) als in de trajecten de methaanemissie door pensfermentatie een grote bron is. Binnen de pensfermentatie zijn de emissies uit de melkveehouderij overheersend. Dit betekent dat onzekerheden in deze bron een grote invloed hebben op het eindresultaat.

5.2 Een klimaatneutraal traject

In de drie onderzochte trajecten blijven de sectoren *Landbouw* en *Landgebruik* samen een aanzienlijke bron van broeikasgasemissies, met een uitstoot van ruim 8 tot bijna 12 megaton CO₂-equivalenten per jaar in 2050. In paragraaf 2.7 is gemotiveerd waarom mogelijkwerwijs de restemissies van de Nederlandse landbouw en landgebruik door andere sectoren binnen Nederland of elders binnen Europa gecompenseerd kunnen worden. Maar wat zou er globaal voor nodig zijn voor een gecombineerde klimaatneutrale landbouw- en landgebruikssector binnen Nederland?

Als uitgangspunt wordt hiervoor gekeken naar het traject *Klimaat Plus*. In dit traject bedraagt de uitstoot van methaan en lachgas uit de landbouw 8,1 megaton CO₂-equivalenten in 2050, en de netto emissie uit landgebruik 0,3 megaton CO₂. Stel dat de veestapel nog eens halveert (tot circa een kwart van de huidige omvang), en er nog wat meer technische maatregelen genomen worden, dan kan de uitstoot van methaan en lachgas wellicht worden teruggebracht tot ruim 4 megaton CO₂-equivalenten. Deze restemissie zou dan via landgebruik gecompenseerd moeten worden. In de landgebruikssector zouden aanvullende maatregelen moeten worden genomen om de emissies te reduceren (bijvoorbeeld door verdergaande vernatting van veengronden), en/of om de vastlegging van CO₂ in bossen te verhogen. Om de bovengenoemde uitstoot van methaan en lachgas (4 megaton CO₂-equivalenten) te compenseren via CO₂ vastlegging in bossen is circa 400.000 hectare bos extra nodig, bijna een kwart van het huidige Nederlandse landbouwareaal. Bovenstaande globale berekeningen geven aan dat een traject waarbij de sectoren *Landbouw* en *Landgebruik* gezamenlijk geheel klimaatneutraal zijn binnen Nederland mogelijk is, maar ook erg ingrijpend is. Bovendien is het de vraag of het uit Europees en mondiaal oogpunt verstandig is om zoveel vruchtbare landbouwgrond om te zetten in bos, afgezien van de landschappelijke gevolgen.

5.3 Kwantificeren broeikasgasemissies op bedrijfsniveau

Eén van de uitdagingen in de landbouw is het goed in beeld brengen van de broeikasgasemissies op bedrijfsniveau. Alleen dan kunnen boeren, ketenpartijen of de overheid bepalen in welke mate maatregelen die boeren nemen bijdragen aan de emissiereductie. Een directe meting van de uitstoot is bijzonder lastig. Dat geldt zowel voor methaanemissies, als ook voor lachgas en CO₂ (door landgebruik). Dat zou jaarrond vele metingen vergen, zowel in stallen als op percelen. Dit is anders dan bij CO₂-emissies gerelateerd aan gebruik van fossiele brandstoffen, die in het algemeen goed te bepalen zijn op basis van het energiegebruik.

Toch is er veel behoefte aan een goed instrument om de uitstoot (en eventuele vastlegging) op bedrijfsniveau te bepalen. In het concept-Landbouwakkoord is de wens uitgesproken om over te gaan tot doelsturing. Centraal hierin staat 'de invoering van een integrale set kritische prestatie indicatoren en een stoffenbalans, die afrekenbaar wordt' (Landbouwakkoord 2023). Doelen op nationaal of gebiedsniveau zouden dan vertaald kunnen worden naar bedrijfsniveau (Ros et al. 2023). Het verminderen van emissies zou bijvoorbeeld door normstelling kunnen, of door heffingen, of juist door

vergoedingen (Baayen et al. 2022). Dit laatste is mogelijk vooral aan de orde bij koolstofvastlegging. Zowel de overheid als het bedrijfsleven zouden gebruik kunnen maken van een dergelijk instrument.

De meest verfijnde manier om emissies op bedrijfsniveau te bepalen is door gebruik te maken van een veelheid aan bedrijfsspecifieke informatie. De benodigde data zijn onder te verdelen in de volgende groepen data (Vellinga & de Haan 2022):

- de structuur van het bedrijf (grondsoort, ontwatering, areaal land en hoeveelheid dieren);
- strategische en tactische data (zoals staltype en gewaskeuze, grondwaterstand)
- operationele managementkeuzes (rondom bemesting, beweiding, veevoer, frequentie van afvoer van mest, etc.).

Bij elkaar gaat het om honderden invoergegevens. Dit vergt dus heel veel administratie, zowel van boeren als van de overheid. Hiermee kunnen overigens niet alleen de emissies van broeikasgassen worden benaderd, maar ook die van bijvoorbeeld ammoniak en ook het stikstofoverschot op bedrijfsniveau. Voor stikstof werd een dergelijke benadering ook aangeraden door (Remkes 2022). Zonder deze bedrijfsspecifieke informatie hebben bedrijven veel minder opties om hun emissies te verminderen op een wijze die wordt erkend door overheid of ketenpartijen. Dan blijft bijvoorbeeld alleen sturing op dieraantallen of staltype mogelijk. Het is wel de vraag of de overheid in staat is om een dergelijk systeem binnen enkele jaren op te zetten en uit te voeren (PBL 2023c). Dit hangt ook af van de implicaties voor bedrijven. Als het eerder om stimulerende of regulerende heffingen of beloningen gaat, dan is dit eenvoudiger dan wanneer het om heffingen prohibitieve heffingen gaat, dan worden er veel meer eisen aan fraudebestendigheid en bewijslast gesteld (Vellinga & de Haan 2022).

Verder is het van belang dat bij het sturen op emissies op bedrijfsniveau er niet louter op emissies per kg product wordt gestuurd, omdat dit risico's met zich meebrengt voor andere opgaven en waarden, zoals biodiversiteit en dierenwelzijn. Zo zal sturing op emissie per melk tot andere keuzes leiden dan sturing op emissies per hectare. Ook kan worden gekozen om op meerdere indicatoren te sturen.

5.4 Biodiversiteit en bosbouw

De trajecten zullen naar verwachting leiden tot meer biodiversiteit in Nederland, omdat er een aanzienlijk areaal landbouwgrond in meer natuurlijk beheerd gebied (inclusief bos) wordt omgezet. Dit is vooral het geval in de trajecten *Klimaat Plus* en *Natuur & Klimaat*. Vooral in het traject *Natuur & Klimaat* neemt ook het areaal extensief beheerde landbouwgrond fors toe (paragraaf 3.2.1). Ook zal de veronderstelde groen-blauwe dooradering een positief effect hebben. Verder zullen ook de emissies van stikstof naar de lucht en naar grond- en oppervlaktewater zullen verminderen, hetgeen zal bijdragen aan herstel van biodiversiteit.

Door de uitbreiding van het bosareaal kan in theorie meer hout worden geproduceerd. Gezien de langzame groei van bossen zal het tot ruim na 2050 duren voordat er significante hoeveelheden hout uit bossen kunnen worden geoogst die in de periode 2025 – 2050 zijn gepland (zie (PBL 2024a).

5.5 Vergelijking met andere studies

De afgelopen jaren zijn er meerdere, deels vergelijkbare studies gepubliceerd. De studie die het meeste lijkt op de onderhavige studie zijn die van (Lesschen et al. 2023; Lesschen et al. 2020). Dit zijn de studies ‘Scenariostudie perspectief voor ontwikkelrichtingen Nederlandse landbouw in 2050’ en ‘Beleidsscenario’s voor klimaatmitigatie in landbouw en landgebruik : resultaten voor de AFOLU-sector in 2035’. In de eerste scenariostudie (2020) zijn vier scenario’s onderzocht voor landbouw en landgebruik in 2050. Hierbij zijn twee ontwikkelrichtingen voor de landbouw onderscheiden, namelijk ‘productiviteitgedreven’ versus ‘natuurinclusieve bedrijfsvoering’ en twee niveaus van milieudoelen. Het eerste niveau betekent striktere milieudoelen, met de vereiste van een klimaatneutrale landbouw- en landgebruikssector in Nederland. Het tweede niveau is minder strikt. Daarbinnen is nog een methaan- en lachgasemissie van 9 megaton CO₂-equivalenten toegestaan. Dat laatste niveau is dus redelijk vergelijkbaar met de restemissie in *Klimaat Plus* en *Natuur & Klimaat* uit deze studie. Lesschen et al. (2020) verlagen de emissies via vergelijkbare wegen als deze studie, namelijk via verkleining van de veestapel, management- en technische maatregelen en aanpassingen van landgebruik.

In Lesschen et al. (2020) wordt echter veel meer verwacht van technische oplossingen. Zo gaan zij uit van 40 procent reductie van methaanemissie uit pensfermentatie in de productiviteitgedreven scenario’s, in de natuurinclusieve scenario’s is dit 20 procent. In de onderhavige studie wordt uitgegaan van maximaal 32 procent reductie van methaanemissie uit pensfermentatie. Dit combineren zij bovendien met vergaande stalmaatregelen, zoals afvangen van methaan in ligboxen, of zelfs dichte stallen voor melkvee, met in totaal 75 procent reductie. Bij varkens gaan zij uit van 75 procent reductie van methaanemissies uit mest, in deze studie is dit maximaal 56 procent. Ook stijgt de productiviteit van de dieren sterk. Verder gaan zij uit van het gebruik van nitrificatieremmers in kunstmest en dierlijke mest, resulterend in 20 procent reductie van de lachgasemissies. Dit resulteert erin dat in het productiviteitgedreven scenario met een restemissie van methaan en lachgas van 9 megaton CO₂-equivalenten de milieudoelen gehaald kunnen worden zonder krimp van de veestapel. Er is ook geen extra bos nodig ter compensatie van de emissies. In de scenario’s waarbij landbouw en landgebruik klimaatneutraal moeten is wel 270.000 – 380.000 hectare bos nodig om aan de doelstelling te voldoen.

Qua aanpak, richting en orde van grootte is de studie van Lesschen et al. (2020) dus redelijk vergelijkbaar en zijn de verschillen in uitkomsten tussen beide studies goed verklaarbaar. Deze zijn vooral terug te voeren op een andere aannames van Lesschen et al. wat betreft technologische oplossingen om broeikasgasemissies te verminderen. De studie van Lesschen et al. (2020) is vooral te zien als een ‘wat-als’ studie, met een (zeer) optimistische inschatting van de potentie van technologische oplossingen, zowel wat betreft het effect op de emissies als de implementatie in de praktijk. Deze TVKN-studie (zie ook hoofdstukken 1 en 4) kiest een wat voorzigtigere benadering en gaat uit van ‘bewezen’ technieken en van een lagere implementatiegraad. Dit laatste vanwege de benodigde kosten en inspanningen voor bedrijven om de voorgestelde maatregelen te nemen.

In de recentere studie *Beleidsscenario’s voor klimaatmitigatie* hebben Lesschen et al. (2023) de effecten van een viertal scenario’s geanalyseerd, dit keer voor het jaar 2035. De scenario’s hebben een oplopende mate van overheidssturing, waarbij in het meest ambitieuze scenario (Scenario 4) ook een actieve rol van ketenpartijen en andere stakeholders wordt verondersteld. De veronderstelde krimp van de veehouderij voor 2035 komt redelijk overeen met die uit het traject *Klimaat Basis*. Wel is vooral de krimp in het aantal varkens bij Lesschen et al. fors hoger (43 versus 25 procent krimp ten opzichte van 2021). De aannames in Scenario 4 voor technische- en

managementmaatregelen in veehouderij en akkerbouw, evenals de bodemmaatregelen komen goed overeen. De berekende emissies (voor methaan, lachgas en CO₂ uit landgebruik) in Scenario 4 komen behoorlijk goed overeen met die van Klimaat Basis voor 2040 en 2050, al zijn er uiteraard verschillen.

Een andere relevante studie is de ‘Scenariostudie naar doelen en doelrealisatie in het kader van het Nationaal Programma Landelijk Gebied’ (Gies et al. 2023). In deze studie is niet alleen naar broeikasgasemissies gekeken, maar ook naar ammoniakemissies en waterkwaliteit. De studie is meer op de korte termijn (2030) gericht, waardoor bijvoorbeeld de mogelijke effecten van bepaalde landgebruiksveranderingen (groter areaal bos) niet zijn onderzocht. De studie beschouwt twee scenario’s, ‘gebiedsgericht’ en ‘generiek’. In beide scenario’s wordt 20 procent minder vee verondersteld, in combinatie met een aantal technische maatregelen, zoals toepassing van voeradditieven. Bij melkvee wordt in 2030 een verlaging met 15 procent van de emissie per dier door voeradditieven verondersteld. Dit effect is hoger dan wat in onze studie voor 2030 is verondersteld, maar wel in lijn met de aannames voor 2050. Ook is een snellere afvoer van dierlijke mest uit stallen verondersteld om methaanemissie te verminderen. De studie concludeert dat de beleidsdoelstelling voor 2030 (vermindering met 5 megaton CO₂-equivalenten) door een combinatie van deze maatregelen binnen bereik komt. Voor landgebruik concluderen Gies et al. dat de doelstellingen niet worden gehaald. Dit geldt zowel voor CO₂-emissiereductie in veengebieden en koolstofvastlegging in minerale bodems. De emissie uit veengronden nemen in de scenario’s namelijk af met 0,63 megaton CO₂, waar het doel 1 megaton CO₂ is.

