

Wat kan natuurinclusieve landbouw bijdragen aan de milieuproblemen?

Een modelmatige verkenning naar de bijdrage van natuurinclusieve landbouw aan de opgaven stikstof, klimaat en waterkwaliteit in het landelijk gebied

Edo Gies, Mirre Berkhof, Wim Nieuwenhuizen, Twan Cals, Roos de Adelhart Toorop, Aart Evers, Willem van Geel, Hans Kros en Jan Cees Voogd



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH



Wat kan natuurinclusieve landbouw bijdragen aan de milieupgaven?

Een modelmatige verkenning naar de bijdrage van natuurinclusieve landbouw aan de opgaven stikstof, klimaat en waterkwaliteit in het landelijk gebied

Edo Gies¹, Mirre Berkhof¹, Wim Nieuwenhuizen¹, Twan Cals¹, Roos de Adelhart Toorop³, Aart Evers², Willem van Geel⁴, Hans Kros¹ en Jan Cees Voogd¹

1 Wageningen Environmental Research

2 Wageningen Livestock Research

3 Farming Systems Ecology, Wageningen University

4 Wageningen Plant Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research en gesubsidieerd door het Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoekthema 'BO-58 A5 Biodiversiteit in Kringlooplandbouw' (projectnummer BO-43-104-006).

Wageningen Environmental Research
Wageningen, februari 2025

Gereviewd door:

Anne van Doorn, onderzoeker en programma coördinator Biodiversiteit in de landbouw

Akkoord voor publicatie:

Bertram de Rooij, teamleider van team Regionale Ontwikkeling en
Ruimtegebruik

Rapport 3411
ISSN 1566-7197

Gies, Edo, Mirre Berkhof, Wim Nieuwenhuizen, Twan Cals, Roos de Adelhart Toorop, Aart Evers, Willem van Geel, Hans Kros, Jan Cees Voogd, 2025. *Wat kan natuurinclusieve landbouw bijdragen aan de milieuproblemen?; Een modelmatige verkenning naar de bijdrage van natuurinclusieve landbouw aan de opgaven stikstof, klimaat en waterkwaliteit in het landelijk gebied*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3411. 100 blz.; 31 fig.; 11 tab.; 88 ref.

De studie richt zich op de effecten van natuurinclusieve landbouw met betrekking tot stikstof, klimaat en waterkwaliteit waarvoor een opgave geldt voor de landbouw in het kader van de Vogel- en Habitatrichtlijnen, de Kaderrichtlijn Water, de Nitraatrichtlijn en het Nationaal Klimaatakkoord. Natuurinclusieve landbouw is een manier van boeren waar ook de natuur baat bij heeft. De natuurinclusieve maatregelen zijn uitgewerkt voor de melkveehouderij en de akkerbouw. Dit zijn grondgebonden sectoren die het meest vertegenwoordigd zijn in het gebruik van de Nederlandse landbouwgrond. De maatregelen zijn uitgewerkt in twee hoofdvarianten in natuurinclusieve bedrijfssystemen: een Gangbaar-plus-bedrijfssysteem, waarbij enkel natuurinclusieve maatregelen toegepast worden binnen het huidige ontwikkelpad van schaalvergroting en specialisering, en een Natuurinclusief bedrijfssysteem, waarbij omgeschakeld wordt naar een natuurinclusieve bedrijfsvoering die integraal stuurt op benutten van en zorgen voor natuur en minder impact heeft op natuur. Deze bedrijfssystemen zijn vervolgens in verschillende ruimtelijke combinaties voor de gehele akkerbouw en melkveehouderij in Nederland doorgerekend op bovenstaande effecten. Het onderzoek heeft een verkennend karakter en is bedoeld om kennis te verschaffen aan iedereen die betrokken is bij de uitwerking van opgaven en zich daarbij afvraagt hoe groot de rol van natuurinclusieve landbouw kan zijn in de aanpak van de verduurzaming van het landelijk gebied.

Trefwoorden: natuurinclusieve landbouw, scenario's, stikstof, fosfor, ammoniakemissie, stikstofdepositie, waterkwaliteit, klimaat, broeikasgasemissie, landbouw, maatregelen, doelbereik

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/685603> of op www.wur.nl/environmental-research (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2025 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, www.wur.nl/environmental-research. Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

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

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

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

Wageningen Environmental Research Rapport 3411 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: Shutterstock

Inhoud

Verantwoording	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	13
1.1 Achtergrond	13
1.2 Onderzoeksopdracht	15
1.3 Onderzoeksproces	15
1.4 Afbakening van de studie	16
1.5 Leeswijzer	16
2 Aanpak op hoofdlijnen	17
3 Conceptueel kader	20
3.1 Het conceptueel kader in het kort	20
3.2 Dimensies natuurinclusieve landbouw	20
3.3 Niveaus natuurinclusieve landbouw	22
3.4 Ontwikkelpaden in de landbouw	23
3.5 Conceptuele uitwerking in deze studie	24
4 Bedrijfssystemen	26
4.1 Melkveehouderij	26
4.1.1 Korte beschrijving bedrijfssystemen	26
4.1.2 Uitgangspunten en maatregelen	27
4.1.3 Uitkomsten uitgangspunten en maatregelen	30
4.2 Akkerbouw	36
4.2.1 Korte beschrijving bedrijfssystemen	36
4.2.2 Uitgangspunten en maatregelen	37
4.2.3 Uitwerking bouw- en bemestingsplan bedrijfssystemen akkerbouw	38
4.2.4 Uitkomsten uitgangspunten en maatregelen	44
5 Ruimtelijke scenario's natuurinclusieve melkveehouderij en akkerbouw	47
5.1 Uitwerking ruimtelijke scenario's	47
5.2 Consequenties voor de omvang veestapel, bemesting en mestbalans	50
5.3 Effecten op het milieu	55
5.3.1 Ammoniakemissie en stikstofdepositie	55
5.3.2 Broeikasgassen	57
5.3.3 Waterkwaliteit	59
6 Synthese	62
6.1 Belangrijkste inzichten	62
6.2 Discussie en aanbevelingen	65
Literatuur	67
Bijlage 1 Gehanteerde Bedrijfsmodellen	72
Bijlage 2 INITIATOR en OPS	75
Bijlage 3 Natuurinclusieve maatregelen melkveehouderij	79
Bijlage 4 Natuurinclusieve maatregelen akkerbouw	83
Bijlage 5 Implementatie scenario resultaten bedrijfsmodellen in INITIATOR	92
Bijlage 6 Effecten per provincie	95

Verantwoording

Rapport: 3411

Projectnummer: 5200046949

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

Akkoord referent die het rapport heeft beoordeeld,

functie: Anne van Doorn

functie: programma coördinator Biodiversiteit in de landbouw

datum: 18 oktober 2025

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: Bertram de Rooij, teamleider team Regionale Ontwikkeling en Ruimtegebruik

datum: 8 november 2025

Samenvatting

Aanleiding en doelstelling

In het landelijk gebied moet een aantal prioritaire beleidsopgaven voor stikstof, klimaat, water biodiversiteit en natuur gerealiseerd worden. Deze opgaven komen (hoofdzakelijk) voort uit EU-wet- en regelgeving en worden in een programma onder de Omgevingswet integraal en gebiedsgericht uitgewerkt. De Rijksoverheid wil deze beleidsopgaven in samenhang oppakken om zo tot een duurzaam landelijk gebied te komen. Het realiseren van veel van deze beleidsopgaven vergt een verdere verduurzaming van de landbouw. Diverse onderzoeken en adviezen geven aan dat natuurinclusieve landbouw mogelijk de sleutel kan zijn om voedsel te kunnen produceren binnen de grenzen van natuur, milieu en leefomgeving en daarmee kan bijdragen aan (condities voor) meer biodiversiteit en aan de stikstof-, water- en klimaatopgaven in het landelijk gebied. Vanuit het Meerjarig Missiegedreven Innovatie Programma (MMIP) A5 Biodiversiteit in de Kringlooplandbouw is aan Wageningen Environmental Research (WENR) de vraag gesteld (meer) inzicht te geven in welke bijdrage natuurinclusieve landbouw kan leveren aan het realiseren van de verduurzamingsopgaven voor landbouw voor stikstof, klimaat, water, biodiversiteit en natuur. Inzichten die nodig zijn om uiteindelijk met natuurinclusieve landbouw impact te realiseren.

Afbakening

Natuurinclusieve landbouw is een manier van boeren waar de natuur baat bij heeft in de vorm van meer biodiversiteit. Het heeft ook effecten op de milieuemissies op het gebied van stikstof, klimaat en waterkwaliteit waarvoor een nationale opgave geldt voor de landbouw. In deze studie wordt doorgerekend hoe groot de effecten van deze milieuemissies zijn bij natuurinclusieve maatregelen. Voor de stikstofgevoelige natuur gaat het om het effect op de stikstofbelasting. Voor waterkwaliteit is gekeken naar uitspoeling van stikstof uit landbouwgronden. Effecten van mindering van gewasbeschermingsmiddelen en inrichting van de watergangen en verhoging van grondwaterstanden zijn buiten beschouwing gelaten. Voor klimaat wordt vooral gekeken naar de broeikasgasemissies en is koolstofopslag in de bodem niet meegenomen.

De natuurinclusieve landbouw is in deze studie uitgewerkt voor de melkveehouderij en de akkerbouw. Dit zijn grondgebonden sectoren die het meest vertegenwoordigd zijn in het gebruik van de Nederlandse landbouwgrond. De meeste natuurinclusieve maatregelen betreffen ook aanpassingen in het beheer en gebruik van agrarische gronden.

Het onderzoek heeft een verkennend karakter en is bedoeld om inzicht te geven aan iedereen die betrokken is bij de uitwerking van opgaven en zich daarbij afvraagt hoe groot de rol van natuurinclusieve melkveehouderij en natuurinclusieve akkerbouw kan zijn in de aanpak van de verduurzaming van het landelijk gebied. Het is nadrukkelijk niet bedoeld om het optimaalste pakket aan maatregelen voor natuurinclusieve landbouw qua doelbereik of kosteneffectiviteit te bepalen.

Aanpak

Deze studie bestaat uit een vijftal stappen. In de eerste stap wordt het concept natuurinclusieve landbouw (NIL) nader geoperationaliseerd. In stap 2 zijn met uitgangspunten en maatregelen de natuurinclusieve bedrijfssystemen voor melkveehouderij en akkerbouw voor deze studie gedefinieerd. Deze bedrijfssystemen zijn vervolgens in stap 3 uitgewerkt in ruimtelijke scenario's die heel Nederland dekken, waarmee in stap 4 het effect van het totale scenario op uit- en afspoeling van stikstof, broeikasgas- en ammoniakemissies en stikstofdepositie is berekend voor heel Nederland, daarbij rekening houdend met de onderlinge relaties tussen de maatregelen die in de bedrijfssystemen en het scenario zijn opgenomen. Ten slotte zijn in stap 5 de potentiële emissiereducties vergeleken met de landelijke reductieopgaven voor de landbouw die voortkomen uit EU-wet- en regelgeving.

Kenmerkend in deze aanpak is dat de opgestelde maatregelpakketten die op bedrijfsniveau op samenhangende wijze zijn geformuleerd, doorgerekend en getoetst zijn met bedrijfssysteemmodellen. En dat vervolgens de relevante kengetallen die uit deze bedrijfssysteemmodellen volgen, zijn gebruikt in een regionaal emissiemodel waarin rekening wordt gehouden met de huidige kenmerken en ligging van ieder individueel landbouwbedrijf in Nederland. Deze werkwijze wordt maar weinig toegepast in vergelijkbare studies.

Natuurinclusieve bedrijfssystemen

De transitie naar een natuurinclusieve bedrijfssysteem is niet eenvoudig, omdat van het huidige dominante ontwikkelpad afgeweken moeten worden, waarbij zowel de productiewijze als het verdienmodel anders zullen zijn. Dat het lastig is komt doordat enerzijds voor veel bedrijven de keuzes in het verleden ook de keuze voor de toekomst medebepalen en anderzijds dat er een wezenlijke aanpassing van het marktsysteem nodig is om het verdienmodel van natuurinclusieve landbouw op de lange termijn te verbeteren. Dit betekent dat het niet voor ieder bedrijf mogelijk is om binnen tien jaar over te schakelen naar een volledig natuurinclusieve bedrijfsvoering. Tegelijkertijd is het wel mogelijk om in de huidige gangbare bedrijfsvoering een aantal natuurinclusieve maatregelen in te passen. Vanuit deze invalshoek zijn er in deze studie zijn twee typen natuurinclusieve bedrijfssystemen opgesteld:

- Het 'Gangbaar-plus' bedrijfssysteem: het bedrijf past enkel natuurinclusieve maatregelen toe die passen binnen het huidige ontwikkelpad van schaalvergroting en specialisering. De bedrijfsvoering blijft gangbaar, maar waar dat past, worden er maatregelen genomen die een plus opleveren voor de biodiversiteit.
- Het 'Natuurinclusief' bedrijfssysteem: de boer schakelt om naar een natuurinclusieve bedrijfsvoering en stuurt integraal op meer biodiversiteit door het beter benutten van natuurlijke processen, het verrijken van de natuur en het minder belasten van de natuur. In de bedrijfsvoering wordt het huidige ontwikkelpad verlaten voor een natuurinclusief ontwikkelpad.

De natuurinclusieve bedrijfssystemen zijn uitgewerkt naar de twee sectoren (melkveehouderij en akkerbouw) en de drie grondsoorten (veen, klei en zand). Als referentie zijn gangbare bedrijfssystemen voor melkvee en akkerbouw gehanteerd die zijn gebaseerd op de huidige landbouwpraktijk.

Voor ieder bedrijfssysteem is een maatregelpakket samengesteld op basis van literatuuronderzoek en expert judgement en deze zijn met bedrijfsmodellen (BBPR voor melkveehouderij en NDICEA voor akkerbouw) doorgerekend om te komen tot goed functionerende bedrijfssystemen. De mate van integraliteit en samenhang tussen de maatregelen neemt per bedrijfsonderdeel toe, naarmate het bedrijfssysteem natuurinclusiever wordt.

In de melkveehouderij blijft Gangbaar-plus gericht op een hoge melkproductie tegen zo laag mogelijke kosten. Er worden wel natuurinclusieve maatregelen genomen, zoals lichte pakketten agrarisch natuurbeheer op 10 tot 20% van het bedrijfsareaal, meer weidegang, wisselteelt grasklaver-mais en een iets lagere krachtvoergift dan gangbaar. Het zijn maatregelen die geen aanzienlijke opbrengstderiving opleveren of kostenbesparend zijn, of waar eventueel onkostenvergoedingen tegenover staan. Daarnaast voldoet de huisvesting op deze bedrijven aan de wettelijke norm voor emissiearme stalsystemen bij nieuwbouw/vervanging. Bij Natuurinclusief wordt maximaal ingezet op natuurinclusieve maatregelen, zoals zware pakketten agrarisch natuurbeheer op 10 tot 20% van bedrijfsareaal, dubbeldoel koeienrassen, maximaal weidegang, naar 100% grasland en grasklaver, een lagere krachtvoergift, gebruik van meer vaste mest en geen gebruik van kunstmest. Verder werken melkveehouder en akkerbouwer samen op het gebied van de mest- en voerkringloop. De melkveehouder levert dierlijke mest aan de akkerbouwer en de akkerbouwer levert in ruil daarvoor (kracht)voer. Om mest te kunnen leveren aan de akkerbouw is de veebezetting op 2 GVE/ha gesteld. Specifiek voor melkveehouderij is hierop aanvullend nog een verzwaarde variant toegepast ('Natuurinclusief-plus'), waarbij de veebezetting daalt tot 1,5 GVE/ha en verondersteld wordt dat op bedrijfsniveau geen sprake is van een mestoverschot.

In de akkerbouw wordt in Gangbaar-plus het bouwplan extensiever met daarin meer maaigewassen. Voedergewassen worden op klei niet meer geteeld, de rustgewassen op klei worden vooral gebruikt voor humane consumptie. De akkerbouwer op zand verbouwt daarentegen geen graan meer voor menselijke consumptie, maar enkel voor diervoeder. Reden is dat door klimaatverandering het behalen van de juiste kwaliteit voor menselijke consumptie op zandgrond extra bemesting vergt, hetgeen ongewenst is gezien de

milieuemissies. Verder wordt geïntegreerde gewasbescherming (preventie en laag gebruik middelen) een mengsel van groenbemesters en een lagere kunstmestgift toegepast en er worden akkerranden, vogelakkers en wintervoedselvelden aangelegd. Bij Natuurinclusief wordt het bouwplan zeer extensief waarbij de rotatie van gewassen wordt afgestemd op de stikstofefficiëntie. Kunstmest wordt niet meer toegepast. Met toediening van meer vaste mest in plaats van drijfmest, groencompost, achterlaten van stro en niet-kerende grondbewerking wordt het organischestofgehalte in de bodem verbeterd. Bij alle teelten is er sprake van natuurlijke plaagbestrijding en gewasbeschermingsmiddelen worden dus niet meer gebruikt. Verder worden er meer maatregelen genomen die ruimte bieden aan de akkerflora en -fauna.

Ruimtelijke scenario's

De natuurinclusieve bedrijfssystemen voor de akkerbouw en melkveehouderij zijn in verschillende ruimtelijke scenario's op de milieueffecten voor de thema's stikstof, waterkwaliteit en klimaat doorgerekend. De kengetallen (m.n. de bemesting en het aantal dieren) uit de bedrijfsmodellen zijn daarvoor vertaald naar het landelijke model INITIATOR (landbouwemissies). Er zijn zes ruimtelijke scenario's doorgerekend en één referentiesituatie (gangbare bedrijfssystemen voor de situatie in peiljaar 2020). In de zes ruimtelijke scenario's worden de verschillende natuurinclusieve bedrijfssystemen in de akkerbouw en melkveehouderij toegepast zowel in als buiten de zgn. aandachtsgebieden (natuurgebieden, de overgangsgebieden rondom stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden, de veenweidegebieden en de beekdalen op de zandgronden met een KRW-opgave). Het betreft ongeveer een kwart van het totale areaal landbouwgrond in Nederland, waar met name de melkveehouderij relatief veel landbouwareaal in gebruik heeft. Het areaal akkerbouw in de aandachtsgebieden is zowel absoluut als relatief klein ten opzichte van het totaalareaal akkerbouw in Nederland.

De opbouw van de scenario's is zo opgesteld dat de mate van natuurinclusieve maatregelen steeds groter wordt (zie figuur 5.1 in hoofdstuk 5). Scenario's 1 en 2 zijn meer de gematigde scenario's waarin alleen in de aandachtsgebieden natuurinclusieve bedrijfssystemen worden toegepast. In scenario 3 en 4 wordt in heel Nederland minimaal een Gangbaar-plus bedrijfssysteem toegepast met in scenario 4 in de aandachtsgebieden het natuurinclusieve bedrijfssysteem. In scenario 5 en 6 wordt in heel Nederland het natuurinclusieve bedrijfssysteem toegepast, terwijl aanvullend in scenario 6 in de aandachtsgebieden voor de melkveehouderij een variant op het natuurinclusieve bedrijfssysteem wordt toegepast (Natuurinclusief-plus), waarbij verondersteld wordt dat de veebezetting zodanig is dat er geen mestoverschot meer is op het eigen bedrijf.

Conclusies effecten en doelbereik scenario's

Deze modelmatige studie laat zien dat natuurinclusieve landbouw in Nederland integraal kan bijdragen aan het realiseren van de doelen voor de beschouwde milieuaspecten met betrekking tot stikstof, klimaat en waterkwaliteit.

In het ontwikkelpad waarin de gangbare melkvee- en akkerbouwbedrijven op een relatief eenvoudige wijze natuurinclusieve maatregelen in de bedrijfsvoering inpassen zijn de effecten van de maatregelen vooral van toepassing op verminderen van landbouwemissies op de landbouwgronden. Met name de maatregelen gericht op een lagere bemesting, meer diversiteit in gewassen en meer ruimte voor agrarisch natuurbeheer geven een vermindering van de ammoniakemissies en uitspoeling van stikstof naar grond- en oppervlaktewater.

Ingeval de gangbare bedrijfssystemen overgaan naar het ontwikkelpad van integrale natuurinclusieve bedrijfssystemen is het effect op de landbouwemissies groter. Het leidt tot een extensievere bedrijfsvoering met minder krachtvoer, geen kunstmest en een lagere veebezetting. Voor de methaan- en ammoniakemissies is ook een groot deel afkomstig uit de veehouderij die is gehuisvest in stallen. Een extensievere bedrijfsvoering in natuurinclusieve landbouw leidt tot een kleinere omvang van de veestapel en is daarmee, evenals inzet op emissiearme stalsystemen, een belangrijke factor voor het verminderen van zowel de methaan- als ammoniakemissies.

Emissiereductie

De mate waarin natuurinclusieve landbouw bijdraagt aan het realiseren van de doelen, is afhankelijk van de mate waarin de natuurmaatregelen zijn ingepast in het bedrijfssysteem (Gangbaar-plus, Natuurinclusief of Natuurinclusief-plus) en waar en in welke omvang ze in Nederland worden toegepast (heel Nederland of alleen in de aandachtsgebieden):

- In het bedrijfssysteem Natuurinclusief voor heel Nederland zijn de emissiereducties in de akkerbouw over de hele linie relatief groot, met ca. 30% minder uitspoeling van nitraat naar het grondwater tot bijna 50% minder ammoniakemissie. In de melkveehouderij varieert de hoogte van de emissiereductie van ca. 10% minder uitspoeling van nitraat naar het grondwater tot ca. 40% reductie van ammoniakemissie.
- Voor toepassing van het bedrijfssysteem Gangbaar-Plus in heel Nederland zijn de emissiereducties behoorlijk minder. Voor deze lichtere vorm van natuurinclusieve melkveehouderij gaat het om reducties van een kleine 10% (voor broeikasgassen en nitraatuitspoeling) tot ca. 20% (ammoniakemissies o.a. het gevolg van de maatregel emissiearme stal). Voor deze vorm van akkerbouw varieert het effect van een toename van de nitraatuitspoeling (door hogere aanvoer van organische mest bij scenario Gangbaar-plus op zand) tot een afname van ca. 5% (ammoniak- en broeikasgasemissies).
- Als in Nederland enkel in de aandachtsgebieden maximaal wordt ingezet op natuurinclusieve bedrijfssystemen, hetgeen voor de melkveehouderij betekent dat ze naar Natuurinclusief-plus gaan, dan is voor de melkveehouderij het effect op de vermindering van de ammoniak-, methaan- en lachgasemissies groter of gelijk aan het effect bij minimaal Gangbaar-plus in heel Nederland. Dit wordt met name veroorzaakt door de gerichte afname van de melkveestapel rondom en in stikstofgevoelige gebieden als gevolg van de Plus-variant, waarbij de mestafzet enkel op eigen bedrijf plaatsvindt. Voor akkerbouw geldt dit overigens niet. Daar levert Gangbaar-plus in heel Nederland een grotere emissiereductie dan enkel Natuurinclusief in de aandachtsgebieden.

Doelbereik

Met natuurinclusieve landbouw in zowel de melkveehouderij als akkerbouw (scenario 5 en 6) zijn ruime (> 40%) ammoniakemissiereducties mogelijk. Ondanks deze reductie wordt het landelijke indicatieve restemissiedoel van 63 kton NH₃ nog niet gehaald. Daarbij moet opgemerkt worden dat mogelijke toekomstige emissiereducties in de varkens- en pluimveehouderij, die in deze studie buiten beschouwing zijn gelaten, niet zijn meegenomen. Overigens betekent dat voor doelbereik van de landelijke doelstelling met betrekking tot meer areaal stikstofgevoelige natuur onder de kritische depositiewaarde – naast maatregelen in de landbouw – dat ook maatregelen in de overige sectoren (verkeer en vervoer, industrie en huishoudens) en het buitenland nodig zijn.

In de meest natuurinclusieve scenario's worden de afspraken in het Klimaatakkoord (5 Mton CO₂-eq reduceren in 2030) mogelijk geacht. Dit is met name gekoppeld aan de krimp van de melkveestapel. In de gematigde scenario's is de reductie van methaan- en lachgasemissies beperkt, wel wordt de reductie weer groter wanneer Natuurinclusief-plus in de aandachtsgebieden wordt toegepast. Effecten op de klimaatopgave voor landgebruik (zoals verminderen van de CO₂-emissie vanuit veen en koolstofopslag in minerale bodems) zijn niet doorgerekend, maar de natuurinclusieve maatregelen zullen hier naar verwachting wel een bijdrage aan leveren.

De meest natuurinclusieve scenario's geven de grootste vermindering van de stikstofuitspoeling naar grond- en oppervlaktewater. Doelbereik in relatie tot de Kaderrichtlijn Water is in deze studie niet doorgerekend, daarvoor zijn andere modellen nodig.

Discussie en aanbevelingen

Deze studie heeft een verkennend karakter, uitgewerkt in verschillende scenario's, en is bedoeld om inzicht te geven in welke mate natuurinclusieve landbouw kan bijdragen aan de reductie in emissies en het nationale doelbereik in heel Nederland. Het is een modelmatige studie waarbij verschillende aannames zijn gedaan die ter discussie gesteld kunnen worden en daarnaast is er sprake van onzekerheden in zowel de modellen als de beoordeling van de effecten van de maatregelen. De resultaten uit deze studie kunnen dan ook niet beschouwd worden als een exacte voorspelling, maar geven met name in orde van grootte aan wat natuurinclusieve landbouw kan betekenen voor vermindering van de milieudruk. Een aantal aspecten is daarbij van belang:

- De maatregelenpakketten in de gehanteerde scenario's zijn veelomvattend en sommige ervan zullen een grote impact hebben op alle onderdelen van de agrarische bedrijfsvoering van de melkveehouders en akkerbouwers. In de Gangbaar-plus bedrijfssystemen is de verwachting dat de maatregelen relatief eenvoudig inpasbaar zijn, maar de omschakeling naar een natuurinclusief bedrijfssysteem is groot. Het is aan te bevelen om met betrekking tot de implementatiegraad en de effectiviteit van maatregelen/maatregelenpakketten ook gevoeligheidsanalyses uit te voeren. Wat gebeurt er als een maatregel strikter wordt toegepast, wat gebeurt er als een maatregel meer of minder effectief is en wat gebeurt er als de implementatiegraad van een maatregel lager is dan 100%? Er zijn overigens meer maatregelen denkbaar dan de maatregelen die in deze verkenning zijn onderzocht, ook kunnen bestaande maatregelen scherper worden toegepast.
- Inzicht in de extra kosten of kostenbesparingen van de maatregelen en de inkomenseffecten zijn onontbeerlijk als omvangrijke integrale maatregelenpakketten in de praktijk uitgevoerd moeten worden. Maar het gaat niet alleen om investeringen, het vraagt ook om een gedragsverandering, het anders denken en doen op het eigen bedrijf. Ook is het van belang om beter zicht te krijgen op een verdienmodel voor natuurinclusieve landbouw voor een grotere groep boeren.
- In onderhavige studie wordt gebruikgemaakt van modellen. Er zitten beperkingen aan de mate van gedetailleerdheid van de modellen die in deze studie gebruikt zijn, zowel wat betreft ruimtelijke en temporele (in de tijd gezien) schaal alsook de formulering van de gemodelleerde processen. Er zijn aannames gedaan met betrekking tot de werking en implementatie van maatregelen in de modellen. Dat gaat gepaard met verschillende soorten onzekerheden. Daar komt bij dat effecten van natuurinclusieve maatregelen of integrale natuurinclusieve bedrijfssystemen nog niet altijd bekend zijn en nog niet geïmplementeerd zijn in diverse modellen. Voor natuurinclusieve bedrijfssystemen zijn in de komende jaren nieuwe modellen en kengetallen nodig om de effecten van natuurinclusieve landbouw goed te kunnen bepalen.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

In het landelijk gebied moet een aantal prioritaire beleidsopgaven voor stikstof, klimaat, water en natuur gerealiseerd worden. Deze opgaven komen (hoofdzakelijk) voort uit EU-wet- en regelgeving en worden in een programma onder de Omgevingswet integraal en gebiedsgericht uitgewerkt (zie tekstkader). De beleidsopgaven voor het thema natuur bestaan uit een verbeterde staat van instandhouding van de Vogel- en Habitatrichtlijn (VHR)-soorten en habitattypen, waarvoor – naast het tegengaan van verdroging, versnippering en verstoring – de vermindering van de overschrijding van de stikstofdepositie op stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden voorwaarde is en realisatie Natuurnetwerk Nederland (NNN) en de bossenstrategie. Daarnaast komen extra opgaven voor het landelijk gebied voort uit de Natuurherstelverordening (onder meer gericht op toename populatie akker- en weidevogels, bestuivers en graslandvlinders, het verbeteren van organische stof in minerale akkers, het tegengaan van veenoxidatie in veenweiden en meer landschapselementen).

De beleidsopgaven voor het thema water zijn volgens de Kaderrichtlijn Water (KRW) het realiseren en behouden van chemisch schoon en ecologisch gezond oppervlaktewater en grondwater en een goede kwantitatieve toestand voor het grondwater. Daarvoor moeten o.a. de concentraties van nutriënten in grond- en oppervlaktewater voldoen aan de wettelijke normen. Voor het thema klimaat gaat het om beleidsopgaven met betrekking tot klimaatadaptatie, emissiereductie van broeikasgassen uit de landbouw en landgebruik en extra koolstofvastlegging in de landbouwbodems, bomen en natuur- en bosgebieden.

Prioritaire beleidsopgaven in relatie tot landbouw

Natuur

Op termijn realiseren van een gunstige staat van instandhouding van alle beschermde habitattypen en soorten in het kader van de Vogel- en habitatrichtlijn (VHR).

De stikstofdoelen voor landbouw zijn een deelaspect van de natuurdoelen:

- Het landelijke doel voor stikstof richt zich op een depositiereductie van stikstof in stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden. In de Omgevingswet zijn resultaat verplichtende omgevingswaarden opgenomen die hieraan uitvoering geven. In 2025 moet 40% van het stikstofgevoelige areaal van Natura 2000-gebieden onder de kritische depositiewaarden (KDW) zijn gebracht, in 2030 50% en in 2035 74%.
- Om het landelijke depositiedoel in 2035 voor stikstof (74% onder KDW) te behalen, heeft landbouw in het Ontwerp Nationaal Programma Landelijk Gebied een opgave meegekregen om 39 kton NH₃ te reduceren ten opzichte van het Basispad 2030 (raming voor emissies in 2030 o.b.v. Klimaat- en Energieverkenning 2020). In de Kamerbrief van de Minister voor Natuur en Stikstof van 10 februari 2023 (34 682, nr. 114) wordt voor landbouw een restemissiedoel van 63 kton NH₃ in 2030 gehanteerd.

Klimaat

Op EU-niveau is het streven voor landbouw en landgebruik dat deze in 2050 klimaatneutraal zijn. In de nationale Klimaatwet is vastgelegd dat we in 2030 55% minder broeikasgassen ten opzichte van 1990 moeten uitstoten en dat in 2050 de broeikasgasemissies netto nul is. Verder heeft Nederland, conform de Global Methane Pledge, de ambitie om in 2030 de methaanuitstoot met 30% te verlagen ten opzichte van 2020. Verder wordt er voor broeikasemissies uit landgebruik een reductie van 0,435 megaton CO₂-equivalenten in 2030 ten opzichte van het gemiddelde van 2016-2018 nagestreefd.

In het Beleidsprogramma klimaat is voor iedere economische sector een indicatief restemissiedoel afgesproken voor 2030. Dit doel voor 2030 betekent eveneens dat er na 2030 nog een grote opgave voor Nederland overblijft. Het Ontwerp NPLG werkt de emissiereductiedoelstellingen uit voor landbouw en voor landgebruik:

- In 2030 een restemissie van 13,6 Mton CO₂-equivalenten voor veehouderij en akkerbouw (exclusief glastuinbouw). Dat is een reductieopgave van 5 Mton CO₂-equivalenten, waarvan minimaal een reductie van 3,8 Mton CO₂-equivalenten methaanemissie ten opzichte van Basispad 2030 (raming voor emissies in 2030 o.b.v. Klimaat- en Energieverkenning 2021).
- Jaarlijks 0,5 Mton extra CO₂-equivalenten-vastlegging in minerale bodems vanaf 2030 t.o.v. het Basispad 2030 emissies uit de KEV 2021 (raming voor emissies in 2030 o.b.v. Klimaat- en Energieverkenning 2021).
- 1 Mton reductie van de broeikasgasemissies uit veenweidegebieden.

Water

In 2027 moeten alle maatregelen uitgevoerd zijn om tot chemisch schoon en ecologisch schoon oppervlaktewater en grondwater te komen in het kader van de Kaderrichtlijn Water (KRW). Een belangrijke indicator voor de ecologische kwaliteit is de concentratie nutriënten, zowel stikstof (N) als fosfor (P).

Per KRW-waterlichaam zijn deze normen vastgesteld. In de stroomgebiedbeheerplannen 2022-2027 is de beoordeling per KRW-waterlichaam vanuit de KRW opgenomen en worden de opgaven én de maatregelen beschreven. Voor grondwater gelden – naast een goed kwantitatief doel – ook normen voor een goede chemische toestand op grond van de Grondwaterrichtlijn (maximaal 50 mg/l nitraat).

De Rijksoverheid wil deze beleidsopgaven in samenhang oppakken om zo tot een duurzaam landelijk gebied te komen. Het realiseren van veel van deze beleidsopgaven vergt een verdere verduurzaming van de landbouw. Diverse onderzoeken en adviezen geven aan dat natuurinclusieve landbouw (NIL) mogelijk de sleutel kan zijn om voedsel te kunnen produceren binnen de grenzen van natuur, milieu en leefomgeving en daarmee kan bijdragen aan (condities voor) meer biodiversiteit en de stikstof-, water- en klimaatopgaven in het landelijk gebied.¹ Weinig onderzoeken kunnen hiervoor harde cijfers leveren in relatie tot de hierboven genoemde beleidsopgaven. Wat draagt natuurinclusieve landbouw in Nederland bij aan de stikstofreductie, aan een verminderde nutriëntenuitspoeling of aan de reductie van broeikasgassen?

Binnen het Meerjarig Missiegedreven Innovatie Programma (MMIP) A5 Biodiversiteit in de Kringlooplandbouw is gesteld dat meer inzicht nodig is in welke bijdrage natuurinclusieve landbouw kan leveren aan het realiseren van, naast meer biodiversiteit, de overige verduurzamingsopgaven van het landelijk gebied. Inzichten die nodig zijn om uiteindelijk met natuurinclusieve landbouw impact te realiseren en inzicht in hoe verschillende opgaven gecombineerd aangepakt kunnen worden. Deze kennis moet leiden tot meer synergie

¹ <https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/onderzoeksinstituten/environmental-research/programmas/biodiversiteit/natuurherstel/natuurinclusieve-landbouw.htm>.

in de beleidsmatige aanpak van de verschillende duurzaamheidsopgaven, waardoor het werken aan meer natuurinclusieve landbouw en biodiversiteitsherstel efficiënter en effectiever wordt.

Dit onderzoek is in 2021 opgestart om in beeld te brengen wat natuurinclusieve landbouw kan bijdragen aan prioritaire beleidsopgaven op het gebied van stikstof, klimaat en water. Bij de opzet van het onderzoek was het Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG) het voorziene instrument/kader waarin doelbereik integraal en gecoördineerd en zo mogelijk gebiedsgericht werd nagestreefd. Daarbij werden ook structurerende keuzes voor de ruimtelijke inrichting meegegeven voor de gebiedsgerichte uitwerking, zoals overgangszones rondom stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden, inpassing van agrarische natuur en nieuwe natuur, 10% groenblauwe dooradering, zorgvuldig omgaan met landbouwareaal, peilopzet veenweiden, verhogen van grondwaterstand en beekdalherstel op de hogere zandgronden en waterbeschikbaarheid in verzilte gebieden.

In de laatste maanden voor afronding van dit onderzoek is politiek besloten om te stoppen met het NPLG. De beleidsopgaven met betrekking tot stikstof, klimaat en water blijven echter onverminderd belangrijk. De uitkomsten van dit onderzoek blijven daarmee relevant om inzicht te krijgen in wat natuurinclusieve landbouw bij kan dragen aan deze beleidsopgaven.

1.2 Onderzoeksopdracht

De **centrale onderzoeksvraag** is: Hoe groot kan de milieubijdrage van natuurinclusieve melkveehouderij en akkerbouw zijn voor het realiseren van de stikstof-, klimaat- en wateropgaven in het landelijk gebied?

Concreet gaat het om de volgende opgaven:

- Het verminderen van de emissies van ammoniak en daarmee verminderen van de stikstofdepositie op de stikstofgevoelige natuur;
- De uit- en afspoeling van stikstof naar grond- en oppervlaktewater;
- De emissie van broeikasgassen.

Daarbij worden de volgende twee **deelvragen** gehanteerd:

- Hoe groot is het verschil in milieubijdrage tussen de verschillende niveaus van natuurinclusieve landbouw?
- Hoe groot is de bijdrage voor heel Nederland, in verschillende ruimtelijke scenario's, waarbij de verschillende niveaus van natuurinclusieve landbouw aansluiten bij de ruimtelijke richting van de structurerende keuzes uit het NPLG?

Onderhavige studie heeft een verkennend karakter en is bedoeld om inzicht te geven aan iedereen die betrokken is bij de uitwerking van opgaven en zich daarbij afvraagt hoe groot de rol van natuurinclusieve landbouw kan zijn in de aanpak van de verduurzaming van het landelijk gebied.

1.3 Onderzoeksproces

Voor de totstandkoming van dit rapport zijn de volgende vijf stappen doorlopen:

1. Opstellen conceptueel kader
Literatuurstudie naar wat wordt verstaan onder natuurinclusieve landbouw, de inhoud van verschillende niveaus van natuurinclusieve landbouw en inventarisatie van natuurinclusieve maatregelen en hun effecten.
2. Definieren natuurinclusieve bedrijfssystemen
Het beschrijven en doorrekenen op bedrijfsniveau van verschillende natuurinclusieve bedrijfssystemen, gekoppeld aan een NIL-niveau dat leidend was voor de maatregelen die zijn opgesteld en doorgerekend op bedrijfsniveau.
3. Definieren van landelijke ruimtelijke scenario's voor natuurinclusieve landbouw
Het vertalen van de verschillende natuurinclusieve bedrijfssystemen naar een aantal landelijke scenario's met daarin diverse ruimtelijke configuraties van de natuurinclusieve bedrijfssystemen volgens een aantal structurerende keuzes.

-
4. Integraal doorrekenen ruimtelijke scenario's
Doorrekenen van de scenario's met landelijke ruimtelijke rekenmodellen waarmee de milieueffecten op het gebied van stikstof, klimaat en waterkwaliteit in beeld zijn gebracht.
 5. Analyse bijdrage natuurinclusieve landbouw aan de prioritaire stikstof-, klimaat- en wateropgaven in het landelijk gebied
Op landelijke schaal zijn de resultaten geanalyseerd en de resultaten vergeleken met de prioritaire stikstof-, klimaat- en wateropgaven.

Deze studie is uitgevoerd door een team van onderzoekers van verschillende onderzoeksafdelingen binnen Wageningen Research en University. De keuze en uitwerking van de natuurinclusieve bedrijfssystemen en de ruimtelijke scenario's waren een verantwoordelijkheid van het WUR-projectteam. In hoofdstuk 2 wordt de inhoudelijke aanpak verder uitgewerkt.

1.4 Afbakening van de studie

Het onderzoek is als volgt afgebakend:

- Natuurinclusieve landbouw is een manier van boeren waar ook de natuur baat bij heeft. Daar zijn de maatregelen ook op gericht, maar in hoeverre het leidt tot vergroting van biodiversiteit is in deze studie niet doorgerekend. De studie richt zich op het doorrekenen van milieueffecten van natuurinclusieve landbouw op het gebied van stikstof, klimaat en waterkwaliteit waarvoor een opgave geldt voor de landbouw. Voor de stikstofgevoelige natuur gaat het om het effect op de stikstofbelasting. Voor waterkwaliteit is gekeken naar uitspoeling van stikstof uit landbouwgronden. Effecten van mindering van gewasbeschermingsmiddelen en inrichting van de watergangen zijn buiten beschouwing gelaten. Ook zijn effecten op grondwaterstand niet meegenomen. Voor klimaat wordt vooral gekeken naar de broeikasgasemissies en is koolstofopslag in de bodem niet meegenomen.
- In deze studie gaat het niet om het bepalen van een optimaal pakket aan maatregelen qua doelbereik en kosteneffectiviteit. Voor de uitwerking van de natuurinclusieve bedrijfssystemen staat de samenhang van de maatregelen op bedrijfsniveau centraal. Dat wil zeggen dat de maatregelen in de bedrijfsvoering van een bedrijf op elkaar worden afgestemd en deze samenhang realistisch en uitvoerbaar is.
- Het verdienmodel van de bedrijven en de (landbouw)economische interactie is geen onderwerp van studie geweest. Bij het samenstellen van de maatregelpakketten is wel rekening gehouden met maatregelen waar agrarische natuurbeheervergoedingen (ANLb) en mogelijke vergoedingen uit keurmerken en/of ecoregelingen op van toepassing zijn.
- De beleidsmatige vertaling van implementatie van de maatregelpakketten op bedrijfsniveau (dat wil zeggen op welke manier er beleidsmatig wordt gestuurd op het nemen van de maatregelen) is buiten beschouwing gelaten. In deze studie wordt verondersteld dat de maatregelen volledig geïmplementeerd worden op alle bedrijven waarvoor deze van toepassing zijn.
- De natuurinclusieve bedrijfsvoering is uitgewerkt voor de melkveehouderij en de akkerbouw. Dit zijn grondgebonden sectoren die het meest vertegenwoordigd zijn in het gebruik van de Nederlandse landbouwgrond. De meeste natuurinclusieve maatregelen zijn ook van toepassing op landgebruik.

1.5 Leeswijzer

Het rapport is als volgt opgebouwd:

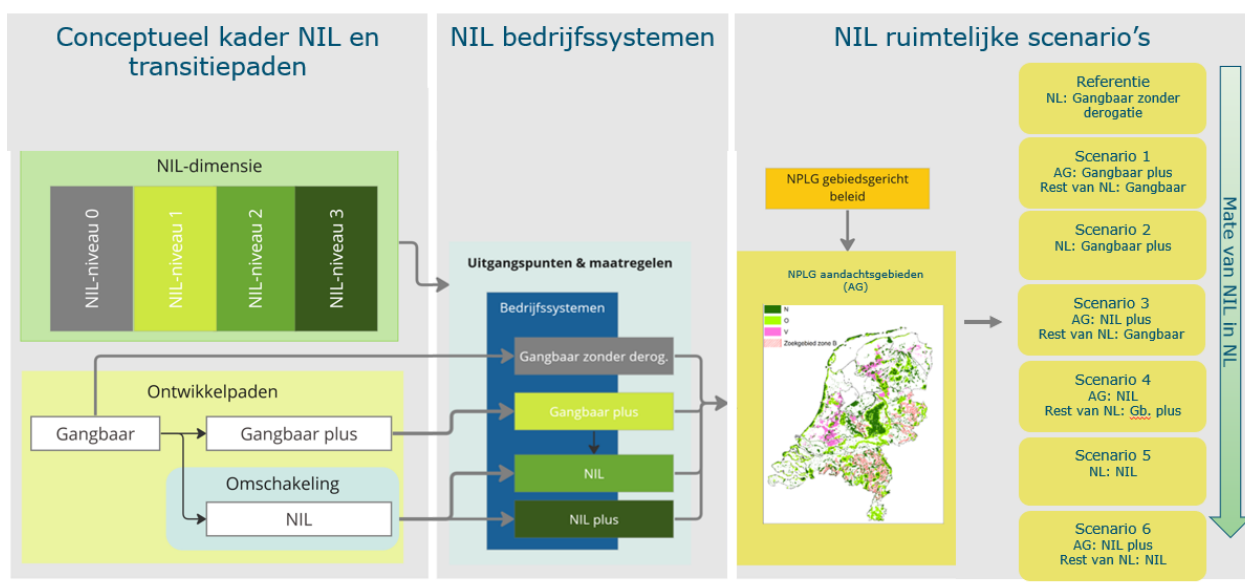
- Hoofdstuk 2 beschrijft de aanpak van de studie op hoofdlijnen.
- In hoofdstuk 3 wordt het conceptuele kader met betrekking tot natuurinclusieve landbouw beschreven en hoe deze is gebruikt om tot verschillende natuurinclusieve scenario's te komen die in deze studie zijn doorgerekend.
- In hoofdstuk 4 worden de natuurinclusieve bedrijfssystemen beschreven voor de melkveehouderij en de akkerbouw. Hierin worden ook de natuurinclusieve maatregelen weergegeven.
- In hoofdstuk 5 wordt een beschrijving gegeven van de diverse ruimtelijke scenario's met natuurinclusieve landbouw die doorgerekend zijn voor heel Nederland. In dit hoofdstuk staan vervolgens ook de resultaten van deze doorrekening met betrekking tot effecten op de milieuemissies.
- Ten slotte wordt in hoofdstuk 6 een synthese gegeven met de belangrijkste conclusies, discussiepunten en aanbevelingen.

2 Aanpak op hoofdlijnen

Deze studie bestaat uit een vijftal stappen, waarvan de samenhang in figuur 2.1 staat weergegeven. In de eerste stap wordt het concept natuurinclusieve landbouw (NIL) nader geoperationaliseerd. In stap 2 zijn met uitgangspunten en maatregelen de natuurinclusieve bedrijfssystemen vormgegeven. Deze bedrijfssystemen zijn vervolgens in stap 3 uitgewerkt in ruimtelijke scenario's die heel Nederland dekken, waarmee in stap 4 de effecten op emissies van deze scenario's zijn berekend. Dit betekent dat het effect van het totale scenario op uit- en afspoeling van stikstof, broeikasgas- en ammoniakemissies, en stikstofdepositie is berekend voor heel Nederland, daarbij rekening houdend met de onderlinge relaties tussen de maatregelen die in het scenario zijn opgenomen. Ten slotte zijn in stap 5 de potentiële emissiereducties vergeleken met de landelijke reductieopgaven voor de landbouw die (hoofdzakelijk) voortkomen uit EU-wet- en regelgeving.

Kenmerkend in deze aanpak is dat de opgestelde maatregelpakketten op bedrijfsniveau op samenhangende wijze geformuleerd, doorgerekend en getoetst zijn met bedrijfssysteemmodellen. En dat vervolgens de relevante kengetallen die uit deze bedrijfssysteemmodellen volgen, gebruikt zijn in een regionaal emissiemodel waarin rekening wordt gehouden met de huidige kenmerken en ligging van ieder individueel landbouwbedrijf in Nederland. Deze werkwijze wordt maar weinig toegepast in dit soort studies. Doorgaans wordt er gekozen voor het doorrekenen van de maatregelen 1) met een bedrijfsmodel met een gestandaardiseerd bedrijf waarbij de maatregelen in samenhang op bedrijfsniveau (economisch) worden geoptimaliseerd en worden deze effecten op basis van het aantal bedrijven in Nederland geëxtrapoleerd naar nationaal schaalniveau (zie bijvoorbeeld Reijs et al., 2021) of 2) met een regionaal model, waarin op basis van de ligging van alle individuele bedrijven en percelen in Nederland maatregelen worden genomen, zonder er rekening mee te houden hoe deze maatregelen in samenhang op ieder bedrijf (economisch) optimaal inpasbaar zijn (zie bijvoorbeeld Gies et al., 2023). In deze verkenning worden deze twee werkwijzen (nog) niet geïntegreerd, maar wel met elkaar verbonden.

De verschillende stappen worden in de volgende paragrafen nader toegelicht.



Figuur 2.1 Schematische weergave van de aanpak van de studie in een notendop.

Stap 1: Opstellen conceptueel kader

De eerste stap in dit onderzoek is om een conceptueel kader voor natuurinclusieve landbouw op te stellen dat als basis dient voor de verdere analyse in deze verkenning. Het begrip natuurinclusieve landbouw is met behulp van drie dimensies en vier niveaus, zoals geïdentificeerd in de agro-ecologische literatuur, geoperationaliseerd. Daarnaast is vanuit de transitietheorie en bestuurskundige literatuur gekeken naar het concept 'ontwikkelpaden'. In deze verkenning wordt het concept ontwikkelpaden gekoppeld aan de niveaus van natuurinclusieve landbouw, hetgeen leidt tot twee varianten van natuurinclusieve bedrijfssystemen die in stap 2 verder zijn uitgewerkt.

Stap 2: Definieren natuurinclusieve bedrijfssystemen

Op basis van de conceptuele uitwerking zijn er in deze verkenning twee natuurinclusieve bedrijfssystemen opgesteld, te weten een gangbaar bedrijfssysteem met natuurinclusieve maatregelen (Gangbaar-plus) en een volledig natuurinclusief bedrijfssysteem (NIL).² De bedrijfssystemen zijn uitgesplitst naar de twee sectoren (melkveehouderij en akkerbouw) en de drie grondsoorten (veen, klei en zand). Als referentie zijn gangbare bedrijfssystemen voor melkvee en akkerbouw gehanteerd die zijn gebaseerd op de huidige landbouwpraktijk.

Het conceptueel kader is gebruikt als uitgangspunt voor het opstellen van de maatregelpakketten voor de natuurinclusieve bedrijfssystemen, aangevuld met de toepassing van bedrijfsmodellen en expert judgement voor de samenhang tussen de maatregelen.

Om te komen tot goed functionerende bedrijfssystemen, zijn de maatregelpakketten doorgerekend met twee bedrijfsmodellen:

- Bedrijfsbegrotingsprogramma Rundvee (BBPR) voor melkveehouderijen
- Nitrogen Dynamics In Crop rotations in Ecological Agriculture (NDICEA-model) voor akkerbouwbedrijven

Het BBPR controleert de samenhang van de onafhankelijk gedefinieerde natuurinclusieve maatregelen op het melkveebedrijf. In een iteratief proces is er met dit model gekomen tot een samenhangend pakket aan maatregelen op het bedrijfsniveau van de melkveehouderij. NDICEA is gebruikt voor het bepalen van de optimale gewasrotatie en bemestingsplan in de akkerbouw gegeven de koolstof- en stikstofdynamiek in de bodem. De uitgangspunten en kengetallen die in deze modellen gehanteerd worden, zijn gebaseerd op de meest actuele kennis van de huidige melkveehouderij en akkerbouw. Een nadere uitleg van deze bedrijfsmodellen staat in bijlage 1.

Stap 3: Definieren van ruimtelijke scenario's in Nederland voor natuurinclusieve landbouw

De vier natuurinclusieve bedrijfssystemen (akkerbouw en melkveehouderij) die per grondsoort (klei, veen en zand) kunnen verschillen zijn uitgewerkt in verschillende scenario's met daarin diverse combinaties van de bedrijfssystemen gekoppeld aan de aandachtsgebieden waar de structurerende keuzes die richting geven aan beleid om het water- en bodemsysteem meer sturend te maken, betrekking op hebben: de natuur- en overgangsgebieden, de bufferzones in beekdalen op de zandgronden (waar sprake is van een KRW-opgave) en de veenweidegebieden. Deze gebieden zijn in de praktijk nog niet afgebakend. Er wordt daarom gebruikgemaakt van een ruimtelijke indeling uit een eerder onderzoek (Gies et al., 2023).

Het resulteert in zes landelijke ruimtelijke scenario's met natuurinclusieve landbouw in Nederland die variëren van een gematigde ontwikkeling van natuurinclusieve landbouw tot een zeer sterke invoering van natuurinclusieve landbouw. Daarnaast is er een referentiescenario (huidige situatie) gedefinieerd waarmee de landelijke ruimtelijke scenario's vergeleken kunnen worden.

² Voor de melkveehouderij is voor het natuurinclusieve bedrijfssysteem nog een aanvullende variant gemaakt (NIL Plus), waarbij geen overschot aan mest is op bedrijfsniveau (zie paragraaf 4.1.1).

Stap 4: Integraal doorrekenen ruimtelijke scenario's

De zes scenario's met natuurinclusieve maatregelpakketten voor de melkveehouderij en akkerbouw worden modelmatig doorgerekend waarmee de milieueffecten voor de thema's stikstof, waterkwaliteit en klimaat in beeld worden gebracht.

Het model INITIATOR wordt ingezet om de milieuemissies te berekenen (De Vries et al., 2023). Het model berekent de mestverdeling, de ammoniakemissie, de methaan- en lachgasemissies en de bijdrage aan de uit- en afspoeling van stikstof (en fosfor) naar grond- en oppervlaktewater vanuit de landbouw. Met het Operationele Prioritaire Stoffen-model (OPS) wordt de stikstofdepositie op de stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden berekend op basis van de door INITIATOR berekende ammoniakemissies (Sauter et al., 2015). Een nadere uitleg van deze bedrijfsmodellen staat in bijlage 2.

Stap 5: Analyse bijdrage natuurinclusieve bedrijfssystemen aan emissiereductieopgaven en de nationale prioritaire stikstof-, klimaat- en wateropgaven in het landelijk gebied

Na het doorrekenen van de scenario's is inzichtelijk gemaakt hoe de resultaten van het referentiescenario zich verhouden tot de resultaten van de natuurinclusieve scenario's. Daarmee wordt inzichtelijk wat de potentie van natuurinclusieve landbouw is in termen van emissiereducties. De effecten zijn uitgesplitst naar provincie, sector en aandachtsgebied.

3 Conceptueel kader

3.1 Het conceptueel kader in het kort

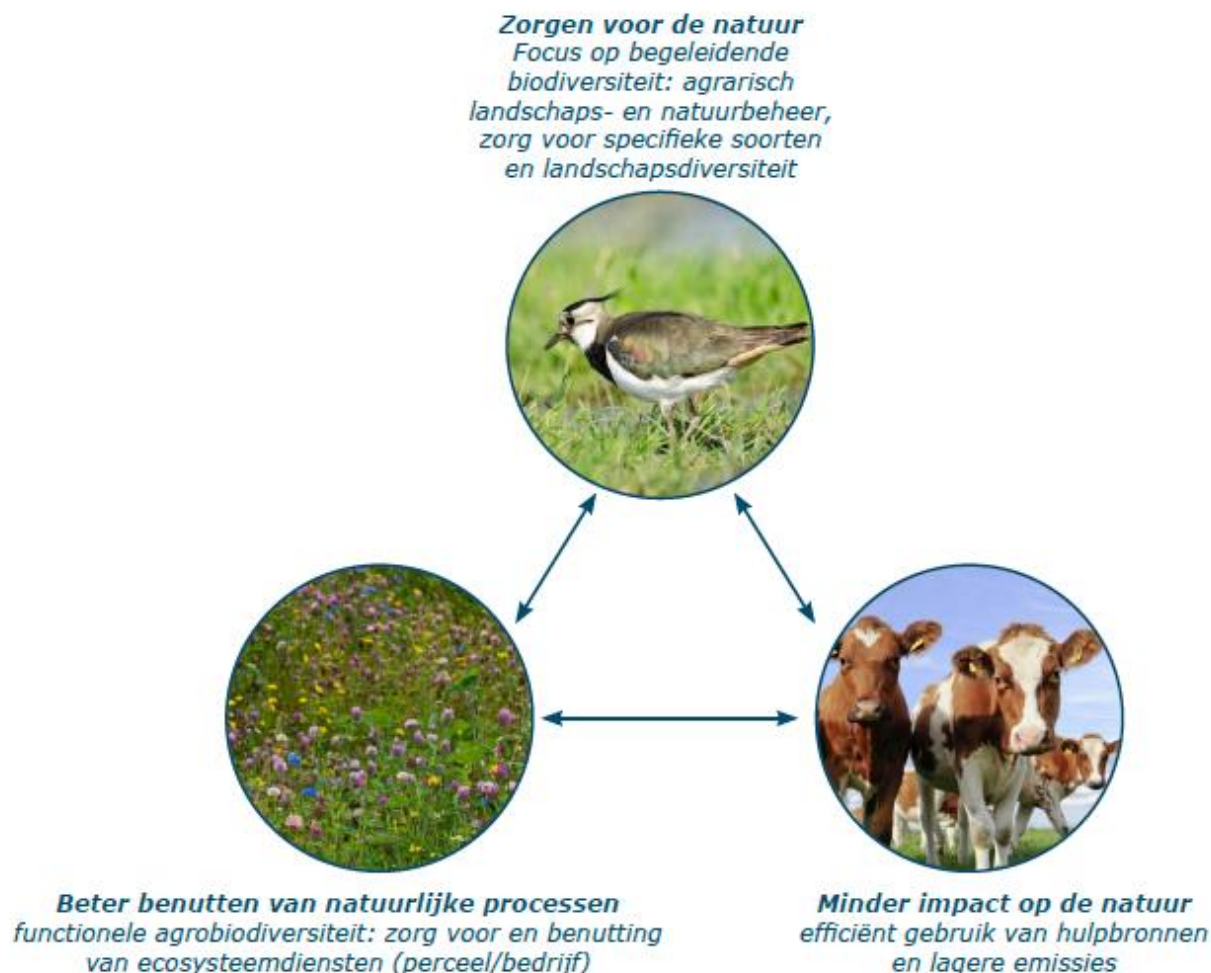
Natuurinclusieve landbouw is een vorm van kringlooplandbouw die biodiversiteit benut en beschermt op en rondom het bedrijf, zodat landbouw en natuur zodanig samengaan dat beide ervan profiteren. In de wetenschappelijke literatuur (Erisman et al., 2017) wordt de volgende definitie gehanteerd:

"Natuurinclusieve landbouw is een vorm van duurzame landbouw en is onderdeel van een veerkrachtig eco- en voedselsysteem. Natuurinclusieve landbouw maakt optimaal gebruik van de natuurlijke omgeving en integreert die in de bedrijfsvoering. Daarnaast draagt deze vorm van landbouw actief bij aan de kwaliteit van diezelfde natuurlijke omgeving."

Natuurinclusieve landbouw kan beschreven worden aan de hand van de drie *dimensies*: 1) zorgen voor natuur, 2) benutten van natuurlijke processen en 3) minder impact op natuur. Natuurinclusieve maatregelen hebben effect op een of meer van deze dimensies (zie paragraaf 3.3). Het *niveau van natuurinclusief zijn op een bedrijf* hangt af van het type maatregelen dat de boer treft en de mate waarin deze op bedrijfsniveau worden ingezet (zie paragraaf 3.3). De mate waarin de maatregelen ingezet (kunnen) worden, is afhankelijk van het ontwikkelpad: betekent het voortzetting van de gangbare bedrijfsvoering met specifieke natuurinclusieve maatregelen of moet de bedrijfsvoering fundamenteel aangepast worden en wordt het huidige ontwikkelpad van gangbare bedrijfsvoering verlaten (zie paragraaf 3.4)? Deze elementen uit het conceptuele kader hebben in deze verkenning geleid tot een aanpak van twee tot drie varianten voor het niveau van natuurinclusief (zie paragraaf 3.5).

3.2 Dimensies natuurinclusieve landbouw

Van Doorn et al. (2016) werken de definitie van natuurinclusieve landbouw verder uit in drie dimensies: Als de boer goed *zorgt voor* de *biodiversiteit* op en rondom zijn erf, kan hij deze *benutten* en *gebruiken* om de impact van zijn bedrijfsvoering op natuur en milieu kleiner te maken. Kortgezegd zijn dit de drie dimensies van natuurinclusieve landbouw en hoe ze onderling verband houden met elkaar (zie figuur 3.1).



Figuur 3.1 De drie dimensies van natuurinclusieve landbouw: zorgen voor natuur, beter benutten van natuurlijke processen en minder impact op de natuur (uit Van Doorn et al., 2016).

In de volgende alinea's wordt ieder van deze dimensies nader toegelicht.

Zorgen voor natuur (verrijken)

Deze dimensie gaat over het beschermen, in stand houden en herstellen van leefgebieden van wilde flora en fauna op het boerenland en deze opgave te verenigen met de productiedoelstelling van het agrarisch bedrijf. Het gaat daarbij om bescherming van specifieke soorten, zoals de boerenlandvogels (o.a. Grutto, Kievit, Tureluur), de zorg voor structuren van landschaps- en cultuurhistorische elementen en de zorg voor een goede water- en bodemkwaliteit (Gies et al., 2019). Maatregelen die hierbij passen, zijn onder andere weide- en akkervogelbeheer, ecologisch sloot en -randenbeheer, geringe bodembewerking, verhogen van grondwaterstand en meer gewasdiversificatie (kruidenrijk grasland, mengteelten).

Beter benutten natuurlijke processen (benutten)

Veel van de voor de akkerbouwer en melkveehouder essentiële benodigdheden voor een gezonde en veerkrachtige bedrijfsvoering kunnen geleverd worden door het natuurlijk systeem. Dit wordt ook wel 'functionele agrobiodiversiteit' genoemd. Ten grondslag aan een gezond agro-ecosysteem ligt een gezond bodemleven met een grote bodembiodiversiteit. Bodembiodiversiteit is onderdeel van bodemvruchtbaarheid, waaronder ook organische stof, nutriënten en bodemstructuur vallen. Daarnaast geldt hoe beter de boer voor de natuur op en om zijn bedrijf zorgt, hoe meer deze zogenaamde ecosysteemdiensten bijdragen aan zijn productie(proces). Denk hierbij aan bestuiving, watervoorziening en -zuivering en natuurlijke ziekte- en plaagwering (Van Doorn et al., 2016). Maatregelen die hierbij passen, zijn onder andere meer gewasdiversificatie, teelt van stikstofbindende en of krachtvoer vervangende gewassen, robuuste gewassen en dieren en zorgen voor voldoende organische stof in de bodem.

Minder impact op natuur (sparen)

Naarmate de functionele agrobiodiversiteit toeneemt, kan er steeds beter gebruikgemaakt worden van de ecosysteemdiensten. Dit betekent dat er efficiënter gebruikgemaakt kan worden van grondstoffen en reststromen en gewasbeschermingsmiddelen en kunstmest minder nodig zijn, waardoor afwentelingseffecten op de omgeving verminderd worden. Dit resulteert in een positieve terugkoppeling naar specifieke soorten op het bedrijf en het omringende landschap. Met specifieke maatregelen gericht op het verminderen van emissies kan de impact op de waterkwaliteit en omringende natuur verminderd worden.

In de praktijk zijn deze drie dimensie niet altijd gescheiden, maar kunnen ze elkaar ook overlappen; het minimaliseren van emissies (sparen) heeft bijvoorbeeld een positief effect op flora en fauna en daardoor krijgen agrarisch natuurbeheer (verrijken) en functionele agrobiodiversiteit (benutten) meer kans. Bovenstaande drie dimensies lijken (althans gedeeltelijk) te gaan over verschillende domeinen (Smits et al., 2020).

Het concept is echter niet dichtgetimmerd: er is nog geen scherpe definitie ontwikkeld. Er is ruimte voor verschillende interpretaties, met als voordeel dat mensen vanuit de praktijk ermee aan de slag kunnen, maar het kan ook tot spraakverwarring of miscommunicatie leiden. Voor de landbouwtransitie worden ook begrippen als kringloop- of circulaire landbouw, natuurinclusieve kringlooplandbouw en, meer recent in opkomst, regeneratieve landbouw gebruikt. Deze definities overlappen met de definitie van natuurinclusieve landbouw. Kringlooplandbouw legt met name het accent op minimaliseren van gebruik van grondstoffen, het sluiten van kringlopen en het verminderen van emissies, hetgeen ook aansluit bij de dimensies van benutten en sparen van natuur. Bij regeneratieve landbouw wordt expliciet de bodem centraal gesteld: voedselproductie wordt gecombineerd met herstel van ecosystemen, verbetering van bodemvruchtbaarheid, waterhuishouding en biodiversiteit (zie o.a. Smit et al., 2023). Voor alle definities geldt dat het concept een positieve bijdrage kan leveren aan de maatschappelijke en economische positie van boeren, hetgeen wel een uitdaging is binnen het huidige marktsysteem (zie o.a. Smits et al., 2024).

3.3 Niveaus natuurinclusieve landbouw

Bedrijven kunnen meer of minder natuurinclusief zijn en er is een brede reeks van mogelijkheden en toepassingen. De mate van natuurinclusiviteit neemt toe naarmate natuurinclusief werken meer geïntegreerd wordt in de bedrijfsvoering en de omgeving (overgenomen uit EZ, 2017). De meest natuurinclusieve aanpak heeft (veel) aandacht voor alle drie dimensies van benutten, verrijken en sparen.

In de literatuur worden daarom verschillende niveaus voor natuurinclusieve landbouw gehanteerd (zie Erisman et al., 2017 en de hieruit volgende Kamerbrief van EZK, 2017). Hierin worden vier niveaus van natuurinclusieve landbouw beschreven, waarbij geldt dat hoe hoger het niveau, hoe meer de natuurinclusieve maatregelen geïntegreerd zijn toegepast in het bedrijfssysteem. Momenteel worden deze NIL-niveaus, in lijn met onderstaande omschrijving, verder geconcretiseerd (van Doorn, in voorbereiding).

Niveau 0

Op dit niveau is nog geen sprake van natuurinclusieve landbouw. De natuur op en rond een bedrijf wordt minimaal benut en verrijkt. Er wordt alleen aan de wettelijke verplichtingen voldaan. Dit gaat onder andere over mestwetgeving, stalwetgeving, regels voor gewasbescherming en natuurwetgeving. Een bedrijf kan wel op perceelsniveau enkele maatregelen toepassen, zoals weidegang of vergroeningsmaatregelen (bijv. permanent grasland of vanggewassen), maar er is nog geen sprake van dat er op drie dimensies gehandeld wordt.

Niveau 1

Dit niveau is te beschouwen als het startniveau van natuurinclusieve landbouw. De maatregelen op dit niveau zijn voor de meeste gangbare bedrijven in te passen. De meeste maatregelen kunnen jaarlijks of binnen enkele jaren heroverwogen worden. Bij voorkeur worden er maatregelen genomen op alle drie de dimensies die natuurinclusieve landbouw kent, maar wordt er met de maatregelen nog niet op alle drie dimensies in samenhang gestuurd.

Het kan bijvoorbeeld gaan om het sluiten van kringlopen en het verminderen van externe inputs, zoals kunstmest, gewasbeschermingsmiddelen of krachtvoer (sparen van natuur), met ondersteuning van gebruikmaking van agrobiodiversiteit door te werken aan een gezonde bodem met voldoende organische stof (benutten van natuur) om de verminderde externe input te compenseren, terwijl toch een voldoende zekere productie behaald kan worden. Aanvullend hierop kunnen specifieke maatregelen getroffen worden voor soorten, bijvoorbeeld ecologisch beheerde perceelranden en sloten, landschapselementen of ophangen van nestkastjes. Door versnipperde en/of ad hoc toepassing van natuurinclusieve maatregelen op perceelsniveau, is het nog niet echt mogelijk om alle drie dimensies in samenhang te sturen.

Niveau 2

Dit bedrijfssysteem is opgezet vanuit natuurinclusieve principes. Gangbare maatregelen in het productieproces zijn vervangen door natuurinclusieve alternatieven, waarvoor keuzes voor de lange termijn gemaakt moeten worden die niet jaarlijks kunnen worden heroverwogen. Bedrijven op dit niveau werken aan verbetering van natuurlijke processen die de productie ondersteunen (sparen en benutten) én aan het beschermen van specifieke soorten of landschapsbeheer (verrijken). Een gezonde biodiverse bodem is de basis. De externe input is dusdanig omlaaggebracht dat kringlopen min of meer gesloten zijn, omdat tegelijkertijd de natuurlijke processen (functionele agrobiodiversiteit) zodanig benut worden dat die externe input ook daadwerkelijk omlaag kan (sparen én benutten van natuur). Tegelijkertijd wordt op het bedrijf actief ruimte gegeven aan natuur en/of natuurbeheer gepleegd ('niet functionele' biodiversiteit). Omdat er sprake is van een lager productieniveau en betere aansluiting op abiotische omstandigheden, ontstaat ruimte voor een rijkere agrobiodiversiteit (bodemleven, bestuivers) en worden maatregelen afgestemd op aanwezige boerenlandnatuur en specifieke soorten. Denk hierbij aan bijvoorbeeld biologische bedrijven, die meedoen met weidevogel- of akkervogelbeheer en ecologisch slootbeheer.

Niveau 3

Op niveau 3 is het gehele bedrijf aangepast aan de randvoorwaarden en grenzen van het natuurlijk en landschappelijk systeem ('bodem- en water-sturend'). Het bedrijf is een adaptief systeem, waarbij kringlopen binnen het bedrijf of in de directe omgeving geoptimaliseerd zijn en de geteelde gewassen en gehouden veerassen passen bij de kenmerken en (on)mogelijkheden van de omgeving, zoals rekening houden met natuurlijke waterpeilen. Op gebiedsniveau werken de bedrijven, natuur- en waterbeheerders met elkaar samen voor een robuustere agrobiodiversiteit op landschapsniveau; er worden nieuwe natuur- en landschapselementen aangelegd die passen in de omgeving, zoals dicht bij natuurgebieden of als stepping stones in ecologische verbindingzones. Het bedrijf vormt één geheel met het omliggende landschap en alle maatregelen die worden genomen, zijn hier integraal onderdeel van.

Denk op dit niveau bijvoorbeeld aan biologisch-dynamische landbouwbedrijven, waarin de kringlopen verder geoptimaliseerd zijn, en in samenhang daarmee veelal wordt gestuurd op optimalisatie van natuurlijke vruchtbaarheid en weerstand tegen aantastingen van gewassen door ontwikkeling en gebruik van functionele agrobiodiversiteit. Voedselbossen kunnen tot dit niveau gerekend worden.

3.4 Ontwikkelpaden in de landbouw

Het overstappen naar een natuurinclusiever bedrijfssysteem is niet zo eenvoudig. Het proces van overstappen is op zichzelf al risicovol (Gerritsen et al., 2020), maar er spelen allerlei factoren mee op het vlak van *willen*, *kunnen*, *moeten* en *mogen* (Westerink et al., 2018), waarbij met name het *kunnen* een knelpunt blijkt te zijn en de *wil* er veelal wel is (Gerritsen et al., 2022). Dit willen, kunnen, moeten en mogen kent een 'pad-afhankelijkheid'. Bedrijven hebben een ontwikkeling doorgemaakt en dat bepaalt voor een deel de vervolgstappen die ze wel of niet nemen (het zgn. ontwikkelpad). Het zijn juist deze pad-afhankelijkheden die het voor individuele agrariërs moeilijk maken een omslag richting verduurzaming in te zetten (Vink & Boezeman, 2018).

De meeste boeren in Nederland zetten in op een ontwikkelpad dat gericht is op kostenreductie middels schaalvergroting en intensivering (Vink & Boezeman, 2018). De afhankelijkheid van andere ketenpartijen, zoals retailers of voederindustrieën, is daarbij groot. De enige manier om meer inkomen te genereren, is vaak om nog meer aan kostprijsreductie en schaalvergroting te doen. Dit doen boeren/agrarisch

ondernemers door te investeren in innovatieve technologieën, zoals een nieuw stalsysteem of sturingsprogramma. Overschakelen op een alternatief ontwikkelpad, wat inhoudt dat er nieuwe kennis en ervaring opgedaan moet worden met een nieuwe productiewijze, is dan vaak ingewikkelder dan door te ontwikkelen op het pad waarop men al zit. Dit brengt ook extra risico's met zich mee, terwijl de boer door de investeringen voor kostprijsreductie vaak grote leningen open heeft staan. Vandaar dat veel boeren ervoor kiezen (of geen keuze hebben) in het gangbare ontwikkelpad te blijven en maximaal op niveau 1-2 uit kunnen komen, mits dit geen grote opbrengstderving met zich meebrengt.

Om niveau 2-3 te bereiken, zal van het huidige dominante ontwikkelpad afgeweken moeten worden, waarbij zowel de productiewijze als het verdienmodel anders zal zijn. Om de weg naar nieuwe ontwikkelpaden vrij te maken, geven Smits et al. (2020) aan dat de overheid regulatieve barrières weghaalt en financieel bijdraagt en consumenten en producenten bereid zijn een meerprijs te betalen. Recentelijk gaven Smits et al. (2024) aan dat deze weg nog steeds moeilijk te bewandelen is. Ze constateren dat er tot nu toe nog geen sprake is van een wezenlijke aanpassing van het marktsysteem, gericht op het verbeteren van het verdienmodel van natuurinclusieve landbouw op de lange termijn. Ze concluderen dat met de transitie naar natuurinclusieve landbouw een begin is gemaakt, maar dat een grondige systeemaanpak nodig is om deze transitie verder te stimuleren.