Daarmee zijn de resultaten van de onderhavige studie goed in lijn met zowel die van Gies et al., (2023) als met die van Lesschen et al. (2023) en zijn de beperkte verschillen met beide studies en deze studie goed terug te voeren op het verschil in uitgangspunten.

5.6 Economische gevolgen

In deze studie is geen onderzoek gedaan naar de economische implicaties van de veronderstelde maatregelen, zoals de krimp in de veehouderijsectoren en aanpassingen in landgebruik. Deze implicaties zullen er niet alleen zijn voor primaire bedrijven, maar ook voor de toeleverende en verwerkende industrie. Ook zullen de trajecten gevolgen hebben voor de overheidsfinanciën. Dit laatste betreft zowel eenmalige kosten voor bijvoorbeeld bedrijfsbeëindiging en functieverandering van grond, als doorlopende kosten. Deze laatste kosten betreffen vooral de benodigde vergoeding voor agrarisch natuur- en landschapsbeheer, of voor het accepteren van de bepaalde nadelen (zoals een hogere grondwaterstand).

In de studie van Lesschen et al. (2023) zijn redelijk vergelijkbare scenario’s ontwikkeld. Daarin wordt een jaarlijks verlies van 800 miljoen euro (7,5 procent) aan toegevoegde waarde voor de primaire sectoren berekend vergeleken met hun referentiescenario. Voor de toeleverende en verwerkende industrie is het verlies groter. Dat loopt voor de veehouderijsectoren op tot 4 miljard euro per jaar, een verlies van 11 procent vergeleken met het referentiescenario. Voor de akkerbouw berekenen zij een verlies van 2 miljard per jaar in de toeleverende en verwerkende industrie. Echter, in tegenstelling tot de studie van Lesschen et al. veronderstelt deze studie een uitbreiding van de akkerbouw. Verder is het verlies van toegevoegde waarde waarschijnlijk niet blijvend. Mensen en kapitaal zullen andere sectoren opzoeken, waardoor het nationale welvaartsverlies na een termijn van 10 à 20 jaar veel kleiner zal zijn (Stolwijk et al. 2007).

5.7 Internationaal perspectief en effect aanpassing voedselconsumptie

Zoals eerder benoemd is deze studie gedaan binnen de context van de TVKN-studie. Deze studie is primair gericht op het tot netto nul reduceren van de broeikasgasemissies in 2050 op Nederlands grondgebied. Deze benadering kijkt dus alleen naar de emissies uit de landbouw en landgebruik op Nederlands grondgebied. Deze focus sluit ook aan bij verplichtingen die Nederland heeft in het kader van Europese wetgeving en ook bij de in VN-verband afgesproken monitoringssystematiek. Deze focus heeft echter ook beperkingen, waar deze paragraaf verder op in gaat. Verder gaat deze paragraaf kort in op de gevolgen voor voedselzekerheid en op de Europese context.

5.7.1 Beperkingen focus op nationale emissies

De focus op emissies vanaf het Nederlands grondgebied heeft de volgende drie belangrijkste beperkingen, die hierna verder worden uitgewerkt:

1. Indien de emissiereductie wordt bereikt door het verkleinen van de productie in Nederland (bijvoorbeeld verkleining van de veehouderij), dan bestaat het risico dat deze productie buiten Nederland toeneemt, met de bijbehorende emissies. De emissies worden daarmee slechts verplaatst en niet worden vermeden. Dit effect wordt het 'weglek'-effect of *carbon leakage* genoemd. Sommigen stellen zelfs dat de emissie dan mondiaal mogelijk toeneemt, omdat de veehouderij in Nederland efficiënter zou zijn dan elders.
2. De nationale statistieken laten niet alle inspanning van bedrijven zien. Een deel van de totale emissies van de veehouderij-ketens vindt buiten Nederland, vooral door de productie van veevoer en kunstmest. Indien de veehouderij maatregelen neemt om minder of ander veevoer te gebruiken, kan dit wel leiden tot een verlaging van de mondiale emissies, maar niet tot vermindering van de emissies in Nederland. Iets vergelijkbaars geldt voor de vermindering van het gebruik van kunstmest.
3. De nationale statistieken laten niet de gevolgen van consumptieveranderingen zien. Indien in Nederland de consumptie van vlees- en zuivel daalt, maar de productie niet dan zullen de emissies in Nederland niet afnemen, terwijl dit mondiaal waarschijnlijk wel het geval is. Hetzelfde geldt voor vermindering van de voedselverspilling.

Hoe groot is het risico op 'weglekken' van emissiereductie bij verkleining van de veestapel?

Zal de veestapel buiten Nederland groeien als deze in Nederland wordt verkleind? Het antwoord op deze vraag hangt van veel factoren af. Indien de Europese vraag naar vlees en zuivel in gelijke mate daalt dan zal er geen of minder groei buiten Nederland plaatsvinden. Verder hebben alle EU-lidstaten de verplichting om de emissies te reduceren. Een groei van de veestapel elders zal daardoor lastiger zijn. Ook in landen buiten de EU wordt klimaatbeleid gevoerd. Zo heeft bijvoorbeeld Nieuw-Zeeland (een belangrijke zuivelexporteur) ook beleid om de emissies uit de melkveehouderij te verminderen. Er is dus wel een risico op het weglekken van emissies, maar het is niet zo dat dit per definitie zo is. Overigens is hier ook een verschil tussen broeikasgassen en stikstof. Bij broeikasgassen maakt de locatie niet uit, bij stikstof wel. Als de veehouderij wordt verplaatst naar een regio met minder kwetsbare natuur, of naar een regio met momenteel weinig vee dan kan dit uit oogpunt van stikstof zinvol zijn. Als dit akkerbouwgebieden betreft dan zouden voer-mestkringlopen ook beter op lokale schaal gesloten kunnen worden (van Grinsven et al. 2018).

Nederlandse veehouderij niet efficiënter dan veehouderij elders in Europa

Regelmatig komt het argument terug dat de Nederlandse landbouw erg efficiënt is, en dat vermindering van de productie in Nederland alleen tot verschuiving van de milieudruk naar buiten Nederland leidt en mogelijk zelfs tot vergroting van de mondiale milieudruk. Uit onderzoek blijkt echter dat de Nederlandse veehouderij niet of nauwelijks efficiënter of schoner is dan die in andere Europese landen (Kuling et al. 2018; PBL 2018; van Grinsven et al. 2019). Dit is ook verklaarbaar aangezien vooral bij de intensieve veehouderij de milieueffecten grotendeels worden bepaald door de voederconversie. Dit is de efficiëntie waarmee voer in productie of gewichtstoename wordt omgezet. Aangezien veevoer een aanzienlijke kostenpost is, zullen bedrijven met een slechte voederconversie het economisch afleggen tegen beter presterende bedrijven. Daarom zijn er bij de varkens- en pluimveehouderij geen grote verschillen tussen bedrijven te verwachten. Uit internationale vergelijkingen blijkt ook dat de verschillen klein zijn (Hoste 2017). Bij stoffen waar in Nederland specifieke maatregelen voor worden getroffen (zoals bij ammoniak) scoort de Nederlandse veehouderij wel beter (Kuling et al. 2018). Er zijn overigens meer landen die claimen de productie te hebben met de laagste emissie per eenheid, zoals bijvoorbeeld Nieuw-Zeeland voor melk¹.

Nationale statistieken laten niet alle inspanningen van bedrijven zien

De productie van vlees en zuivel vindt in ketens plaats, waarbij niet alleen emissies op de veehouderijen optreden. Vooral op de locaties waar het veevoer wordt verbouwd treden er ook emissies op. In de melkveehouderij vindt naar schatting circa 20 procent van emissies nu buiten Nederland plaats, bij de varkenshouderij is dit circa 40 procent (Mostert, J. & Draijer, 2023a, b). Wanneer Nederlandse veehouderijbedrijven maatregelen treffen om efficiënter te voeren, of om minder belastende grondstoffen te gebruiken, worden deze uitstoot in het buitenland gereduceerd. Dit wordt echter niet zichtbaar in de Nederlandse statistieken en dus dragen deze inspanningen niet bij aan het bereiken van nationale of sectorale reductiedoelen. Overigens is het hierbij niet altijd zeker dat de verwachte mondiale emissiereductie ook daadwerkelijk wordt gerealiseerd. Zo zouden de meer belastende grondstoffen (zoals soja uit gebieden met ontbossing) in andere landen kunnen worden gebruikt, waardoor de mondiale emissies niet dalen. Bij daling van de emissie in Nederland (bijvoorbeeld door stalaanpassingen) is er meer zekerheid dat zowel de nationale als de mondiale emissies inderdaad afnemen.

Verlaging emissies per eenheid positief, tenzij er afruilen zijn

Een vermindering van de uitstoot per kg geproduceerd product (de emissie-intensiteit) leidt in principe zowel nationaal als leidt tot vermindering van emissies. Hierbij valt te denken aan veel van de maatregelen zoals beschreven in hoofdstuk 3, zoals aanpassing van stallen, veevoer en precisiebestemming. Deze maatregelen zijn dus zinvol, mits zij geen andere negatieve gevolgen te hebben zoals verminderd dierenwelzijn of het gebruik van toxische stoffen.

Effecten van verschuiving consumptie en minder voedselverspilling

Een derde beperking van de focus op nationale emissiestatistieken is dat het effect van een lagere consumptie van vlees en zuivel op broeikasgasemissies evenmin duidelijk te zien is in de nationale statistieken. De Nederlandse overheid heeft een doel geformuleerd voor een verschuiving naar een meer plantaardig eetpatroon, namelijk van nu 60 procent dierlijk en 40 procent plantaardig (uitgedrukt als eiwitconsumptie) naar 50 – 50 procent in 2030 (LNV 2022c). Ook supermarkten hebben

¹ <https://www.dairynz.co.nz/environment/climate/on-farm-emissions/>

doelen geformuleerd (zie paragraaf 2.2). Een lagere nationale consumptie zal, indien de dierlijke productie in Nederland niet wordt aangepast naar verwachting leiden tot een hogere export van dierlijke producten (of kleinere import). Alleen wanneer er een duidelijke koppeling kan worden gelegd tussen afname van productie en consumptie van dierlijke producten is dit zichtbaar in de nationale emissiestatistieken.

5.7.2 Effect daling productie op voedselzekerheid en kwetsbaarheid

Effect op voedselzekerheid: betekent krimp productieverlies op Europees of mondiaal niveau?

Een argument dat vaak wordt genoemd om de agrarische productie in Nederland niet te verminderen is het effect op de mondiale voedselproductie en daarmee (mogelijk) op 'voedselzekerheid'. Voedselzekerheid is een complex begrip, waarbij het niet alleen gaat om de beschikbaarheid van voedsel, maar ook om de prijs en betaalbaarheid ervan. Het is daarom lastig om iets te zeggen over het effect van minder productie in Nederland op voedselzekerheid. Het is makkelijker om iets te zeggen over het effect op de mondiale productie.

Of de Europese (of mondiale) productie daalt bij een krimp van de productie in Nederland hangt erg af van de sector waarom het gaat. De Nederlandse niet-grondgebonden veehouderij (vooral de varkens- en pluimveehouderij) is niet plaatsgebonden: het veevoer komt voornamelijk uit het buitenland, en de mest wordt voor een groot deel geëxporteerd. Een verplaatsing van de productie naar elders in Europa hoeft daarom niet tot productieverlies op Europees niveau te leiden. Het veevoer kan elders in Europa worden gebruikt voor eenzelfde productie.

Bij de melkveehouderij ligt dit anders. De melkproductie is voor een aanzienlijk deel gebaseerd op gras- en maïslaan en daarnaast op de import van veevoer. Een verkleining van het Nederlandse graslandareaal (of verlaging van de productiviteit ervan) en de bijbehorende melkproductie kan op Europese schaal leiden tot een lagere melkproductie. Tegelijkertijd gebruikt de melkveehouderij veel land. Bij verkleining van de melkveehouderij zouden op dit land ook voedselgewassen geteeld kunnen worden. Ook is bij een kleinere melkveestapel minder import van veevoer (granen en soja) nodig.

Voor de akkerbouw geldt dat er in de geanalyseerde trajecten iets meer ruimte op bouwland komt voor de teelt van andere gewassen. Vanwege de verkleining van de melkveehouderij daalt het areaal maïs en (tijdelijk) grasland, en neemt het areaal akkerbouw enigszins toe (paragraaf 4.6). Op deze wijze kan de Europese en mondiale productie van bijvoorbeeld granen iets toenemen. Hierbij speelt ook mee dat de gewasopbrengsten in Nederland hoog zijn, en dat hier veel hoogwaardige producten worden geproduceerd, zoals poot- en consumptieaardappelen, uien en andere groenten en uitgangsmaterialen.

5.7.3 Europese context

Europese afstemming van belang

Een Europese afstemming over de aanpak is om meerdere redenen van belang. Het blijkt erg ingrijpend te zijn om de sectoren *Landbouw en Landgebruik* binnen Nederland klimaatneutraal te maken. Op Europees niveau lijkt een klimaatneutrale sector wel mogelijk. Nederland zou met de Europese Commissie en met andere lidstaten afspraken kunnen maken over een verdeling van de inspanningen binnen de gecombineerde sectoren *Landbouw en Landgebruik* (de AFOLU-sector).

De huidige vrijheid die lidstaten nu hebben binnen de 'Effort sharing regulation' om de emissiereductie over verschillende sectoren te verdelen kan ertoe leiden dat de landbouwsector per lidstaat uiteenlopende doelen krijgt. Dit kan gevolgen hebben voor de concurrentiepositie voor de landbouw. Een meer uniforme benadering van de landbouwsector zou dit kunnen voorkomen. Ook zou het GLB en mogelijk ook andere EU-instrumenten effectiever dan nu gebruikt kunnen worden om emissies te reduceren. Het GLB is nu vooral gericht op landgebruik (onder ander via de eco-regeling) en niet op maatregelen in de veehouderij. Tot slot zou kennisuitwisseling tussen lidstaten over hoe emissies kunnen worden verminderd en met welke instrumenten verbeterd kunnen worden.