3.5 Conceptuele uitwerking in deze studie

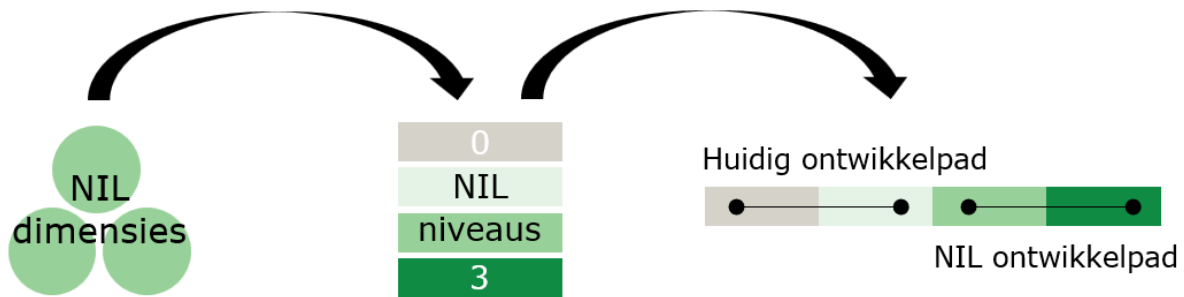
De transitie naar een volledig natuurinclusief bedrijfssysteem is dus niet zo eenvoudig, blijkt uit paragraaf 3.4, omdat voor veel bedrijven de keuzes in het verleden de keuze voor de toekomst medebepalen en dat er voor deze transitie ook een systeemverandering nodig is bij overheden en bedrijfsleven. Dit betekent dat het niet voor ieder bedrijf mogelijk is om binnen tien jaar over te schakelen naar een volledig natuurinclusieve bedrijfsvoering volgens NIL-niveau 2 of 3. Tegelijkertijd laat paragraaf 3.3 aan de hand van de NIL-niveaus zien dat ook in het implementeren van natuurinclusieve maatregelen in de gangbare bedrijfsvoering al een vorm van natuurinclusieve landbouw is (NIL-niveau 1) en dat binnen het huidige ontwikkelpad er ook mogelijkheden zijn om over te gaan naar natuurinclusieve landbouw.

Met het concept van ontwikkelpaden in gedachten is in deze studie gekozen voor twee hoofdvarianten in natuurinclusieve bedrijfssystemen:

- Het 'Gangbaar-plus' bedrijfssysteem: het bedrijf past enkel natuurinclusieve maatregelen toe die passen binnen het huidige ontwikkelpad van schaalvergroting en specialisering (zie figuur 3.2). De bedrijfsvoering blijft gangbaar, maar waar dat past, worden er maatregelen genomen die een 'plus' opleveren voor natuurinclusiviteit. Dit bedrijfssysteem past bij NIL-niveau 0 en 1.
- Het 'Natuurinclusief' bedrijfssysteem³: de boer schakelt om naar een natuurinclusieve bedrijfsvoering en stuurt dus integraal op de drie dimensies van natuurinclusieve landbouw. In de bedrijfsvoering wordt het huidige ontwikkelpad dus verlaten en schakelt over naar een natuurinclusief ontwikkelpad (zie figuur 3.2). Dit bedrijfssysteem past bij NIL-niveau 2 en 3.

Samenvattend resulteert dit in een conceptueel kader zoals weergegeven in figuur 3.2. Om de effecten van de twee natuurinclusieve bedrijfssystemen te vergelijken met de huidige situatie wordt er in deze verkenning ook een gangbaar bedrijfssysteem gedefinieerd die als referentie dient.

³ Voor de melkveehouderij wordt het natuurinclusieve bedrijfssysteem nog uitgesplitst in twee varianten (zie hoofdstuk 4).



Figuur 3.2 Conceptueel kader natuurinclusieve bedrijfssystemen. Van links naar rechts de gehanteerde concepten: NIL-dimensies, NIL-niveaus 0-3 en ontwikkelpaden.

4 Bedrijfssystemen

In dit hoofdstuk worden de natuurinclusieve bedrijfssystemen nader uitgewerkt. In de afbakening van deze studie is de uitwerking beperkt tot twee sectoren, te weten de melkveehouderij en akkerbouw. Beide sectoren samen hebben ca. 70% van het landbouwareaal in Nederland in gebruik. In de melkveehouderij gaat het om ca. 800.000 ha en in de akkerbouw om ca. 450.000 ha. In paragraaf 4.1 en 4.2 worden de maatregelen voor respectievelijk de melkveehouderij en de akkerbouw uitgewerkt voor het Gangbaar-plus en het Natuurinclusief bedrijfssysteem. Als referentie is ook het gangbare bedrijfssysteem omschreven.

Er wordt voor de bedrijfssystemen niet specifiek gewerkt met een toekomstig jaar, maar 2030 kan als zichtjaar gehanteerd worden.

Om zo dicht mogelijk bij de agrarische praktijk aan te sluiten, zijn de opgestelde maatregelpakketten op bedrijfsniveau op samenhangende wijze geformuleerd en met bedrijfssysteemmodellen doorgerekend en getoetst. Relevante kengetallen die hieruit volgen, zijn vervolgens gebruikt in het regionale emissiemodel voor de landelijke scenarioberekeningen (zie hoofdstuk 5).

4.1 Melkveehouderij

In paragraaf 4.1.1 wordt beschreven hoe de verschillende natuurinclusieve bedrijfssystemen voor de melkveehouderij eruitzien. In paragraaf 4.1.2 zijn per bedrijfssysteem de uitgangspunten en maatregelen beschreven. Omdat deze maatregelen en uitgangspunten voor de melkveehouderij per grondsoort kunnen verschillen, is hierbij onderscheid gemaakt in melkveehouderij op de veen-, klei- en zandgronden. Vervolgens worden in paragraaf 4.1.3 de relevante uitkomsten uit de modelberekeningen met het BBPR weergegeven die nodig zijn voor de landelijke scenarioberekeningen (zie hoofdstuk 5).

4.1.1 Korte beschrijving bedrijfssystemen

De natuurinclusieve bedrijfssystemen voor de melkveehouderij zijn het resultaat van literatuuronderzoek naar natuurinclusieve melkveehouderij, expertkennis en de modelberekeningen. Hieruit zijn uitgangspunten gehaald, waarmee vervolgens de maatregelpakketten verder zijn samengesteld. De mate van integraliteit en samenhang tussen de maatregelen neemt per bedrijfsonderdeel toe naarmate het bedrijfssysteem natuurinclusiever wordt.

Gangbaar: bedrijfsvoering volgens gangbaar ontwikkelpad

De gangbare melkveehouderij is qua structuur en productieomvang gebaseerd op de gemiddelde huidige gangbare bedrijfsvoering in de melkveehouderij op klei-, veen- en zandgronden. Dit bedrijfssysteem zit in een ontwikkelpad dat gericht is op het voortzetten van de huidige bedrijfsvoering waarbij de focus ligt op melk produceren tegen een lage kostprijs binnen de wetten en regels die op dit moment gelden (inclusief afschaffing van de derogatie in het kader van de Nitraatrichtlijn). Voor een hoge melkproductie wordt optimaal gebruikgemaakt van aangevoerde grondstoffen zoals krachtvoer en kunstmest. Er wordt geen extra aandacht besteed aan natuurinclusieve en emissiebeperkende maatregelen. De dieren wordt gehouden in een traditionele ligboxenstal. Dit bedrijfssysteem wordt beschouwd als de referentie voor de huidige gangbare melkveebedrijven en waarmee de natuurinclusieve bedrijfssystemen voor de melkveehouderij vergeleken worden.

Gangbaar-plus: natuurinclusief waar het kan, binnen de gangbare bedrijfsvoering

Dit bedrijfssysteem is net als gangbaar geoptimaliseerd voor een hoge melkproductie tegen zo laag mogelijke kosten. Er worden op het melkveebedrijf (bovenwettelijk) wel natuurinclusieve maatregelen genomen. Het gaat om lichte pakketten agrarisch natuurbeheer op 10 tot 20% van het bedrijfsareaal, meer weidegang, wisselteelt grasklaver-mais en een iets lagere krachtvoergift dan gangbaar. Het zijn maatregelen die geen aanzienlijke opbrengstderving opleveren of kostenbesparend zijn, of waar eventueel onkostenvergoedingen tegenover staan (zoals GLB ecopremie of ANLb-subsidie). Daarnaast voldoet de huisvesting op deze bedrijven aan de wettelijke norm voor emissiearme stalsystemen volgens het Besluit emissiearme huisvesting bij nieuwbouw/vervanging.

Natuurinclusief: omschakeling naar een natuurinclusieve bedrijfsvoering

Dit bedrijfssysteem wijkt af van het gangbare ontwikkelpad. Er wordt maximaal ingezet op natuurinclusieve maatregelen waarbij geaccepteerd wordt dat de melkproductie daalt. In vergelijking met Gangbaar-plus worden de lichte pakketten agrarisch natuurbeheer op 10 tot 20% van bedrijfsareaal omgezet in zware pakketten en gaat het om nog meer weidegang, naar 100% grasland en grasklaver, een lagere krachtvoergift, gebruik van meer vaste mest en geen gebruik van kunstmest. Daarnaast wordt de veebezetting gesteld op maximaal 2 GVE/ha, zodat er voldoende mest beschikbaar is voor de akkerbouw. Het standaard koeienras, met name gericht op productie van veel melk, wordt ingewisseld voor een dubbeldoelras, gericht op zowel goede melk- als vleesproductie. Deze koeien hebben een langere levensduur en passen bij het 'sobere' rantsoen met hoge ruwvoeropname en lage krachtvoergift. In dit natuurinclusieve bedrijfssysteem werken melkveehouder en akkerbouwer samen op het gebied van de mest- en voerkringloop. De melkveehouder levert dierlijke mest aan de akkerbouwer en de akkerbouwer levert in ruil daarvoor (kracht)voer.

Natuurinclusief-plus: een natuurinclusieve melkveehouderij met een meer gesloten kringloop op bedrijfsniveau

Als variant op het natuurinclusieve bedrijfssysteem is voor de melkveehouderij ook een plusvariant doorgerekend waarbij de geproduceerde dierlijke mest, conform de norm van 170 kg N/ha, enkel op eigen grond geplaatst kan worden en er dus geen mestoverschot op bedrijfsniveau is. Deze bedrijven krijgen daardoor een lagere veebezetting dan in Natuurinclusief (1,5 GVE/ha). De ruwvoervoorziening komt grotendeels van het eigen bedrijf en er wordt maar in beperkte mate krachtvoer aangevoerd. Deze plusvariant wordt niet gezien als oplossing voor de melkveehouderij in heel Nederland, omdat er dan geen mest van de melkveehouderij meer beschikbaar is voor de akkerbouw.

4.1.2 Uitgangspunten en maatregelen

Per bedrijfssysteem zijn uitgangspunten en natuurinclusieve maatregelen opgesteld, waarmee in het bedrijfsmodel BBPR (zie bijlage 1) het bedrijfsmanagement is geoptimaliseerd. De uitgangspunten en natuurinclusieve maatregelen worden hieronder beschreven.

Uitgangspunten

De melkproductie staat centraal in Gangbaar en Gangbaar-plus. Daar is verondersteld dat de melkveehouders natuurinclusieve maatregelen nemen, zolang dit niet leidt tot opbrengstderving. Uitgangspunt voor Gangbaar-plus is dan ook dat de melkproductie vergelijkbaar is met referentie bedrijfssysteem Gangbaar: een gemiddelde melkproductie van 8.400-9.000 kg per koe per jaar (Agrimatie, 2023).

Voor Natuurinclusief en Natuurinclusief-plus wordt geaccepteerd dat de melkproductie terugloopt ten opzichte van een gangbaar bedrijf, als ze natuurinclusieve maatregelen nemen. Daarbij is gekeken naar wat de melkproductie is in de biologische landbouw. In 2023 is deze gemiddeld 7.000 liter melk per koe (Agrimatie, 2023), maar omdat in deze studie de krachtvoergift sterk vermindert, wordt het niveau van ongeveer tien jaar geleden (zo'n 6.500 liter melk per koe per jaar) gehanteerd (Agrimatie, 2023).

In tabel 4.1 staan de overige uitgangspunten:

- De kengetallen voor de gemiddelde bedrijfsomvang in areaal landbouwgrond van het gangbare melkveebedrijf zoals die in het BBPR zijn gehanteerd. Voor bedrijfsgemiddelden van de grondsoorten klei, veen en zand is gebruikgemaakt van de kengetallen uit studies van Timmerman et al. (2019) en Zijlstra et al. (2019). Deze arealen blijven in de natuurinclusieve bedrijfssystemen gelijk. De gemiddelde bedrijfsomvang in aantal dieren is het gangbare bedrijfssysteem gebaseerd op de huidige gangbare situatie voor de drie grondsoorten. De omvang in GVE in de natuurinclusieve bedrijfssystemen is een uitkomst van de maatregelen in deze bedrijfssystemen (zie paragraaf 4.1.3).
- In alle bedrijfssystemen is uitgegaan van bemestingsnormen voor dierlijke mest van maximaal 170 kilogram stikstof per hectare per jaar, berekend als gemiddelde van alle percelen. Dit is conform de maximale gebruiksnormen die van toepassing worden na het afschaffen van de derogatie van de Nitraatrichtlijn (LNV, 2022). Dit is dus ook als uitgangspunt gehanteerd voor het huidige gangbare bedrijfssysteem, met daarbij de veronderstelling dat het aandeel grasland ten opzichte van de bedrijfssituatie met derogatie niet verandert.⁴ Andere onderdelen uit de Derogatiebeschikking zijn niet expliciet opgenomen. De bufferstroken zijn verdisconteerd in de maatregel niet-beteelde oppervlakte (zie tabel 4.1). Met 20% korting op de stikstofgebruiksruimte (totale bemestingsruimte voor stikstof uit zowel dierlijke als kunstmest) in de met nutriënten verontreinigde gebieden (NV-gebieden) is geen rekening gehouden.
- De bedrijfssystemen Gangbaar en Gangbaar-plus zijn niet grondgebonden en voeren hun mestoverschot boven de gebruiksnorm van 170 kilogram stikstof per hectare per jaar af. Ook het bedrijfssysteem Natuurinclusief voert een mestoverschot af om mest te kunnen leveren aan natuurinclusieve akkerbouwers. Wel wordt in Natuurinclusief de veebezetting verlaagd naar 2 GVE (Grootvee eenheden) per ha⁵, hetgeen nog steeds betekent dat meer koeien gehouden worden dan er mestplaatsingsruimte is op het bedrijf. Als variant hierop is in Natuurinclusief-plus het uitgangspunt gehanteerd dat de mestproductie in evenwicht moet zijn met de mestplaatsingsruimte. Dit betekent dus dat de veebezetting in evenwicht is met de hoeveelheid dierlijke mest die op eigen grond toegediend mag worden. Er vindt dus geen mestafvoer naar de akkerbouw plaats. In deze studie is verondersteld dat dit een veebezetting is van 1,5 tot 1,7 GVE per ha (zie paragraaf 4.1.3).

Tabel 4.1 Overzicht gehanteerde uitgangspunten per bedrijfssysteem van de melkveehouderij.

Uitgangspunt	Gangbaar	Gangbaar-plus	Natuurinclusief	Natuurinclusief-plus
Beteeld bedrijfsareaal	Klei: 60,3 ha Veen: 51,0 ha Zand: 45,0 ha	Klei: 60,3 ha Veen: 51,0 ha Zand: 45,0 ha	Klei: 60,3 ha Veen: 51,0 ha Zand: 45,0 ha	Klei: 60,3 ha Veen: 51,0 ha Zand: 45,0 ha
Melkproductie	8.400-9.000 kg melk/koe/jaar	8.400-9.000 kg melk/koe/jaar	6.500 kg melk/koe/jaar	6.500 kg melk/koe/jaar
Mestplaatsing	Niet grondgebonden, mestoverschot wordt afgevoerd	Niet grondgebonden, mestoverschot wordt afgevoerd	Niet grondgebonden, mestoverschot wordt afgevoerd naar akkerbouwer	Mestproductie in evenwicht met mestplaatsingsruimte 170 kg N/ha
Nitraatrichtlijn	Zonder derogatie, max. 170 kg N/ha	Zonder derogatie, max. 170 kg N/ha	Zonder derogatie, max. 170 kg N/ha	Gelijk aan NIL

Natuurinclusieve maatregelen

De bedrijfssystemen verschillen in de maatregelen die worden genomen om de melkveebedrijven meer natuurinclusief te maken. De keuze in maatregelen is gebaseerd op literatuuronderzoek, expert judgement en de gehanteerde uitgangspunten per bedrijfssysteem. Tabel 4.2 geeft een overzicht van de maatregelen voor de verschillende bedrijfssystemen, geordend naar maatregelcategorie. Het bedrijfssysteem Natuurinclusief-plus is achterwege gelaten. De maatregelen zijn vergelijkbaar met bedrijfssysteem Natuurinclusief.

⁴ Bij derogatie was er nog een verplichting op behoud grasland. Na afschaffen van de derogatie niet meer en is het aannemelijk dat grasland deels wordt omgezet in bouwland. Daar is in deze verkenning geen rekening mee gehouden.

⁵ De veebezetting van 2 GVE/ha wordt door de provincie Noord-Brabant ook gehanteerd als norm voor een natuurinclusieve veehouderij.

In bijlage 3 worden de maatregelen voor de melkveehouderij en de impact van de maatregelen op de verschillende dimensies van natuurinclusieve landbouw nader beschreven.

Tabel 4.2 Overzicht maatregelen ten aanzien van melkveehouderij voor de verschillende bedrijfssystemen (K: klei, V: veen, Z: zand).

Maatregelcategorie	Gangbaar	Gangbaar-plus	Natuurinclusief
Stalsysteem en mestopslag			
<i>Stalsysteem</i>	Traditionele ligboxenstal	Emissiearme stal met drijfmest	Emissiearme stal met drijfmest
	Emissiefactor 13 kg NH ₃ per dierplaats	Emissiefactor van 8,3 kg NH ₃ per dierplaats	Emissiefactor van 8,3 kg NH ₃ per dierplaats
<i>Stalsysteem jongvee</i>	Boxen	Boxen	Potstal met strorijke mest
<i>Mestopslag</i>	Mestkelder	Mestkelder	Mestkelder/potstal
<i>Mestopslagcapaciteit</i>	7 maanden	7 maanden	7 maanden
<i>Mestbewerking</i>	Geen	Geen	Geen
Bouwplan			
Beteeld bedrijfsareaal			
<i>Productief grasland (grassenmix)</i>	K: 85% van het areaal V: 95% Z: 80%	K: 60% van areaal V: 80% Z: 75%	K: 80% (met klaver) V: 80% Z: 90% (met klaver)
<i>Mais</i>	K: 10% (continueelt) V: - Z: 15% (continueelt)	K: 20% (wisselteelt met grasklavers) V: - Z: 20% (wisselteelt met grasklavers)	Geen maisteelt
<i>Agrarisch natuurbeheer</i>	-	K: 15% V: 15% Z: 5%	Gelijk aan Gangbaar-plus
Onbeteeld bedrijfsareaal			
<i>Niet-productieve grond (o.a. landschapselementen en bufferstroken)</i>	5%	Gelijk aan Gangbaar	Gelijk aan Gangbaar
Fokkerij & Rassenkeuze			
<i>Koeras</i>	Holstein-Friesian (HF)	Holstein-Friesian (HF)	Kruising HF en dubbeldoel
<i>Verlagen vervangingspercentage</i>	Gemiddeld	Beperkt verlagen	Verlagen
<i>Concentreren afkalfmoment</i>	Verspreid	Verspreid	Voorjaarskalvende veestapel
Rantsoenering			
<i>Vermindering krachtvoergift en emissiearm</i>	Krachtvoer uit de regio of buitenland	Beperkt gereduceerde gift CO ₂ arm krachtvoer uit de regio of Europa	Sterk gereduceerde krachtvoergift, zo veel mogelijk uit de regio, i.c.m. natte bijproducten als krachtvoervanger
<i>Weidegang voor koe, pink en kalf</i>	Koeien alleen overdag weiden	Meer weidegang voor koeien	Dag en nacht weiden van koeien
	Pinken dag en nacht weiden Kalveren worden niet geweid	Pinken dag en nacht weiden Kalveren worden niet geweid	Pinken dag en nacht weiden Kalveren worden geweid
<i>Beweidingsmethode</i>	Meerdaags omweiden Overdag	Meerdaags omweiden Overdag	Meerdaags omweiden Dag en nacht
Mestplaatsing			
<i>Dierlijke en organische mest</i>	Drijfmest met een maximale grens van 170 kg stikstof per hectare (gemiddeld op bedrijfsniveau)	Drijfmest, met een maximale grens van 170 kg stikstof per hectare (gemiddeld op bedrijfsniveau)	Drijfmest, met een maximale grens van 170 kg stikstof per hectare op productief grasland Vaste stromest op percelen met agrarisch natuurbeheer
<i>Kunstmest</i>	Op alle percelen tot maximaal de stikstof- en fosfaatgebruiksruimte	Op alle productiegraslanden tot maximaal de stikstof- en fosfaatgebruiksruimte	Geen kunstmest

Maatregelcategorie	Gangbaar	Gangbaar-plus	Natuurinclusief
Agrarisch natuurbeheer			
<i>Percentage areaal agrarisch natuurbeheer op de landbouwpercelen</i>	Geen agrarisch natuurbeheer	15% lichter agrarisch natuurbeheer op klei- en veengronden, 5% op zandgronden	15% zwaarder agrarisch natuurbeheer op klei- en veengronden, 5% op zandgronden
Land- en bodembeheer			
<i>Mesttoewending</i>	K: sleufkouter V: sleepvoet, met water verdund Z: zodenbemester	Gelijk aan Gangbaar	Drijfmest: gelijk aan Gangbaar Vaste stro: bovengronds
<i>Gereduceerde grondbewerking</i>	Continueert mais: ploeg	Wisselteelt mais-grasklaver: (eco-)ploeg	Geen grondbewerking, enkel doorzaai met een doorzaaimachine t.b.v. graslandvernieuwing
	Scheuren graslandvernieuwing (m.u.v. doorzaai veen)	Scheuren graslandvernieuwing (m.u.v. doorzaai veen)	
<i>Beperken graslandvernieuwing</i>	1 keer per 10 jaar	1 keer per 12 jaar	1 keer per 12 jaar
<i>Meer kruidenrijk productiegasland</i>	Productiegras	Productiegras	K+Z: productief kruidenrijk grasland (voornamelijk mengsel met grasklavers) V: Productiegras
Waterbeheer			
	K: grondwatertrap IV (GHG 40-80 cm) V: grondwatertrap IIb (GHG 25-40 cm) Z: grondwatertrap VI (GHG 40-80 cm)	Gelijk aan gangbaar	K: gelijk aan gangbaar V: grondwatertrap IIa (GHG <25 cm) Z: gelijk aan gangbaar
Gewasbescherming			
	Een mix van pesticiden wordt met vast spuitschema op maisland toegepast	Pesticiden worden alleen toegepast indien aantasting mais/grasland boven schadedrempel uitkomt	Geen pesticiden en herbiciden
	Herbiciden (m.n. glyfosaat) worden ingezet bij graslandvernieuwing	Geen herbiciden bij graslandvernieuwing	

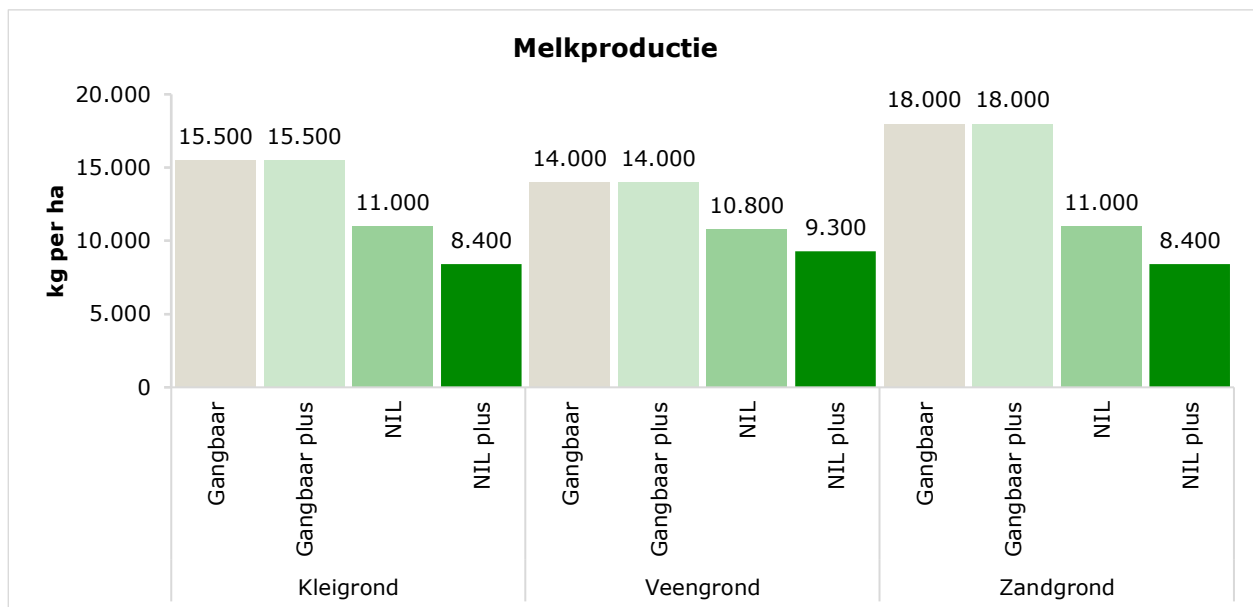
4.1.3 Uitkomsten uitgangspunten en maatregelen

De uitgangspunten en maatregelen voor de melkveehouderij op de drie grondsoorten zijn in het BBPR-model ingevoerd en geoptimaliseerd naar de gewenste melkproductie per bedrijfssysteem. In deze paragraaf wordt een aantal kengetallen genoemd die inzicht geven in het effect op de melkproductie per hectare, veebezetting, weidegang, krachtvoergif, de stikstof in mest die kan worden omgezet in ammoniak en de stikstoftoevoer op de graslanden en mais. Deze kengetallen zijn vervolgens de basis geweest voor de input in de modelberekeningen voor de landelijke scenario's (zie hoofdstuk 5).

Melkproductie per hectare

Figuur 4.1 geeft de melkproductie per ha per bedrijfssysteem. In Gangbaar-plus is de melkproductie per hectare gelijk aan Gangbaar. Daarvoor vult de melkveehouder bij bemesting op zijn productiegaslanden de gebruiksnorm volledig op. Door een lagere krachtvoergif en een lagere graslandproductie (als gevolg van meer agrarisch natuurbeheer) produceert het bedrijf minder ruwvoer en moet er in dit bedrijfssysteem meer maïsruw worden aangekocht.

In de Natuurinclusieve bedrijfssystemen daalt de melkproductie per hectare. Dit komt door de combinatie van natuurinclusieve maatregelen en door verkleining van de veestapel. Zo wordt er gewerkt met een ander ras melkkoe, wordt het vervangingspercentage verlaagd en neemt de krachtvoergif verder af. De relatieve afname van de melkproductie per hectare is het grootst op zandgrond. Dit komt met name doordat de veebezetting (zie figuur 4.2) op het intensievere gangbare bedrijfssysteem op zand sterker gereduceerd wordt ten opzichte van de veebezetting op klei en veen.

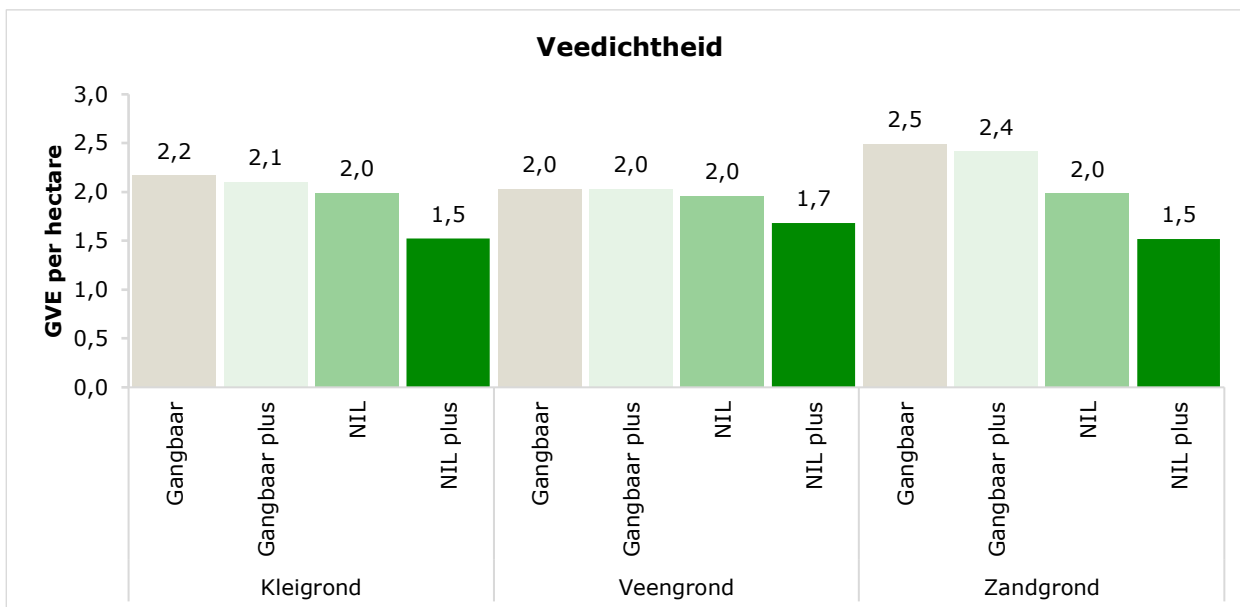


Figuur 4.1 De melkproductie per hectare per bedrijfssysteem per grondsoort (uitkomst BBPR-berekening, afgerond op honderdtallen).

Veebezetting

De veebezetting⁶ in de natuurinclusieve bedrijfssystemen is de resultante van de maatregelen die getroffen zijn om te voldoen aan de uitgangspunten (zie ook paragraaf 4.1.2). Figuur 4.2 laat zien dat in het gangbare bedrijfssysteem de veebezetting op zand hoger is die op klei en veen. Melkveehouderijen op zand zijn vaak intensiever dan op klei en veen. Bij de natuurinclusieve bedrijfssystemen is op zand dan ook relatief de grootste afname in veebezetting. Voor Natuurinclusief is overal 2 GVE/ha gehanteerd als uitgangspunt. In Natuurinclusief-plus is de veebezetting afhankelijk van de mestplaatsingsruimte op het eigen bedrijf. Daar valt op dat Natuurinclusief-plus op veen een wat hogere veebezetting mogelijk is dan Natuurinclusief-plus op klei en zand. Dit komt doordat er geen grasklaver op veen wordt geteeld. Grasklaver zorgt voor hogere stikstofexcretie per dier (meer ruweiwit in rantsoen), hetgeen binnen de bemestingsnorm van 170 kg N/ha minder ruimte biedt om dieren te houden.

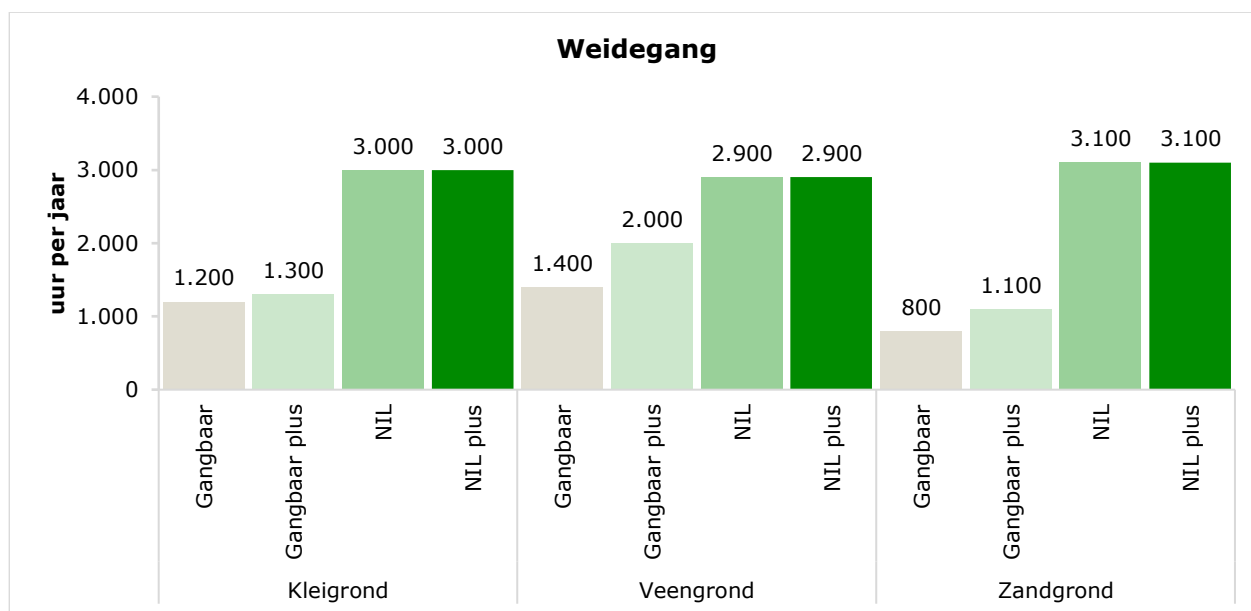
⁶ De veebezetting wordt weergegeven in grootvee-eenheden (GVE) per ha productieve landbouwgrond. De GVE is een optelsom van het aantal melkkoeien en vrouwelijk jongvee op het bedrijf. Hierbij is een koe 1 GVE, een pink 0,5 GVE en een kalf 0,25 GVE (<https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2022/31/meer-koeien-in-de-i-maar-wel-korter/grootvee-eenheid--gve-->).



Figuur 4.2 De veebezetting, uitgedrukt in grootvee-eenheden per hectare, per bedrijfssysteem per grondsoort (voor NIL als uitgangspunt, in de overige bedrijfssystemen als uitkomst BBPR-berekening).

Weidegang

Het BBPR berekent de weidegang op basis van de beschikbare hoeveelheid beweidbaar gras en het bijvoedingsniveau van de koeien. Het in het BBPR ingebouwde grasgroeimodel bepaalt onder andere aan de hand van bedrijfskenmerken (zoals de grondwatertrap, veebezetting en melkproductie) hoeveel vers grasopname mogelijk is (Alem et al., 1993; Schils et al., 2007). Als er geen vers gras meer beschikbaar is, gaat de koe automatisch op stal. Figuur 4.3 laat het aantal uur weidegang zien dat door het BBPR per bedrijfssysteem als uitgangspunt is genomen en berekend.



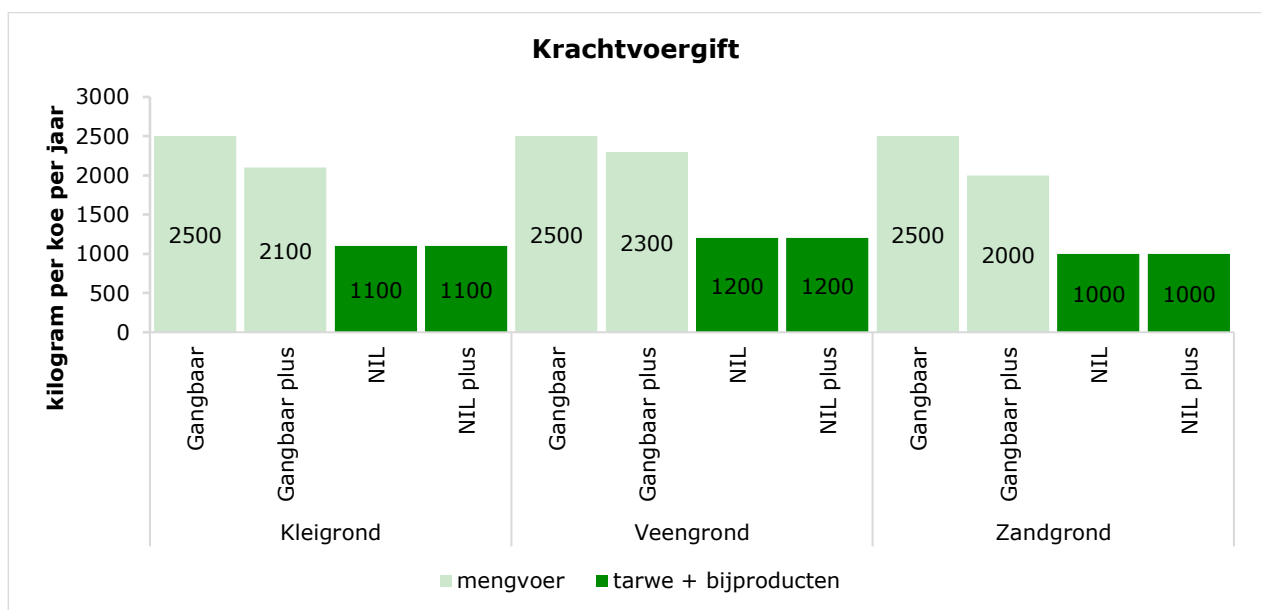
Figuur 4.3 Het aantal uren weidegang per bedrijfssysteem per grondsoort (uitkomst BBPR berekening, afgerond op honderdtallen).