6 Sector Glastuinbouw

6.1 Inleiding en context

De Nederlandse glastuinbouw produceert voornamelijk groenten en sierteeltproducten. De sector heeft een aanzienlijke economische betekenis. De sector glastuinbouw kent zowel een aanzienlijke toegevoegde waarde aan de Nederlandse economie als een aanzienlijke werkgelegenheid. Afhankelijk van de gehanteerde definities is de glastuinbouw de grootste sector binnen de land- en tuinbouw: de toegevoegde waarde is ongeveer 9,2 miljard euro in 2021 (oftewel ongeveer 1,1 procent van bruto binnenland product) en de werkgelegenheid is 89.000 arbeidsjaren oftewel 1,1 procent van de nationale werkgelegenheid (WEcR 2024). Ook de exportwaarde van de glastuinbouw is aanzienlijk. Circa 85 procent van de toegevoegde waarde van de glastuinbouw hangt samen met de export van groenten en sierteeltproducten (WEcR 2024). In termen van areaal is de omvang van de Nederlandse glastuinbouw zeer beperkt (circa 10.500 hectare), zeker in vergelijking met 1,8 miljoen hectare cultuurgrond voor de gehele land- en tuinbouw.

Binnen de Europese Unie heeft Nederland de derde positie qua areaal bedekte teelten. Spanje heeft met meer dan 42.000 hectare het grootste areaal, gevolgd door Italië met circa 28.000 hectare. Frankrijk is met 10.300 hectare zeer vergelijkbaar met Nederland (Eurostat 2024). Veel areaal, zowel binnen als buiten de EU, zijn plasticfolie kassen. Er is een groot verschil tussen bedekte teelten in het algemeen en kassen, zoals deze bekend zijn in de Nederlandse glastuinbouw. Kassen in de glastuinbouw zijn (veelal) klimaat gestuurd, (technologisch) geavanceerder en goed toegankelijk voor het personeel om de benodigde activiteiten uit te voeren. Dit komt de fysieke opbrengst van de teelt ten goede. Maar dergelijke kassen zijn ook veel kapitaalintensiever dan kassen van plasticfolie. Concurrentie in de glastuinbouw blijft niet beperkt tot de EU, zo wordt er bijvoorbeeld meer en meer concurrentie van Marokkaanse tuinbouwproducten ondervonden in Europa (Rabobank 2021).

6.2 Glastuinbouw in Nederland

De Nederlandse glastuinbouw wordt als sector uitgesplitst in drie hoofdteelten. De grootste teelt is die van glasgroenten (circa 5750 hectare in 2022), waarvan de tomatenteelt het grootste oppervlak inneemt (CBS 2024b). Een belangrijke trend binnen dit segment is de toename van het glastuinbouwareaal over de afgelopen 20 jaren, waarbij zowel tomaten (1820 hectare in 2022), alsook paprika's (1650 hectare in 2022) en aardbeien (570 hectare in 2022) aanzienlijke groei in teeltoppervlak laten zien. De teelt van komkommer (620 hectare in 2022) kent een vrij stabiel areaal gedurende deze periode (CBS 2024b).

De tweede hoofdteelt is die van snijbloemen (circa 1960 hectare in 2022). Een belangrijke trend voor dit segment is dat er grofweg een halvering in het glastuinbouwareaal heeft plaatsgevonden over de afgelopen 20 jaren. De rozenteelt laat veruit de grootste daling zien over deze periode, hoewel ook veel andere teelten van snijbloemen een aanzienlijke daling laten zien. Een belangrijke verklaring is toenemende internationale concurrentie uit onder andere Afrika (Rabobank 2022). Gemeten in areaal is momenteel de chrysantenteelt het grootste segment in Nederland (ongeveer 500 hectare in 2022). De rest van het areaal is verdeeld over een breed spectrum aan snijbloemteelten (CBS 2024b).

De derde hoofdteelt vormt de teelt van potplanten (circa 1700 hectare in 2022) en perkplanten (circa 270 hectare in 2022). De teelt van potplanten is verdeeld over 'bladplanten' en 'potplanten voor de bloei'. Laatstgenoemde teelt heeft een sterke toename qua areaal laten zien over de afgelopen 20 jaren. Onder de streep blijkt dat er rond het jaar 2000 de glastuinbouw een totaal teeltoppervlak van ca 10.500 hectare had en dit areaal is grofweg hetzelfde met 10.640 hectare in 2022 (CBS 2024b).

Ondanks het relatief beperkte oppervlak van de Nederlandse glastuinbouw, in verhouding tot het oppervlak van andere sectoren in de land- en tuinbouw, heeft deze activiteit wel een aanzienlijke impact op de leefomgeving en het klimaat. Door de sterke concentratie van de glastuinbouw in clusters (zoals het Westland) ontstaat er druk op het ruimtegebruik, met name door de behoefte aan uitbreiding van de gebouwde omgeving. Deels wordt hiervoor een oplossing gezocht door spreiding naar regio's buiten de randstad, zoals Agriport in Noord-Holland. In de afgelopen decennia zijn er meerdere van dergelijke nieuwe glastuinbouwclusters ontstaan in Nederland.

Qua energieverbruik en broeikasgasemissies heeft de Nederlandse glastuinbouw een aanzienlijke impact. De productie in de kassen ligt op een hoog niveau, zowel qua kwaliteit als kwantiteit, maar vereist veel warmte en licht. Het gasverbruik van de Nederlandse glastuinbouw is voor 2021 vastgesteld op 3,9 miljard m³ aardgas (CBS 2023a). Omgerekend is dat circa 123 petajoule aardgas en dat is ruwweg 10 procent van het huidige, totale Nederlandse aardgasverbruik. Daarnaast kent deze sector een aanzienlijk elektriciteitsverbruik voor met name assimilatiebelichting, maar ook voor andere activiteiten op het bedrijf, zoals koeling en mechanisatie. Overigens is het aardgasverbruik in 2022 aanzienlijk gedaald. Door de sterke stijging van de aardgasprijs is er zeer sterk bespaard op het energieverbruik in de glastuinbouw. Deels was dit door toepassing van andere teeltstrategieën en deels door het leeg houden van delen van kassen. Naast het energieverbruik en aspecten ten aanzien van ruimtelijke ordening, is er eveneens aandacht voor wateropvang en -berging bij neerslag op kassen om wateroverlast te voorkomen, de verwerking van het afvalwater, voorkomen van lichtvervuiling en reductie van het gebruik van pesticiden binnen de glastuinbouw.

De statistieken ten aanzien van het aardgasverbruik in de landbouwsector en broeikasgasemissies van de glastuinbouw zijn weergegeven in tabel 6.1 en laat zien dat het grootste deel van het gas wordt verbruikt via warmtekrachtkoppeling (WKK)-installaties. Het (elektrisch) vermogen van het park aan WKK-installaties in de land- en tuinbouw is in de periode 2000 tot en met 2010 sterk gestegen van bijna 1000 MW naar ruim 3000 MW (zie tabel 6.1). Deze installaties bestaan voornamelijk uit aardgasmotoren. Voornoemde groei is zichtbaar in de inzet van aardgas in WKK. Het opgesteld vermogen is sindsdien enigszins afgenomen tot circa 2800 à 2900 MW (elektrisch) vermogen in 2020 geleverd door circa 2300 installaties. Het laat daarna een lichte toename zien. Het overgrote deel van dit WKK-vermogen staat opgesteld in de glastuinbouw.

Tabel 6.1Energieverbruik en -productie sector Landbouw in petajoule¹ (PBL 2023b)

	2000	2005	2010	2015	2020	2021*	2022*
Verbruik aardgas (PJ)²	137	131	156	129	126	128	90
Inzet aardgas WKK (PJ)³	10	24	101	83	92	100	71
Gasmotor WKK elektrisch vermogen (MW_{el})⁴	995	1240	3068	2797	2892	3014	3086
Koolstofdioxide (CO₂), temperatuur gecorrigeerd, glastuinbouw⁵, megaton CO₂	7,2	7,0	8,3	6,8	6,5	6,8	4,6
Methaan (CH₄), glastuinbouw⁵, megaton CO₂-eq	0,3	0,3	1,3	1,0	1,2	1,3	0,9

*) Voorlopige gegevens

1) Exclusief mobiele werktuigen.

2) Temperatuur-gecorrigeerd.

3) Inzet aardgas voor elektriciteit/WKK-omzetting (WKK=Warmtekrachtkoppeling).

4) Statistieken uit Monit (PBL).

5) Er zijn nog geen officiële statistieken over de emissies van de glastuinbouw. De emissies hier weergegeven zijn gebaseerd op het resultaat van het model voor de landbouw, welke zo goed als mogelijk zijn gekalibreerd op de wel bekende statistieken. Bij de CH₄-emissies zijn alle CH₄-emissies als gevolg van het gebruik van aardgas toegerekend aan de glastuinbouw. De CH₄-emissies betreft met name methaanslip bij het verbruik van gas in gasmotoren.

De reden voor deze toename is de financieel gunstige inzet van dit type WKK, juist ook in de glastuinbouw, gecombineerd met een subsidiesysteem voor WKK in voornoemde periode. Gasmotoren zijn flexibel inzetbaar, waardoor de elektriciteitsproductie geoptimaliseerd kan worden op de hoogste elektriciteitsprijs gedurende een dag, terwijl de vrijgekomen warmte zowel direct gebruikt kan worden in de kas alsook tijdelijk gebufferd kan worden voor later gebruik. De CO₂ die vrijkomt bij de verbranding kan deels gebruikt worden als meststof in de kas. Dit is dus een zeer efficiënte vorm van energie-omzetting in vergelijking met gescheiden opwekking van elektriciteit (met behulp van gascentrales) en warmte (met behulp van aardgasketels): er wordt met een WKK elektriciteit geproduceerd, terwijl de omzettingsverliezen in de vorm van warmte nuttig gebruikt wordt in de kas. De marktpositie van deze gasmotor-WKK's is daardoor erg sterk te noemen en voor diverse tuinders is WKK de belangrijkste techniek om warmte op een kosten-efficiënte wijze te generen voor hun kas. Tegenover deze besparing op energie en CO₂-emissies staat wel dat er uit WKK-installaties nog een aanzienlijke hoeveelheid methaan vrijkomt, dit vanwege onvolledige verbranding van aardgas. Methaan is een sterk broeikasgas en de gerealiseerde CO₂-besparing neemt door deze methaanslip aanzienlijk af, zoals ook is weergegeven in tabel 6.1 (Plomp & Kroon 2013).

Naast opwekking van warmte met behulp van aardgasketels en WKK-gasmotoren wordt op een deel van de bedrijven de energiebehoefte ook middels directe warmte ingevuld. Deze vorm van warmtevoorziening is in het afgelopen decennium ruimschoots verdubbeld van circa 6 naar 13 petajoule per jaar. Dit bestaat voor circa de helft uit warmte van derden, zoals restwarmte van de industrie. De groei in het afgelopen decennium komt grotendeels voor rekening van geothermie, een hernieuwbare warmtebron (CBS 2023b).

De glastuinbouw kent een behoefte aan CO₂ als meststof voor de geteelde gewassen: gewassen nemen CO₂ op tijdens de fotosynthese als bouwsteen. Dit is het assimilatieproces. Om een goede productie te realiseren in de kas wordt bij veel teelten extra CO₂ gedoseerd in de kaslucht. Dit wordt meestal gedoseerd door het (CO₂-rijke) rookgas uit de eigen stookinstallatie (gasketel of WKK-gasmotor) te gebruiken, eventueel na rookgasreiniging. De huidige kosten voor CO₂ worden veelal door deze werkwijze bepaald: gedurende diverse momenten in het jaar komt CO₂ als gratis bijproduct tijdens het stoken van de kas beschikbaar. Wel is de CO₂-behoefte sterk seizoensgebonden: gedurende de zomer is de behoefte aan CO₂ het grootst, terwijl er weinig wordt gestookt en dus ook weinig aanbod van CO₂ beschikbaar is. Externe CO₂ levering is dan een optie en een deel van de tuinders koopt daadwerkelijk CO₂ in. In sommige situaties zelfs jaarrond, als er geen stookinstallatie meer aanwezig is. De huidige CO₂-behoefte wordt door Wageningen Economic Research ingeschat op 2,6 megaton CO₂, waarvan 0,5 megaton extern wordt geleverd, grotendeels door OCAP (OCAP 2017; van der Velden & Smit 2019).

6.3 Aannames ontwikkeling areaal en teeltmethode

Constant areaal glastuinbouw in Nederland in 2050 verondersteld

Het uitgangspunt in deze studie is een toekomstbeeld, waarbij het areaal glastuinbouw stabiel blijft met een vergelijkbaar productieniveau. Deze aanname is mede gebaseerd op de beschreven trends in paragraaf 6.1 en het feit dat de Nederlandse glastuinbouw tot op heden een goede concurrentiepositie heeft laten zien in de geschetste ontwikkelingen. Dit betekent dat er is aangenomen dat er ook in 2050 rond de 10.000 hectare glastuinbouw is. Het veronderstelde toekomstbeeld waarbij het glastuinbouw-areaal stabiel blijft, komt goed overeen met de ramingen van recente Klimaat- en Energieverkenningen. Deze aanname is ook consistent met mondiale ontwikkelingen. Op wereldwijd niveau is namelijk een grote groei gezien van bedekte teelten in de afgelopen decennia (Espí et al. 2006; Jensen & Malter 1995; Jiménez-Lao et al. 2020)

Het wereldwijde areaal aan bedekte teelten (inclusief vliesdoek, folies en dergelijke) wordt ingeschat op ruim 5 miljoen hectare¹. Deze gegevens laten zien dat het belang van bedekte teelten wereldwijd fors is toegenomen. Met een groeiende wereldbevolking zal dit belang waarschijnlijk alleen maar verder toenemen door een toenemende vraag naar landbouwproducten. Het is uiteraard onzeker of de Nederlandse glastuinbouw competitief kan blijven bij een toenemende, internationale concurrentie, maar voor deze studie is aangenomen dat dit wel mogelijk is.

Een toekomstbeeld waarin krimp van de sector glastuinbouw centraal staat, behoort eveneens tot de mogelijkheden. Op basis van gegevens van Wageningen Economic Research blijkt dat het gemiddelde inkomen van glastuinders sinds 2010 tot heden relatief hoog is, maar dit gemiddelde inkomen is ook meerdere jaren erg laag geweest en heeft onder zware druk gestaan, met name in de periode 2000 – 2010 (WEcR 2024). Gegeven deze context, is het begrijpelijk dat een dergelijk toekomstbeeld aan de orde wordt gesteld. Ook wordt aan het bestaansrecht van de glastuinbouw getwijfeld vanwege het beslag op arbeidspotentieel en de inzet van arbeidsmigranten (SDO 2024). Hoewel sectorale krimp mogelijk is voor de toekomst, wijst de markt voornamelijk uit dat productie in Nederland eveneens een goede marktpositie heeft. Hierbij wordt opgemerkt dat de nagestreefde markttoepassing van het product (veelal) zo hoogwaardig mogelijk is voor Nederlandse

¹ www.producegrower.com/news/cuesta-roble-2019-global-greenhouse-statistics

glastuinders, bijvoorbeeld door te sturen op zaken als kwaliteit, versheid en presentatie van het product. Daarnaast kennen concurrerende landen ook hun eigen dynamiek, zoals aanzienlijk beperkter toegang tot water en geavanceerde technologie. Mede door automatisering en digitalisering kan geavanceerde tuinbouwtechnologie een voorsprong op de concurrentie behouden.

Conventionele kastechnieken blijven dominant

Een tweede belangrijk uitgangspunt betreft het type kas. In deze studie is verondersteld dat het huidige type wordt verbeterd en verder wordt ontwikkeld. De achtergrond van deze aanname is dat met conventionele kastechnieken zeer veel onderzoek is uitgevoerd en ervaring is opgebouwd voor een breed scala aan teelten. Door de hoge productie met conventionele kastechnieken bij veel belangrijke teelten zal dit niet zomaar vervangen worden door compleet nieuwe teelttechnieken, zoals vertical farming. Wel wordt in dit traject, om aan klimaatneutraliteit te voldoen, aangenomen dat er forse energiebesparing wordt toegepast. Dit kan onder andere via warmtebesparing door bijvoorbeeld meervoudige schermen en nieuwe kasdekken, maar ook door elektriciteitsbesparing, bijvoorbeeld door toepassing van LED als assimilatie-belichting. Deze besparingen kunnen worden gecombineerd met de toepassing van hernieuwbare warmtebronnen, zoals geothermie en elektrificatie, zoals warmtepompen. Concepten hiervan sluiten aan bij wat nu bekend is als de semi-gesloten kas, maar ook de daglichtkas voor bijvoorbeeld een aantal teelten van potplanten.

Er zijn ook alternatieve technieken denkbaar. Een voorbeeld hiervan is het concept vertical farming, waarbij (meerlaags) wordt geteeld in een volledig klimaatgestuurd gebouw en gecombineerd met volledige, kunstmatige assimilatiebelichting. Het is echter nog erg onzeker welke rol dergelijke innovatieve technieken daadwerkelijk kunnen vervullen op grote en economisch haalbare schaal, zeker in concurrentie met traditionele teelttechnieken (Terazono 2020). Wellicht is een dergelijke teeltwijze met name geschikt voor een beperkt aantal niche-teelten, maar tot op heden is een dergelijke teeltwijze onvoldoende bewezen voor de belangrijkste teelten. Daarom is dit traject in deze studie verder niet gehanteerd of uitgewerkt.

6.4 Aannames energiebesparing

Een belangrijke maatregel die zal helpen om glastuinbouw goed in te passen in een toekomstig energiesysteem, is de reductie van de behoefte aan energie. Maatregelen waarmee bespaard kan worden op warmte of elektriciteit, zijn dus zeer gewenst. De diverse opties en het besparingspotentieel maken dat voor de TVKN-studie is verondersteld dat 35 procent van het huidige energiegebruik kan worden bespaard. Dit is overeenkomstig eerdere studie van Wageningen University (van der Velden & Smit 2017).

Om energiebesparing te realiseren gaat er momenteel veel aandacht uit naar schermen en LED-belichting. Nieuwbouw of renovatie van kassen met nieuw type glas biedt eveneens perspectief op energiebesparing (KWIN 2023; van der Velden & Smit 2017; WUR 2023). Daarbij is het eveneens mogelijk om, tot op heden voor een beperkt aantal teelten, nieuwe configuraties in de kas aan te brengen. Een voorbeeld hiervan is de Daglichtkas, waarbij met behulp van lenzen en zonnecollectoren warmte wordt opgeslagen voor later gebruik ¹. Hoewel de Gesloten Kas als concept al geruime tijd niet meer in beeld is, hebben praktijkervaringen uit dat concept geleid tot Het Nieuwe Telen.

¹ <https://www.kasalsenergiebron.nl/> Bezocht februari 2024

Onderdeel daarvan is om kassen meer en langer gesloten te houden, wat gepaard gaat met energiebesparing en besparing op CO₂-dosering¹ (Geelen et al. 2021). Nieuwe technieken met luchtbehandeling, eventueel met warmteterugwinning, sluiten hierop aan, waardoor het beter mogelijk is om kassen semi-gesloten te houden.

De toepassing van schermen behoort tot de belangrijkste maatregelen om warmtebesparing te realiseren. Dit is mogelijk als verticaal scherm bij de kasgevel, maar bekender zijn de warmteschermen, die als een beweegbaar schermdoek nabij het dak zijn geplaatst. Effectieve toepassing van dergelijke warmteschermen hangt sterk samen met bijvoorbeeld vochtbeheersing in de kas. Een programma als Het Nieuwe Telen is erop gericht om dergelijke besparingstechnieken zo effectief mogelijk in te zetten, dat wil zeggen zowel realisatie van maximale teeltproductie als effectieve energiebesparing. In het algemeen moet voor effectieve inzet van schermen ook een aantal metingen worden uitgevoerd, bijvoorbeeld temperatuur en luchtvochtigheid. Inmiddels worden dubbele schermen gezien als rendabele maatregelen, dat wil zeggen maatregelen met een terugverdientijd kleiner dan vijf jaar. Drievoudige schermen komen voor subsidie in aanmerking. Effectieve toepassing van schermen leidt tot een aanzienlijke energiebesparing tot soms enkele tientallen procenten op jaarbasis (KWIN 2023; van der Velden & Smit 2017). Dat wordt eveneens bevestigd in de praktijk¹.

Binnen de sector is er een trend om meer assimilatiebelichting toe te passen, waardoor het elektriciteitsverbruik de afgelopen jaren is toegenomen (CBS 2024a). Door klassieke assimilatiebelichting (hogedruk natrium-lampen, ook wel bekend als SON-T verlichting) te vervangen door LED-belichting kan een elektriciteitsbesparing tot enkele tientallen procenten worden gehaald (KWIN 2023; van der Velden & Smit 2017). Toepassing van LED vereist overigens wel aandacht in de teelt, vanwege de invloed op vochtbeheersing en temperatuur bij vervanging van klassieke assimilatiebelichting (Kas als Energiebron). Extra elektriciteitsbesparing is mogelijk als assimilatiebelichting selectiever wordt ingezet (van der Velden & Smit 2017). De conclusie is dat er tot enkele tientallen procenten elektriciteitsbesparing kan worden gerealiseerd.

6.5 Aannames warmtevoorziening

Verduurzaming van de warmtevoorziening wordt voornamelijk verwacht van technieken als geothermie, warmte- en koudeopslag (WKO) met warmtepompen en warmtenetten (gevoed met bijvoorbeeld restwarmte). Het is ook mogelijk om warmtepompen te combineren met andere technieken, zoals aquathermie (winning van warmte uit oppervlaktewater). Warmtepompen kunnen ook worden toegepast voor ontvochtiging van de kaslucht, gecombineerd met warmteterugwinning.

Voor de trajecten in deze studie is voor geothermie aangenomen dat het volledige nationale potentieel niet uitsluitend ingezet kan worden ten bate van de glastuinbouw, maar dat deze ook voor warmtevoorziening in andere sectoren wordt gebruikt, zoals in de gebouwde omgeving. Niet elke locatie in Nederland is geschikt voor het gebruik van geothermie voor de warmtevoorziening. Vanwege de mogelijkheid van relocatie van de glastuinbouw naar geschikte geothermie-locaties en onzekerheid in de beschikbare hoeveelheid geothermie bij daadwerkelijke winning, blijft het

¹ Vakblad Onder Glas, 9 mei 2019

potentieel geothermie voor de glastuinbouw vooralsnog een inschatting. De aannames zijn weergegeven in tabel 6.2. Deze geothermie-potentiëlen zijn jaarrond beschikbaar. Omdat de behoefte aan warmte niet jaarrond gelijk is verdeeld, ligt de daadwerkelijke energetische inzet van geothermie lager. In tegenstelling tot geothermie, zijn andere vormen van hernieuwbare energievoorziening niet sectoraal beperkt voor glastuinbouw: het nationaal beschikbare potentieel voor die technieken is daarbij van toepassing voor de modelberekeningen.

Tabel 6.2
Toekomstig potentieel geothermie gekoppeld aan de glastuinbouw

	2025	2030	2035	2040	2050
Geothermie, jaarrond (PJ) ⁴	38	46	50	54	62

Naast geothermie kan de warmtevraag eveneens worden ingevuld met behulp van elektrificatie-opties, waarbij warmtepomp-technologie veelbelovend lijkt te zijn. Er wordt momenteel gewerkt aan zowel water-water-warmtepompen als lucht-water-warmtepompen (bijvoorbeeld in combinatie met warmteterugwinning uit de kas). Elektrificatie heeft deels een overlap met energiebesparingsopties met name via warmteterugwinning. Opslag van warmte in (dag)buffers is een veelvuldig toegepaste werkwijze met traditionele WKK-gasmotoren. In plaats van een combinatie met traditionele WKK kan dit ook worden uitgevoerd met een warmtepomp om de meest gunstige tijdstippen voor elektriciteitsvraag te benutten. WKO in de vorm van seizoensopslag (met name via bodemenergie) kan eveneens toegepast worden om het overschot aan warmte in de zomer op te slaan. Bodemenergie wordt in de praktijk gebruikt en de toepassing ervan neemt ook gestaag toe, maar toepassing van bijvoorbeeld geothermie is relatief veel sneller gegroeid in het afgelopen decennium (CBS 2023b).

Een elektrische boiler is veel minder efficiënt om warmte mee op te wekken in vergelijking met een warmtepomp. Op dit moment is er wel ervaring met dergelijke e-boilers en worden deze met name ingezet tijdens negatieve elektriciteitsprijzen, met name als er sprake is van forse overschotten aan hernieuwbare elektriciteit. De inzet van dergelijke e-boilers voor laagwaardige warmte ligt echter minder voor de hand op grote schaal vanwege de lagere efficiëntie in vergelijking met warmtepompen. Naar verwachting zullen e-boilers om deze reden ongeschikt blijven om als basislast warmtevoorziening te fungeren. Daarnaast zal naar verwachting door verdere elektrificatie elders in het energiesysteem veel overschotten aan hernieuwbare elektriciteit worden opgevangen. Voor incidentele piekvraag naar warmte zouden e-boilers een optie kunnen zijn.

Zoals hiervoor beschreven, wordt de energievoorziening voor de glastuinbouw momenteel voor een groot deel ingevuld met behulp van een aanzienlijke hoeveelheid fossiel aardgas in WKK-gasmotoren. Echter, in een toekomst waarin klimaatneutraliteit wordt voorzien, zal geen ruimte meer zijn voor aardgasgestookte WKK-installaties. Technisch is het mogelijk om gasmotoren op biogas of waterstof te bedienen, in plaats van aardgas. Hiermee zou de fossiele CO₂-emissie van dit type installaties vermeden kunnen worden. Een belangrijke hoofdbevinding van de brede TVKN-studie (PBL 2024b) is echter dat, ondanks de huidige grote rol van WKK-gasmotoren in de energievoorziening voor de glastuinbouw, deze rol op de lange termijn tot 2050 sterk zal afnemen. De huidige inzet is gericht op elektriciteitslevering tijdens piekvragen naar elektriciteit. De resultaten in de TVKN-studie laten zien dat de behoefte aan pieklevering van elektriciteit zeer sterk zal verschuiven en ook zal afnemen gedurende het jaar, waardoor het mogelijke aantal jaarlijkse draaiuren en de rentabiliteit van WKK-installaties op gasvormige brandstoffen sterk zal afnemen. De pieklevering van elektriciteit valt daarnaast ook veel minder samen met de periodes van behoefte aan warmte,

waardoor er dus onvoldoende warmte in de basislast kan worden gegenereerd. Tenslotte is ook het aanbod van gasvormige, hernieuwbare energiedragers relatief beperkt. Het model van WKK-gasmotoren, maar ook van andere technische WKK-configuraties op gasvormige, hernieuwbare brandstoffen voor de glastuinbouw lijkt daarmee om meerdere redenen onwaarschijnlijk op lange termijn.