In het gangbare bedrijfssysteem is het aantal weide-uren per jaar gebaseerd op Timmerman et al. (2019). Vervolgens is het uitgangspunt voor de andere bedrijfssystemen dat het aantal weide-uren hoger ligt dan in Gangbaar. Dit wordt gerealiseerd door de koeien vaker dag en nacht te weiden i.p.v. alleen overdag en tijdens het weiden minder ruwvoer te verstrekken, zodat ze meer vers gras opnemen. Op alle drie grondsoorten neemt in Gangbaar-plus het aantal weide-uren toe. Op veengrond is deze stijging met 600 uren op jaarbasis het grootst, omdat de koeien een overstap maken van alleen overdag weiden naar dag en nacht weiden. Op zand- en kleigrond blijven de koeien alleen overdag weiden.

In de natuurinclusieve bedrijfssystemen wordt het aantal uren weidegang verder opgehoogd door overal de koeien dag en nacht te weiden. Er is meer weidegang mogelijk vanwege een groter areaal productiegrasland en omdat de veebezetting afneemt door minder dieren aan te houden. Ook wordt het weideseizoen verlengd, voor zover de bodem dit toelaat. Bij veen is de weideperiode bijvoorbeeld korter bij een hoge grondwaterstand, omdat in het BBPR rekening gehouden wordt met een gewasgroei die later op gang komt.

Krachtvoergift

Leidend bij de berekeningen voor de krachtvoergift zijn de uitgangspunten met betrekking tot de gewenste melkproductie. Afhankelijk van de rantsoensamenstelling en de gewenste melkproductie wordt in het BBPR de krachtvoergift per dier per dag bepaald. Figuur 4.4 laat per bedrijfssysteem de berekende krachtvoergift zien. De krachtvoergift neemt – naarmate de natuurinclusiviteit toeneemt – verder af en is in de Natuurinclusieve bedrijfssystemen ruim gehalveerd ten opzichte van Gangbaar. In de natuurinclusieve bedrijfssystemen heeft het bedrijf met veengrond iets meer krachtvoer nodig om de gewenste melkproductie te halen. Door de hoge grondwaterstand weiden de koeien op veengrond ongeveer twee weken korter, zodat ze minder vers gras opnemen en daardoor eerder op stal moeten met een ruwvoerrantsoen dat bij de natuurinclusieve bedrijven een iets mindere kwaliteit heeft dan vers gras. Hierdoor is aanvulling van 200 kg meer krachtvoer nodig op veengrond ten opzichte van zandgrond. Ook speelt hierbij een rol dat op veengrond geen grasklaver wordt geteeld. Onbemest heeft grasklaver een hogere voederwaarde dan bemest grasland zonder klaver.

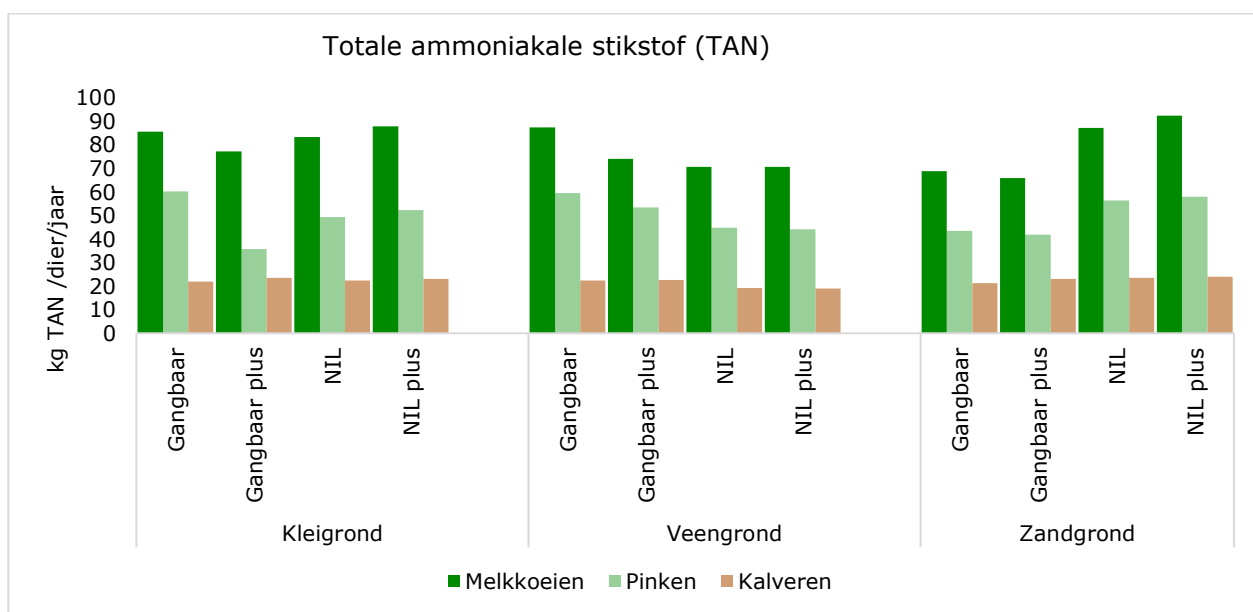


Figuur 4.4 Kilogram krachtvoer per bedrijfssysteem per grondsoort (uitkomst BBPR-berekening, afgerond op honderdtallen).

Totale ammoniakale stikstof (TAN) per dier

De Totale Ammoniakale stikstof, ook wel TAN genoemd, is een maat voor het gedeelte van de stikstof in mest dat kan worden omgezet in ammoniak. TAN bestaat uit uitgescheiden stikstof in urine en gemineraliseerde stikstof uit mest. De omzetting van stikstof naar microbieel eiwit – dat de basis is voor groei, melkproductie en -gehalten – vraagt om energie. Als er niet genoeg energie is voor de omzetting, gaat stikstof verloren in de vorm van ureum in urine (ook wel TAN genoemd). Een lagere TAN-productie betekent een lagere ammoniakemissie uit de stal en/of mestopslag en een lager percentage TAN in de mest leidt tot minder ammoniakemissie bij het uitrijden van mest (Groenenstein et al., 2019). Veel gras (kuil) in het rantsoen leidt over het algemeen tot een hogere TAN-excretie, afhankelijk van het eiwitgehalte in gras, dat weer medebepaald wordt door de N-gift uit (kunst)mest, mineralisatie (veengrond) en stikstofbinding via klaver.

In figuur 4.5 is te zien dat in de Gangbaar-plus bedrijfssystemen sprake is van een lagere TAN-productie per dier ten opzichte van het gangbare bedrijfssysteem. Hier wordt met maïs (maïskuil is energierijk en heeft een laag eiwitgehalte) in combinatie met krachtvoer bijgestuurd op een energierijker rantsoen. In Natuurinclusieve bedrijfssystemen pakt dit op zand en klei anders uit. De TAN-productie per dier in de natuurinclusieve bedrijfssystemen op zandgronden (Natuurinclusief en Natuurinclusief-plus) en mindere mate kleigronden (Natuurinclusief-plus) is namelijk hoger dan gangbaar, omdat de gangbare bedrijfssystemen op deze gronden relatief veel maïs telen, veel krachtvoer aanvoeren en geen grasklaver, wat leidt tot lagere N- en TAN-excretie. In de natuurinclusieve bedrijfssystemen bestaat het rantsoen vooral uit veel vers gras (a.g.v. hogere weidegang) en grasklaver (die hogere eiwitgehalten hebben dan maïs en krachtvoer), waardoor de N- en TAN-excretie per dier hoger uitvallen, ondanks een lagere melkproductie per koe. Bij de Natuurinclusief en Natuurinclusief-plus op veengrond zijn de N- en TAN-excretie iets lager, omdat op veen geen klaver wordt geteeld.



Figuur 4.5 Gemiddelde totale ammoniakale stikstof (TAN) per dier per bedrijfssysteem per grondsoort (uitkomst BBPR-berekening).

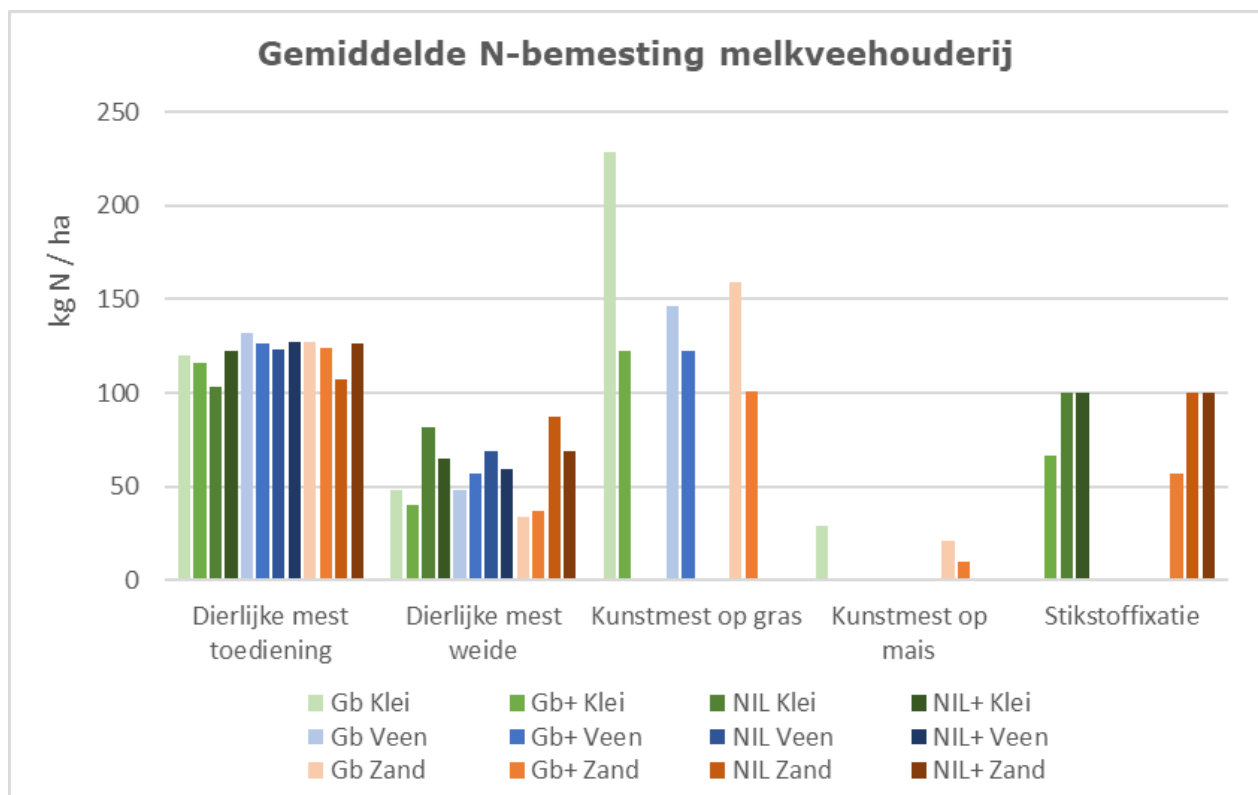
Mestgiften per hectare

In figuur 4.6 wordt de gemiddelde stikstofbemesting per ha voor de verschillende bedrijfssystemen op drie grondsoorten weergegeven volgens de berekeningen met het BBPR. De mestgiften bestaan uit dierlijke mest via toediening en weidegang, kunstmest en de natuurlijke stikstoffixatie in klavers. Daarnaast vindt er standaard ook nog stikstoftoevoer plaats via de stikstofdepositie. Deze is niet in de figuur opgenomen en daarvan wordt verondersteld dat deze in alle bedrijfssystemen gelijk is.

De gemiddelde dierlijke mestgift (totaal van toediening en weidegang) in het gangbare bedrijfssysteem ligt rond de 170 kg N/ha. Deze mestgift is een stuk lager dan de gemiddelde dierlijke mestgift bij de huidige melkveebedrijven in praktijk. Dit komt omdat in het gangbare bedrijfssysteem al rekening is gehouden met de afschaffing van de derogatie⁷. Bij Gangbaar-plus blijft de dierlijke mestgift bijna gelijk. Bij Natuurinclusief neemt de totale dierlijke mestgift iets toe, waarbij de mestgift via toediening afneemt en door de forse verruiming van de weidegang neemt de mestgift via weidegang toe.

In Natuurinclusief-plus, waar geen dierlijke mest buiten het bedrijf wordt afgezet, neemt de dierlijke mestgift weer iets toe volgens de BBPR-berekeningen. Dit heeft als achtergrond dat bij de berekening van de maximale veebezetting voor Natuurinclusief-plus deze is gesteld op 1,5 en 1,7 GVE/ha op basis van de forfaitaire stikstofgehalten in de mest. De Natuurinclusief bedrijven hebben echter, doordat ze veel grasklaver voeren, een hoger stikstofgehalte in de mest dan het forfaitaire stikstofgehalte. In Natuurinclusief wordt het overschot afgevoerd, maar omdat in Natuurinclusief-plus alle mest op het eigen bedrijf wordt aangewend, ligt daarom de dierlijke mestgift uit stikstof hoger in Natuurinclusief. Dat er in werkelijkheid meer mest op het land komt dan je volgens forfaits mag verwachten, speelt vooral een rol bij Natuurinclusief en Natuurinclusief-plus.

De stikstofkunstmestgift is in Gangbaar en Gangbaar-plus gebaseerd op het opvullen van de resterende stikstofgebruiksnormen voor grasland en mais (na dierlijke bemest en stikstoffixatie grasklavers). Bij Gangbaar wordt dus verondersteld dat de verminderde dierlijke mestgift na afschaffen van derogatie wordt opgevuld met stikstofkunstmest. Op kleigronden is de stikstofgebruiksruimte op grasland veel groter dan op de zandgronden en kleigronden, vandaar de hoge kunstmestgift op klei bij Gangbaar. In de Gangbaar-plus bedrijfssystemen wordt de kunstmestgift verminderd, omdat daarbij rekening wordt gehouden met de stikstoffixatie van de grasklavers. In de Natuurinclusief en Natuurinclusief-plus bedrijfssystemen wordt geen kunstmest meer toegepast. Hier zullen grasklavers met een veronderstelde stikstoffixatie van 100 kg N/ha⁸ op klei en zand voor extra stikstof toevoer.



Figuur 4.6 Gemiddelde stikstofbemesting per ha per bron per bedrijfssysteem per grondsoort (uitkomst BBPR-berekening).

⁷ Met derogatie ligt de gemiddelde dierlijke mestgift boven de 200 kg N/ha.

⁸ <https://www.louisbol.nl/sites/default/files/publication/pdf/1829.pdf>.

Als de verschillende bronnen van stikstofbemesting opgeteld worden dan is er in Gangbaar sprake van de hoogste mestgift. Deze varieert van 325 kg N/ha op veen tot 425 kg N/ha op klei. In Gangbaar-plus neemt de totale gemiddelde mestgift af met 20% op klei en 4-6% op veen en zand. In zowel Natuurinclusief als Natuurinclusief-plus neemt de gemiddelde mestgift af met ca. 40% op veen, 33% op klei en 14% op zandgronden. Het gaat om de gemiddelde mestgift over het totale bedrijfsareaal, rekening houdend met de verschillen in gewassen en agrarisch natuurbeheer.

4.2 Akkerbouw

In paragraaf 4.2.1 wordt beschreven hoe de verschillende natuurinclusieve bedrijfssystemen voor de akkerbouw eruitzien. In paragraaf 4.2.2 zijn per bedrijfssysteem de uitgangspunten en maatregelen beschreven. Omdat deze maatregelen en uitgangspunten voor de akkerbouw per grondsoort kunnen verschillen, is hierbij onderscheid gemaakt in akkerbouw op klei- en op zandgronden. Vervolgens worden in paragraaf 4.2.3 de relevante uitkomsten uit de modelberekeningen met NDICEA weergegeven, die nodig zijn voor de landelijke scenarioberekening (hoofdstuk 5).

4.2.1 Korte beschrijving bedrijfssystemen

De natuurinclusieve bedrijfssystemen voor de akkerbouw zijn het resultaat van gesprekken met akkerbouwexperts en literatuuronderzoek naar natuurinclusieve akkerbouw. Hieruit zijn uitgangspunten gehaald, waarmee vervolgens de maatregelpakketten verder zijn samengesteld. De mate van integraliteit en samenhang tussen de maatregelen neemt per bedrijfsonderdeel toe, naarmate het bedrijfssysteem natuurinclusiever wordt.

Gangbaar: bedrijfsvoering volgens gangbaar ontwikkelpad

Het gangbare akkerbouwbedrijfssysteem gaat uit van het huidige (intensieve) bouwplan, met 2/3 rooigewassen en 1/3 maaigewassen. Er vindt een basisbemesting plaats op basis van dierlijke mest, aangevuld met kunstmest. De verplichte vanggewassen worden toegepast en pesticiden en herbiciden worden toegepast om gewassen te beschermen en onkruid te bestrijden.

Gangbaar-plus: natuurinclusief waar het kan, binnen de gangbare bedrijfsvoering

In het Gangbaar-plus bedrijfssysteem wordt het bouwplan aangepast met daarin meer maaigewassen. Voedergewassen worden op klei niet meer geteeld, de rustgewassen op klei worden vooral gebruikt voor humane consumptie. De akkerbouwer op zand verbouwt snijmais en triticale voor diervoeder. Reden is dat door klimaatverandering het behalen van de juiste kwaliteit voor menselijke consumptie op zandgrond extra bemesting vergt, hetgeen ongewenst is gezien de milieuemissies.

Er wordt een mengsel van groenbemesters toegepast en de kunstmestgift wordt verlaagd. Er wordt geïntegreerde gewasbescherming (preventie en laag gebruik middelen) gebruikt en er wordt rekening gehouden met de akkerflora en -fauna door middel van akkerranden, vogelakkers en wintervoedselvelden.

Natuurinclusief: omschakeling naar een natuurinclusieve bedrijfsvoering

Dit bedrijfssysteem wijkt af van het gangbare ontwikkelpad. Het bouwplan wordt extensief, waarbij de rotatie van gewassen wordt afgestemd op de stikstofefficiëntie. Kunstmest wordt niet meer toegepast. Met toediening van meer vaste mest in plaats van drijfmest, groencompost, achterlaten van stro en niet-kerende grondbewerking wordt het organischestofgehalte in de bodem verbeterd. Bij alle teelten is er sprake van natuurlijke plaagbestrijding en dus geen gebruik meer van gewasbeschermingsmiddelen. Verder worden er meer maatregelen genomen die ruimte bieden aan de akkerflora en -fauna.

4.2.2 Uitgangspunten en maatregelen

Per bedrijfssysteem zijn uitgangspunten opgesteld waar gewasrotaties voor ontworpen zijn. Deze gewasrotaties zijn doorgerekend op haalbaarheid met stikstofplanner NDICEA (zie bijlage 1). De uitgangspunten vormen de basis voor het kiezen voor bepaalde maatregelen. Naast uitgangspunten op bedrijfssysteemniveau zijn er ook maatregelcategorieën waarvoor specifieke uitgangspunten gelden. Dit geldt onder andere voor de maatregelcategorie 'Bemesting', waarbij de algemene uitgangspunten nader gespecificeerd zijn om keuzes te kunnen maken voor het bemestingsplan. De uitgangspunten en natuurinclusieve maatregelen worden hieronder beschreven.

Uitgangspunten

Voor de akkerbouwbedrijven op klei in Nederland is voor een akkerbouwbedrijf met een representatief bouwplan in het zuidwestelijk kleigebied gekozen. Voor akkerbouwbedrijven op zand in Nederland is dit een representatief bouwplan van een akkerbouwbedrijf in de zuidelijke zandgebieden. Deze locaties zijn gekozen vanwege de aanwezigheid van zowel akkerbouwbedrijven als melkveehouderijen, wat samenwerking mogelijk maakt. Beide bouwplannen zijn samengesteld op basis van veelvoorkomende gewassen in de betreffende regio's. Verder is er geen bedrijfssysteem voor akkerbouw op veengrond opgesteld. Akkerbouw op veen vraagt namelijk om veel meer grondbewerking in vergelijking met grasland, hetgeen vanwege de hierbij optredende veenoxidatie onwenselijk is vanwege bodemdaling en het vrijkomen van CO₂.

Natuurinclusieve maatregelen

De bedrijfssystemen verschillen in de maatregelen die worden genomen om de akkerbouw meer natuurinclusief te maken. De keuze in maatregelen is gebaseerd op literatuuronderzoek, expert judgement en de gehanteerde uitgangspunten per bedrijfssysteem. Tabel 4.3 geeft een overzicht van de maatregelen voor de verschillende bedrijfssystemen, geordend naar maatregelcategorie.

In bijlage 4 worden de maatregelen voor de akkerbouw en de impact van de maatregelen op de verschillende dimensies van natuurinclusieve landbouw nader beschreven.

Tabel 4.3 Overzicht maatregelen ten aanzien van akkerbouw voor de verschillende bedrijfssystemen (K: klei, Z: zand).

Maatregelcategorie	Gangbaar	Gangbaar-plus	Natuurinclusief
Teeltmethode			
Verruiming bouwplan	Intensief bouwplan: • Rooi-/hakvruchten: 62,5% • Maaivruchten, waaronder voergranen zand en klei: 37,5%	Matig extensief bouwplan: • Rooi-/hakvruchten: 44% • Maaivruchten, met bakgranen op klei en voergranen op zand: 56%	Extensief bouwplan: • Rooi-/hakvruchten: 25% • Maaivruchten, met bakgranen op klei en voergranen op zand: 75%
Bodembeheer			
Toevoegen organische mest	Varkens- en rundveedrijfmest Storrijke vaste geitenmest Groencompost GFT compost	Gelijk aan Gangbaar	Rundveedrijfmest Rundveepotstalmest Groencompost
Stro	Z: alle stro onderwerken K: helft van de gevallen stro onderwerken	Gelijk aan Gangbaar	Stro wordt niet ondergewerkt
Groenbemesters	1 soort	1 soort & mengsels	1 soort & mengsels
	Z: onderwerken na winter K: onderwerken voor winter	Gelijk aan Gangbaar	Onderwerken na winter Meerjarige grasklaverteelt
Gereduceerde grondbewerking	Rooi- en maaivruchten: ploeg	K: rooivruchten: eco-ploeg, maaivruchten: onderzaai	Rooi- en maaivruchten: niet-kerende grondbewerking, gem. 1x in gewasrotatie eco-ploeg
		Z: rooi- en maaivruchten: eco-ploeg	Mechanische onkruidbestrijding

Maatregelcategorie	Gangbaar	Gangbaar-plus	Natuurinclusief
Gewasbescherming			
	Pesticiden en herbiciden	Cash crops: Geïntegreerde gewasbescherming. Nadruk op preventie, en boven schadedrempel enkel gebruik van middelen met laag risicoprofiel Voedergewassen: biologisch/natuurlijke plaagbestrijding Mechanische onkruidbestrijding	Biologische/natuurlijke plaagbestrijding Mechanische onkruidbestrijding
Bemesting			
<i>Duurzame bemesting</i>	Basisbemesting: dierlijke mest, aanvulling met kunstmest	Basisbemesting: dierlijke mest, aanvulling met kunstmest Minder kunstmest dan gangbaar door teelt van meer vlinderbloemigen en groenbemesters	Optimale inzet van hoogwaardige rundveemest en groencompost Geen kunstmest door meerjarige grasklaverteelt
<i>Mestaanwending: techniek en tijdstip</i>	Drijfmest K: zodenbemester in voorjaar, m.u.v. bouwlandinjecteur in tarwestoppel in augustus Z: bouwlandinjecteur Vaste mest: stalmeststrooier en meteen inwerken	Drijfmest: K: zodenbemester in voorjaar Z: bouwlandinjecteur, m.u.v. zodenbemester in triticale Vaste mest: stalmeststrooier en meteen inwerken	Drijfmest: Zodenbemester Vaste mest: stalmeststrooier en meteen inwerken
Agrarisch natuurbeheer			
	-	Meerjarige kruidenrijke akkerranden, natuurvriendelijk oeverbeheer bufferzones op 4% van het landbouwareaal	Meer en bredere meerjarige kruidenrijke akkerranden, natuurvriendelijk oeverbeheer, volvelds agrarisch natuurbeheer op 10% van het landbouwareaal
Waterbeheer			
	Technische maatregelen: drainage, beregening, boerenstuwten	Beheermaatregelen: Z: water vasthouden door sloten dichten en/of hermeandering sloten K: oppervlakkige waterafvoer opvangen in infiltratiegreppels	Bewust omgaan met hoger en lager gelegen percelen Profiteren actief organisch stofbeheer, extensivering en natte en droge bufferstroken

4.2.3 Uitwerking bouw- en bemestingsplan bedrijfssystemen akkerbouw

In deze paragraaf staan het bouwplan, de gewasrotatie en de bemesting beschreven die zijn ontworpen voor de natuurinclusieve bedrijfssystemen in de akkerbouw op de klei- en zandgronden.

Bouwplan en gewasrotatie

Tabel 4.4 geeft een overzicht van de bouwplannen voor de verschillende bedrijfssystemen in de akkerbouw, waarbij onderscheid gemaakt is in een bouwplan voor de kleigronden en een bouwplan voor zandgronden. In tabel 4.5 staat de rotatie van deze bouwplannen weergegeven. De rooi-/hakvruchten zijn met name stikstof vragende gewassen die relatief laat in het jaar geoogst worden, de maaivruchten zijn dragende gewassen die bijdragen aan een gezonde vruchtbare bodem

Tabel 4.4 Overzicht bouwplannen klei (boven) en zand (onder), weergegeven in percentages per gewastype. Van links naar rechts staan per kolom de bedrijfssystemen gangbaar, Gangbaar-plus en Natuurinclusief.

Bouwplan	Gangbaar	Gangbaar-plus	Natuurinclusief
Bouwplan klei	Rooi-/hakvruchten: 62,5% Maaivuchten: 37,5%	Rooi-/hakvruchten: 44% Maaivuchten: 56%	Rooi-/hakvruchten: 37,5% Maaivuchten: 62,5%
	25% Consumptieaardappel 12,5% Suikerbiet 12,5% Zaaiui 12,5% Peen 37,5% Wintertarwe	22% Consumptieaardappel 22% Suikerbiet 22% Korrelmais 12% Veldboon 22% Wintertarwe	12,5% Consumptieaardappel 12,5% Suikerbiet 12,5% Witte kool 12,5% Veldboon 12,5% Wintertarwe 37,5% Grasklaver
Bouwplan zand	Rooivuchten: 50% Maaivuchten: 50%	Rooivuchten: 44% Maaivuchten: 56%	Rooivuchten: 25% Maaivuchten: 75%
	25% Consumptieaardappel 25% Suikerbiet 25% Snijmais 12,5% Doperwt en stamslaboon 12,5% Gerst	22% Consumptieaardappel 22% Suikerbiet 22% Snijmais 12% Veldboon 22% Triticale	12,5% Suikerbiet 12,5% Prei 12,5% Pompoen 12,5% Veldboon 12,5% Triticale 37,5% Grasklaver

Tabel 4.5 Overzicht gewasrotaties per bedrijfssysteem voor akkerbouw op zuidwestelijke klei en akkerbouw op zuidelijk zand. Notatie: hoofdgewas – vanggewas.

Rotatie-ronde	Gangbaar		Gangbaar-plus		Natuurinclusief	
	Klei	Zand	Klei	Zand	Klei	Zand
1	Consumptie-aardappel	Consumptie-aardappel	Consumptie-aardappel – Japanse haver	Consumptie-aardappel – Japanse haver	Consumptie-aardappel	Suikerbiet
2	Suikerbiet	Zomergerst – Japanse haver	Veldboon – Japanse haver	Veldboon – Japanse haver	Grasklaver	Grasklaver
3	Wintertarwe – Bladrammenas	Suikerbiet	Mais (korrel) – Engels raaigras (onderzaai)	Snijmais – Engels raaigras (onderzaai)	Grasklaver	Grasklaver
4	Zaaiui – Gele mosterd	Snijmaïs – Italiaans raaigras	Suikerbiet	Suikerbiet	Grasklaver	Grasklaver
5	Consumptie-aardappel	Consumptie-aardappel	Wintertarwe – Groenbemester-mengsel gras/wikke	Triticale – Groenbemester-mengsel rogge/winterwikke	Witte kool	Pompoen – Rogge
6	Wintertarwe – Bladrammenas	Doperwt en stamslaboon	Consumptie-aardappel – Japanse haver	Consumptie-aardappel – Japanse haver	Veldboon – Japanse haver	Veldboon – Japanse haver
7	Winterpeen	Suikerbiet	Mais (korrel) – Engels raaigras (onderzaai)	Snijmais – Engels raaigras (onderzaai)	Suikerbiet	Zomerprei
8	Wintertarwe – Bladrammenas	Snijmaïs – Italiaans raaigras	Suikerbiet	Suikerbiet	Wintertarwe – Groenbemester-mengsel rogge/winterwikke	Triticale – Groenbemester-mengsel rogge/winterwikke
9			Wintertarwe – Groenbemester-mengsel gras/winterwikke	Triticale – Groenbemester-mengsel rogge/winterwikke		

De gangbare bouwplannen zijn relatief intensief, namelijk een aandeel van 62,5% rooivruchten op klei en van 50% op zand. Bij de keuze van de gewassen is rekening gehouden met veelvoorkomende gewassen in zuidwestelijk kleigebied en de zuidelijke zandgebieden. De wintertarwe op klei wordt geteeld voor baktarwe, maar als het niet aan de kwaliteitseisen daarvoor voldoet, wordt het afgezet als voertarwe. De snijmaïs gaat naar een veehouder. Er worden stikstofvanggewassen toegepast waar dat verplicht is (na maïs op zand) en voor de organischestofvoorziening van de bodem op plaatsen in de rotatie waar het goed past, zoals na graan. De vanggewassen bladrammenas, Italiaans raaigras en Japanse haver hebben een snelle bodembedekking, werken goed voor onkruidonderdrukking en dragen met hun relatief hoge biomassa bij aan het organischestofgehalte in de bodem.

In Gangbaar-plus is het bouwplan verruimd door het verhogen van het aandeel maaivruchten, onder andere door het toevoegen van de veldboon. De veldboon is een vlinderbloemige die profiteert van luchtstikstofbinding door een symbiose met Rhizobium-bacteriën, waardoor dit gewas geen stikstofgift nodig heeft. De veldboon is een robuust gewas en gedijt goed in het Nederlandse klimaat. De veldboon mag vanwege grondgebonden ziekten maar één keer in de zeven jaar in de rotatie voorkomen, waardoor het een vrij lange rotatie betreft. Verder worden meer vanggewassen toegepast na stikstofbehoeftige gewassen. Op de zandgronden worden snijmaïs en tritcale voor de veehouder verbouwd. Omdat je maïs laat oogst, wordt Engels raaigras half juni al onder gezaaid. Hierdoor wordt er nog voldaan aan de tijdige inzaai van een vanggewas na maïs op zand. In de gewasrotatie op zandgronden zit verder de relatief intensieve dubbelteelt van doperwt en stamslaboon niet meer in het bouwplan. Op de kleigronden is de teelt van korrelmaïs opgenomen voor humane consumptie. Korrelmaïs wordt nochtans in Nederland geteeld voor veevoer, maar het kan ook gebruikt worden voor brood en als bindmiddel in maïzena. Door klimaatverandering is te verwachten dat korrelmaïs steeds vaker zal voldoen aan de productievereisten voor humane consumptie.

In Natuurinclusief is het bouwplan verder verruimd naar meer maaigewassen. Op kleigronden staan relatief meer stikstofbehoeftige rooivruchten dan op zandgronden, omdat de uitspoelingsgevoeligheid op klei kleiner is dan op zand. Op kleigronden is daarom aardappel, een zeer renderend gewas, opgenomen en op zandgronden niet. Op kleigrond is ongeveer de helft van de gewassen intensief (aardappel en suikerbiet). Dit betekent dat ze intensief zijn voor de bodemstructuur. De andere helft van de gewassen is extensief (grasklaver, veldboon en wintertarwe), waarmee bedoeld wordt dat deze gewassen de bodemstructuur herstellen en stikstof in het systeem brengen door de vlinderbloemigen.⁹ Op zandgrond is het aandeel maaivruchten in het natuurinclusieve bouwplan hoger, namelijk 75%. Zoals eerder gezegd, aardappel wordt niet meer verbouwd op zand. Er is gekozen voor gewassen die baat hebben bij een goede bodemstructuur, zoals prei. Net zoals in Gangbaar-plus wordt op zand ook tritcale in plaats van wintertarwe als diervoeder verbouwd.

Tot slot wordt in het natuurinclusieve bedrijfssysteem bij het opstellen van een gewasrotatie rekening gehouden met de behoefte van het gewas en het effect op de bodem. De opeenvolgende gewastypen profiteren van elkaars eigenschappen. Op zand volgt suikerbiet op tritcale met een groenbemestermengsel. Deze voorvrucht vermindert de bodemschimmel Rhizoctonia waar bieten – vooral op lichte gronden – gevoelig voor zijn en laten een goede bodemstructuur achter. Het vermindert de benodigde externe mestaanvoer door in de rotatie drie opeenvolgende jaren grasklaver (najaar zaaien, een jaar rond laten staan en dan voorjaar inwerken) op te nemen. De bodem kan hierdoor drie jaar onverstoord ontwikkelen en optimaal stikstof binden.

Bemestingsplan

De maatregelen op het gebied van bemesting hebben een sterke samenhang met de maatregelen die worden getroffen op het gebied van de gewaskeuze en het bodembeheer. Elk perceel met gewas vraagt om een eigen bemestingsstrategie vanwege de specifieke nutriëntenbehoefte van het gewasstype per groeistadium en de bodemvruchtbaarheid van het desbetreffende stuk grond. Als de bodemkwaliteit goed is, dan neemt de opname-efficiëntie van voedingsstoffen ook toe, waardoor de kans op uit- en afspoeling afneemt (Van Os, 2023). Voor het op peil houden van de bodemkwaliteit is optimale inzet van dierlijke mest nodig. Dit betekent per perceel het toepassen van de juiste gift, met de juiste meststof, op de juiste plaats en op het juiste tijdstip.

⁹ Vlinderbloemigen hebben weliswaar geen of een geringe N-gift nodig, maar wel bemesting van andere nutriënten zoals fosfaat en kali.

Het opstellen van een bemestingsplan voor een goede gewasproductie is erg afhankelijk van de locatiespecifieke kenmerken. Daarvoor zijn in deze studie de volgende uitgangspunten gehanteerd (zie tabel 4.6).

Tabel 4.6 Overzicht gehanteerde uitgangspunten voor opstellen bemestingsplannen.

Uitgangspunten klei	Uitgangspunten zand
De N-gebruiksnormen worden gemiddeld in het bouwplan niet overschreden (gebaseerd op de normen van vóór 2023).	De N-gebruiksnormen worden gemiddeld in het bouwplan niet overschreden (gebaseerd op de normen van vóór 2023).
De fosfaattoestand valt in de gebruiksnormklasse 'Neutraal'; gebruiksnorm is gemiddeld 70 kg P ₂ O ₅ per ha in het bouwplan.	Van de percelen op het bedrijf valt 80% van de bedrijfsoppervlakte in fosfaatklaas 'Ruim Voldoende' met een fosfaatgebruiksnorm van 60 kg P ₂ O ₅ per ha en 20% valt in de klasse 'Hoog' met een fosfaatgebruiksnorm van 40 kg P ₂ O ₅ per ha.
Kalitoestand van de grond is op streefniveau en wordt gehandhaafd door de kaliafvoer met de geoogste producten te compenseren; uitspoelingsverlies van kali op kleigrond is gering.	Kalitoestand van de grond is op streefniveau en wordt gehandhaafd door de kaliafvoer met de geoogste producten en uitspoelingsverlies te compenseren.
De fosfaataanvoer uit compost telt voor 50% mee voor de gebruiksnorm (situatie van vóór 2023).	De fosfaataanvoer uit compost telt voor 50% mee voor de gebruiksnorm (situatie van vóór 2023).
De aardappelteelt bestaat voor 50% uit rassen met een hoge N-gebruiksnorm en voor 50% uit rassen met een lage N-gebruiksnorm.	De aardappelteelt bestaat voor 100% uit rassen met een hoge N-gebruiksnorm.

In figuur 4.7a en 4.7b staan de gewasrotaties met de mestgiften voor de Gangbaar, Gangbaar-plus en natuurinclusieve bedrijfssystemen weergegeven op de klei- en zandgronden.

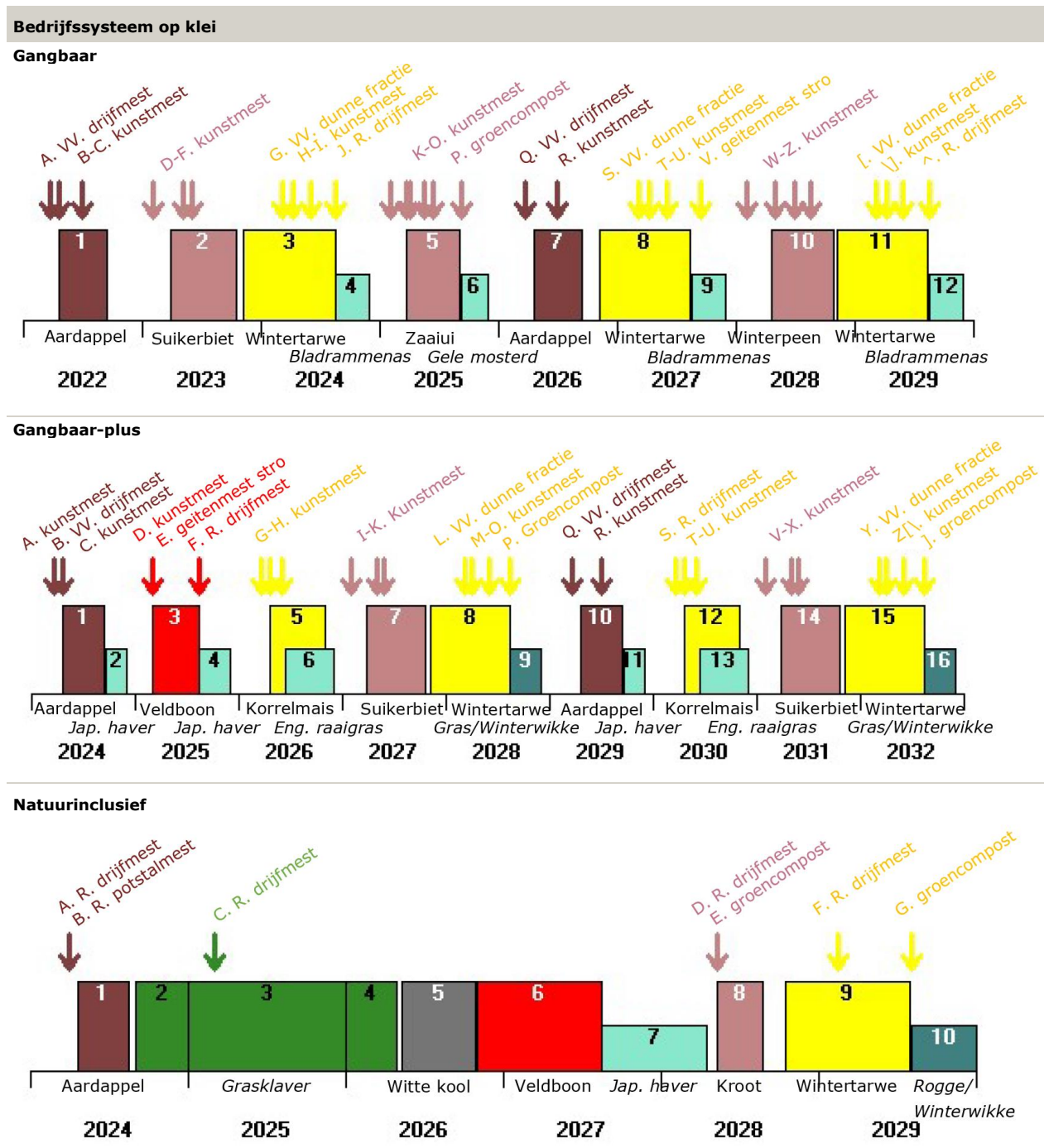
Gangbaar en Gangbaar-plus akkerbouwers gebruiken zo veel mogelijk dierlijke mest, omdat het een goedkope bron van nutriënten is en relatief veel organische stof bevat. Ze gebruiken hiervoor hoofdzakelijk varkensdrijfmest, maar ook wat rundveedrijfmest en storrijke vaste geitenmest. Gangbare akkerbouwers redden het niet geheel op varkensdrijfmest, omdat ze dan te weinig aanvulling van de koolstofvoorraad in de bodem hebben. Ook zetten ze compost in om de organische stof in de bodem of de koolstofvoorraad op peil te houden. Daarnaast maken ze beiden gebruik van dierlijke alternatieven voor kunstmest, zogenaamde circulaire meststoffen.¹⁰ Op *zand* is dat in dit onderzoek mineralenconcentraat en op *klei* de dunne fractie van varkensdrijfmest, die wordt toegepast bij granen. Beide zijn relatief stikstof- en kaliumrijk en relatief fosfaatarm. Mineralenconcentraat bevat zelfs nauwelijks fosfaat, wat gunstig is voor voornamelijk de zandgronden vanwege de vrij hoge fosfaattoestand van de percelen, waarbij een fosfaatgift aan granen niet nodig is.

Onderscheidend voor het Gangbaar-plus bedrijfssysteem is de bij-bemesting (naast de basisbemesting). Met deze vorm van precisiebemesting spelen de akkerbouwers in op de behoeftes van het gewas per groeistadium en meten ze hoeveel stikstof er in de bodem zit. De mestgift wordt daardoor beter afgestemd op wat er vanuit de bodem wordt geleverd en overdosering van stikstof wordt tegengegaan. Ook gebruikt de Gangbaar-plus akkerbouwer gemiddeld minder kunstmest dan de Gangbare akkerbouwer. Dit komt doordat deze akkerbouwer meer vlinderbloemigen in zijn gewasrotatie heeft die stikstof uit de lucht in de bodem binden. Hierbij moet opgemerkt worden dat gewaskeuze uiteindelijk bepalend is voor de hoeveelheid mest die nodig is. Door het bouwplan wat te extensiveren, wordt het mestgebruik dus ook verlaagd.

De Natuurinclusieve akkerbouwer gebruikt geen kunstmest en past enkel nog rundveemest (vaste stromest en drijfmest) en groencompost toe. Runderdrijfmest bevat aanzienlijk meer organische stof dan varkensdrijfmest. De Natuurinclusieve akkerbouwer heeft in het bouwplan rekening gehouden met een goede balans tussen intensieve gewassen (cash crops) en rustgewassen (o.a. grasklaver en granen) (Caporali & Onnis, 1992). Door goed bodembeheer met actief organischestofbeheer is de bodem vruchtbaar, waardoor de nutriëntopname efficiënt is. Deze combinatie zorgt voor een bouwplan met beperkte mestaanvoer. Vooral

¹⁰ Circulaire meststoffen worden – in tegenstelling tot kunstmest – niet gemaakt uit eindige fossiele bronnen, maar uit reststromen die nutriënten en/of organische stof bevatten, inclusief dierlijke mest. Een voorbeeld van een dierlijk alternatief voor kunstmest is mineralenconcentraat. Mineralenconcentraat is een geconcentreerde dunne fractie van gescheiden dierlijke mest. Andere voorbeelden zijn compost en struviet.

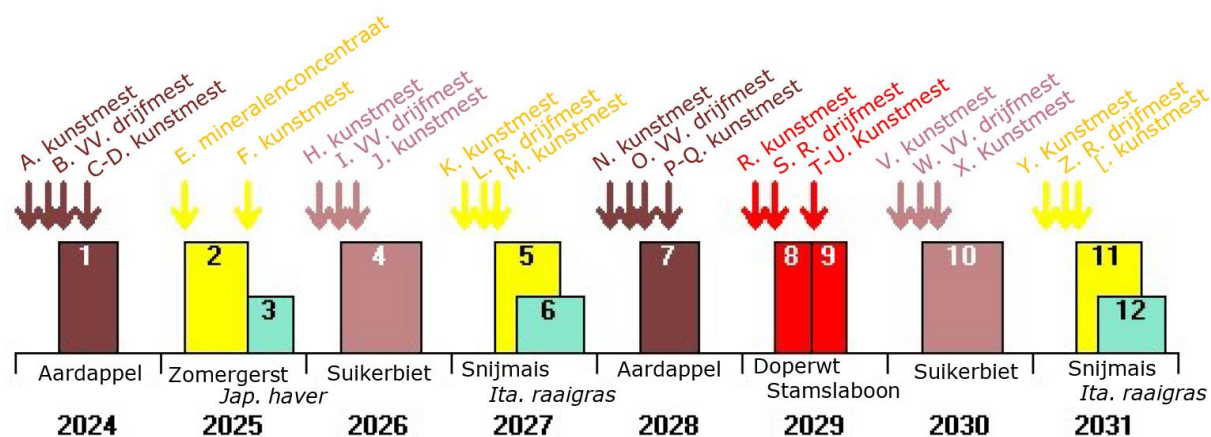
de meerjarige grasklaverteelt laat veel stikstof achter in de bodem waarvan de andere gewassen in de rotatie profiteren (Wit & Toorop, 2016).



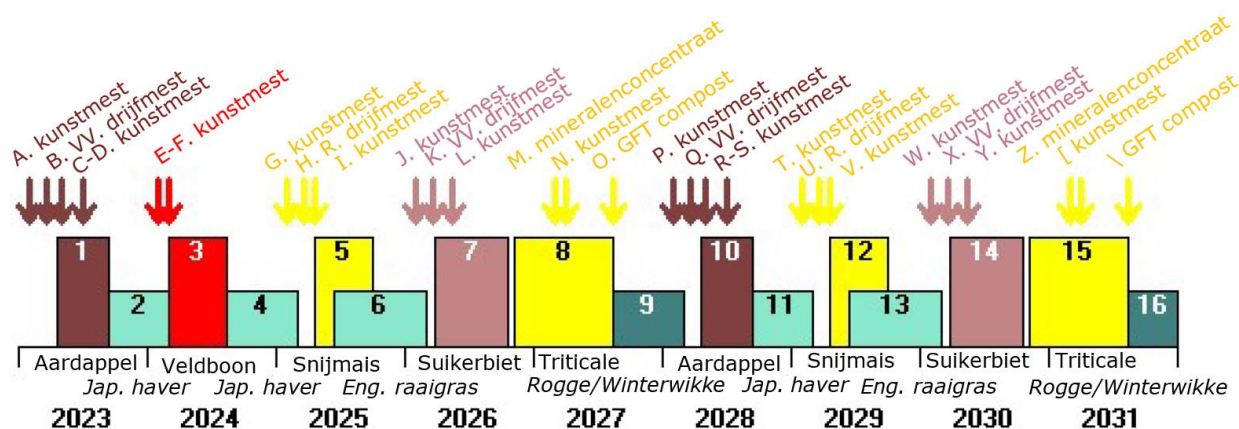
Figuur 4.7a De gewasrotatie met de type mestgiften voor de Gangbare, Gangbaar-plus en Natuurinclusieve bedrijfssystemen in de akkerbouw op kleigronden.

Bedrijfssysteem op zand

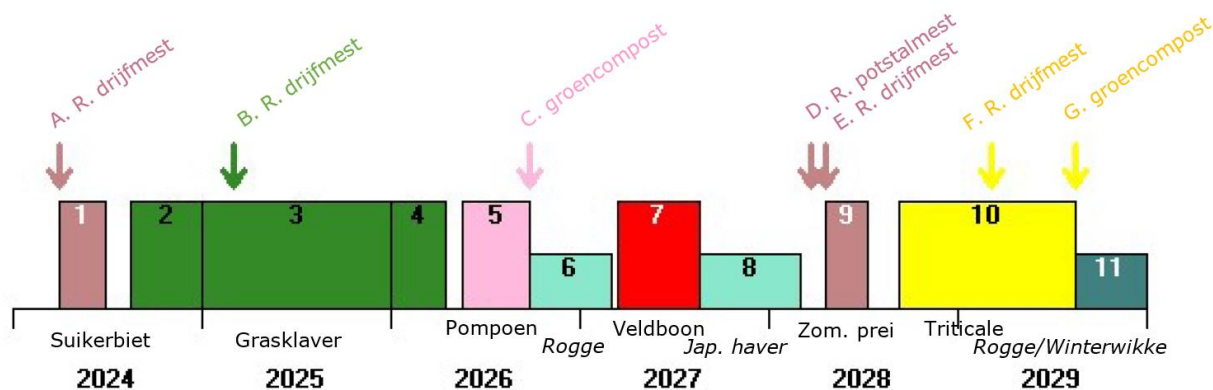
Gangbaar



Gangbaar-plus



Natuurinclusief



Figuur 4.7b De gewasrotatie met de type mestgiften voor de Gangbare, Gangbaar-plus en Natuurinclusieve bedrijfssystemen in de akkerbouw op zandgronden.

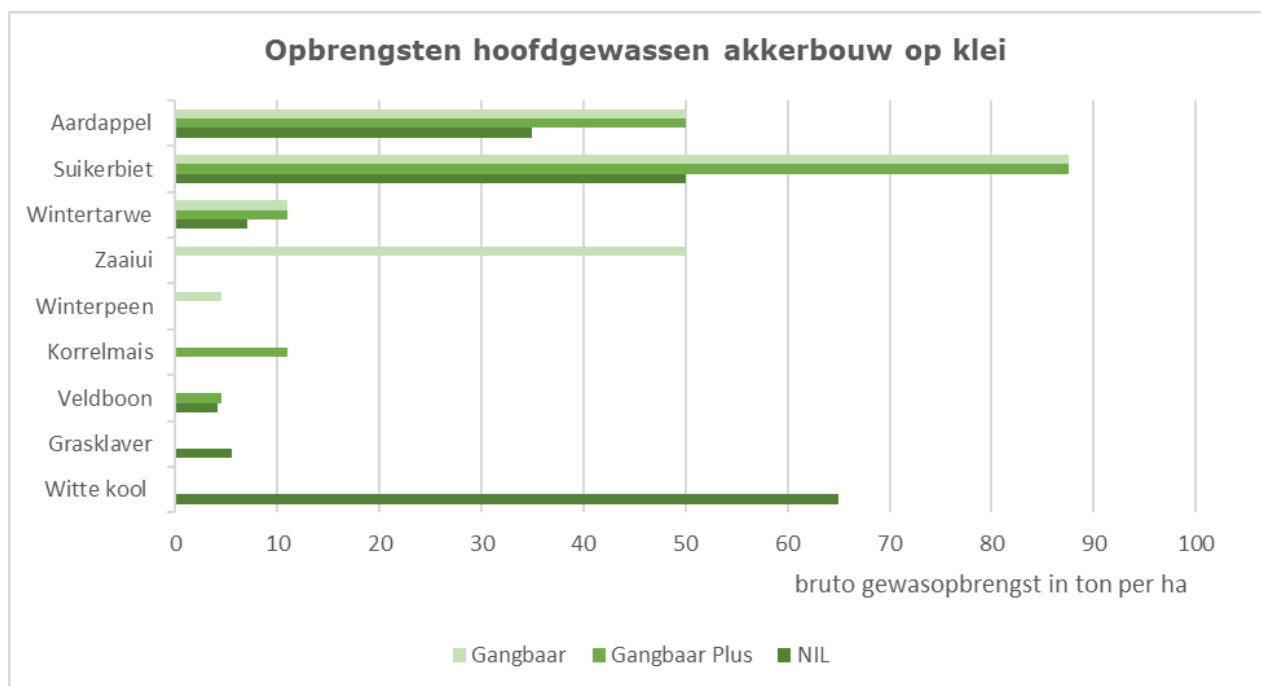
4.2.4 Uitkomsten uitgangspunten en maatregelen

De gewasrotatie en het type bemesting voor de gewassen voor akkerbouw op de twee grondsoorten zijn in model NDICEA ingevoerd. In deze paragraaf wordt een aantal kengetallen genoemd die inzicht geven in het effect op de gewasopbrengsten en de gemiddelde stikstoftoevoer op de gewassen. Deze kengetallen zijn vervolgens de basis geweest voor de input in de modelberekeningen voor de landelijke scenario's (zie hoofdstuk 5).

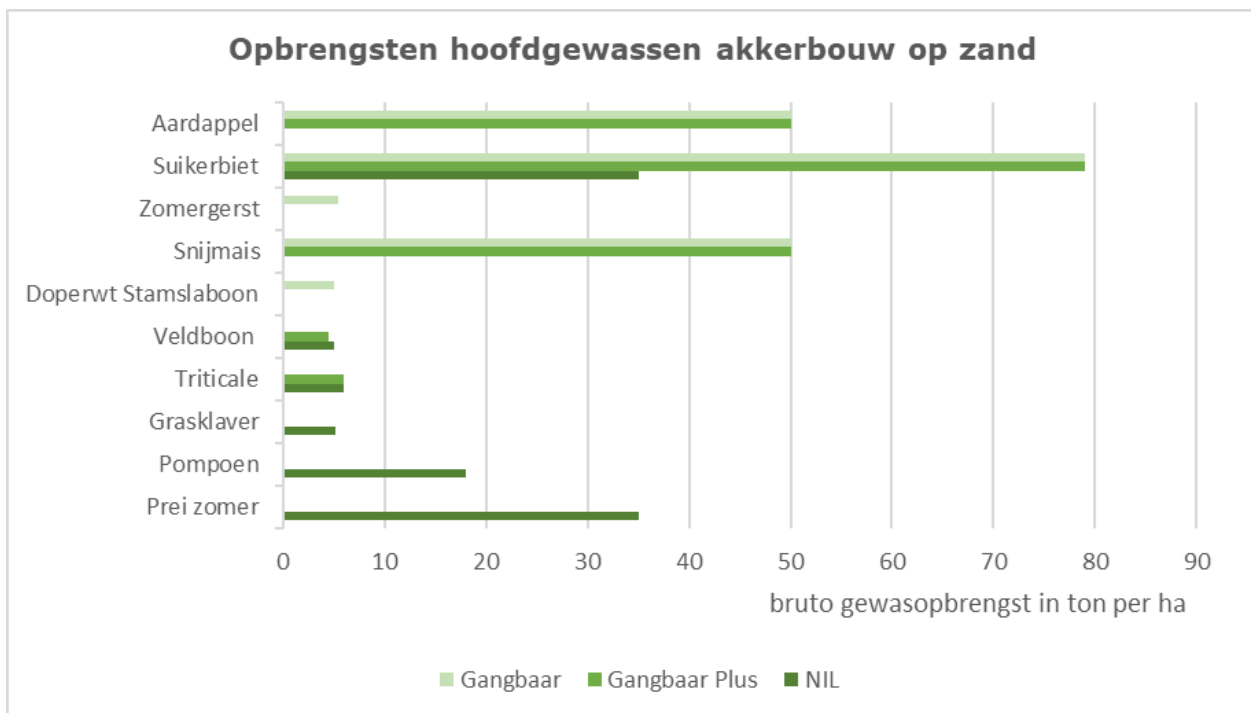
Gewasopbrengsten per hectare

De gewasopbrengsten per hectare per bedrijfssysteem op klei en zand staan weergegeven in respectievelijk figuur 4.8 en 4.9. De opbrengsten komen voort uit de berekeningen van NDICEA. Omdat de gebruikte versie van NDICEA een nog niet geactualiseerde versie was (zie bijlage 1), zijn de opbrengsten aangepast op basis van expert judgement.

Op de kleigronden zijn de opbrengsten per hectare van de hoogrenderende gewassen als aardappel en suikerbiet in Gangbaar-plus gelijk aan de opbrengsten in het gangbare bedrijfssysteem. De opbrengsten per hectare nemen voor deze gewassen 25 tot 40% af in het bedrijfssysteem Natuurinclusief. Witte kool is in Natuurinclusief, naast aardappel en suikerbiet, eveneens een hoogrenderend gewas. Op de zandgronden geldt voor aardappel en suikerbiet een vergelijkbaar patroon als op klei; in Gangbaar-plus is de opbrengst gelijk aan Gangbaar. In het natuurinclusieve scenario halveert de opbrengst per hectare bij suikerbiet. Aardappel wordt niet meer geteeld. Prei en pompoen zijn in dit scenario hoogrenderende gewassen.



Figuur 4.8 De gemiddelde gewasopbrengsten van de hoofdgewassen van de akkerbouwbedrijfssystemen op kleigrond (bron: NDICEA, eigen bewerking o.b.v. expert judgement).



Figuur 4.9 De gemiddelde gewasopbrengsten van de hoofdgewassen van de akkerbouwbedrijfssystemen op zandgrond (bron: NDICEA, eigen bewerking o.b.v. expert judgement).

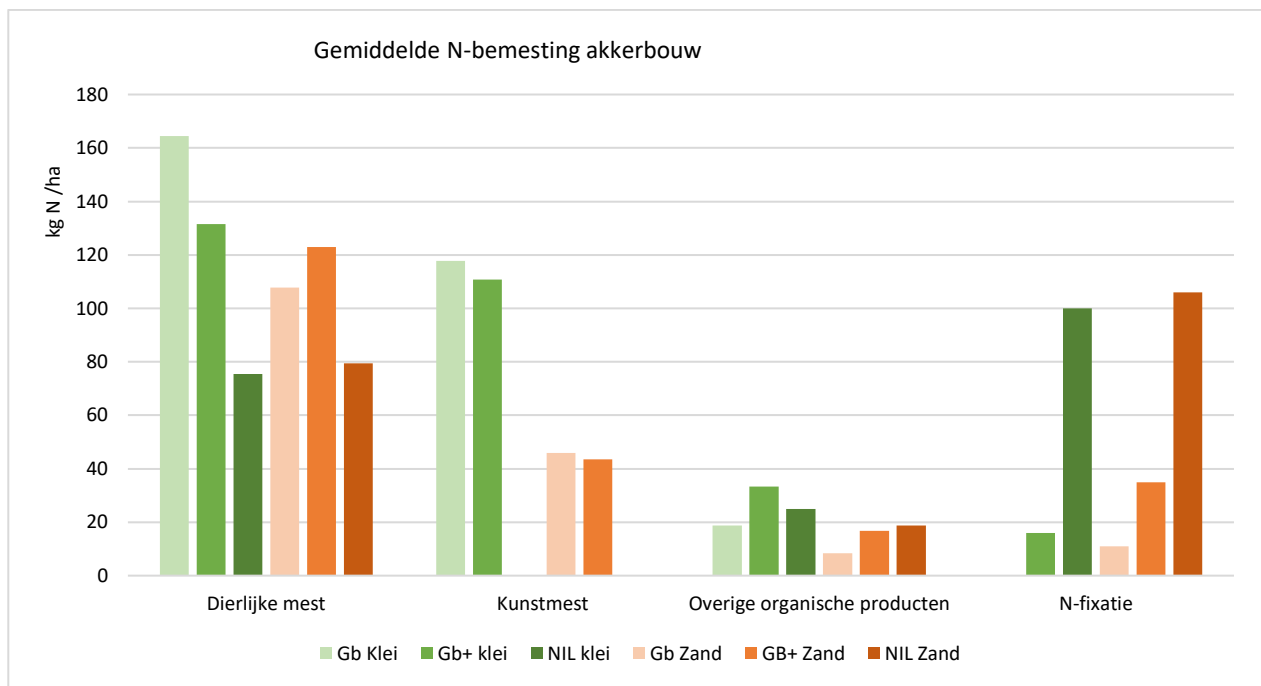
Mestgiften per hectare

In figuur 4.10 wordt de gemiddelde stikstofbemesting per ha¹¹ voor de verschillende bedrijfssystemen op twee grondsoorten weergegeven. Het is de gemiddelde stikstofbemesting of -fixatie per jaar op basis van het bemestingsplan in figuur 4.7a en 4.7b volgens de berekeningen met NDICEA. De bemesting is sterk afhankelijk van de bouwplansamenstelling, de stikstofgebruiksruimte, de fosfaattoestand van de bodem en de mestkeuze. Dat maakt het ingewikkelder om op basis van gemiddelde bemestingsgiften eenduidige verklaringen te geven voor hetgeen in figuur 4.10 staat. De mestgiften bestaan uit dierlijke mest, kunstmest, overige organische producten (o.a. compost) en de natuurlijke stikstoffixatie in klavers. Daarnaast vindt er standaard ook nog stikstoftoevoer plaats via de stikstofdepositie. Deze is niet in de figuur opgenomen en daarvan wordt verondersteld dat deze in alle bedrijfssystemen gelijk is.

Voor de gemiddelde dierlijk mestgift in het gangbare bedrijfssysteem is uitgegaan van een zo groot mogelijk inzet van dierlijke mest. De fosfaatgebruiksnorm is in de akkerbouw vaak het eerst limiterend voor de hoeveelheid mest die men kan aanvoeren. Rekening houdend met de fosfaattoestand op zand (ruim tot hoog) en klei (neutraal) (zie tabel 4.6), betekent dit dat op kleigronden gemiddeld genomen meer dierlijke mest aangewend kan worden dan op zandgronden. Bij Gangbaar-plus is iets meer rundveedrijfmest gebruikt en iets minder varkensdrijfmest dan bij Gangbaar. Rundveedrijfmest heeft een hogere N/P-verhouding dan varkensdrijfmest. Er is daarmee in Gangbaar-plus iets meer ruimte gecreëerd voor de inzet van compost. Verder valt op dat op zand in Gangbaar-plus de dierlijke mestgift hoger is dan in het gangbare bedrijfssysteem. In het natuurinclusieve bedrijfssysteem neemt de dierlijke bemesting sterk af en neemt de stikstoffixatie als gevolg van klavers en groenbemesters sterk toe ten opzichte van Gangbaar-plus.

De stikstofkunstmestgiften zijn in Gangbaar en Gangbaar-plus gebaseerd op het opvullen van de resterende stikstofgebruiksnormen. In Natuurinclusief wordt geen kunstmest meer toegepast.

¹¹ Dit is een gemiddelde bemesting over het gehele bedrijfsareaal. Vanwege het bouwplan en de gewasrotatie zal de bemesting per jaar en per gewas verschillen.



Figuur 4.10 Gemiddelde stikstof bemesting per ha per bedrijfssysteem per grondsoort (uitkomst BBPR-berekening).

5 Ruimtelijke scenario's natuurinclusieve melkveehouderij en akkerbouw

In dit hoofdstuk worden de natuurinclusieve bedrijfssystemen in de akkerbouw en melkveehouderij in verschillende ruimtelijke scenario's op landelijk niveau doorgerekend op de milieueffecten voor de thema's stikstof, waterkwaliteit en klimaat. De kengetallen (m.n. de bemesting en het aantal dieren) uit de bedrijfsmodellen zijn daarvoor vertaald naar het landelijke model INITIATOR (landbouwemissies). Deze werkwijze wordt in bijlage 5 beschreven. In paragraaf 5.1 worden deze ruimtelijke scenario's beschreven, waarna in paragraaf 5.2 de consequenties van de ruimtelijke scenario's worden gegeven voor de dieraantallen en voor bemesting. In paragraaf 5.3 worden ten slotte de resultaten van de doorrekening weergegeven. In bijlage 6 staan de resultaten uitgesplitst naar provincies.

Op basis van de huidige configuratie van de landbouwbedrijven en het agrarische grondgebruik worden de bedrijfssystemen en bijbehorende maatregelen geïmplementeerd in INITIATOR. Daarvoor worden uitkomsten voor bemestingsniveaus en veebezetting volgens de BBPR- en NDICEA-berekeningen gebruikt als input in de ruimtelijke scenario's. Om te voorkomen dat de ruimtelijke scenario's en het referentiescenario waarmee de uitkomsten vergeleken worden op verschillende uitgangspunten gebaseerd zijn, worden de uitkomsten uit BBPR- en NDICEA-berekeningen ook toegepast in het referentiescenario. Daarmee wijkt het referentiescenario voor de huidige situatie basisjaar 2020 af van de gebruikelijke INITIATOR-resultaten voor basisjaar 2020.¹²

5.1 Uitwerking ruimtelijke scenario's

Voor de ruimtelijke scenario's is in deze studie uitgegaan van combinaties van de verschillende niveaus in natuurinclusieve bedrijfssystemen, in combinatie met een ruimtelijke differentiatie naar verschillende gebieden in Nederland. In figuur 5.1 worden de scenario's met de verschillende combinaties weergegeven.

	Scenario's						
	0. Ref	1. Gb/Gb+	2. Gb/NIL+	3. Gb+	4. Gb+/NIL	5. NIL	6. NIL/NIL+
Rest van NL (75%)	Gangbaar	Gangbaar	Gangbaar	Gangbaar Plus	Gangbaar Plus	Natuur-inclusief	Natuur-inclusief
Aandachtsgebieden (25%)	Gangbaar	Gangbaar Plus	Natuur-inclusief Plus	Gangbaar Plus	Natuur-inclusief	Natuur-inclusief	Natuur-inclusief Plus
			gematigde aanpassing		grote aanpassing		zeer grote aanpassing

Figuur 5.1 De doorgerekende scenario's: combinaties van bedrijfssystemen en aandachtsgebieden voor de akkerbouw en melkveehouderij. De overige landbouwsectoren blijven gelijk aan de referentiesituatie.

Er zijn zes ruimtelijke scenario's doorgerekend en één referentiesituatie (zie figuur 5.2). De referentiesituatie is gebaseerd op de toepassing van de gangbare bedrijfssystemen voor de situatie in peiljaar 2020. Dat wil zeggen dat voor alle melkvee- en akkerbouwbedrijven in peiljaar 2020 de kengetallen voor de dieraantallen en bemesting volgens het gangbare bedrijfssysteem, zoals gehanteerd in de bedrijfsmodellen BBPR en NDICEA, zijn gebruikt.

¹² De bedrijfsmodellen gaan uit van een standaardbedrijf waarvan de bedrijfskenmerken een soort Nederlands gemiddelde zijn. INITIATOR gaat uit van de specifieke bedrijfskenmerken op basis van de CBS Landbouwtelling.

De ruimtelijke scenario's worden doorgerekend met het model INITIATOR. De uitvoer van de bedrijfsmodellen BBPR en NDCEA is vervolgens gekoppeld aan de invoer van het model. Hierbij wordt in grote lijnen als volgt te werk gegaan:

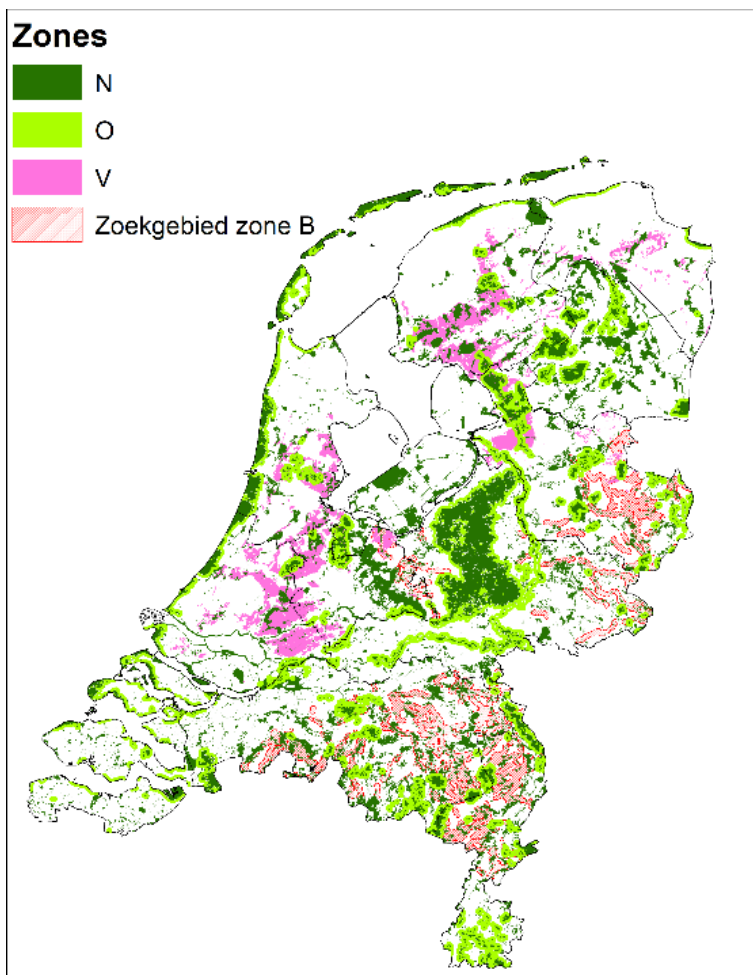
- Als referentiejaar is gekozen voor 2020. Uitgaande van de landbouwstructuur in 2020 op basis de Landbouwstatistiek zijn de gewasarealen, dieraantallen, excretiefactoren, mestgiften via dierlijke mest en kunstmest, stikstoffixatie, mesttoedieningstechniek en gewasrotatie aangepast volgens de gemodelleerde bedrijfssystemen (zie hoofdstuk 4).
- Voor melkveebedrijven zijn de aanpassingen toegepast op alle bedrijven die volgens de Nederlandse Standaardopbrengst systematiek (NSO; Wisman en Roskam, 2023) aangeduid zijn als melkveebedrijven (NSO=4500). Voor deze bedrijven is per scenario op basis van de BBPR-uitvoer de volgende modelinvoer aangepast: dieraantallen van melk- en zoogkoeien (afgeleid van aantal GVE per ha), beweidingsgraad, aandeel grasland, excretie, dierlijke mestgift, kunstmest gift en stikstoffixatie.
- Voor Akkerbouwbedrijven zijn alle bedrijven met het NSO-hoofdbedrijfstype akkerbouw geselecteerd (NSO=1), inclusief het bedrijfstype Gewascombinatie (NSO=6100). Daarnaast is als aanvullende eis gesteld dat de bedrijven meer dan 10 ha bouwland moeten bevatten en een dierlijke mestproductie van minder dan 500 kg N per bedrijf (uitsluit van 'gemengde bedrijven'). Voor deze bedrijven is per scenario op basis van de NDCEA-uitvoer de volgende modelinvoer aangepast: de dierlijke en kunstmestgiften van stikstof en fosfaat, de N-fixatie en de opname van stikstof en fosfaat door het gewas. Omdat in INITIATOR niet gerekend wordt met gewasrotaties (model rekent namelijk voor 1 jaar) is per scenario het gemiddelde van de onderliggende rotaties als invoer gebruikt.
- Voor de Overige bedrijven, de resterende bedrijven, bedrijven die niet onder de geselecteerde melkvee- en akkerbouwbedrijven vallen, hebben we de bedrijfsvoering, dieraantallen en arealen gelijk gehouden aan de situatie in 2020. Voor deze bedrijven blijven de emissies voor alle scenario's gelijk.

In bijlage 5 (Implementatie natuurinclusieve bedrijfssystemen in INITIATOR) is de gehanteerde werkwijze uitgebreider beschreven.

De opbouw van de scenario's is zo opgesteld dat de mate van natuurinclusieve landbouw op nationaal niveau steeds groter wordt. Scenario's 1 en 2 zijn meer de gematigde scenario's waar in Nederland alleen in de aandachtsgebieden natuurinclusieve bedrijfssystemen worden toegepast. In scenario 3 en 4 wordt in heel Nederland minimaal een Gangbaar-plus bedrijfssysteem toegepast, met in scenario 4 in de aandachtsgebieden het Natuurinclusieve bedrijfssysteem. In scenario 5 en 6 wordt in heel Nederland het Natuurinclusief bedrijfssysteem toegepast; in scenario 6 in de aandachtsgebieden het Natuurinclusief-plus bedrijfssysteem voor de melkveehouderij.

In de zes ruimtelijke scenario's worden de verschillende natuurinclusieve bedrijfssystemen in de akkerbouw en melkveehouderij toegepast zowel in als buiten de aandachtsgebieden. Voor de indeling in gebieden is gebruikgemaakt van de aandachtsgebieden, zoals deze ook in Gies et al. (2023) zijn gehanteerd, welke zijn gebaseerd op de structurerende keuze uit de Startnotitie NPLG.¹³ Het betreft de natuurgebieden, de overgangsgebieden (1 km rondom stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden), de veenweidegebieden en de beekdalen op de zandgronden met een KRW-opgave (zie tabel 5.1). Het betreft ongeveer een kwart van het totale areaal landbouwgrond in Nederland. Tabel 5.2 laat zien dat met name melkveehouderij in de aandachtsgebieden relatief veel landbouwareaal in gebruik heeft. Het areaal akkerbouw is zowel absoluut als relatief klein ten opzichte van het totaalareaal akkerbouw in Nederland.

¹³ <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/omgevingswet/documenten/rapporten/2022/06/10/startnotitie-nplg-10-juni-2022>.



Figuur 5.2 Kaart met de ligging van aandachtsgebieden die in deze studie worden gehanteerd. N: Natura 2000 en Natuurnetwerk Nederland, O: overgangszone van 1 km rondom stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden, V: veenweidegebieden, Zoekgebied zone B: zoekgebieden voor brede zones in beekdalen waar sprake is van een KRW-opgave. Bron: Gies et al. (2023).

Tabel 5.1 Oppervlakte landbouwgrond in melkveehouderij en akkerbouw per grondsoort in heel Nederland en in specifiek de aandachtsgebieden.