6.6 Aanneame CO₂-gebruik

Zoals hiervoor beschreven, kent de glastuinbouw een behoefte aan CO₂ als meststof voor de teelt. Het actuele beeld van Wageningen Economic Research is dat de CO₂-behoefte in 2030 ongeveer 1,75 megaton zal zijn, variërend tussen 1,24 en 2,70 megaton CO₂. De bandbreedte is afhankelijk van prognoses ten aanzien van areaal en economische groei, maar ook van de CO₂ doseerstrategie en de kosten van CO₂ dosering (Smit & Grootsholten 2024). Bij verdere intensivering van de teelt, zoals meer assimilatiebelichting, zal de CO₂-behoefte per oppervlak in het algemeen naar verwachting toenemen (van der Velden & Smit 2019).

Hoewel er visies zijn dat CO₂ vrij ruim beschikbaar zal blijven (van Tuyll et al. 2022), is het in deze studie echter de vraag of er voldoende CO₂ technisch en economisch beschikbaar is op lange termijn. De beschikbaarheid van CO₂ voor de glastuinbouw hangt sterk af van de trajecten, aannames omtrent het achterliggende beleid en geïmplementeerde technieken. In sommige trajecten is er relatief veel CO₂ beschikbaar tegen lage kosten, maar er zijn ook trajecten waarin alle CO₂ reeds een andere toepassing heeft of opgeslagen dient te worden. Dit heeft eveneens een directe invloed op mogelijke, toekomstige CO₂-prijzen.

De kosten die dan worden gemaakt voor CO₂, kunnen een prikkel vormen om CO₂ met zo min mogelijk verlies te doseren, want CO₂ zal naar verwachting nodig blijven in de glastuinbouw om blijvend een goede productie te realiseren. Besparing op CO₂-dosering, zowel technisch als qua teeltmethode, lijkt daarom van primair belang voor de toekomst.

Bij tomatenteelt gaat bijvoorbeeld ruim 95 procent verloren, met name door ventilatie van de kassen (van Tuyll et al. 2022). Dit grote verlies kan worden gereduceerd door ventilatie en CO₂-dosering meer op elkaar af te stemmen, zodat de gedoseerde CO₂ langduriger in de kasruimte aanwezig blijft. Dit wordt bijvoorbeeld onder de aandacht gebracht in programma's als Het Nieuwe Telen ¹. In deze studie is geen rekening gehouden met mogelijke toepassing van Direct Air Capture, kortweg DAC, voor de glastuinbouw. Deze technologie, waarbij CO₂ direct uit de atmosfeer wordt geconcentreerd bevindt zich momenteel in een ontwikkelingsfase, maar zou in de komende decennia betaalbaar en grootschalig beschikbaar kunnen komen voor de sector glastuinbouw.

6.7 Conclusies

In deze studie is verondersteld dat het areaal glastuinbouw in 2050 hetzelfde is als in 2020, namelijk circa 10.000 hectare. Klimaatneutraliteit is technisch haalbaar door een combinatie van energiebesparing en inzet van geothermie, restwarmte en warmtepompen (eventueel in combinatie met

¹ www.wur.eu/circular-horticulture

WKO). Hierbij is uiteraard verondersteld dat de benodigde elektriciteit voor de warmtepompen en belichting klimaatneutraal wordt opgewekt.

Een forse energiebesparing is technisch mogelijk. Dit wordt momenteel ondersteund door onderzoek en stimuleringsmaatregelen (Eerste Kamer 2023; LNV 2024; Partijen convenant 2022). Door bestendiging van dit beleid, in combinatie met prijsprikkels op het (fossiele) energieverbruik en emissies, kan energiebesparing gestimuleerd worden. Energiebesparing reduceert ook (deels) de piekvraag naar warmte, wat eveneens een (deel)oplossing is voor een volledig hernieuwbare warmtevoorziening op de lange termijn.

Naast energiebesparing is omschakeling naar hernieuwbare warmtebronnen van belang. Hierbij liggen met name geothermie, restwarmte en warmtepompen (eventueel in combinatie met WKO) technisch het meest voor de hand. Beleid gericht op en stimulering van deze technieken en bijbehorende warmte-infrastructuur passen in dit beeld (Eerste Kamer 2023; LNV 2024; Partijen convenant 2022). Het is niet op voorhand zeker wat de onderlinge verhouding is van deze technieken op lange termijn. Afhankelijk van de context van de verschillende trajecten resulteert dit in meer of minder toepassing van een bepaalde techniek.

De rol van biomassa, biogas of waterstof in de toekomstige energievoorziening van de glastuinbouw lijkt beperkt te zijn: binnen het nationale energiesysteem is er veel behoefte aan dergelijke energiedragers in meerdere sectoren, waardoor het aanbod niet groot is. Er zou hooguit een rol kunnen liggen bij back-up voorzieningen, bijvoorbeeld bij een piekvraag aan warmte tijdens een koude winter. Daarnaast zal de behoefte aan pieklevering van elektriciteit zeer sterk verschuiven en afnemen. Dit reduceert het mogelijke aantal jaarlijkse draaiuren en de rentabiliteit van WKK-installaties op gasvormige brandstoffen. Ook zullen de draaiuren minder samenvallen met de periodes van behoefte aan warmte. Er lijkt daarom geen rol weggelegd voor de (traditionele) WKK.

De verwachting is dat CO₂ als meststof nodig zal blijven om een blijvend goede productie te realiseren in de glastuinbouw. De technische en economische beschikbaarheid van CO₂ is onzeker: enkele trajecten binnen TVKN suggereren dat CO₂ relatief ruimschoots beschikbaar zal blijven, maar in andere trajecten is er veel minder CO₂ beschikbaar. Omdat CO₂ met aanzienlijke verliezen wordt gedoseerd op dit moment, is het van belang om deze verliezen technisch en qua teeltmethode zoveel mogelijk terug te dringen, zeker bij omschakeling naar hernieuwbare warmtevoorziening.

7 Conclusies

7.1 Conclusies sectoren Landbouw en Landgebruik

Nog geen helderheid over doelstelling 2050 voor Nederlandse landbouw en landgebruik

Er is nog geen helderheid over emissiedoelen voor de sectoren *Landbouw* en *Landgebruik* in Nederland na 2030. Het is nog niet duidelijk of ‘klimaatneutraal’ betekent dat deze sectoren in Nederland in 2050 gezamenlijk geen netto-uitstoot meer mogen hebben. Een mogelijkheid is dat in de EU wordt afgesproken dat de AFOLU sector (*Landbouw, bossen en landgebruik* op Europees niveau klimaatneutraal moet zijn, waarbij sommige landen nog een kleine uitstoot mogen hebben. Die zou dan gecompenseerd worden door vastlegging door bossen in andere EU-lidstaten. Een andere benadering is dat de resterende emissies binnen Nederland worden gecompenseerd, bijvoorbeeld via koolstofopslag (CCS). In de TVKN-studie is voor deze laatste benadering gekozen.

Vermindering broeikasgasemissies sectoren Landbouw en Landgebruik vergen forse maatregelen, landbouw en landgebruik desondanks niet klimaatneutraal binnen Nederland

De drie uitgewerkte trajecten voor de ontwikkeling van de sectoren *Landbouw* en *Landgebruik* laten zien dat een combinatie van ingrepen nodig is om de broeikasgasemissies in de periode 2025- 2050 sterk te verminderen. Dit zijn onder andere een verkleining van de veestapel (met 25 tot 50 procent) en aanzienlijke aanpassingen in landgebruik, landbeheer en bemesting. Dit in combinatie met managementmaatregelen en technische maatregelen, zoals toepassing van veevoeradditieven en stalaanpassingen. Anders dan bij de andere sectoren in de TVKN-studie is met de krimp van de veestapel ook een daling van het productievolume verondersteld. De emissies uit de sector *Landbouw* (veehouderij en akkerbouw) zijn afhankelijk van het traject in 2050 nog tussen ruim 8 tot 11 megaton CO₂-equivalenten. De huidige emissies bedragen ruim 18 megaton. Als het effect van technische maatregelen (zoals veevoeradditieven) gunstiger uitvalt, dan zouden de emissies in sommige trajecten additioneel met circa 0,5 megaton CO₂-equivalenten per jaar extra kunnen dalen.

In de sector *Landgebruik* dalen de emissies van ruim 4 megaton CO₂-equivalenten tot 0,3 tot 1,2 megaton. Ondanks maatregelen als vernatting van veengronden en aanleg van bossen is er in Nederland in 2050 geen sprake van netto-vastlegging door de landgebruiksector, in tegenstelling tot de meeste andere EU-landen.

Verkleining veestapel levert forse bijdrage aan vermindering emissies

In de trajecten wordt de vermindering van de methaanemissies voor circa een derde tot twee derde veroorzaakt door de verkleining van de veestapel. Vooral de vermindering van de rundvee- en varkenshouderij draagt hieraan bij. De overige vermindering van methaanemissies komt door technische en managementmaatregelen, zoals aanpassingen in veevoer en stallen.

Mestvergisting relevant, maar productie van biogas zal beperkt zijn

Mestvergisting wordt vaak genoemd als oplossing om methaanemissies te verminderen, biogas te produceren en hiermee geld te verdienen. Naar de financiële kant is in deze studie geen onderzoek gedaan. De berekeningen laten zien dat de mogelijkheden voor biogasproductie uit dierlijke mest beperkt zijn. In het traject met de hoogste productie bedraagt deze 4 PJ, dat is minder dan een half procent van het huidige (2021) aardgasgebruik. Er is dan verondersteld dat 60 procent van de varkensmest en 15 procent van de melkveemest wordt vergist. Dit is circa vier keer zoveel als de

huidige omvang. In theorie kan dus meer mest worden vergist, maar met name op melkveebedrijven is het de vraag of vergisters in te passen zijn in de bedrijfsvoering en hoe rendabel deze zijn. Verder beperkt de verkleining van de veestapel ook de hoeveelheid beschikbare mest en dus de productie van biogas. Mestvergisting wordt vaak gecombineerd met regelmatige (dagelijkse) ontmesting van stallen. Hierdoor daalt de methaanemissie en is de productie van biogas groter. Snelle afvoer van mest in combinatie met oxidatie van de vrijkomende methaan kan echter ook in stalsystemen zonder mestvergisting een goede optie zijn om de methaanemissie te reduceren.

Effect aanpassingen land- en bodembeheer beperkt tot enkele megatonnen CO₂

De aanleg van circa 100.000 hectare nieuw bos leidt naar verwachting tot een jaarlijkse vastlegging van circa 1 megaton CO₂ in 2050. In bouwlandbodems kan bij goed beheer jaarlijks een hoeveelheid van circa 0,7 megaton CO₂ worden vastgelegd. De emissie uit veengraslanden kan met aangepast beheer mogelijk worden verminderd van ruim 3 megaton CO₂ naar 0,8 tot 1,2 megaton CO₂. Deze getallen geven aan dat bodembeheer, landgebruik en veranderingen hierin maar in beperkte mate kunnen bijdragen aan het bereiken van klimaatneutraliteit. Wel is het zo dat ingrepen in landgebruik niet alleen worden gedaan vanwege het CO₂-effect, maar ook om andere redenen, zoals meer biodiversiteit (aanleg bossen), minder inklinking bodems (vernatting veengronden), en een betere bodemkwaliteit (bij koolstofvastlegging in landbouwbodems). Indien het nodig zou zijn dat het landgebruik binnen Nederland een CO₂-sink wordt die meerdere megaton CO₂ kan opslaan, dan moeten hiervoor honderdduizenden hectares bos worden aangelegd. Dit zou overeenkomen met 10 tot 25 procent van het huidige landbouwareaal.

Binnenlands klimaatneutraal vergt nog forsere aanpassing

Als de Nederlandse sectoren *Landbouw* en *Landgebruik* gezamenlijk in 2050 binnen Nederland klimaatneutraal zouden moeten zijn, dan zou dit nog verdergaande ingrepen vergen. Dit zou bijvoorbeeld bereikt kunnen worden als de omvang van de veestapel met 75 procent krimpt, in combinatie met aanleg van circa 400.000 ha bos. Dit zou een verdubbeling van het huidige bosareaal betekenen. Als technische maatregelen om de emissies te reduceren effectiever blijken te zijn dan in deze studie is verondersteld, zou de benodigde krimp van de veestapel minder kunnen zijn. Het is de vraag of zo'n sterke krimp en omzetting van een fors areaal landbouwgrond in bos vanuit Europees perspectief de meest effectieve oplossing is.

Veelheid aan opgaven integrale aanpak voor landbouw en landelijke gebied

De opgave om de emissie van broeikasgassen te verminderen is één van de vele opgaven waar de landbouw voor staat. Andere opgaven zijn de vermindering van ammoniakemissies, verbetering van biodiversiteit en waterkwaliteit en aanpassing aan klimaatveranderingen. Tegelijk moet er perspectief zijn voor de overblijvende landbouwbedrijven, die er in de toekomst wellicht anders uit zien. Dit vergt een integrale aanpak, om te voorkomen dat maatregelen worden genomen die goed zijn voor één opgave, maar slecht uitpakken voor anderen. Tegelijk is er misschien meer mogelijk als alle opgaven tegelijkertijd worden aangepakt, zoals bij de herinrichting van een gebied. Een deel van de integrale maatregelen zal gericht zijn op omvang en structuur van de landbouw, en op landgebruik.