Grondsoort ¹⁾	Areaal totaal (* 1000 ha)			M Areaal aandachtsgebied (* 1000 ha) ²⁾			% aandachtsgebied		
	Melkvee	Akkerbouw	Overige	Melkvee	Akkerbouw	Overige	Melkvee	Akkerbouw	Overige
Zand	373	124	292	47	2	31	13%	1%	11%
Klei	320	293	195	39	4	22	12%	1%	11%
Veen	127	8,1	36	78	0,1	17	61%	1%	46%
Löss	7,1	8,9	9,8	3,4	1,2	3,7	48%	14%	38%
Overig	3,5	1,5	3,0	0,9	0,0	0,5	24%	2%	18%

1) De grondsoort is bepaald op basis van de dominantie grondsoort van het betreffende bedrijf. De grondsoort is bepaald op basis van informatie uit de Gecombineerde Opgave 2020, in combinatie met de grondsoortenkaart uit de Meststoffenwet. Het gaat hierbij dus alleen om het 'getelde' landbouwareaal in 2020.

2) Het toekennen van een bedrijf aan een zone gebeurt op basis van de ligging van de hoofdlocatie: wanneer de hoofdlocatie van het bedrijf binnen een van de aandachtsgebieden valt, wordt hiervoor met het gehele bedrijf gerekend.

5.2 Consequenties voor de omvang veestapel, bemesting en mestbalans

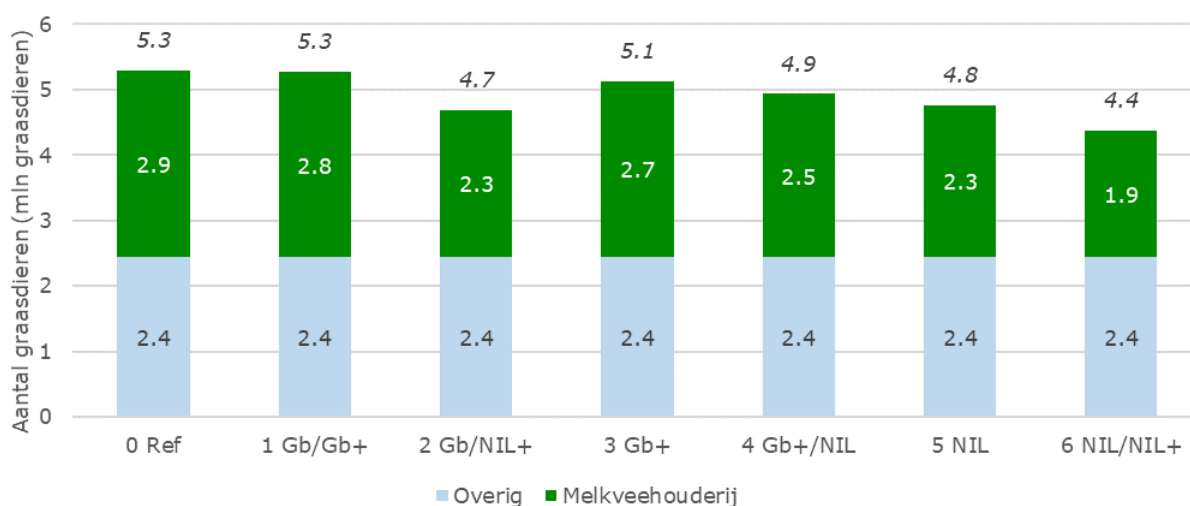
Door op verschillende manieren de natuurinclusieve bedrijfssystemen ruimtelijk toe te passen, verandert de omvang van de melkveestapel en de mate van bemesting per scenario. Deze consequenties werken door in de milieueffecten van de scenario's. Daarom wordt in deze paragraaf inzicht gegeven in de consequenties van de uitwerking van de scenario's met betrekking tot de veestapel, het landbouwareaal en de mestaanwending.

Veestapel

De veestapel verandert in de natuurinclusieve melkveebedrijfssystemen, omdat in deze studie is aangenomen dat de veebezetting (GVE/ha) afneemt. Omdat ervan uitgegaan wordt dat het huidige areaal dat nu in de melkveehouderij gebruikt wordt niet toeneemt, betekent dit dat het totaal aantal dieren in de melkveehouderij afneemt. Fout! Verwijzingsbron niet gevonden. 5.3 laat het aantal graasdieren in het referentiejaar en de scenario's zien. Het aantal graasdieren in de melkveehouderij wisselt per scenario. In de overige bedrijfstypen, waar ook nog relatief veel graasdieren voorkomen (2,4 miljoen dieren), blijft het aantal dieren gelijk, omdat voor deze bedrijfstypen geen natuurinclusieve maatregelen gemodelleerd zijn.

De omschakeling van Gangbaar naar Gangbaar-plus heeft beperkte gevolgen voor de veestapel: het aantal graasdieren op melkveehouderijen in scenario 1 en 3 neemt met respectievelijk 1% en 5% af. Bij overal Natuurinclusief in Nederland (scenario 5) met een veedichtheid van 2 GVE/ha is de afname in het aantal dieren in de melkveehouderij veel groter (21% afname). In scenario's waar Natuurinclusief-plus (1,5-1,7 GVE/ha) toegepast is in de aandachtsgebieden (scenario 2 en 6) vindt eveneens een relatief grote daling van het aantal dieren in de melkveehouderij plaats van respectievelijk 21% en 32%.

Als de onderlinge scenario's met elkaar vergeleken worden, dan volgt dat de verdere afname tussen enkel Gangbaar-plus in de aandachtsgebieden (scenario 1) en in heel Nederland Gangbaar-plus (scenario 3) 4 procentpunten is (ten opzichte van de referentie). De verdere afname tussen overal Gangbaar-plus (scenario 3) en overal Natuurinclusief (scenario 5) is 16 procentpunten, terwijl de verdere afname tussen overal Natuurinclusief (scenario 5) en overal Natuurinclusief met Natuurinclusief-plus in de aandachtsgebieden (scenario 6) 11 procentpunten is.

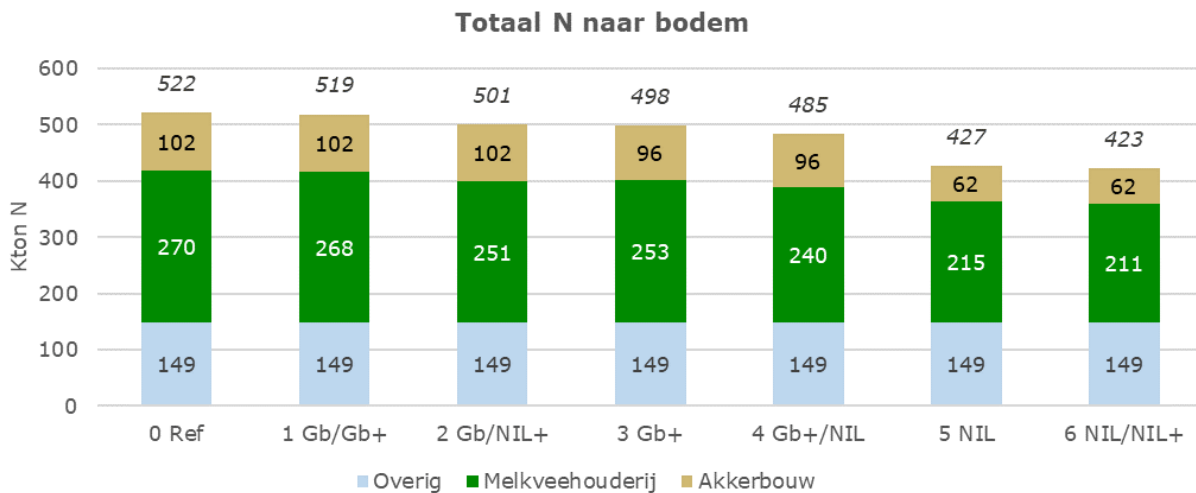


Figuur 5.3 Aantal graasdieren scenario's op melkveehouderijbedrijven, in miljoenen aantallen, voor het referentiescenario en de overige scenario's.

Bemesting

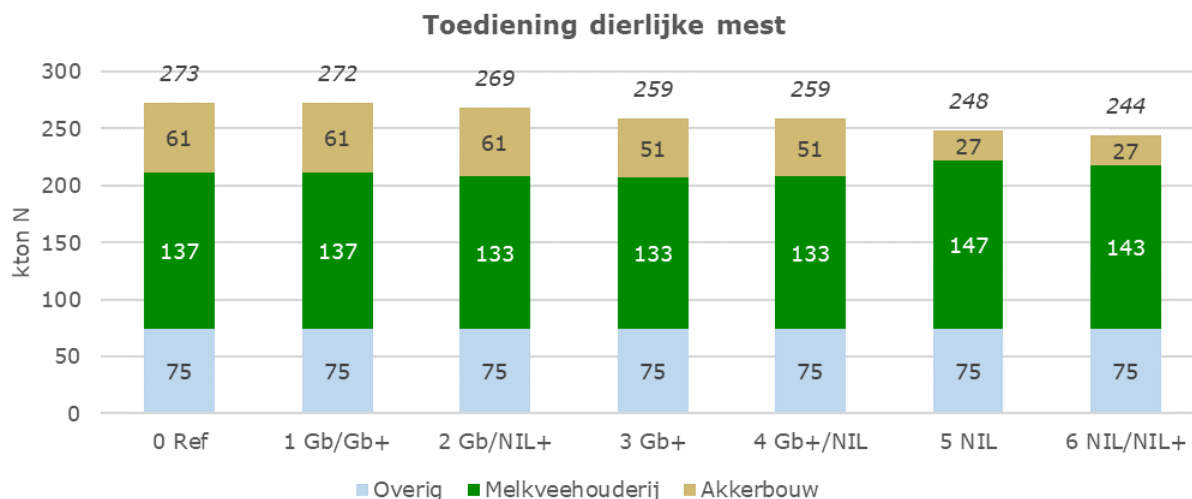
De implementatie van de natuurinclusieve bedrijfssystemen heeft gevolgen voor de inbreng van nutriënten in de bodem. In figuur 5.4 is de totale stikstofbemesting weergegeven in de melkveehouderij, akkerbouw en overige sectoren in de doorgerekende scenario's. De drie relevantste invoerstromen van stikstof zijn via dierlijke mest, kunstmest en stikstofbinding. Overige stikstofposten, zoals depositie en mineralisatie, zijn relatief klein en zijn in deze tabel buiten beschouwing gelaten, maar worden wel meegenomen in het model INITIATOR.

Figuur 5.4 laat zien dat de totale bemesting op de Nederlandse landbouwgronden in de verschillende scenario's iets afneemt, van 522 kton N in het referentiescenario tot 423 kton N in het volledig natuurinclusieve scenario (scenario 6, 19% reductie). De stikstofbemesting op de percelen buiten de akkerbouw en melkveehouderij blijft in de scenario's gelijk (149 kton N). In de melkveehouderij vindt er een maximale reductie plaats van 22%, in de akkerbouw is de reductie maximaal 39%.

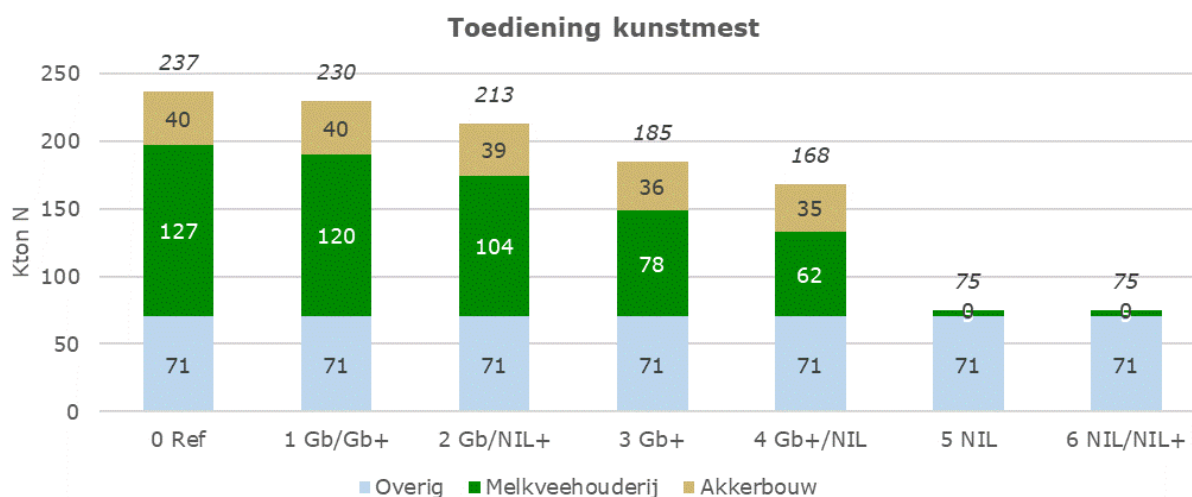


Figuur 5.4 Totale toevoer van stikstof (via dierlijke mest, kunstmest en stikstofbinding) naar de bodem in de melkveehouderij, akkerbouw en overige sectoren in Nederland voor het referentiescenario en de overige scenario's.

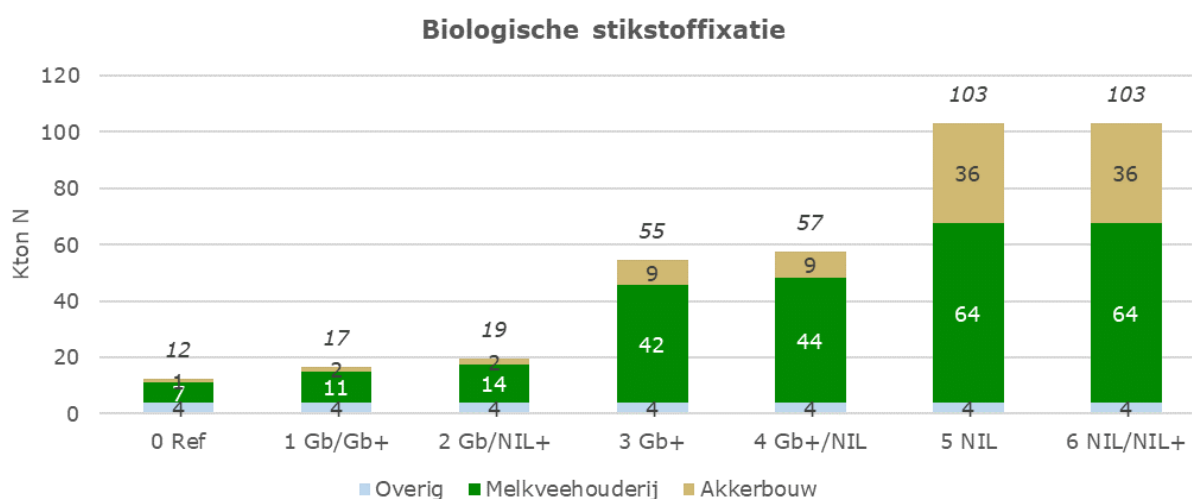
De verdeling tussen de bronnen van deze stikstofbemesting verschilt per scenario. Figuren 5.5 t/m 5.7 laten respectievelijk de afzonderlijke invoerstromen van stikstof via dierlijke mest, kunstmest en stikstofbinding zien. Stikstoftoevoer uit dierlijke mestgift blijft in de melkveehouderij nagenoeg constant tot een lichte stijging (vanwege meer weidegang en meer stikstof in de mest door meer gebruik van grasklaver en minder gebruik van krachtvoer) in de volledige natuurinclusieve scenario's (scenario 5 en scenario 6), terwijl in deze scenario's in de akkerbouw de bemesting met dierlijke mest bijna halveert. Het kunstmestgebruik neemt af naarmate de scenario's natuurinclusiever worden, terwijl de stikstofvastlegging via klavers en stikstofbinders toeneemt. De toename van de dierlijke mestgift in de melkveehouderij bij de volledige natuurinclusieve scenario's (scenario 5 en 6) is het gevolg van de hogere N-excretie per dier en dus ook een hoger N-gehalte in de toegediende mest als gevolg van de toename van het aandeel grasklaver in het rantsoen (bij de scenario's met Gangbaar-plus bedrijfssystemen is het rantsoen gebaseerd op een groter aandeel maïs en krachtvoer, wat tot lagere N-excreties per dier leidt).



Figuur 5.5 Toevoer van stikstof uit dierlijke mest naar de bodem in de melkveehouderij, akkerbouw en overige sectoren in Nederland voor het referentiescenario en de overige scenario's.



Figuur 5.6 Toevoer van stikstof uit kunstmest naar de bodem in de melkveehouderij, akkerbouw en overige sectoren in Nederland voor het referentiescenario en de overige scenario's.



Figuur 5.7 Biologische stikstoffixatie in de melkveehouderij, akkerbouw en overige sectoren in Nederland voor het referentiescenario en de overige scenario's.

Effecten op de mestbalans

Om inzicht te geven in de effecten van de doorgerekende scenario's op de nationale balans is in tabel 5.2 een overzicht gegeven van de mestbalans per bedrijfstype. Het betreft de berekende geproduceerde hoeveelheid mest, de berekende benodigde mest voor het bemesten van de gewassen binnen de dierlijke bemestingsnormen, hetgeen wat op eigen bedrijf afgezet kan worden en het overschot dat binnen eigen bedrijfstype of andere bedrijfstypen afgezet dient te worden. Verder staat de aanvoer van kunstmest ook in deze tabel aangegeven.

Resultaten in tabel 5.2 laten zien dat het overschot aan N per scenario afneemt van 186 kton N bij scenario 1 (Gb/Gb+) tot 127 kton N bij scenario 2 (Gb/NIL+) en 129 kton N bij scenario 6 (NIL/NIL+). Dat betekent dat er bij de doorgerekende scenario's altijd sprake blijft van een mestoverschot op nationale schaal. Dit overschot wordt echter volledig bepaald door de sector 'overig', die we ongewijzigd laten. Wanneer we alleen kijken naar de sectoren melkveehouderij en akkerbouw dan blijkt de geproduceerde hoeveel N in dierlijke mest meer in balans. Het grootste overschot ontstaat bij scenario 1 ($122-63=59$ kton N) en het laagste bij scenario 2 ($63-62=1$ kton N). Dus voor alle scenario's blijkt dat het overschot van de melkveehouderij (meer) dan voldoende is om aan de vraag van de akkerbouw te voldoen.

Tabel 5.2 Mestbalans voor stikstof voor dierlijke mest en kunstmest per scenario. Gegeven is de totale dierlijke mestproductie, de benodigde hoeveelheid dierlijke mest en kunstmest op basis van BBPR- en NDCEA-resultaten, de afzet van bedrijfseigen mest en het overschot aan dierlijke mest (< 0 = tekort; > 0 = overschot) in kton N.

Scenario	Sector	Dierlijke mestproductie			Kunstmest	
		Productie	Benodigd	Afzet mest op eigen bedrijf	Overschot	
		kton N	kton N	kton N	kton N	kton N
0 Ref						
	Melkveehouderij	266	137	131	129	127
	Akkerbouw	1	64	0	-63	41
	Overig	202	75	35	127	71
	Totaal	469	276	166	193	238
1 Gb/Gb+						
	Melkveehouderij	259	137	130	122	120
	Akkerbouw	1	64	0	-63	41
	Overig	202	75	35	127	71
	Totaal	462	276	166	186	232
2 Gb/NIL+						
	Melkveehouderij	197	134	131	63	104
	Akkerbouw	1	63	0	-62	41
	Overig	202	75	35	127	70
	Totaal	399	272	166	127	215
3 Gb+						
	Melkveehouderij	231	134	130	97	78
	Akkerbouw	1	54	0	-53	37
	Overig	202	75	35	127	71
	Totaal	434	262	165	172	186
4 Gb+/NIL						
	Melkveehouderij	212	134	130	78	62
	Akkerbouw	1	53	0	-52	37
	Overig	202	75	35	127	71
	Totaal	415	262	165	153	170
5 NIL						
	Melkveehouderij	218	148	131	70	5
	Akkerbouw	1	30	0	-29	0
	Overig	202	75	35	127	70
	Totaal	420	253	166	168	75
6 NIL/NIL+						
	Melkveehouderij	174	144	131	31	5
	Akkerbouw	1	30	0	-29	0
	Overig	202	75	35	127	70
	Totaal	377	248	166	129	75

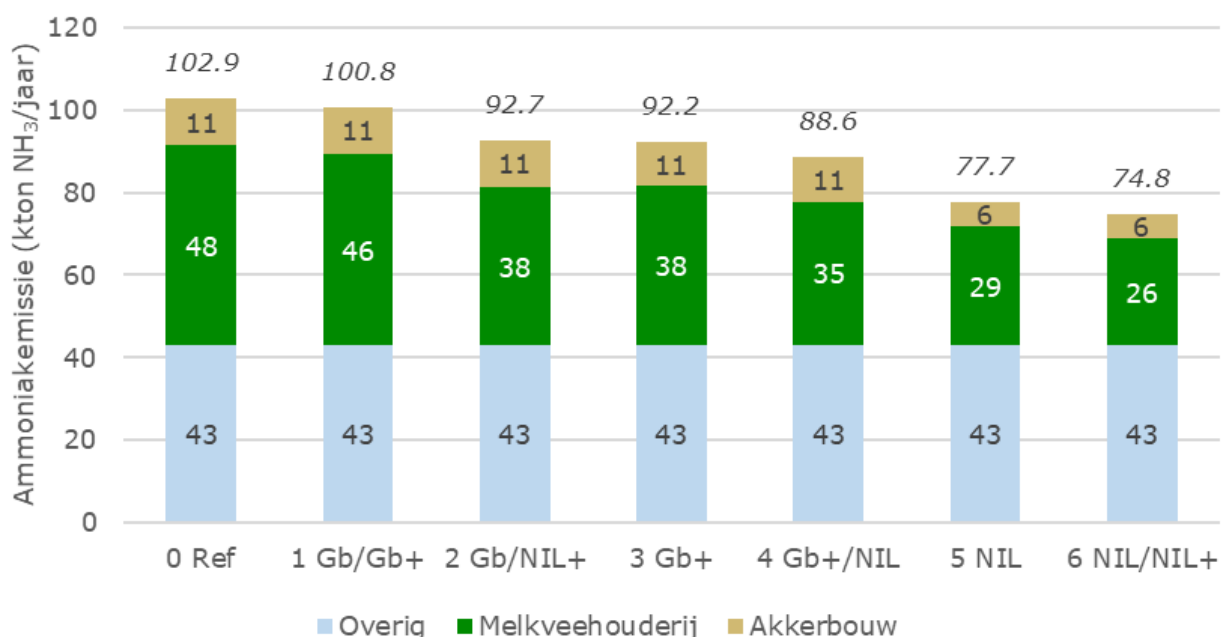
5.3 Effecten op het milieu

5.3.1 Ammoniakemissie en stikstofdepositie

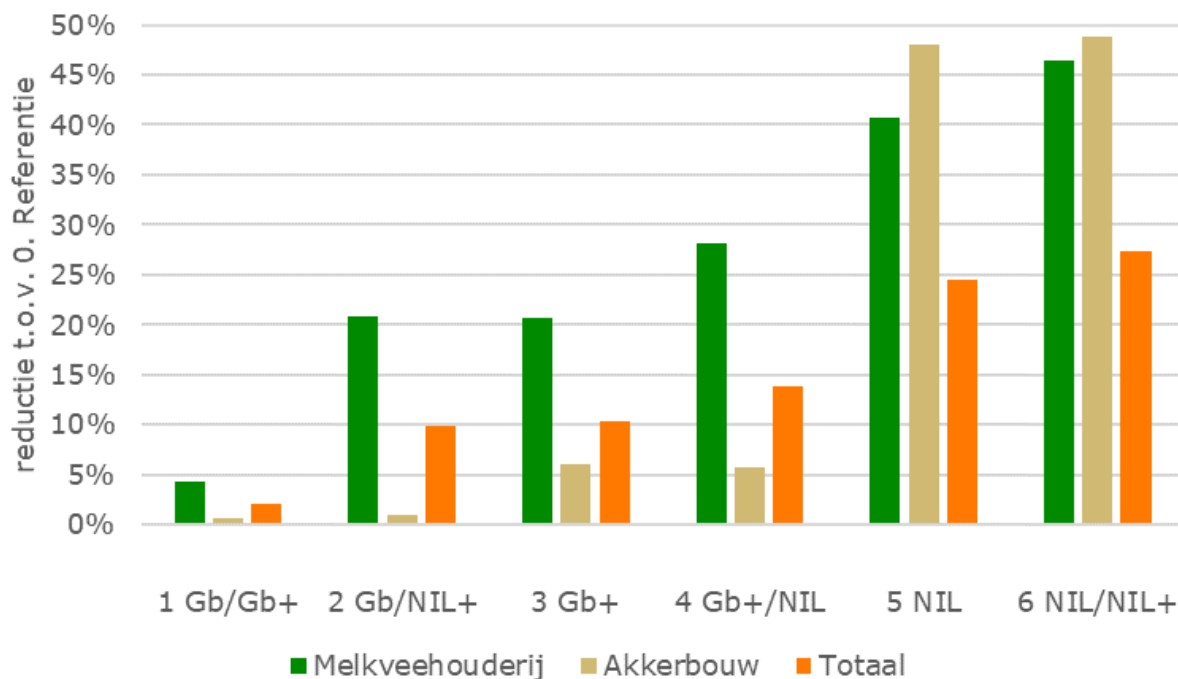
Figuur 5.8 geeft de landelijke ammoniakemissie vanuit de landbouw weer in de zeven doorgerekende scenario's. De ammoniakemissie in het referentiescenario ligt 4% lager dan de actuele ammoniakemissie in het jaar 2020 die met het model NEMA is berekend op 107,0 kton NH₃ (Van Bruggen, 2023). Dit verschil komt voornamelijk doordat in het referentiescenario wordt uitgegaan van een basisbedrijf op alle melkvee- en akkerbouwbedrijven zonder derogatie. Hierdoor wordt er minder mest toegediend en is de ammoniakemissie dus iets lager. In de melkveehouderij bedraagt in de referentie de ammoniakemissie 48 kton NH₃ als gevolg van stal- en veldemissies. De ammoniakemissie in de akkerbouw bestaat alleen uit veldemissies en bedraagt in de referentie 11 kton NH₃. De ammoniakemissie vanuit de overige sectoren bedraagt 43 kton NH₃ en blijft onveranderd in alle scenario's.

De volledige implementatie van natuurinclusieve bedrijfssystemen Natuurinclusief en Natuurinclusief-plus in geheel Nederland geeft de grootste ammoniakemissiereductie. In de melkveehouderij is daarmee een reductie van 40 tot 45% (19-23 kton NH₃) ten opzichte van de huidige situatie haalbaar. Voor de akkerbouw is ook ca. 45 tot 50% reductie (5 kton NH₃) haalbaar (zie figuur 5.8 en figuur 5.9). De restemissie in dit scenario blijft nog wel boven het indicatieve restemissiedoel van 63 kton NH₃, maar in de scenario's wordt voor een deel van de landbouwemissies (m.n. van de varkens- en pluimveehouderij) geen maatregelen genomen worden.

In de scenario's met een gematigde inpassing van de natuurinclusieve melkveehouderij en akkerbouw is alleen een reductie in de melkveehouderij zichtbaar, die schommelt rondom een reductiepercentage van ca. 20 tot 25% (ca. 10-13 kton NH₃). In de akkerbouw is de reductie in deze scenario's zeer gering (max 5%, zie figuur 5.9).



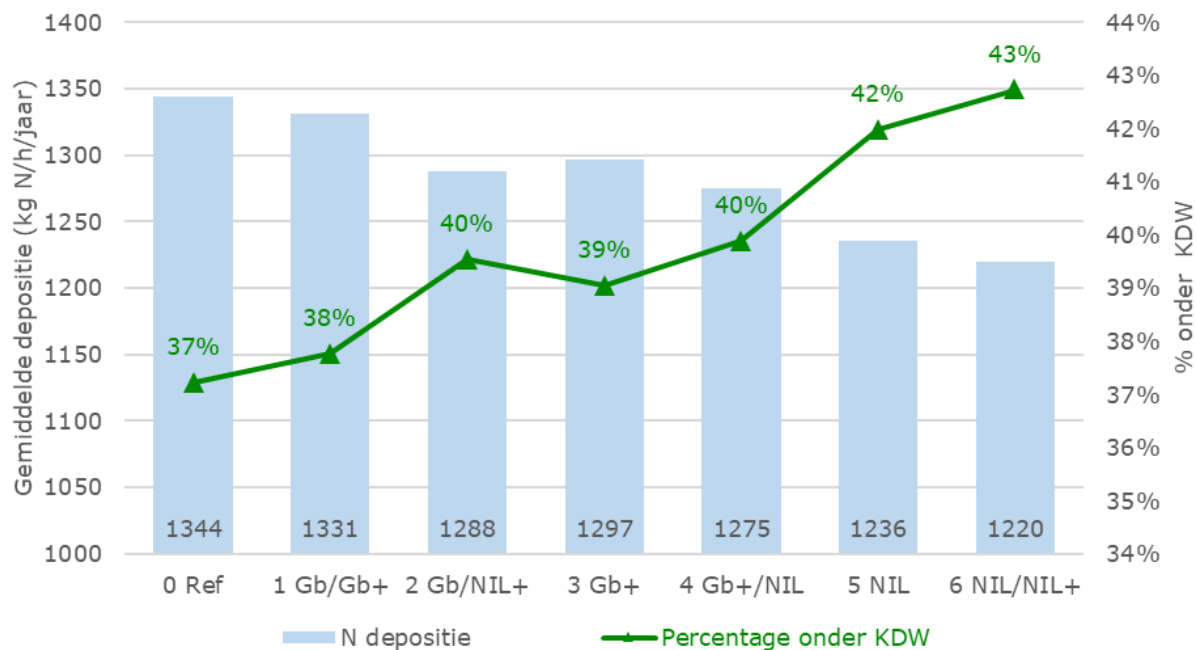
Figuur 5.8 Ammoniakemissie in de akkerbouw, melkveehouderij en overige landbouwsectoren in de verschillende scenario's en de referentie in 2020.



Figuur 5.9 Reducties in ammoniakemissies in de akkerbouw en melkveehouderij in de verschillende scenario's ten opzichte van de referentie 2020.

De reductie in ammoniakemissie resulteert eveneens in een daling van de stikstofdepositie op de stikstofgevoelige habitat- en leefgebieden in de Nederlandse Natura 2000-gebieden. Let wel: voor de overige landbouwsectoren, andere sectoren en buitenland, die ook bijdragen aan de stikstofdepositie, zijn mogelijke reducties niet meegenomen. Figuur 5.10 laat zien dat de gemiddelde depositie afneemt van gemiddeld 1344 mol N/ha/jr. in het referentiejaar naar maximaal 1220 mol N/ha/jr. in het meest natuurinclusieve scenario. Het effect van een vergaande natuurinclusieve landbouw in de aandachtsgebieden in bijvoorbeeld scenario 2 (Gb/NIL+), die veelal rondom de stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden liggen, geeft ook een groter effect op de depositie dan in scenario 3 (Gb+) waar geen onderscheid gemaakt is naar aandachtsgebieden en overall in Nederland, terwijl deze in emissiereductie (zie figuur 5.8 en 5.9) een gelijk effect geeft als in scenario 2.

Het areaal stikstofgevoelige natuur onder de kritische depositiewaarde neemt toe van 37% in de referentie tot 43% in het meest natuurinclusieve scenario (scenario 6). Het landelijke doel is om in 2035 74% van het areaal stikstofgevoelige natuur in de Natura 2000-gebieden onder de kritische depositiewaarde te krijgen. Dit wordt hiermee nog niet gehaald.



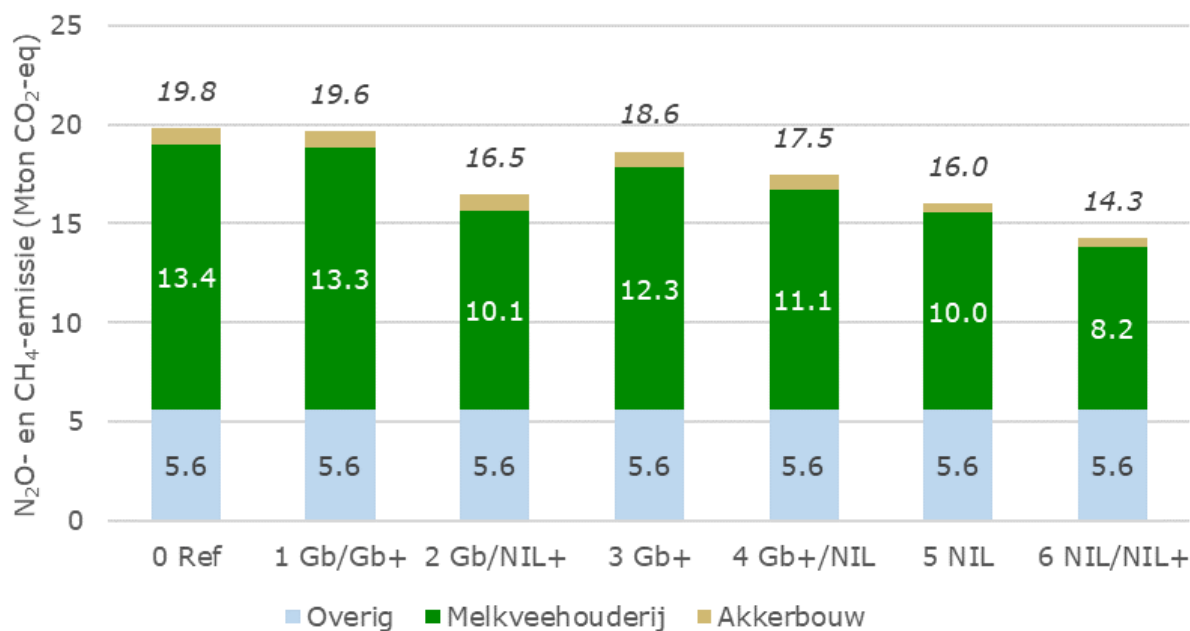
Figuur 5.10 De gemiddelde stikstofdepositie op de stikstofgevoelige habitat- en leefgebieden in de Natura 2000-gebieden in de verschillende scenario's en de referentie 2020. NB Het effect van depositievermindering is enkel het gevolg van de maatregelen in de melkveehouderij en akkerbouw. Ook andere (landbouw)sectoren en buitenland dragen bij aan de stikstofdepositie, waarvan in deze figuur verondersteld wordt dat deze gelijk blijven.

5.3.2 Broeikasgassen

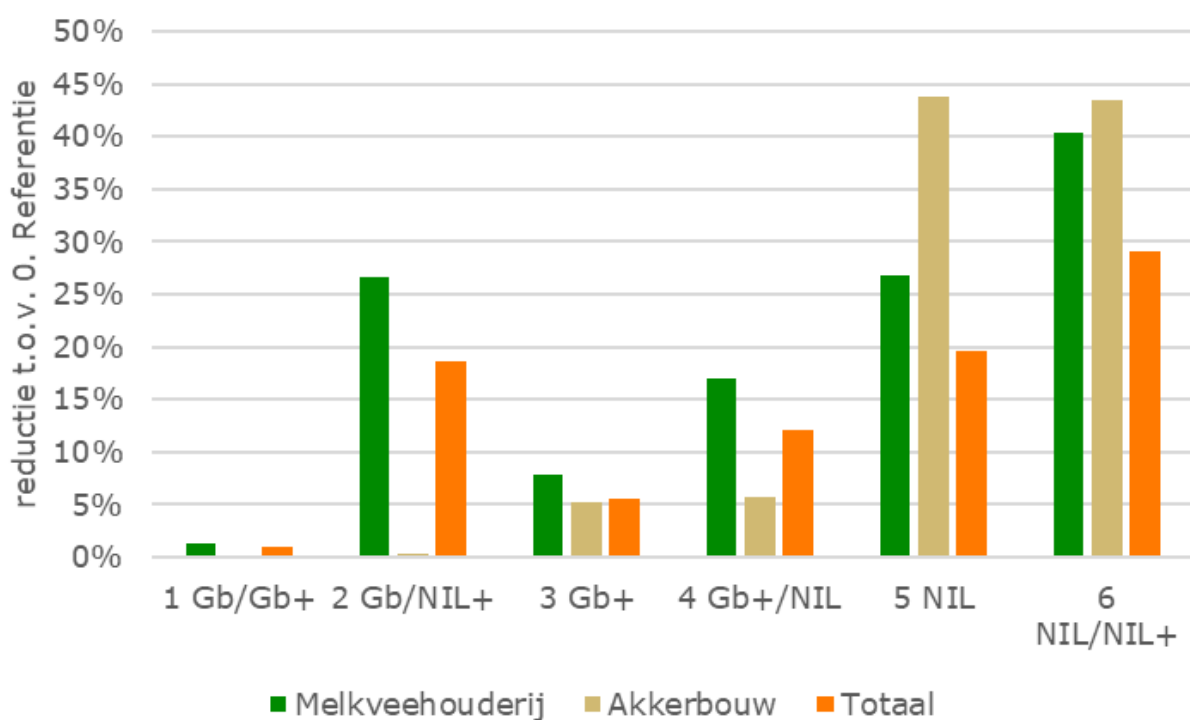
Figuur 5.11 geeft de methaan- en lachgasemissies in CO₂-equivalenten weer voor de referentie 2020 en de zes scenario's. Deze emissies komen met name voor in de melkveehouderij. De emissies van methaan- en lachgas in de akkerbouw zijn zeer beperkt.

Naarmate de natuurinclusiviteit toeneemt in de melkveehouderij en akkerbouw nemen de methaan- en lachgasemissies af (zie figuur 5.12). In het meest natuurinclusieve scenario (scenario 6 NIL/NIL+) is de reductie van de methaan- en lachgasemissie bijna 30% (5,5 Mton CO₂-eq) ten opzichte van de referentie. In scenario 1 (Gb/Gb+) en scenario 3 (Gb+), waar alleen Gangbaar-plus bedrijfssystemen voorkomen, blijft de reductie beperkt (< 5%). Het stapje extra van Natuurinclusief-plus in de aandachtsgebieden in scenario 2 (Gb/NIL+) en scenario 6 (NIL/NIL+) heeft het grootste effect (20 tot 30% reductie). Dit komt omdat methaanemissies grotendeels uit stal en opslag komen en daarmee bijna een-op-een gekoppeld is aan de krimp van de melkveestapel die in deze twee scenario's het grootst is (zie figuur 5.13 en figuur 5.3 in paragraaf 5.3).

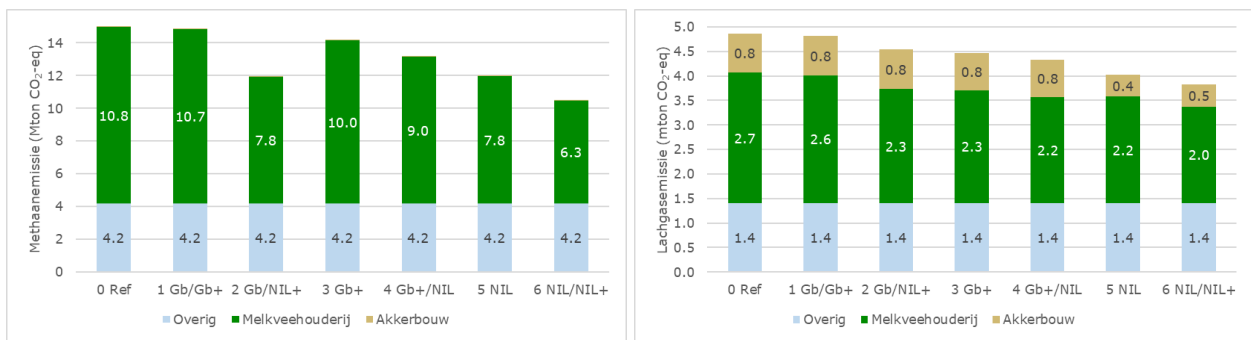
De landbouw moet volgens de landelijk opgave 5 Mton CO₂-eq reduceren in 2030, hetgeen in het meest natuurinclusieve scenario mogelijk is. In deze rapportage is geen berekening gemaakt van het effect op landgebruik. Bijvoorbeeld de hogere grondwatertrap op veengrond bij Natuurinclusief en Natuurinclusief-plus zal waarschijnlijk de CO₂-emissie uit veengrond verminderen. Ook zal de hogere koolstofvastlegging op minerale gronden bij Natuurinclusief en Natuurinclusief-plus de CO₂-vastlegging vergroten.



Figuur 5.11 Emissies van methaan- en lachgas (uitgedrukt in CO₂-equivalenten) in de akkerbouw, melkveehouderij en overige landbouwsectoren in de verschillende scenario's en de referentie in 2020.



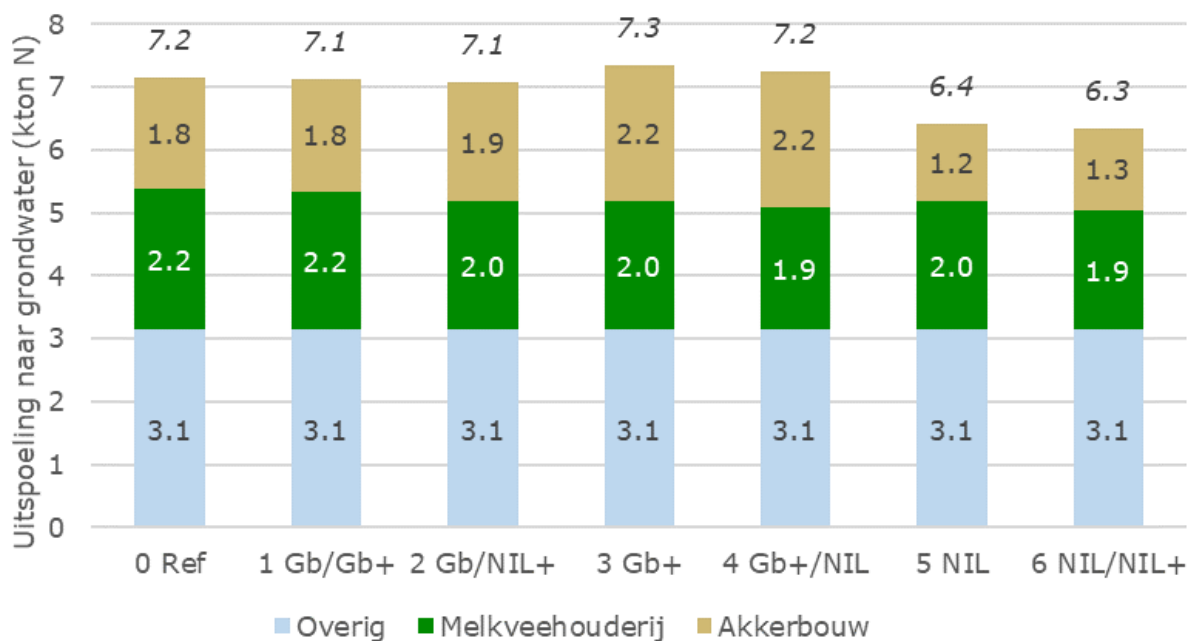
Figuur 5.12 Reducties in methaan- en lachgasemissies in de akkerbouw en melkveehouderij in de verschillende scenario's ten opzichte van de referentie 2020.



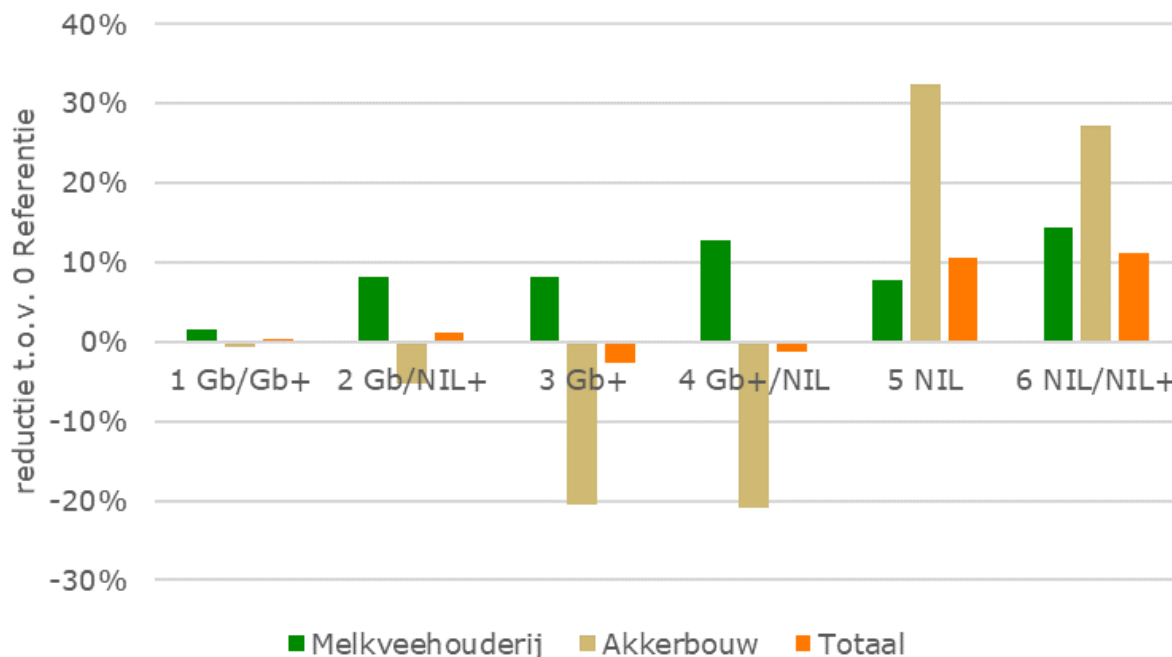
Figuur 5.13 Methaanemissie (links) en lachgasemissie (rechts) (in CO₂-equivalenten) in de akkerbouw, melkveehouderij en overige landbouwsectoren in de verschillende scenario's en de referentie in 2020.

5.3.3 Waterkwaliteit

In het kader van de Nitraatrichtlijn en Kaderrichtlijn Water worden er eisen gesteld aan de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater. Voor het grondwater geldt een (drinkwater)norm van 50 mg nitraat per liter grondwater. Figuur 5.14 laat de uitspoeling van stikstof naar grondwater zien voor heel Nederland. De uitspoeling naar grondwater neemt met name af in de twee meest natuurinclusieve scenario's (scenario's 5 en 6) door met name een vermindering van meer dan 25% in de akkerbouw (zie figuur 5.15). In scenario's met overal minimaal Gangbaar-plus (scenario's 3 en 4) neemt de uitspoeling naar de grondwater juist toe in de akkerbouw. Dit lijkt vreemd, omdat figuur 5.4 in paragraaf 5.3 laat zien dat er in Gangbaar-plus sprake is van een lichte afname van de stikstofgift in de akkerbouw ten opzichte van Gangbaar. Voor de uit- en afspoeling naar grond- en oppervlaktewater speelt echter de grondsoort een belangrijke rol en op de (uitspoelingsgevoelige) zandgronden wordt in Gangbaar-plus een hogere aanvoer van organische mest voor aardappelen en mais toegepast in vergelijking met het gangbare bedrijfssysteem (zie figuur 4.10 in paragraaf 4.2.4). De gewasopname neemt echter niet toe en daardoor is er voor de zandgronden een grotere stikstofuitspoeling. In de melkveehouderij neemt de stikstofuitspoeling naar grondwater relatief licht af naarmate de scenario's natuurinclusiever worden. Hier blijft dierlijke mest, hetgeen in alle scenario's tot aan de gebruiksnorm is toegepast, een belangrijke bron voor de uitspoeling.



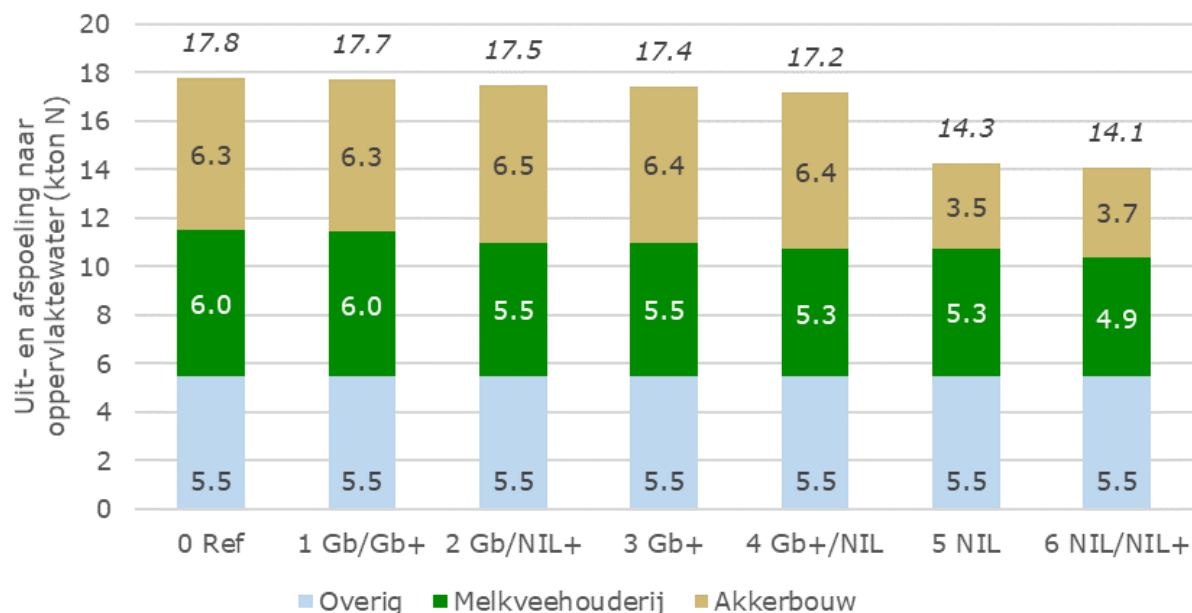
Figuur 5.14 Uitspoeling van stikstof naar grondwater (in Kton N) in de akkerbouw, melkveehouderij en overige landbouwsectoren in de verschillende scenario's en de referentie in 2020.



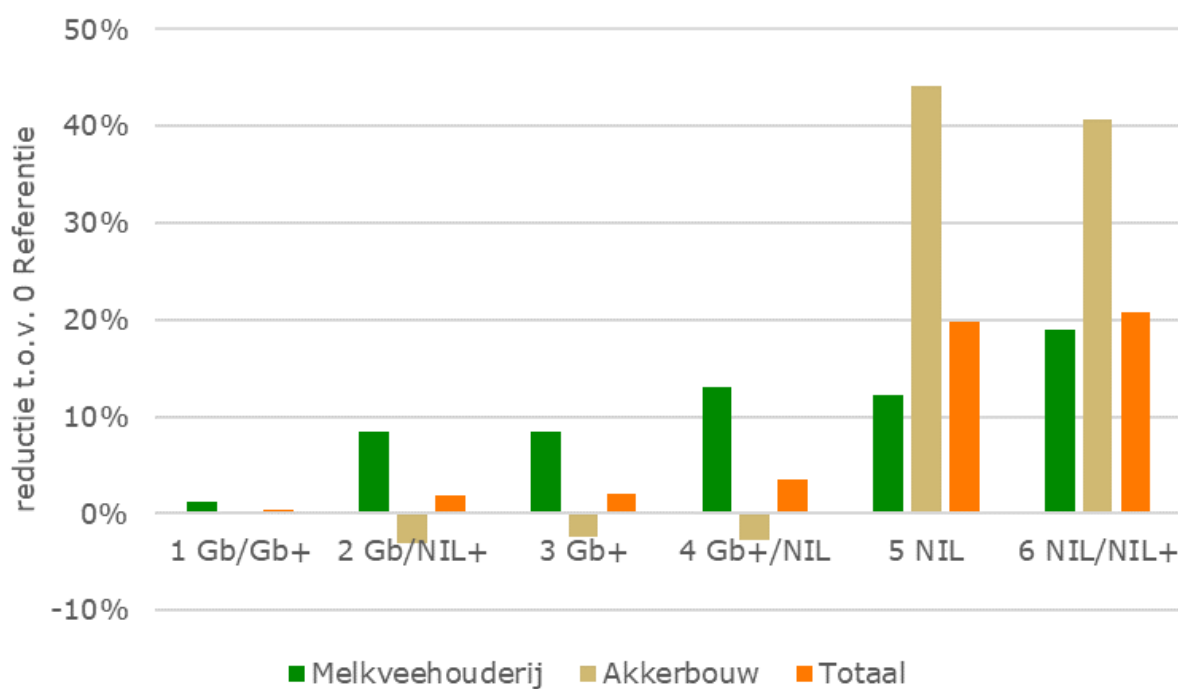
Figuur 5.15 Reducties in uitspoeling van stikstof naar grondwater in de akkerbouw en melkveehouderij in de verschillende scenario's ten opzichte van de referentie 2020.

De normen voor oppervlaktewater zijn meestal strenger dan de drinkwaternorm en zijn op stroomgebiedsniveau vastgesteld, waarbij de normen voor de meeste wateren variëren van 1 tot 2,5 mg N per liter. Op basis van de methodiek van Groenendijk et al. (2016) is in Gies et al. (2023) een inschatting gemaakt van de benodigde reductie in N-uitspoeling vanuit landbouwgronden naar grond- en oppervlaktewater. Gemiddeld in Nederland is dit 17%, met daarin per provincie grote verschillen; minder dan 5% in Drenthe, Flevoland, Groningen, Utrecht, Zeeland en Zuid-Holland, 10-20% in Friesland, Noord-Holland, Overijssel en Gelderland en 30% of meer in Noord-Brabant en Limburg. De uitspoeling van fosfor is in deze studie buiten beschouwing gelaten.

Figuur 5.16 geeft de uit- en afspoeling van stikstof weer naar het oppervlaktewater voor geheel Nederland. Ook hier weer een vergelijkbaar beeld als bij de uitspoeling naar het grondwater. Het effect van de twee meest natuurinclusieve scenario's (scenario's 5 en 6) zijn relatief het grootst. Hier vindt in de melkveehouderij ca. 10-20% reductie plaats en in de akkerbouw ruim 40% (zie figuur 5.17). In de gematigde natuurinclusieve scenario's is het effect relatief gering ten opzichte van de referentie en neemt ook hier de uitspoeling naar het oppervlaktewater licht toe vanwege de hogere organische bemesting in Gangbaar-plus op zand.



Figuur 5.16 Uit- en afspoeling van stikstof naar oppervlaktewater (in Kton N) in de akkerbouw, melkveehouderij en overige landbouwsectoren in de verschillende scenario's en de referentie in 2020.



Figuur 5.17 Reducties in uit- en afspoeling van stikstof naar oppervlaktewater in de akkerbouw en melkveehouderij in de verschillende scenario's ten opzichte van de referentie 2020.

6 Synthese

6.1 Belangrijkste inzichten

Effecten natuurinclusieve landbouw

Deze modelmatige studie laat zien dat natuurinclusieve landbouw in Nederland integraal/tegelijkertijd kan bijdragen aan het realiseren van de doelen voor de beschouwde milieuaspecten met betrekking tot zowel stikstof als klimaat en waterkwaliteit.

Veel natuurinclusieve maatregelen die inpasbaar zijn in de gangbare melkveehouderij en akkerbouw (Gangbaar-plus) leiden tot lagere milieuemissies. Een lagere bemesting, meer diversiteit in gewassen en meer ruimte voor agrarisch natuurbeheer zijn daarin belangrijke natuurinclusieve maatregelen die bijdragen aan het verminderen van de ammoniakemissies en uitspoeling van stikstof naar grond- en oppervlaktewater. Ingeval de gangbare bedrijfssystemen overgaan naar meer integraal natuurinclusieve bedrijfssystemen (Natuurinclusief en Natuurinclusief-plus) is het effect nog groter. Een extensievere bedrijfsvoering met minder krachtvoer, geen kunstmest en een lagere veebezetting leidt tot verdere verlaging van de milieuemissies. Een extensievere bedrijfsvoering in natuurinclusieve landbouw (Natuurinclusief en Natuurinclusief-plus) leidt tot een kleinere omvang van de veestapel en is daarmee, evenals inzet op emissiearme stalsystemen (Gangbaar en Gangbaar-plus), een belangrijke natuurinclusieve maatregel voor het verminderen van zowel de methaan- als ammoniakemissies.

De mate waarin natuurinclusieve landbouw bijdraagt aan het realiseren van de doelen is afhankelijk van:

1. de mate waarin de natuurinclusieve maatregelen worden toegepast, waarbij de verdergaande meer intensieve maatregelen niet (zomaar) ingepast kunnen worden in een gangbaar bedrijfssysteem, maar alleen vorm kunnen krijgen als onderdeel van een integraal natuurinclusief bedrijfssysteem;
2. waar en in welke omvang ze in Nederland worden toegepast (heel Nederland of alleen in de aandachtsgebieden).

Ad 1 verschil tussen Gangbaar-plus en NIL-bedrijfssystemen

Tabel 6.1 geeft een overzicht van de effecten als alle melkvee- en akkerbouwbedrijven in Nederland overgaan naar Gangbaar-plus of Natuurinclusief zoals geschetst in scenario 3 respectievelijk 5 (zie hoofdstuk 5). Het effect is de reductie ten opzichte van gangbare bedrijfsvoering.

In de verdergaande natuurinclusieve bedrijfssystemen in heel Nederland zijn de emissiereducties in de akkerbouw over de hele linie relatief groot, met ca. 30% minder uitspoeling van nitraat naar het grondwater tot bijna 50% minder ammoniakemissie. In de melkveehouderij varieert de hoogte van de emissiereductie van ca. 10% minder uitspoeling van nitraat naar het grondwater tot ca. 40% reductie van ammoniakemissie.

In de Gangbaar-plus bedrijfssystemen zijn de emissiereducties behoorlijk minder. Voor deze lichtere vorm van natuurinclusieve melkveehouderij gaat het om reducties van een kleine 10% (voor broeikasgassen en nitraatuitspoeling) tot ca. 20% (ammoniakemissies o.a. het gevolg van de maatregel emissiearme stal). Voor deze vorm van akkerbouw varieert het effect van een toename van ca. 20% nitraatuitspoeling (door hogere aanvoer van organische mest bij scenario Gangbaar-plus op zand; zie ook discussie) tot een afname van ca. 5% (ammoniak- en broeikasgasemissies).

Tabel 6.1 De relatieve vermindering van de milieuemissies in de melkveehouderij en akkerbouw voor zowel volledig Gangbaar-plus (3 Gb+) of volledig Natuurinclusief (5 NIL) ten opzichte van de referentie (0 Ref).

Milieuemissies	Volledig Gangbaar-plus (3 Gb+)		Volledig NIL (5 NIL)	
	melkvee	akkerbouw	melkvee	akkerbouw
Ammoniak	21%	6%	41%	48%
Methaan- en lachgas	8%	5%	26%	44%
N grondwater	8%	-21%	8%	32%
N oppervlaktewater	8%	-2%	12%	44%

Ad 2 verschil tussen toepassingsgebied en omvang

Tabel 6.2 geeft een overzicht van de verschillen tussen drie scenario's met toenemend areaal in combinatie met verdergaande vormen van natuurinclusieve landbouw. We vergelijken de milieueffecten van:

- de maximale inzet op natuurinclusieve landbouw in enkel de aandachtsgebieden (scenario 2), dat uitgaat van Natuurinclusief-plus in de aandachtsgebieden en de rest van Nederland blijft Gangbaar;
- het hierboven al bekeken scenario 3 met natuurinclusieve landbouw (akkerbouw en veehouderij) in lichte vorm (Gangbaar-plus) in heel Nederland;
- en een scenario 6, waarin een zwaardere vorm van natuurinclusieve bedrijfsvoering (Natuurinclusief) de standaard wordt met in aandachtsgebieden nog extra eisen voor de veehouderij (Natuurinclusief-plus).

Wat opvalt, is dat als Natuurinclusief alleen maximaal wordt ingezet in de aandachtsgebieden (scenario 2), hetgeen voor de melkveehouderij in aandachtsgebieden betekent dat ze naar Natuurinclusief-plus gaan; dan is voor de melkveehouderij het effect op de vermindering van de milieuemissies groter of gelijk aan het effect bij de minimaal Gangbaar-plus in heel Nederland (scenario 3). Het grote effect op de ammoniak-, methaan- en lachgasemissies emissie wordt in de aandachtsgebieden met name veroorzaakt door de afname van de melkveestapel als gevolg van de NIL-plus-variant, waarbij de mestafzet op eigen bedrijf plaatsvindt. Voor akkerbouw geldt dit niet voor ammoniak- en broeikasgasemissies. Daar levert Gangbaar-plus in heel Nederland een grotere emissiereductie dan enkel Natuurinclusief in de aandachtsgebieden. Wel speelt bij Gangbaar-plus dat stikstofuitspoeling naar grond- en oppervlaktewater toeneemt, veroorzaakt door een hogere aanvoer van organische mest in de akkerbouw op zandgronden.

Tabel 6.2 De relatieve vermindering van de milieuemissies in de melkveehouderij en akkerbouw bij maximale implementatie natuurinclusieve landbouw alleen in de aandachtsgebieden (2 Gb/NIL+), minimale implementatie natuurinclusieve landbouw in heel NL (3 Gb+) en maximaal implementatie natuurinclusieve landbouw in heel NL (6 NIL/NIL+) ten opzichte van de referentie (scenario 0).

Milieuemissies	Maximaal alleen in de aandachtsgebieden (2 Gb/NIL+)		Minimaal in heel NL (3 Gb+)		Maximaal in heel NL (6 NIL/NIL+)	
	melkvee	akkerbouw	melkvee	akkerbouw	melkvee	akkerbouw
Ammoniak	21%	1%	21%	6%	46%	49%
Methaan- en lachgas	25%	0%	8%	5%	39%	44%
N grondwater	8%	-5%	8%	-21%	14%	27%
N oppervlaktewater	8%	-3%	8%	-2%	19%	41%

Tabel 6.3 geeft een overzicht over wat een verdergaande vorm van natuurinclusieve landbouw in de aandachtsgebieden doet in vergelijking met overal dezelfde vorm van natuurinclusieve landbouw. Daarvoor wordt het verschil duidelijk gemaakt tussen scenario 1 en scenario 2, tussen scenario 3 en scenario 4 en tot slot tussen scenario 5 en scenario 6. Het weergegeven verschil betreft de procentpunten die door de verdergaande vorm van natuurinclusieve landbouw aan extra emissiereductie geeft ten opzichte van de referentie (scenario 0). Wat opvalt, is dat Natuurinclusief-plus voor melkvee in de aandachtsgebieden (zowel te zien in verschil scenario 1-2 en verschil scenario 5-6) het grootste extra effect geeft in de relatieve emissiereductie voor met name de methaan- en lachgas en iets mindere mate de ammoniakemissie. Dit is

direct het gevolg van de vermindering van het aantal dieren. Naarmate ook de rest van Nederland natuurinclusiever is, is het extra effect van Natuurinclusief-plus kleiner. Ook bij overgang van Gangbaar-plus naar Natuurinclusief in de aandachtsgebieden geeft dit melkvee extra emissiereducties.

Voor akkerbouw leiden de verdergaande vormen van natuurinclusieve landbouw in de aandachtsgebieden nauwelijks tot niet tot extra emissiereductie voor ammoniak en methaan- en lachgas en zelfs tot een verminderde emissiereductie voor stikstof in grond- en oppervlaktewater. Dat is zeer waarschijnlijk het gevolg van de vermindering van de gewasopname van stikstof.

Tabel 6.3 De vermindering van de milieuemissies in de melkveehouderij en akkerbouw bij verdergaande vormen van natuurinclusieve landbouw in de aandachtsgebieden in vergelijking met overal dezelfde vorm van natuurinclusieve landbouw. Alle percentages betreffen het verschil tussen beide scenario's in procentpunten ten opzichte van de referentie (scenario 0).

Milieuemissies	Verschil 1 Gb/Gb+ - 2 Gb/NIL+		Verschil 3 Gb+) - 4 Gb+/NIL		Verschil 5 NIL - 6 NIL/NIL+	
	melkvee	akkerbouw	melkvee	akkerbouw	melkvee	akkerbouw
Ammoniak	17%	0%	8%	0%	6%	1%
Methaan- en lachgas	24%	0%	9%	0%	13%	0%
N grondwater	7%	-4%	5%	0%	7%	-5%
N oppervlaktewater	7%	-3%	5%	0%	7%	-3%

Mate van doelbereik

De emissiereducties die plaatsvinden in de ruimtelijke scenario's kunnen gerelateerd worden aan de nationale doelen met betrekking tot de ammoniak-, methaan- en lachgasemissies. Voor waterkwaliteit is doelbereik in deze studie niet doorgerekend, daarvoor zijn andere modellen nodig en zijn de normen voor nutriëntengehalte in oppervlaktewater per KRW-waterlichaam vastgesteld. Voor alle doelen geldt dat ook andere sectoren binnen de landbouw een bijdrage kunnen leveren aan doelbereik. Specifiek voor doelbereik met betrekking tot het areaal stikstofgevoelige natuur onder de kritische depositiewaarde en de oppervlaktewaterkwaliteit geldt dat de opgaven niet specifiek voor landbouw gedefinieerd zijn en dat ook andere sectoren dan landbouw (o.a. industrie, huishoudens en verkeer) voor stikstof en RWZI en riooloverlaten voor waterkwaliteit en de bronnen vanuit het buitenland een bijdrage kunnen en moeten leveren om doelbereik te realiseren.

Doelbereik Stikstof

Met natuurinclusieve landbouw in zowel de melkveehouderij als akkerbouw zijn ruime (> 40%) ammoniakemissiereducties mogelijk. Ondanks deze reductie blijft de restemissie op nationaal niveau nog wel boven het landelijke indicatieve restemissiedoel van 63 kton NH₃. Daarbij moet opgemerkt worden dat mogelijke toekomstige emissiereducties in de varkens- en pluimveehouderij, die in deze studie buiten beschouwing gelaten zijn, niet zijn meegenomen.

De landelijke doelstelling met betrekking tot 74% van het areaal stikstofgevoelige natuur onder de kritische depositiewaarde wordt niet gehaald. Wel is zichtbaar dat als de emissiereductie met Natuurinclusief of Natuurinclusief-plus meer in de aandachtsgebieden (en dan specifiek de overgangsgebieden rondom de stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden) vermindert ten opzichte van dezelfde afname verspreidt over heel Nederland, de depositie meer afneemt. Echter voor het bereiken van de landelijke doelstelling met betrekking tot meer areaal stikstofgevoelige natuur onder de kritische depositiewaarde zullen naast maatregelen in de landbouw ook maatregelen in de overige niet-landbouwsectoren en het buitenland nodig zijn om 74% areaal onder de kritische depositiewaarde te krijgen.

Doelbereik klimaat

De landbouw moet volgens afspraken in het Klimaatakkoord 5 Mton CO₂-eq reduceren in 2030, hetgeen in het meest natuurinclusieve scenario mogelijk is. In de gematigde scenario's is de reductie van methaan- en lachgasemissies beperkt; wel wordt deze weer groter wanneer Natuurinclusief of Natuurinclusief-plus wordt toegepast. Dit is met name gekoppeld aan de krimp van de melkveestapel die in de modelbedrijfssystemen vooral het gevolg is aan het streven naar beperking van het mestoverschot. Verder dragen veel maatregelen op de landbouwgronden die in natuurinclusieve bedrijfssystemen in zowel de melkveehouderij als akkerbouw worden toegepast bij aan de verhoging van koolstofvastlegging in minerale bodems en houtige landschapselementen en ook aan de vermindering van de emissie uit veengronden. Het effect op landgebruik (LULUCF) is in deze studie echter niet gekwantificeerd. Waar de maatregelen plaatsvinden (o.a. binnen de aandachtsgebieden) is, in tegenstelling tot de reductie van de ammoniakemissie en het doelbereik van de stikstofdepositie, minder relevant.

Doelbereik waterkwaliteit

De meest natuurinclusieve scenario's geven de grootste vermindering van de stikstofuitspoeling naar grond- en oppervlaktewater. Op basis van een inschatting in Gies et al. (2023) worden in deze scenario's op landelijk niveau de benodigde reductiepercentages gehaald. Of de doelen lokaal gehaald kunnen worden, is niet doorgerekend. De uitspoeling van fosfor is in deze studie buiten beschouwing gelaten.

6.2 Discussie en aanbevelingen

Deze studie heeft een verkennend karakter uitgewerkt in verschillende scenario's en is bedoeld om inzicht te geven in welke ordegrrootte natuurinclusieve landbouw kan bijdragen aan de reductie in emissies en het nationale doelbereik. Het is een modelmatige studie waarbij verschillende aannames zijn gedaan die ter discussie gesteld kunnen worden en daarnaast is er sprake van onzekerheden in zowel de modellen als de effecten van de maatregelen. De resultaten uit deze studie kunnen dan ook niet beschouwd worden als een exacte voorspelling.

Implementatiegraad en effectiviteit van natuurinclusieve maatregelen

De maatregelenpakketten in de gehanteerde scenario's zijn omvangrijk. In de Gangbaar-plus bedrijfssystemen is de verwachting dat de maatregelen relatief eenvoudig inpasbaar zijn, maar de omschakeling naar de verdergaande natuurinclusieve bedrijfssystemen zijn groot. In de scenario's in de verkenning is verondersteld dat alle bedrijven de maatregelen zullen nemen. In hoeverre de agrarische bedrijven daadwerkelijk deze stappen zullen en kunnen zetten, is niet onderzocht.

Het is aan te bevelen om met betrekking tot de implementatiegraad en de effectiviteit ook gevoeligheidsanalyses in de modelberekeningen uit te voeren en te kijken in hoeverre deze resultaten effect hebben op doelbereik. Wat gebeurt er als een maatregel strikter wordt ingezet, wat gebeurt er als een maatregel meer of minder effectief is of als de implementatiegraad van een maatregel lager is dan 100%?

Kennis, modellen en uitgangspunten

In onderhavige studie wordt gebruikgemaakt van modellen. Er zitten beperkingen aan de mate van gedetailleerdheid van de modellen die in deze studie gebruikt zijn, zowel wat betreft ruimtelijke en temporele (in de tijd gezien) schaal als de procesformuleringen. Er zijn aannames gedaan met betrekking tot de werking en implementatie van maatregelen in de modellen. Daarbij kan sprake zijn van verschillende soorten onzekerheden: in de data en modellen, bij de effectiviteit van (nieuwe) maatregelen, bij de toepassing in de praktijk en bij het integrale effect van het pakket aan maatregelen.

Daarnaast speelt dat de effecten van natuurinclusieve maatregelen of integrale natuurinclusieve bedrijfssystemen niet altijd bekend zijn en nog niet geïmplementeerd zijn in diverse modellen. Een voorbeeld daarvan in deze verkenning is het effect van organische stof op de nitraatuitspoeling. CDM (2017) geeft aan dat de wisselwerkingen tussen type meststof, stikstofgift, N-mineralisatie, stikstofopname door het hoofd- en vanggewas, denitrificatie, grondsoort en weersomstandigheden uiteindelijk bepalen hoeveel stikstof door uitspoeling van nitraat en door denitrificatie verloren gaat. De effecten van het organischestofgehalte van de bodem en van de toediening van organische meststoffen op nitraatuitspoeling kunnen niet eenduidig worden

aangegeven, zonder deze factoren erbij te betrekken. In modellen wordt hier maar ten dele rekening mee gehouden (denk daarbij bijvoorbeeld aan een verbetering van de bodemkwaliteit door organische stof of/en een toename van de denitrificatiecapaciteit en daardoor een hogere stikstofopname door het gewas). Voor de natuurinclusieve bedrijfssystemen zijn nieuwe modellen en kengetallen nodig in de komende jaren om de effecten van natuurinclusieve maatregelen goed in beeld te kunnen brengen.

In deze studie is voor het eerst een koppeling gelegd tussen bedrijfsmodellen en gebiedsmodellen. De bedrijfsmodellen maken gebruik van de kenmerken van een (gemiddeld) standaardbedrijf. De bedrijfsmodellen zijn gebruikt om tot een consistente bedrijfsvoering en bijbehorende kengetallen te komen voor de verschillende bedrijfssystemen waarin verschillende natuurinclusieve maatregelen genomen worden. De outputs uit de bedrijfsmodellen, zoals de gemiddelde bemesting en veebezetting, zijn geïmplementeerd in INITIATOR, zodat een goede vergelijking gemaakt kan worden tussen de referentiesituatie en de verschillende ruimtelijke scenario's met natuurinclusieve bedrijfssystemen. Daarmee wordt voor de referentiesituatie afgeweken van hoe er doorgaans gerekend wordt.

Voor toekomstig gebruik is het verstandig om te kijken hoe de in- en outputs van de verschillende modellen beter op elkaar afgestemd kunnen worden.

Andere of zwaardere inzet van reeds doorgerekende maatregelen mogelijk

Er zijn meer maatregelen denkbaar dan de maatregelen die in deze studie zijn onderzocht, zoals agroforestry, voedselbossen en strokenteelt. Effecten van deze maatregelen zijn doorgaans nog moeilijk te kwantificeren. Daarnaast zijn er ook andere maatregelen mogelijk die niet zozeer direct gerelateerd zijn aan natuurinclusieve landbouw, maar ook op natuurinclusieve bedrijven toegepast kunnen worden; denk bijvoorbeeld aan verdergaande technische stalmaatregelen, mestverwerking of precisiebemesting. Deze kunnen mogelijk leiden tot verdere reductie van de emissies.