Stimuleer vermindering van emissies op bedrijfsniveau, mogelijk samen met de ketenpartijen

Op dit moment is er nauwelijks sprake van effectief beleid gericht op vermindering van broeikasgasemissies bij individuele bedrijven. Wel is er ander milieubeleid dat indirect leidt tot stabilisatie of vermindering van broeikasgasemissies, zoals het mest- en ammoniakbeleid. Met aangepast management en inzet van technische maatregelen is het mogelijk om broeikasgasemissies te

verminderen. Het ontwikkelen van een effectief instrumentarium om dit potentieel te benutten zal minimaal enkele jaren vergen. Dit kan bijvoorbeeld in de vorm van een administratief instrument waarmee de feitelijke emissies op bedrijfsniveau zo accuraat mogelijk kunnen worden vastgesteld. Ook hebben bedrijven tijd nodig om uit te zoeken welke maatregelen en aanpassingen het beste bij hun bedrijf passen. Daarom zou snel moeten worden gestart met de ontwikkeling van een dergelijk instrumentarium, dat de eerste jaren wellicht meer informerend dan regulerend van aard zal zijn. Ook ketenpartijen ondernemen actie om broeikasgasemissies over de gehele productieketen te verminderen. Dit is deels nog in een pilotfase, maar dit wordt mogelijk snel opgeschaald. Er moet hierbij gestreefd worden naar een goede verdeling van verantwoordelijkheden en taken tussen overheid en bedrijfsleven.

Aanpassing van consumptie in samenhang met verkleining veestapel

Uit de trajecten blijkt dat om de broeikasgasemissies aanmerkelijk te verminderen een verkleining van de veestapel nodig is. Dit betekent uiteraard een vermindering van de productie van vlees, zuivel en eieren. Om te voorkomen dat dit alleen leidt tot een verplaatsing van de productie naar het buitenland, zou dit gepaard moeten gaan met een vermindering van de consumptie van dierlijke producten. Het gaat hierbij om een vermindering, niet om het geheel afzien van de consumptie van vlees en zuivel. Gezien het huidige hoge niveau van consumptie van dierlijke producten, is er ook zeker ruimte om deze consumptie op een verantwoorde wijze te verminderen, rekening houdend met voedingskundige eisen. Vanuit gezondheidsoogpunt wordt ook aangeraden om minder rood vlees en producten met veel verzadigde vetten (zoals kaas) te consumeren. Uiteraard heeft vermindering van de consumptie van dierlijke producten meer effect als dit niet alleen in Nederland gebeurt maar ook in andere landen.

Kans op doorbraak kweekvlees en productie zuiveleiwitten door cellen of micro-organismen

Bedrijven en overheden doen veel onderzoek naar de productie van 'kweekvlees' en 'lab-melk'. Een doorbraak van deze technologieën in termen van efficiëntie, kosten en sociale acceptatie zou tot grotere veranderingen in het voedsel- en landbouwsysteem kunnen leiden. Mogelijk zou dit niet tot totale vervanging van dierlijke productie leiden, maar wel tot een aanzienlijke vermindering. Dit effect zou mogelijk nog groter kunnen zijn dan dat van overheidsingrijpen. Zeker wanneer deze ontwikkeling op Europese en mondiale schaal zou plaatsvinden. Het is niet doenlijk om nu al hierop te anticiperen, maar het is wel belangrijk dat deze ontwikkeling wordt gevolgd.

Begin ondanks onzekerheden en stel tussentijds bij

Om in 2030 én daarna een Nederlandse landbouwsector en landgebruikssector te hebben die passen binnen de ambities voor klimaatneutraliteit moet nu al worden gestart met concreet en effectief beleid. Er zijn tussendoelen, zo is het de ambitie van de Europese Unie (middels *Fit for 55*) en van het kabinet Rutte IV om in 2030 de emissies al flink gereduceerd te hebben. Een mondiale vermindering van methaanemissies met 30 procent (zoals vastgelegd in de *methane pledge*) in 2030 en het vergroten van koolstofvastlegging in de bodem kunnen op termijn van enkele jaren leiden tot een vermindering van de snelheid van opwarming. Deze urgentie is tot nu toe nauwelijks vertaald in concrete beleidsmaatregelen.

Dit knelt des te meer omdat er tijd nodig is om investeringen te doen (zoals in emissiearme stallen) en om onderzoek uit te voeren. Ook aanpassingen in de landbouwstructuur (zoals minder vee of andere teelten) vergen tijd. En het leren hoe in de praktijk maatregelen uitpakken met mogelijke tegenvallers en onverwachte bijeffecten kost ook tijd. Er is daarom helder en stabiel beleid nodig, maar dat ook kan worden aangepast op grond van nieuwe ontwikkelingen en inzichten. Dit geldt

bijvoorbeeld voor wet- en regelgeving, maar ook om te zien of ketenpartijen hun verantwoordelijkheid nemen.

7.2 Conclusies sector Glastuinbouw

In deze studie is verondersteld dat het areaal glastuinbouw in 2050 hetzelfde is als in 2020, namelijk circa 10.000 hectare. Klimaatneutraliteit is technisch haalbaar door een combinatie van energiebesparing en inzet van geothermie, restwarmte en warmtepompen (eventueel in combinatie met WKO).

Warmtevoorziening via geothermie, restwarmte en warmtepompen

De warmtevoorziening zal plaatsvinden door een combinatie van energiebesparing en inzet van geothermie, restwarmte en warmtepompen (eventueel in combinatie met WKO). Hierbij is uiteraard verondersteld dat de benodigde elektriciteit voor de warmtepompen en belichting klimaatneutraal wordt opgewekt. De rol van biomassa, biogas of waterstof in de toekomstige energievoorziening van de glastuinbouw lijkt beperkt te zijn. Binnen het nationale energiesysteem is er in meerdere sectoren veel behoefte aan dergelijke energiedragers, waardoor het aanbod niet groot is. Er zou hooguit een rol kunnen liggen bij back-up voorzieningen, bijvoorbeeld bij een piekvraag aan warmte tijdens een koude winter. Daarnaast zal de behoefte aan pieklevering van elektriciteit zeer sterk verschuiven en afnemen. Dit reduceert het mogelijke aantal jaarlijkse draaiuren en de rentabiliteit van WKK-installaties op gasvormige brandstoffen. Ook zullen de draaiuren minder samenvallen met de periodes van behoefte aan warmte. Er lijkt daarom geen rol weggelegd voor de (traditionele) WKK.

Continueren en uitbouwen van huidig beleid van belang voor realiseren klimaatneutraliteit

Momenteel worden energiebesparing en hernieuwbare energietechnologie voor de glastuinbouw beleidsmatig gestimuleerd. Dit is onder andere middels subsidies als de EG-regeling en SDE++ (stimulering geothermie en warmtepompen), CO₂-heffing, aanpassingen aan de fiscale tarieven voor de tuinbouw en stimulering van warmte-infrastructuur. Een deel van dit beleid moet nog verder geïmplementeerd worden. Dit beleid past binnen het beeld van deze studie. Bestendiging en verdere uitbouw van dit beleid, tezamen met onderzoek naar energiebesparing en hernieuwbare energietechnologie, is van belang om op effectieve wijze klimaatneutraliteit van deze sector te bereiken.

Beschikbaarheid van CO₂ voor dosering in kassen onzeker; terugdringen van verlies belangrijk

De verwachting is dat CO₂ als meststof nodig zal blijven om een blijvend goede productie te realiseren in de glastuinbouw. De technische en economische beschikbaarheid van CO₂ is onzeker: enkele trajecten binnen TVKN suggereren dat CO₂ relatief ruim beschikbaar zal blijven, maar in andere trajecten is er veel minder CO₂ beschikbaar. Omdat op dit moment veel van de toegediende CO₂ verloren gaat, is het van belang om deze verliezen technisch en qua teeltmethode zoveel mogelijk terug te dringen, zeker bij omschakeling naar hernieuwbare warmtevoorziening.

Referenties

- Aarnink, A., J. de Groot & M. Booijen (2021), *Analyse beschikbare technieken voor integrale emissiereductie in varkensstallen*. Wageningen: Wageningen Livestock Research <https://edepot.wur.nl/551114>
- Arets, E., S. van Baren, M.J. Schelhaas & J.P. Lesschen (2022), *Raming van emissies van broeikasgassen en verwijderingen van CO₂ door de LULUCF-sector 2021-2040 : achtergrond bij de Klimaat en Energieverkenning 2022*. Wageningen: Wageningen Environmental Research <https://edepot.wur.nl/579206>
- Baayen, R.P., A.M. van Doorn, J. Reijs, T. Kisters & O. van Hal (2022), *Sturing, waardering en beloning van duurzaamheid in de landbouw met kritische prestatie-indicatoren*. Wageningen: Wageningen Environmental Research <https://edepot.wur.nl/572175>
- Berkhout, P., H. van der Meulen & P. Ramaekers (2022), *Staat van Landbouw en Voedsel*. Wageningen: Wageningen Economic Research ISBN 9789464470642 <https://edepot.wur.nl/560517>
- Boezeman, D., A. Tiktak, M. Hellegers & D.J. van der Hoek (2021), 'Landbouw en natuur in de verkiezingsprogramma's', *Geografie* Mei 2021. <https://geografie.nl/artikel/landbouw-en-natuur-in-de-verkiezingsprogrammas>
- Breman, B., W. Nieuwenhuizen, J. Dirkx, R. Pouwels, B. de Knegt, et al. (2022), *Natuurverkenning 2050 – Scenario Natuurinclusief*. Wageningen: Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu. <https://edepot.wur.nl/558179>
- CBS (2023a), *Aardgasverbruik glastuinbouw in Nederland*, Centraal Bureau voor de Statistiek: <https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/aanvullende-statistische-diensten/2023/aardgasverbruik-glastuinbouw-in-nederland>, publicatiedatum: 16-6-2023
- CBS (2023b), *Hernieuwbare energie in Nederland 2022*, Centraal Bureau voor de Statistiek: <https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/rapportages/2023/hernieuwbare-energie-in-nederland-2022>, publicatiedatum: 12-10-2023
- CBS (2024a), *Statline, Energiebalans per sector*, Centraal Bureau voor de Statistiek: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83989NED/table?dl=A2D28>,
- CBS (2024b), *Statline, Landbouwtelling*, Centraal Bureau voor de Statistiek: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/80783NED/table?dl=A303A>,
- de Vries, W., J. Kros, J.C. Voogd & G.H. Ros (2023), 'Integrated assessment of agricultural practices on large scale losses of ammonia, greenhouse gases, nutrients and heavy metals to air and water', *Science of the Total Environment* 857: 159220. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722063197>
- den Boer, D.J., G. Holshof, D.W. Bussink & J.C. van Middelkoop (2011), *Type en toedieningsvorm van N-kunstmest: effecten op gewas- en eiwitproductie en -kwaliteit*. Wageningen: Nutriënten Management Instituut <https://edepot.wur.nl/172558>
- EC (2018), *In-Depth Analysis in support of the Commission Communication COM(2018) 773 A Clean Planet for all A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy*. Brussels, European Commission. https://ec.europa.eu/clima/system/files/2018-11/com_2018_773_analysis_in_support_en.pdf
- EC (2020), *Staff Working Document Impact Assessment Stepping up Europe's 2030 climate ambition Investing in a climate-neutral future for the benefit of our people*. Brussels, European Commission. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:749e04bb-f8c5-11ea-991b-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF

- EC (2021), *Proposal for a Regulation of The European Parliament and of The Council amending Regulations (EU) 2018/841 as regards the scope, simplifying the compliance rules, setting out the targets of the Member States for 2030 and committing to the collective achievement of climate neutrality by 2035 in the land use, forestry and agriculture sector, and (EU) 2018/1999 as regards improvement in monitoring, reporting, tracking of progress and review*. COM(2021) 554 final. Brussels, European Commission. https://ec.europa.eu/commission/sites/beta-political/files/rp_sustainable_europe_30-01_en_web.pdf
- EC (2022), *EU Agricultural Outlook - Prospects for EU agricultural markets, income and environment 2022-2032*. Brussels: European Commission. http://ec.europa.eu/agriculture/events/2015-outlook-conference_en.htm
- EC (2024a), *Communication Securing our future. Europe's 2040 climate target and path to climate neutrality by 2050 building a sustainable, just and prosperous society*. COM(2024) 63 final. Brussels, European Commission
- EC (2024b), *Impact Assessment Accompanying the document Communication Securing our future. Europe's 2040 climate target and path to climate neutrality by 2050 building a sustainable, just and prosperous society*. COM(2024) 63 final. Brussels, European Commission. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52024SC0063>
- Eerste Kamer (2023), *Wijziging van enkele belastingwetten (Wet fiscale Klimaatmaatregelen glastuinbouw)*. Vergaderjaar 2023-2024, 36426 nr. A. Den Haag. <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-36426-A.html>
- Efsa Panel (2021), 'Safety and efficacy of a feed additive consisting of 3-nitrooxypropanol (Bovaer® 10) for ruminants for milk production and reproduction (DSM Nutritional Products Ltd)', *EFSA Journal* 19 (11). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6905>
- Erkens, G., R. Melman, S. Jansen, J. Boonman, M. Hefting, et al. (2022), *Subsurface Organic Matter Emission Registration System (SOMERS) : Beschrijving SOMERS 1.0, onderliggende modellen en veenweidenrekenregels*. Amersfoort: NOBV - STOWA <https://edepot.wur.nl/633130>
- Espí, E., A. Salmerón, A. Fontecha, Y. García & A.I. Real (2006), 'Plastic Films for Agricultural Applications', *Journal of Plastic Film & Sheeting* 22 (2): 85-102. <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/8756087906064220>
- Eurostat (2024), *Under glass by NUTS 2 regions. Data from 2016*, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/product/page/ef_lus_unglass,
- EZK (2023a), *Beleidsprogramma Klimaat*. Den Haag, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2023/06/30/beleidsprogramma-klimaat>
- EZK (2023b), *Voorjaarsbesluitvorming Klimaat*. Kamerbrief 26 april 2023. Den Haag, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2023/04/26/voorjaarsbesluitvorming-klimaat>
- Folkersma, R. & C. Rougoor (2021), *Kansen, kosten en draagvlak van klimaatmaatregelen in de open teelten*. Culemborg: Centrum voor Landbouw en Milieu. <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2022-12/AGRO20001%20Kansen-kosten-en-draagvlak-klimaatmaatregelen-in-de-open-teelten.pdf>
- Geelen, P.A.M., J.O. Voogt & P.A. van Weel (2021), *Plant Empowerment: The Basic Principles : how an Integrated Approach Based on Physics and Plant Physiology Leads to a Balanced Growing Method for Protected Crops Resulting in Healthy Resilient Plants, High Yield and Quality, Low Energy Costs and*

- Economic Greenhouse Concepts. LetsGrow.com ISBN 978 908 290 35 53
<https://books.google.nl/books?id=MPbuwQEACAAJ>
- Gies, E., T. Cals, P. Groenendijk, H. Kros, T. Hermans, J.P. Lesschen, L. Renaud, G. Velthof & J.-C. Voogd (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: Wageningen Environmental Research ISBN 9464475919 <https://edepot.wur.nl/587289>
- Hekkenberg, M., C. Brink, H. Hilbers, N. Hoogervorst, P. Koutstaal, et al. (2021), *Nederland fit for 55? : mogelijke gevolgen van het voorgestelde EU-klimaatbeleid*. Den Haag: PBL, Planbureau voor de Leefomgeving <https://www.pbl.nl/publicaties/nederland-fit-for-55>
- Hoste, R. (2017), *International comparison of pig production costs 2015 : results of InterPIG*. Den Haag: Wageningen Economic Research ISBN 9463434453 <http://edepot.wur.nl/412970>
- IBO (2023), *Scherpe doelen, scherpe keuzes : IBO aanvullend normerend en beprijzend nationaal klimaatbeleid voor 2030 en 2050*. Den Haag: Rijksoverheid <https://edepot.wur.nl/589725>
- IenW (2022), *Water en Bodem sturend. Kamerbrief over rol Water en Bodem bij ruimtelijke ordening 25 november 2022*. Den Haag, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2022/11/25/water-en-bodem-sturend>
- Jensen, M.H. & A.J. Malter (1995), *Protected agriculture : a global review (English)*. World Bank technical paper. Washington, D.C.: World Bank Group.
<http://documents.worldbank.org/curated/en/170171468765017779/Protected-agriculture-a-global-review>
- Jiménez-Lao, R., F.J. Aguilar, A. Nemmaoui & M.A. Aguilar (2020), 'Remote Sensing of Agricultural Greenhouses and Plastic-Mulched Farmland: An Analysis of Worldwide Research', *Remote Sensing* 12 (16): 2649. <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/16/2649>
- Jukema, G., P. Ramaekers & P. Berkhout (2022), *De Nederlandse agrarische sector in internationaal verband*. Wageningen: Wageningen Economic Research ISBN 9464470763
<https://edepot.wur.nl/561610>
- Kager, H., M. Meijerink, L. Jansen & T. Broeze (2021), *Oplossingsrichtingen emissiereductie melkvee- en varkenshouderij : overzicht van huidige mogelijke maatregelen, technieken en oplossingen voor reductie van methaan en ammoniak in de melkvee- en varkenshouderij*. Den Haag: Schuttelaar & Partners
<https://edepot.wur.nl/566828>
- Kas als Energiebron (2023), *Licht*, <https://www.kasalsenergiebron.nl/besparen/licht/lichtbron/#led> maart 2024
- Kennisplatform (2019), *Kennisbericht Mest en mestbewerking Versie 2, 5 februari 2019*. Kennisplatform Veehouderij en humane gezondheid
<https://www.kennisplatformveehouderij.nl/onderwerpen/mestbewerking>
- Kuling, L., H. Blonk, A. Kool & M. Paasen van (2018), *Verkennde vergelijking Milieu-efficiëntie van agroproductie*. Gouda: Blonk Consultants <http://edepot.wur.nl/361723>
- KWIN (2023), *Kwantitatieve informatie voor de glastuinbouw Kengetallen voor groenten-, snijbloemen-, pot- en perkplanten teelten*. Wageningen: Wageningen UR
- Landbouwakkoord (2023), *In beweging: Concept-Landbouwakkoord 2040*. Den Haag, Secretariaat Landbouwakkoord. <https://open.overheid.nl/documenten/8dde644c-17ce-4746-8ce5-301bbd961e9d/file>

- Lesschen, J.P., E. Arets, S. van Baren, A. Gonzalez-Martinez, R. Jongeneel, et al. (2023), *Beleidsscenario's voor klimaatmitigatie in landbouw en landgebruik : resultaten voor de AFOLU-sector in 2035*. Wageningen: Wageningen Environmental Research <https://edepot.wur.nl/630137>
- Lesschen, J.P., C. Hendriks, T. Slier, R. Porre, G. Velthof & R. Rietra (2021), *De potentie voor koolstofvastlegging in de Nederlandse landbouw*. Wageningen: Wageningen Environmental Research <https://edepot.wur.nl/557330>
- Lesschen, J.P., J. Reijs, T. Vellinga, J. Verhagen, H. Kros, et al. (2020), *Scenariostudie perspectief voor ontwikkelrichtingen Nederlandse landbouw in 2050*. Wageningen: Wageningen Environmental Research <https://edepot.wur.nl/512111>
- LNV (2021), *Contouren toekomstig mestbeleid Kamerbrief 8 september 2020*. Tweede Kamer, 2019–2020, 33 037, nr. 374. Den Haag, Ministerie Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2020/09/08/kamerbrief-contouren-toekomstig-mestbeleid>
- LNV (2022a), *Actieplan voor groei van biologische productie en consumptie. Bijlage bij Kamerbrief over actieplan voor groei van biologische productie en consumptie 19 december 2022*. Den Haag, Ministerie Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2022/12/19/lnv-actieplan-biologische-landbouw>
- LNV (2022b), *Diverse onderwerpen mestbeleid Kamerbrief 2 december 2022*. Den Haag, Ministerie Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2022/12/02/diverse-onderwerpen-mestbeleid>
- LNV (2022c), *Kamerbrief Evaluatie voedselagenda 2016-2020 en het voedselbeleid*. Den Haag, Ministerie Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit
- LNV (2022d), *Nationale Methaanstrategie. Bijlage bij kamerbrief 11 november 2022*. Den Haag, Ministerie Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2022/11/11/nationale-methaanstrategie>
- LNV (2023a), *Implementatie derogatiebeschikking en zevende actieprogramma Nitraatrichtlijn Kamerbrief 20 januari 2023*. Den Haag, Ministerie Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2023/01/20/implementatie-derogatiebeschikking-en-zevende-actieprogramma-nitraatrichtlijn>
- LNV (2023b), *Voortgang implementatie derogatiebeschikking mest en implementatie nutriënten-verontreinigde gebieden. Kamerbrief 5 december 2023*. Den Haag, Ministerie Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. <https://open.overheid.nl/documenten/af9b1d37-339b-4c4f-8ae6-1029eef24bd7/file>
- LNV (2024), *Voortgang energietransitie glastuinbouw. Kamerbrief 5 februari 2024*. Den Haag, Ministerie Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2024/02/05/kamerbrief-voortgang-energietransitie-glastuinbouw>
- LNV, IenW & BZK (2022), *Ontwikkeldocument Nationaal Programma Landelijk Gebied - Handreiking voor de gebiedsprogramma's NPLG*. Den Haag: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit <https://edepot.wur.nl/581740>
- LNV & IPO (2020), *Bos voor de toekomst : uitwerking ambities en doelen landelijke Bossenstrategie en beleidsagenda 2030*. Den Haag: Interprovinciaal Overleg (IPO) en Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit <https://edepot.wur.nl/535307>

- OCAP (2017), OCAP Factsheet, www.ocap.nl, maart 2023
- Partijen convenant (2022), Convenant Energietransitie Glastuinbouw 2022-2030. <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-2b15b6c2504f87dofcd6bf3e80bcfb94c7455830/pdf>
- PBL (2018), *Balans van de Leefomgeving 2018 : Nederland duurzaam vernieuwen*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving <https://www.pbl.nl/publicaties/balans-van-de-leefomgeving-2018>
- PBL (2022), *Klimaat- en Energieverkenning 2022*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving <https://www.pbl.nl/publicaties/klimaat-en-energieverkenning-2022>
- PBL (2023a), *Balans van de Leefomgeving 2023: Toekomstbestendig kiezen, rechtvaardig verdelen*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2023-balans-van-de-leefomgeving-5008.pdf>
- PBL (2023b), *Klimaat- en Energieverkenning 2023, Deel 1: ramingen van broeikasgasemissies op hoofdlijnen*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving <https://www.pbl.nl/publicaties/klimaat-en-energieverkenning-2023>
- PBL (2023c), *Reflectie op 'In Beweging', concept-Landbouwakkoord 2040*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving <https://www.pbl.nl/publicaties/reflectie-op-in-beweging-concept-landbouwakkoord-2040>
- PBL (2024a), *Beschikbaarheid biograndstoffen in Nederland en de EU - Notitie bij studie Trajectverkenning klimaatneutraal Nederland 2050*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving
- PBL (2024b), *Trajectverkenning klimaatneutraal 2050. Trajecten naar een klimaatneutrale samenleving voor Nederland in 2050*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving
- Plomp, A.J. & P. Kroon (2013), *De mogelijke aanscherping van vijf eisen in het Besluit emissie-eisen middelgrote stookinstallaties*. ECN-E--13-029. Petten: ECN. <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/blg-231229.pdf>
- Rabobank (2021), *Brexit en concurrentie van Marokkaanse tomaten beïnvloeden export Nederlandse tomaat naar VK*, <https://www.rabobank.nl/kennis/5011183932-brexit-en-concurrentie-van-marokkaanse-tomaten-beinvloeden-export-nederlandse-tomaat-naar-vk>,
- Rabobank (2022), *World Floriculture Map 2022*, <https://www.rabobank.nl/kennis/do11221160-world-floriculture-map-veel-ontwikkelingen-sierteelt>,
- Reisinger, A., H. Clark, R.M. Abercrombie, M. Aspin, P. Ettema, M. Harris, A. Hoggard, M.G. Newman & G. Sneath (2018), *Future options to reduce biological GHG emissions on-farm: critical assumptions and national-scale impact*. New Zealand Agricultural Greenhouse Gas Research Centre
- Remkes, J. (2022), *Wat wel kan: uit de impasse en een aanzet voor perspectief*. <https://edepot.wur.nl/578316>
- RIVM (2023a), *Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990-2021: National Inventory Report 2023*. Bilthoven: National Institute for Public Health and the Environment (RIVM)
- RIVM (2023b), *Voedselconsumptiepeiling*, <https://www.rivm.nl/voedselconsumptiepeiling>,
- Ros, G.H., W. de Vries, R. Jongeneel & M. van Ittersum (2023), *Gebieds- en bedrijfsgerichte handelingsperspectieven voor een duurzame landbouw in Nederland*. Wageningen: Wageningen University & Research <https://edepot.wur.nl/629419>
- RVO (2023), *Tabel 2 Stikstof landbouwgrond*, Rijksdienst voor Ondernemend Nederland: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/mest/gebruiken-en-uitrijden/stikstof-landbouwgrond>,
- Samen voor Biodiversiteit (2022), *Aanvalsplan landschap : Realisatie van 10% groenblauwe dooradering*. <https://edepot.wur.nl/578062>

- Sanders, M.E., H.A.M. Meeuwse, H.D. Roelofsen & R.J.H.G. Henkens (2021), *Voortgang natuurnetwerk en areaal beschermd natuurgebied : technische achtergronden bij de digitale Balans van de Leefomgeving 2020*. Wageningen: Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu <https://edepot.wur.nl/544268>
- Schaffer, M. & R. Schmid (2019), *Untersuchungen zum Vorkommen von Nitrifikations- und Ureaseinhibitoren in niedersächsischen Oberflächengewässern*. Hildesheim: Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
- Schelhaas, M.J., S. Teeuwen, J. Oldenburger, G. Beerkens, G. Velema, et al. (2022), *Zevende Nederlandse Bosinventarisatie : methoden en resultaten*. Wageningen: Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu <https://edepot.wur.nl/571720>
- SDO (2024), *Gematigde groei – Rapport van de Staatscommissie Demografische Ontwikkelingen 2050*. Den Haag: Staatscommissie Demografische Ontwikkelingen. <https://www.staatscommissie2050.nl/documenten/rapporten/2024/01/15/index>
- Smit, P. & R. Grootsholten (2024), *Actueel inzicht CO₂-behoefte Nederlandse glastuinbouw 2030 Rapport 2024-039*. Wageningen: Wageningen Economic Research <https://edepot.wur.nl/650075>
- Staatsblad (2023), *Wet van 10 juli 2023 tot wijziging van de Klimaatwet (implementatie Europese klimaatwet)* Staatsblad 2023, 271. Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden
- Stolwijk, H., H.J. Westhoek & J. Dam van (2007), *Analyse van het Burgerinitiatief 'Boeren met Toekomst' Effecten van een andere Intensieve Veehouderij*. 500139001. Bilthoven / Den Haag: MNP/CPB
- Terazono, E. (2020), *Vertical farming: hope or hype?* Financial Times. <https://www.ft.com/content/0e3aafca-2170-4552-9ade-68177784446e>
- van Baren, S., E. Arets & J.P. Lesschen (2023), *Raming van emissies van broeikasgassen en verwijderingen van CO₂ door de LULUCF-sector 2021-2040 : achtergronddocument bij de Klimaat- en Energieverkenning 2023*. Wageningen: Wageningen Environmental Research <https://edepot.wur.nl/637513>
- van den Born, G.J., F. Kragt, D. Henkens, B. Rijken, B. van Bommel, et al. (2016), *Dalende bodems, stijgende kosten : mogelijke maatregelen tegen veenbodemdaling in het landelijk en stedelijk gebied : beleidsstudie*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving <https://edepot.wur.nl/399337>
- van der Velden, N. & P. Smit (2017), *Effect intensivering, extensivering en energiebesparing op CO₂-emissie Nederlandse glastuinbouw*. Wageningen: Wageningen Economic Research ISBN 9463436030 <https://edepot.wur.nl/417478>
- van der Velden, N.J.A. & P.X. Smit (2019), *CO₂-behoefte glastuinbouw 2030*. Wageningen: Wageningen Economic Research ISBN 9463950095 <https://edepot.wur.nl/479979>
- van der Zee, T., A. Bannink, C. van Bruggen, K. Groenestein, J. Huijsmans, et al. (2021), *Methodology for estimating emissions from agriculture in the Netherlands : calculations for CH₄, NH₃, N₂O, NO_x, NMVOC, PM₁₀, PM_{2.5} and CO₂ using the National Emission Model for Agriculture (NEMA)*. Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) <https://edepot.wur.nl/581987>
- van Grinsven, H.J.M., J.D. van Dam, J.P. Lesschen, M.H.G. Timmers, G.L. Velthof & L. Lassaletta (2018), 'Reducing external costs of nitrogen pollution by relocation of pig production between regions in the European Union', *Regional Environmental Change*. <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1335-5>
- van Grinsven, H.J.M., M.M. van Eerdt, H. Westhoek & S. Kruitwagen (2019), 'Benchmarking Eco-Efficiency and Footprints of Dutch Agriculture in European Context and Implications for Policies for Climate and Environment', *Frontiers in Sustainable Food Systems* 3. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2019.00013>

- van Tuyll, A., L. Graamans & A. Boedijn (2022), *Carbon dioxide enrichment in a decarbonised future*. Bleiswijk: Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business Unit Greenhouse Horticulture <https://edepot.wur.nl/582215>
- VBNE (2023), *Gereedschapskist Klimaatlim Bos- en Natuurbeheer*, Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren: <https://www.vbne.nl/klimaatlimbosennatuurbeheer/>, 03-11-2023
- Vellinga, T. & M. de Haan (2022), *Onderzoek naar de mogelijkheden van een Afrekenbare Stoffen Balans voor de melkveehouderij : een analyse van datakwaliteit en handhaving*. Wageningen: Wageningen Livestock Research <https://edepot.wur.nl/558537>
- Vellinga, T. & K. Groenestein (2023), *Methaanemissies in de melkveehouderij in verleden en toekomst*. Wageningen: Wageningen Livestock Research <https://edepot.wur.nl/575030>
- Velthof, G.L. & R.P.J.J. Rietra (2018), *Nitrous oxide emission from agricultural soils*. Wageningen: Wageningen Environmental Research <https://edepot.wur.nl/466362>
- Vonk, J., C. van Bruggen, L.A. Lagerwerf, J.F.M. Huijsmans, H.H. Luesink, T. van der Zee & G.L. Velthof (2023), *Raming van luchtmissies uit de landbouw tot 2030, met doorkijk naar 2040 : achtergronddocument veehouderij en akkerbouw bij de Klimaat- en Energieverkenning 2022*. Wageningen: Wageningen Livestock Research <https://edepot.wur.nl/582057>
- WEcR (2024), *Agrimatie*, Wageningen Economic Research: <https://agrimatie.nl/>, januari 2024
- Winkel, D., D. de Jong, G. Haan, W. van Engen-Cocquyt, P. Simons, et al. (2023), *Superlijst Groen 2023: Welke supermarkten maken van duurzaam voedsel de makkelijke keuze?* Amsterdam: Denktank Questionmark <https://edepot.wur.nl/578836>
- Wu, D., Y. Zhang, G. Dong, Z. Du, W. Wu, D. Chadwick & R. Bol (2021), 'The importance of ammonia volatilization in estimating the efficacy of nitrification inhibitors to reduce N₂O emissions: A global meta-analysis', *Environmental Pollution* 271: 116365. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749120370548>
- WUR (2023), *Nieuwe coating zorgt voor hoge energiebesparing in kas*, WUR Business Unit Glastuinbouw en Bloembollen: <https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/onderzoeksinstituten/plant-research/glastuinbouw/show-glas/nieuwe-coating-zorgt-voor-hoge-energiebesparing-in-kas.htm>,

Bijlage 1 Emissiebronnen en sectoren

Tabel B.1

Overzicht bronnen en indeling in sectoren

Sector	Emissies in 2021 in megaton CO ₂ -equivalenten	KEV sector	Sector in TVKN studie ¹	Behandeling in TVKN
Veehouderij en akkerbouw				
Methaanemissies	13,2	Landbouw	Landbouw	Onderdeel trajecten
Lachgasemissies	4,9	Landbouw	Landbouw	Onderdeel trajecten
CO ₂ -emissies uit toediening kunstmest en indirecte emissies (NMVOS)	0,3	Landbouw	Landbouw	Constant verondersteld
CO ₂ -emissies door energie- en warmtevoorziening gebouwen en stallen (gas, stookolie)	0,7	Landbouw	Gebouwde omgeving	Niet specifiek onderzocht
CO ₂ -emissies mobiele werktuigen (zoals trekkers)	1,1 – 1,5	Mobiliteit	Mobiliteit	Niet specifiek onderzocht
Glastuinbouw				
CO ₂ emissies verwarming en WKK	6,8	Landbouw	Glastuinbouw	Onderzocht
CH ₄ emissies verwarming en WKK	1,3	Landbouw	Glastuinbouw	Onderzocht
Landgebruik	4,3 ²	Landgebruik	Landgebruik	Onderdeel trajecten

1) Deze indeling komt overeen met de indeling van het National Inventory Report

2) Onderdeel hiervan zijn methaan- en lachgasemissies uit bodems en sloten en bodems. Voor methaan is dit 0,2 megaton CO₂-equivalenten, voor lachgas (N₂O) betreft het 0,1 megaton CO₂-equivalenten.

Bijlage 2 Landbouwemissies per traject

Deze bijlage geeft de procesemissies van methaan, lachgas en CO₂ van de sector Landbouw. Dit is dus exclusief de emissies veroorzaakt door energiegebruik, en de emissies vanuit landgebruik.

Tabel B.2
Methaanemissies in megaton CO₂-equivalenten

	Referentie (2021)	2050 Klimaat Basis	2050 Klimaat Plus	2050 Natuur & Klimaat
Melkveehouderij, waarvan				
Pens- en darmfermentatie	7,2	3,8	2,8	2,9
Overig	2,0	0,7	0,5	0,6
Varkenshouderij, waarvan				
Pens- en darmfermentatie	1,4	1,1	1,0	0,9
Overig	0,3	0,2	0,2	0,2
Overige diersoorten, waarvan				
Pens- en darmfermentatie	0,5	0,4	0,2	0,2
Overig	1,8	0,8	0,6	0,5
Totaal	13,2	6,9	5,3	5,2

Tabel B.3
Lachgasemissies in megaton CO₂-equivalenten

	Referentie (2021)	2050 Klimaat Basis	2050 Klimaat Plus	2050 Natuur & Klimaat
Beweiding	0,8	0,7	0,6	0,6
Kunstmesttoediening	1,1	0,7	0,5	0,6
Mesttoediening	1,0	0,6	0,4	0,5
Overig	2,1	1,7	1,5	1,4
Totaal	5,0	3,8	3,0	3,1

Tabel B.4
Totale emissies Landbouw in megaton CO₂-equivalenten*

	Referentie (2021)	2050 Klimaat Basis	2050 Klimaat Plus	2050 Natuur & Klimaat
Methaan	13,2	6,9	5,3	5,2
Lachgas	4,9	3,8	3,0	3,1
Overig (CO₂, NMVOS)	0,2	0,2	0,2	0,2
Totaal	18,3	11,0	8,6	8,5

* Door afrondingen kunnen kleine verschillen ontstaan tussen totalen en onderliggende cijfers

Bijlage 3 Methodische verantwoording

Met het oog op de TVKN-studie is een eenvoudige rekentool ontwikkeld om methaan- en lachgasemissies uit de landbouw te kunnen berekenen. De TVKN-tool berekent nationale broeikasgasemissies voor de volgende emissiebronnen:

- Methaanemissies uit pens- en darmfermentatie, beweiding, stal & opslag, en mestbewerking & mestvergisting;
- Lachgasemissies uit beweiding, stal & opslag, mestbewerking, toediening van kunstmest en dierlijke mest, histosolen en overige bronnen (gewasresten, compost, graslandvernieuwing), en indirecte N₂O emissies als gevolg van NH₃ emissies (uit stallen en landbouwbodems) en uit- en afspoeling.

Met deze tool kunnen de effecten van een aantal (forse) veranderingen in de landbouw en specifieke maatregelen op consistente wijze worden gekwantificeerd. De tool is geprogrammeerd in R. In de tool worden op simpele wijze een aantal variabelen berekend (zoals gebruik van dierlijke mest en kunstmest), die als basis dienen voor verdere berekeningen. De berekeningen volgen grotendeels de methodiek van de emissieberekeningen voor de emissieregistratie met het NEMA model (van der Zee et al., 2022; van Bruggen et al., 2022). Voor emissies uit de veehouderij worden tien diercategorieën onderscheiden (melkvee jongvee, melk- en kalfkoeien, vleeskalveren, vleesvee, schapen, geiten, paarden & pony's, varkens, leghennen en vleespluimvee). Bij emissies uit landbouwbodems wordt onderscheid gemaakt tussen twee landgebruikstypes (grasland en bouwland) en drie grondsoorten (mineraal, moerig, veen). De tool is niet ruimtelijk specifiek, alleen nationale emissies worden berekend.

Voor het basisjaar (2021) zijn activiteiten-data voor dieraantallen, stikstofexcretie, organische stofexcretie, mestverwerking en -vergisting, etc. uit grotendeels van CBS en NEMA gebruikt. Waar nodig worden data voor TVKN geaggregeerd naar bovengenoemde diercategorieën. Emissiefactoren volgen de methodiek van de Emissieregistratie, die weer in overstemming is met internationale afspraken. Soms zijn versimpelde emissiefactoren afgeleid uit de emissie- en activiteitengegevens in NEMA. (Zo wordt bijvoorbeeld voor een paar diersoorten de gemiddelde CH₄ emissiefraction voor pens- en darmfermentatie per diercategorie berekend door de totale emissies te delen door het aantal dieren. Voor de trajecten zijn bepaalde veranderingen verondersteld, zoals in dieraantallen, staltypen en aandeel mestvergisting.

Voor de verdeling van dierlijke mest wordt eerst de totale mestplaatsingsruimte berekend op basis van gebruiksnormen voor stikstof uit dierlijke mest, het landbouwareaal en de acceptatiegraad (de fractie van de gebruiksruijme die daadwerkelijk wordt opgevuld). De hoeveelheid stikstof in weidemest wordt van de plaatsingsruimte op grasland afgetrokken. Vervolgens wordt de hoeveelheid beschikbare mest voor toediening (de totale excretie in de stal min ammoniakemissies en mest die naar hobbybedrijven of mestverwerking gaat) als volgt toegepast: eerst wordt alle plaatsbare mest van herkauwers en paarden toegepast, als dan nog ruimte is wordt varkensmest toegepast, en ten slotte (indien mogelijk) pluimveemest. Mest die niet binnen de Nederlandse landbouw kan worden geplaatst wordt verondersteld geëxporteerd of verbrand te worden. De hoeveelheid toegediende kunstmest-stikstof wordt berekend als het verschil tussen de totale stikstofgebruiksnorm en de hoeveelheid werkzame stikstof in dierlijke mest. De hoogte van de stikstofgebruiksnorm is afhankelijk van het traject. Lachgas- en ammoniakemissies uit toediening van kunstmest worden berekend op basis van de totale hoeveelheid toegediende stikstof en grondsoort- en landgebruikspecifieke emissiefactoren.

Voor de trajecten worden aannames gemaakt over de ontwikkeling van de omvang en productiviteit van de veestapel en het landbouwareaal. Verder worden de effecten van een aantal maatregelen op broeikasgasemissies gesimuleerd door maatregelen te vertalen naar veranderingen in landgebruik, meststromen en emissiefracties.

Voor het basisjaar (2021) geeft de tool resultaten die minder dan 1-2 procent afwijken van de data in de ER in dat jaar. De verwachting is dat de tool ook voor de trajecten uitkomsten geeft die voldoende betrouwbaar zijn, zeker gezien het doel van deze studie, en tevens gezien de onzekerheid in de hoogte van methaan- en lachgasemissies.

De gebruikte opwarmingspotentiëlen (GWP) zijn conform die van het IPCC AR5-rapport: voor methaan 28 en voor lachgas 265 (zie ook de Klimaat en energieverkenning 2021). Deze factoren geven aan hoeveel keer methaan en lachgas een sterker broeikasgas zijn dan CO₂. Deze factoren zijn dus nodig voor omrekening naar CO₂-equivalenten.

Bijlage 4 Lijst van afkortingen

Afkorting	Omschrijving
AFOLU	Agriculture, Forestry, and Land Use
ANLb	Agrarische Natuur en landschapsbeheer, onderdeel tweede pijler GLB
CO₂	Koolstofdioxide
GLB	Gemeenschappelijk landbouwbeleid
KEV	Klimaat- en energieverkenning (jaarlijks PBL-rapport)
LULUCF	Land Use, Land Use Change, and Forestry
N₂	Stikstof
N₂O	Lachgas
NMVOS	Niet-methaan vluchtige organische stoffen
NPLG	Nationaal Programma Landelijk Gebied
TVKN	Trajectverkenning klimaatneutraal Nederland (PBL studie)
WKK	Warmtekrachtkoppeling