Natuurinclusieve landbouw draagt bij aan meerdere doelen die in deze studie niet doorgerekend zijn

Deze verkenning richtte zich op het effect van natuurinclusieve landbouw op de atmosferische emissies en uit- en afspoeling naar grond- en oppervlaktewater. De maatregelen in de natuurinclusieve landbouw hebben echter ook effect op andere aspecten, zoals meer koolstofopslag in de bodem als gevolg van meer permanent grasland en toevoer van organische stof, vermindering van gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en verhoging van de agrarische biodiversiteit door een forse uitbreiding van het areaal agrarisch natuurbeheer. Dit zijn effecten die uiteindelijk ook bijdragen aan de natuur-, water- en klimaatdoelen.

Tot slot

Deze verkenning richt zich op natuurinclusieve landbouw. Dit is niet het enige ontwikkelpad voor iedere melkveehouder en akkerbouwer. De resultaten uit deze verkenning moeten in dit licht dan ook met enige voorzichtigheid ten aanzien van doelbereik worden geïnterpreteerd.

Literatuur

- Alem, van G.A.A. & A.T.J. van Scheppingen, 1993. The development of a farm budgeting program for dairy farm. Proceedings XXV CIOSTA-CIGR v congress, P. 326-331. PR Lelystad.
- Agrimatie, 2023. BINternet, land- en tuinbouw, 29 juni 2023, <https://www.agrimatie.nl/binternet.aspx?ID=15&bedrijfstype=3>. Wageningen: Wageningen Economic Research.
- Agrimatie, 2024 <https://agrimatie.nl/themaResultaat.aspx?subpubID=2232§orID=2245&themaID=2275&indicatorID=2072>. Wageningen: Wageningen Economic Research.
- Alebeek, F. van, & Hanegraaf, M. (2014). *Herkenningskaart bodemziekten en -plagen*. <https://edepot.wur.nl/292719>.
- AND, 2022. Beheerpakketten Agrarisch Natuur- en Landschapsbeheer: Agrarische Natuur Drenthe Open Akkerland 2023. Rolde: Agrarische Natuur Drenthe.
- Bajwa, A. A., Latif, S., Borger, C., Iqbal, N., Asaduzzaman, M., Wu, H., & Walsh, M. (2021). The Remarkable Journey of a weed: Biology and management of annual ryegrass (*Lolium rigidum*) in conservation cropping systems of Australia. *Plants*, 10(8), 1505. <https://doi.org/10.3390/plants10081505>.
- Barzman, M., Bårberi, P., Birch, A. N. E., Boonekamp, P., Dachbrodt-Saaydeh, S., Graf, B., Hommel, B., Jensen, J. E., Kiss, J., Kudsk, P., Lamichhane, J. R., Messéan, A., Moonen, A., Ratnadass, A., Ricci, P., Sarah, J. L., & Sattin, M. (2015). Eight principles of integrated pest management. *Agronomy For Sustainable Development*, 35(4), 1199–1215. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0327-9>.
- Blanken, Klaas, Aart Evers, Ilse Groeneveld, Hide Niyonsaba, Wijbrand Ouweltjes, Jan Verkaik, Izak Vermeij en Harm Wemmenhove, september 2022. Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2022-2023. Handboek 46. Livestock Research Wageningen UR. Wageningen.
- Blokhuis, C., Schepens, J. A. B., & van der Wal, A. (2020). Een eerste verkennende literatuurstudie over het effect van bodembeheer op het behalen van bodem-, water- en luchtdoelstellingen. Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). DOI 10.21945/RIVM-2020-0033.
- Boer, I. J. M. de, & Ittersum, M. K. van. (2018). *Circularity in agricultural production*. Wageningen University & Research.
- BoerenNatuur, 2022. Beheerpakketten Agrarisch Natuur- & Landschapsbeheer: Beheerjaar 2023. Utrecht: BoerenNatuur.
- Boonstra, F., Nieuwenhuizen, W., Visser, T., Mattijssen, T., Van Der Zee, F., Smidt, R., & Polman, N. (2021). *Stelselvernieuwing in uitvoering: tussenevaluatie van het agrarisch natuur- en landschapsbeheer*. <https://doi.org/10.18174/541699>.
- Bosman, W, R.P.J.H Struijk, M. Zekhuis, F.G.W.A. Ottburg, B. Crombaghs, D. Schut, & P. van Hoof, 2015. De Knoflookpad in Nederland: Ondergang of 'Slechts' Een Bottleneck?. *De Levende Natuur* 116-1: 1-6.
- Bouma, J., M. Koetse en N. Polman (2019). Financieringsbehoefte natuurinclusieve landbouw.
- Bos, J., 2013. Graanstoppels en akkervogels. *Limosa* 86: 123-131.
- Caporali, F., & Onnis, A. (1992). Validity of rotation as an effective agroecological principle for a sustainable agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 41(2), 101–113. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(92\)90104-j](https://doi.org/10.1016/0167-8809(92)90104-j).
- CBAV (2014). Handboek Bodem & Bemesting. Bezocht op: 5 april 2023.
- CBS (2023). Grootvee-eenheid (GVE). <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2022/31/meer-koeien-in-de-wei-maar-wel-korter/grootvee-eenheid--gve--> Geraadpleegd op 17 april 2023. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS, PBL, RIVM, WUR (2022). Trend van boerenlandvogels, 1915-2020 (indicator 1479, versie 13, 24 maart 2022). www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag: PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven: RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu & Wageningen: Wageningen University & Research.
- CLO (2022). Gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in de landbouw per gewas, 2012-2016-2020. <https://www.clo.nl/indicatoren/nl0006-gebruik-gewasbeschermingsmiddelen-in-land--en-tuinbouw-per-gewas>. Bezocht op: 6-11-2023.

- Deru, Joachim, A. Hensen, D. van Dinther, A. Frumau, P. van den Bulk & H. Antonissen, 2018. Oriënterende Ammoniak- En Methaanmetingen in De Kwatrijnstal. Driebergen: Louis Bolk Instituut.
- De Vries, W., J. Kros, J.C. Voogd en 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.
- De Vries, M., I.E. Hoving, J.C. van Middelkoop, J. ten Napel, R.Y. van der Weide, J. Verhagen, T.V. Vellinga (2018). Klimaatsslimme melkveehouderij. Een routekaart voor implementatie van mitigatie- en adaptatiemaatregelen. Wageningen Livestock Research rapport 1131. <http://edepot.wur.nl/463803>.
- De Wit, J., N. van Eekeren, W. Honkoop & J. Pijlman, 2020. De waarde van vaste mest - Quick scan mest en natuur in de Krimpenerwaard. Driebergen: Louis Bolk Instituut.
- Erismann, J. W., Eekeren, N. van, Doorn, A. van, Geertsema, W., & Polman, N. (2017). *Maatregelen natuurinclusieve landbouw* (Ser. Wageningen environmental research rapport, 2821). Louis Bolk Instituut. <http://edepot.wur.nl/419124>.
- Geertsema, W., 2002. Het belang van groenblauwe dooradering voor natuur en landschap: achtergronddocument voor de natuurbalans 2002. Wageningen: Alterra.
- 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.
- Gies E., H. Kros, T. Hermans & J.C. Voogd, 2022. Verkenning bronmaatregelen voor stikstofreductie in de provincie Fryslân; Input voor uitvoeringsprogramma en een gebiedsgerichte uitwerking van de Structurele Aanpak Stikstof in Fryslân. Wageningen: Wageningen Environmental Research.
- Groenestein, K., Goedhart, P. W., van Bruggen, C., de Jonge, I., & Ogink, N. (2023). Schatting van stikstofverliezen uit stallen op basis van de stikstof-fosfaat verhouding in afgevoerde mest: Evaluatie van de NP-methode en effect van staltype. (Rapport; No. 1426). Wageningen Livestock Research. <https://doi.org/10.18174/631641>.
- Heupink, D., C. Koopmans, L. Deijl, C. Weebers, 2021. BiodiversiteitsMonitor Akkerbouw; Wetenschappelijke onderbouwing en toepassing in de praktijk. Wageningen, Wageningen.
- Hoogland, T, M. Knotters, M. Pleijter & D.J.J. Walvoort, 2014, Actualisatie van de grondwatertrappenkaart van holoceen Nederland; Resultaten van het veldonderzoek. Wageningen: Alterra.
- Hoving, I.E., G. Holshof, J.R. van der Schoot & R.F.A. Hendriks, 2022. Normbedragen extra herinzaai grasland door waterwinning. Wageningen: Wageningen Livestock Research.
- Huijsmans, J. F. M., & Verwijs, B. R. (2008). *Ammoniakemissie bij alternatieve mesttoedieningsmethoden: deskstudie* (No. 220). Wageningen UR, Plant Research International.
- Infomil, 2023. Wat is beweiden bij melkvee en wat is permanent opstallen? <https://www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw/ammoniak/nieuw-besluit/alle-vragen-en/besluit-emissiearme-2/beweiden-melkvee/>. Geraadpleegd op 17 april 2023.
- Klaassen R., Schultinga M., Sirks A., Kleyheeg E. & Wiersma P. (2022). Evaluatie van de effecten van het agrarisch natuurbeheer op voorkomen en trends van akkervogels in de provincie Groningen 2015 – 2020. GKA-rapport 2022-01. Grauwe Kiekendief – Kenniscentrum Akkervogels, Scheemda. (PDF).
- Kleyheeg, E. T. Vogelzang, I. van der Zee & M. Beek, M. van, 2020. Boerenlandvogelbalans 2020. Nijmegen: Sovon Vogelonderzoek Nederland.
- Kleyn, D., W. Dimmers, R. Kats & D. Melman, 2014. Het belang van hoog waterpeil en bemesting voor de Grutto: I. de vestigingsfase. De Levende Natuur, 110-4: 180-183.
- Kuiper, M.W. 2015. The Value of Field Margins for Farmland Birds. Wageningen: Wageningen University.
- Kros, H., J. van Os, J.C. Voogd, P. Groenendijk, C. van Bruggen, R. te Molder and G. Ros, 2019. Ruimtelijke allocatie van mesttoediening en ammoniakemissie: beschrijving mestverdelingsmodule INITIATOR versie 5. Wageningen Environmental Research, Wageningen.
- LNV, 2022. Kamerbrief 'Derogatie van de Nitraatrichtlijn. Den Haag, Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit.
- Louis Bolk Instituut. 2023. NDICEA stikstof & koolstofplanner. Louis Bolk Instituut.
- EZK (2017). Kamerbrief 'Natuurbeleid'. Den Haag, Ministerie van Economische Zaken.
- Kamerbrief Tweede resultatenoverzicht realisatieplan visie Waardevol en verbonden, 1 juni 2021.
- Melman, D., E. Kleyheeg, T. Visser, E. Oosterveld, M. Roodbergen, W. Teunissen, et al., 2020. Invloed Greppel-Plasdras Op Kuikenoverleving Kievit. Driebergen: VBNE, Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren.

- Migchels, G. en C. Van Dijk. 2019. Rapportage Wetenschappelijke factsheets. 1. Verlagen TAN-excretie. 2. Sproeien loopvloeren. 3. Extra weidegang. Wageningen Livestock Research. <https://edepot.wur.nl/508913>.
- Migchels, G., De Jonge, I., Bracke, M., Vellinga, T., & Sukkel, W. (2023). *Het perspectief van biologische landbouw: effecten van het vergroten van het areaal biologische akkerbouw en melkveehouderij op klimaat, natuur en dierenwelzijn*. <https://doi.org/10.18174/629169>.
- Mosquera, J.; J.M.G. Hol, J.W.H. Huis in 't Veld, 2005. Onderzoek Naar De Emissies Van Een Natuurlijk Geventileerde Potstal Voor Melkvee I: Stal; Wageningen: Agrotechnology & Food Innovations, 2005.
- Oosterveld, E.B.T. Visser, M. Jonker, M. la Haye, D. Bekker, A. Stio, et al., eds. 2022. Ecologie En Beheer Van Droge Dooradering. Driebergen: VBNE, Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren.
- Pouwels, R., R.J.H.G. Henkens, 2020. Naar een hoger doelbereik van de Vogel- en Habitatrichtlijn in Nederland; Een analyse van de resterende opgave na 2027 voor het bereiken van een gunstige staat van instandhouding van alle habitattypen en VHR-soorten. Wageningen: Wageningen Environmental Research.
- Praktijknetwerk niet kerende grondbewerking: uitkomsten en kennisopbouw in de praktijk na drie jaar praktijknetwerk nkg. (2014). <https://edepot.wur.nl/402823>.
- Pijlman, J., G. Jan Monteny en J. de Wit. 2018. Strooiselstalsystemen: ammoniak en andere emissies, dierenwelzijn en mestkwaliteit - Een verkenning van strooiselstalsystemen bij de verschillende landbouwhuiscategorieën, met het zwaartepunt op (potentiële maatregelen voor de beperking van) ammoniakemissies, in relatie tot overige emissies, dierenwelzijn en mestkwaliteit. Louis Bolk Instituut, Publicatienummer 2018-027 LbD.
- RAV, 2023. Bijlage 1 van de Regeling ammoniak en veehouderij. Geraadpleegd op 6 april 2023: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0013629/2023-04-01#Bijlage1>.
- Reijs, J., Beldman, A., de Haan, M., Evers, A., Doornewaard, G., & Vermeij, I. (2021). Perspectief voor het verlagen van NH₃-emissie uit de Nederlandse melkveehouderij: verkenning van reductiepotentieel en economische impact op sectorniveau op basis van integrale doorrekening maatregelen op 8 representatieve melkveebedrijven. (Rapport / Wageningen Economic Research; No. 2021-052). Wageningen Economic Research. <https://doi.org/10.18174/546112>.
- Rommelink, G., Middelkoop, J. van, Ouweltjes, W., Wemmenhove, H. (2020). *Handboek melkveehouderij 2020/21* (Ser. Handboek / wageningen livestock research, 44). Wageningen Livestock Research. <https://doi.org/10.18174/529557>.
- Rijksoverheid, 2022. Startnotitie Nationaal Programma Landelijk Gebied.
- Sanders, M. E., Nieuwenhuizen, W., Dirkx, G. H. P., Schrijver, R. A. M., & Smidt, R. A., 2013. Bedrijfsvoering zit in de weg: Landbouw slechts beperkt inzetbaar voor natuur- en landschapsbehoud. Landschap: tijdschrift voor landschapsecologie en milieukunde, 30(2), 57-66.
- Sauter, F., H. van Jaarsveld, M. van Zanten, E. van der Swaluw, J. Aben en F. de Leeuw, 2015. *The OPS-model. Description of OPS 4.4.4*. RIVM Report National Institute of Public Health and the Environment, Bilthoven, the Netherlands, 113 pp.
- Schils, R.L.M., M.H.A. de Haan, J.G.A. Hemmer, A. van den Pol-van Dasselaar, J.A. de Boer, A.G. Evers, G. Holshof, J.C. van Middelkoop, & R.L.G. Zom, 2007. Dairy Wise, a whole farm model. Artikel in Journal of Dairy Science.
- Schippers, W, I.H.W Bax, Monte Gardenier, 2012. Ontwikkelen Van Kruidenrijk Grasland: Veldgids. Wageningen: Bureau Groenschrift.
- Schooten, H., B. Philipsen & J. Groten, 2019. Handboek snijmais. Wageningen: Wageningen Livestock Research & Wageningen Open Teelten).
- Smit, B., Manshanden, M., Beldman, A., & de Boer, M. (2023). Regeneratieve landbouw: ervaringen en lessen uit een Community of Practice. (Rapport / Wageningen Economic Research; No. 2023-087). Wageningen Economic Research. <https://doi.org/10.18174/632573>.
- Smits, Marie-José, Andrew Dawson, Marijke Dijkshoorn-Dekker, Reina Ferwerda-van Zonneveld, Rolf Michels, Gerard Migchels, Nico Polman, Raymond Schrijver, Wijnand Sukkel, Theo Vogelzang, Fred Kistenkas, 2020. Van A naar Biodiversiteit; Op weg naar een natuurinclusieve landbouw. Wageningen, Wageningen Economic Research, Rapport 2020-043. <https://doi.org/10.18174/474150>.
- Smits, M.J.W., A.W. Dawson, R.A.M. Schrijver, 2024. Verdienmodellen voor natuurinclusieve landbouw; Stand van zaken en hoe nu verder. Wageningen Research, Rapport WPR-OT-1063. p <https://doi.org/10.18174/646208>.
- Staps, J.J.M., 2018. Handleiding goed koolstofbeheer. Bunnik: Louis Bolk Instituut.

- Tscharntke, T., Grass, I., Wanger, T.C., Westphal, C., Bat´ary, P., 2021. Beyond organic farming – harnessing biodiversity-friendly landscapes. *Trends Ecol. Evol.* 36 (10), 919–930.
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2021.06.010>.
- Timmerman, M., Plomp, M., & de Haan, M. H. A. (2019). *Mineralenprestaties van de melkveehouderij in Noord-Nederland*. (Rapport / Wageningen Livestock Research; No. 1173). Wageningen UR Livestock Research. <https://doi.org/10.18174/479027>.
- Uitvoeringsregeling Meststoffenwet, 2023, 25 april. Geraadpleegd van <https://wetten.overheid.nl/BWBR0018989/2023-03-01>.
- Van Dijk, W., Spruijt, J., Runia, W. T., & van Geel, W. C. A. (2012). *Verruiming vruchtwisseling in relatie tot mineralenbenutting, bodemkwaliteit en bedrijfseconomie op akkerbouwbedrijven* (No. 527). Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Business Unit AGV.
- Van Doorn, A., Biodiversity, A., Schütt, J., Visser, T., Waenink, R., Baayen, R., Dekkers, M., Norén, I. S., Sukkel, W., Heupink, D., Koopmans, C., Deijl, L., Weebers, C., Ecology, A. A., Bedrijfssystemenonderzoek, P. A. T., & Bodemkwaliteit. (2021). *BiodiversiteitsMonitor Akkerbouw : Wetenschappelijke onderbouwing en toepassing in de praktijk*. <https://doi.org/10.18174/555052>.
- Van Doorn, A., Melman, D., Westerink, J., Polman, N., Vogelzang, T., & Korevaar, H. (2016). *Food-for-thought : natuurinclusieve landbouw*. <https://doi.org/10.18174/401503>.
- Van Eekeren, N., Bokhorst, J., Deru, J., & De Wit, J. (2014). Regenwormen op het melkveebedrijf : Handreiking voor herkennen, benutten en managen. *louisbolk.nl*. Geraadpleegd op 7 februari 2024, van <http://edepot.wur.nl/302966>.
- Van Eekeren, Nick, J. de Wit, C. Versteeg, N. Hoekstra, J. Pijlman, P. Janssen, J. Deru, Joachim, et al. (2022). *Winst & Weidevogels: Weidemaatregelen Voor (Functionele Agro-)Biodiversiteit*, 2022. Bunnik: Louis Bolk Instituut.
- Van Eekeren, N., S. van de Goor & J. de Wit (2016). Optimaal landgebruik voor bodemkwaliteit: 60% blijvend grasland en 20% grasklaver in rotatie met 20% snijmais. *V-Focus: Vakblad Voor Adviseurs in De Dierlijke Sector* 13 (6): 34 - 35.
- Van Leeuwen-Haagsma, W., Hoek, H., Molendijk, L., Mommer, L., Ulen, J., Kroonen-Backbier, B. & de Groot, G. (2019). *Handboek Groenbemesters 2019*. Geraadpleegd op: 13-11-2023.
- Van Os, J., en J. Kros (2022). *Geografische Informatie Agrarische Bedrijven 2019; Documentatie van het GIAB 2019-bestand*. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOT-technical report 223.
- Van Os, J., H.J. Agricola, M. de Vries, L.M. Fuchs en J.J.L. Sluijsmans, 2023. *Landbouwmilieumaatregelen voor akkerbouw en melkveebedrijven*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3241. 78 blz.; 6 fig.; 21 tab.; 89 ref.
- Velthof, G., Kros, H., Voogd, J.-C., Daatselaar, C., Hermans, T., Groenestein, K., Ogink, N., Lesschen, J. P., Gies, E., Jongeneel, R., Verstand, D., Jongschaap, R., & Huijsmans, J. (2021). *Gebiedsgerichte verkenning van de 'verdere aanpak stikstof'*. (Rapport / Wageningen Environmental Research; No. 3111). Wageningen Environmental Research. <https://doi.org/10.18174/553256>.
- Vink, M. & D. Boezeman (2018). *Naar een wenkend perspectief voor de Nederlandse landbouw. Voorwaarden voor verandering*. Den Haag: PBL Planbureau voor de Leefomgeving.
- Visser, T., M. Ros & L. Timmermans, 2021. *Effecten van bemesting op habitatkwaliteit grasland voor weidevogels*. Wageningen: Wageningen Environmental Research.
- Vista landschapsarchitectuur en stedenbouw, 2012. *Het Kwatrijn, de melkveestall van de toekomst stalontwerp en landschappelijke inpassing: achtergrondrapport bij de SBIR-haalbaarheidsstudie Fase 1*. Amsterdam: Vista landschapsarchitectuur en stedenbouw.
- Walther, C.M., D. Kamphorst, W. Nieuwenhuizen (2024). *Financieringsregelingen voor omschakeling van agrarische bedrijven tegen het licht*. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOT-rapport 159.
- Westerink, J., Smit, B., Dijkshoorn, M., Polman, N., Vogelzang, T., 2018. *Boeren in beweging: hoe boeren afwegingen maken over natuurinclusieve landbouw en hoe anderen hen kunnen helpen*. Wageningen: Wageningen University & Research.
- Westerink, J., Bufe, C., Ozinga, W., Geerts, R., Plomp, M., Klootwijk, C., Hassink, J., Visser, T., Massop, H., Dik, P., van Os, J., Bloem, J., Blokland, P. W., de Koeijer, T., Veraart, M., & de Wit, N. (2024). *Kruidenrijk grasland in het veenweidegebied: Wat is het en wat kun je ermee?* (Rapport / Wageningen Environmental Research; No. 3359). Wageningen Environmental Research. <https://doi.org/10.18174/661749>.

-
- Wiersma, P., T. Hoenders en Y. Roelofs, 2022. Vogelakkers – diversiteit en effectiviteit. Driebergen: Kennisnetwerk OBN.
- Winter, M.A. de, T.A. Vogelzang & J. van Schaick, 2010. De blaarkop: ouderwets goed; Inventarisatie van de mogelijkheden voor een dubbeldoelkoe in deze tijd. Wageningen: Landbouweconomisch Instituut (LEI).
- Wisman, A. en J. Roskam, 2023. NSO-typering agrarische bedrijven 2022: normen en uitgangspunten bij typering agrarische bedrijven in Nederland. 9789464477726. Wageningen Economic Research, Wageningen.
- Wit, D. J., & Toorop, D. R. A. (2016). Grasklaverteelt motor voor samenwerking en klimaatadaptatie : "ClimateCafe" evalueert samenwerking akkerbouw- en veeteeltbedrijven. *Ekoland*, 12, 20–21. <http://edepot.wur.nl/407725>.
- Wit, J. de, M. van Dongen, N. van Eekeren & E. Heeres, 2004. Handboek grasklaver: Teelt en voeding van grasklaver onder biologische omstandigheden. Driebergen: Louis Bolk Instituut.
- Witmond, B., Schütte, H., Meurs, E., Schreurs, J., Wedman, H., Venema, G., van der Meulen, H., Jager, J., van Asseldonk, M., van der Meer, R., Boonstra, F., & Nieuwenhuizen, W., 2022. Tussentijdse evaluatie POP3: Rapportage. Rotterdam: Ecorys, Wageningen: Wageningen Research.
- Zijlstra, J., Timmerman, M., Reijs, J., Plomp, M., de Haan, M., Sebek, L., & van Eekeren, N. (2019). Doelwaarden op bedrijfsniveau voor de KPI's binnen de Biodiversiteitsmonitor Melkveehouderij. (Wageningen Livestock Research rapport; No. 1151). Wageningen Livestock Research. <https://doi.org/10.18174/471202>.
- Zom, R.L.G., september 2002, Voorspelling voeropname met Koemodel 2002, PraktijkRapportRundvee 11, Praktijkonderzoek Veehouderij Lelystad.

Persoonlijke communicatie bronnen

Willem van Geel, juni 2023 – november 2024

Interviews

Jelle Zijlstra, WUR, november 2022

Monique Bestman, November 2022

Boki Luske, Louis Bolk Instituut, november 2022

Dirk van Apeldoorn, WUR, november 2022

Bijlage 1 Gehanteerde Bedrijfsmodellen

Bedrijfsbegrotingsprogramma Rundveehouderij (BBPR)

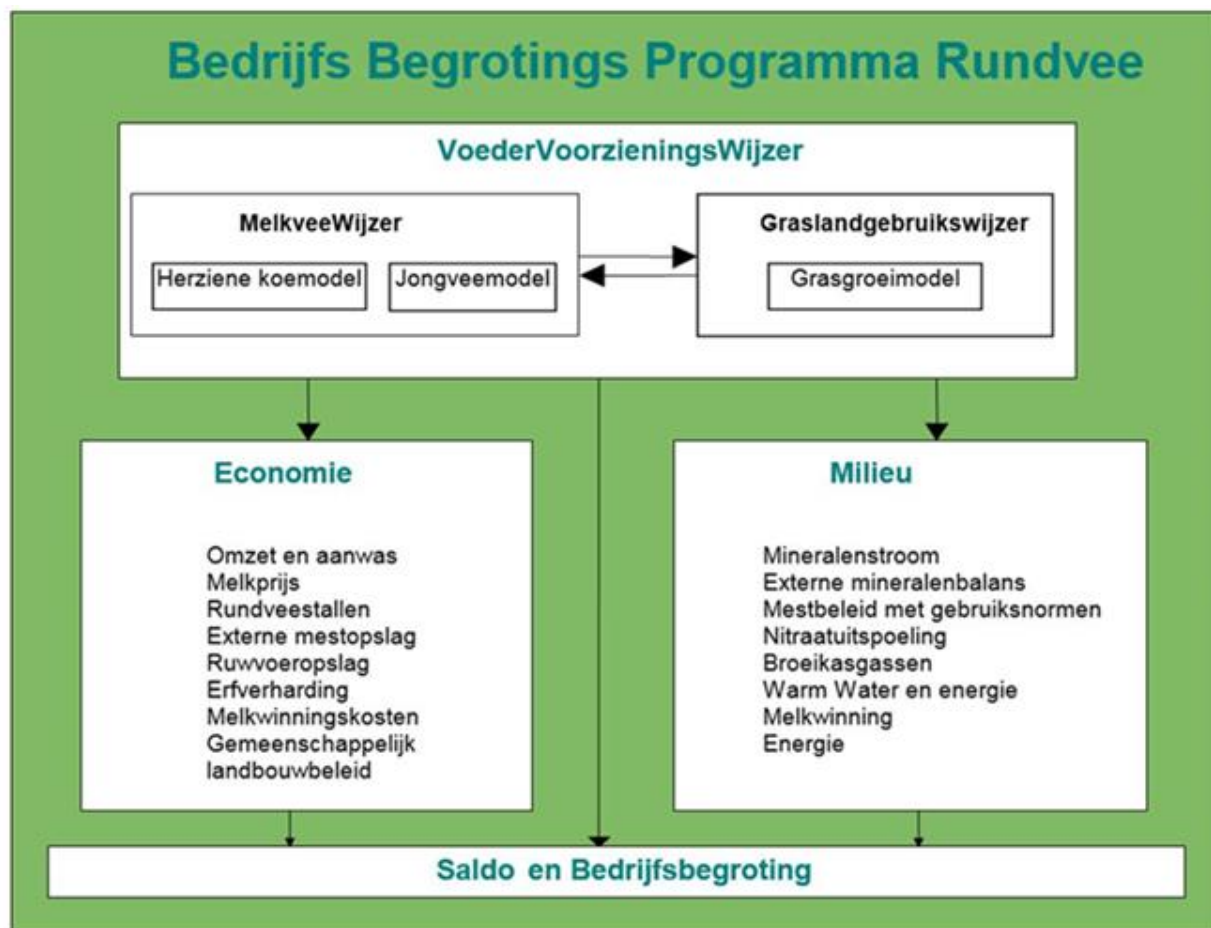
De berekeningen voor het natuurinclusieve bedrijfssysteem in de melkveehouderij in deze studie zijn uitgevoerd met het Bedrijfsbegrotingsprogramma Rundveehouderij (BBPR). Dit model is ontwikkeld door de Animal Sciences Group (ASG, tegenwoordig Wageningen Livestock Research van WUR).

Rekening houdend met specifieke bedrijfsomstandigheden, berekent het BBPR technische, milieutechnische en bedrijfseconomische kengetallen (Van Alem & Van Scheppingen, 1993; Schils et al., 2008). Uitgangspunt bij berekeningen met het BBPR is steeds de huidige landbouwkundige advisering bij onder meer de voeding en bemesting. Vergelijking van resultaten van de huidige bedrijfsvoering met kengetallen uit het BBPR geeft inzicht in de rentabiliteit van het bedrijf en de doelmatigheid op technisch en milieutechnisch gebied. Door alternatieven voor de huidige bedrijfsvoering door te rekenen, is het mogelijk het effect van een verandering in het bedrijf in te schatten. In deze studie worden per scenario maatregelen 'gestapeld', zodat uiteindelijk de effecten van alle maatregelen samen integraal zichtbaar gemaakt worden.

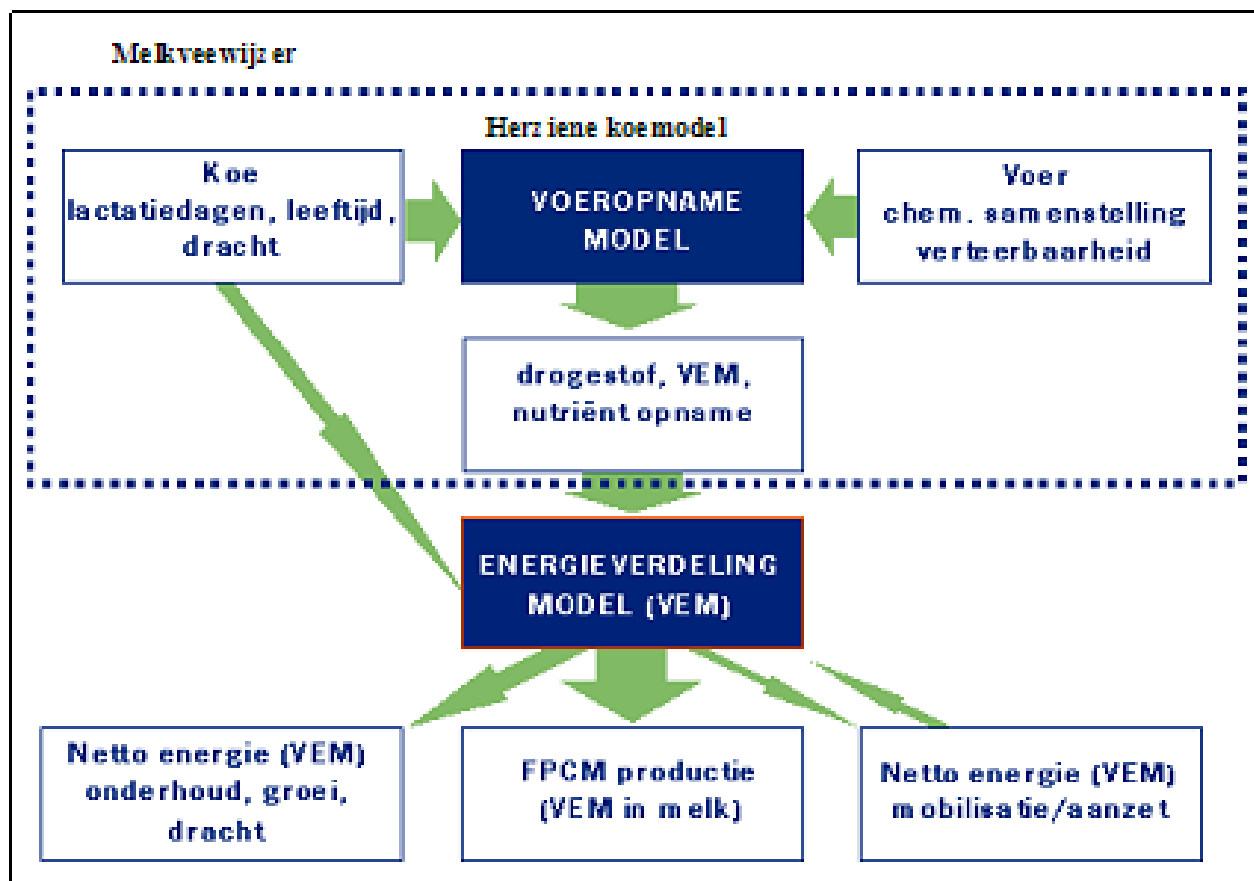
BBPR is gebaseerd op de actueelste kennis over de rundveehouderij; het is erin samengebundeld. Zo kunt u als gebruiker ervan uitgaan dat informatie die staat in de laatste uitgaven van *Kwantitatieve Informatie Veehouderij* (KWIN-V) en het *Handboek voor de Melkveehouderij* (vanaf 1997 de nieuwe naam voor het Handboek voor de Rundveehouderij) (Blanken et al., 2022) in het BBPR is verwerkt.

Het BBPR is opgebouwd uit verschillende modules. De opzet van het BBPR is in figuur B1.1 weergegeven. De voeropname en melkproductie zijn berekend met het Koemodel (Zom, 2002). Dit Koemodel bestaat uit twee afzonderlijke delen (zie figuur B1.2). Het eerste deel voorspelt de voeropname op basis van voerfactoren (zoals chemische samenstelling en verteerbaarheid) en koefactoren (zoals lactatiestadium, leeftijd en dracht). Als de voeropname bekend is, kan ook de opname van energie (VEM) en eiwit (DVE) worden berekend. Voor het bepalen van de gewenste krachtvoersoort gaat het BBPR uit van drie verschillende 'standaardbrokken' met hetzelfde VEM-gehalte en drie verschillende DVE-gehalten.

Het tweede deel van het Koemodel voorspelt hoe de opgenomen energie wordt verdeeld over onderhoud, dracht, gewichtsoontwikkeling, melkproductie en de aanzet of mobilisatie van lichaamsreserves. Dit is schematisch weergegeven in figuur B1.2. Aan de hand van de voeding wordt door het model ook de mestsamenstelling berekend. Het model geeft ook een Kringloop Wijzer-uitvoer waar de ammoniakemissie op is gebaseerd. De economische resultaten zijn in deze studie niet gerapporteerd, maar worden binnen het BBPR berekend met behulp van normen uit de actuele KWIN Veehouderij.



Figuur B1.1 Overzicht opbouw BBPR en onderlinge samenhang met andere onderdelen.



Figuur B1.2 Schematische weergave van de melkveewijzer met het Koemodel.

NDICEA Stikstof- en koolstofplanner

Stikstof is bepalend voor de potentiële opbrengst van je gewassen. Daarnaast is een overmaat aan stikstof een probleem voor het milieu. NDICEA geeft inzicht in de beschikbaarheid van stikstof voor het gewas gedurende het groeiseizoen en laat daarnaast zien hoeveel stikstof na de oogst nog aanwezig is in de bodem.

Naast stikstof rekent het model ook de opbouw en afbraak van organische stof. De doorrekening laat zien of er sprake is van toename dan wel afname van organische stof in de bodem op langere termijn. Koolstof en stikstof in de bodem staan nooit los van elkaar. De dynamiek van deze twee elementen verloopt grotendeels via de bodem-organische stof. Mineralisatie van stikstof uit meer stabiele bodem-organische stof en uit sneller afbreekbare organische stof, zoals gewasresten en groenbemesterresten, is een ingewikkeld proces. Het programma NDICEA modelleert dit proces en maakt de koolstof-stikstofdynamiek inzichtelijk. Per soort organische stof rekent het programma in stappen van één week uit wanneer welke hoeveelheid stikstof beschikbaar komt. Net als in een echte bodem werken bemesting en gewasrotatie van de afgelopen jaren door in de huidige mineralisatie. Daarbij wordt rekening gehouden met het soort organische stof, de lokale grondsoort en bodemchemie, de weersomstandigheden en de manier van grondbewerking. De beschikbaar komende stikstof wordt naast de verwachte stikstofopname door het gewas gezet, maar ook de mate van stikstofuitspoeling en de organische stofopbouw wordt inzichtelijk gemaakt.

<https://www.ndicea.nl/index.php>

Bijlage 2 INITIATOR en OPS

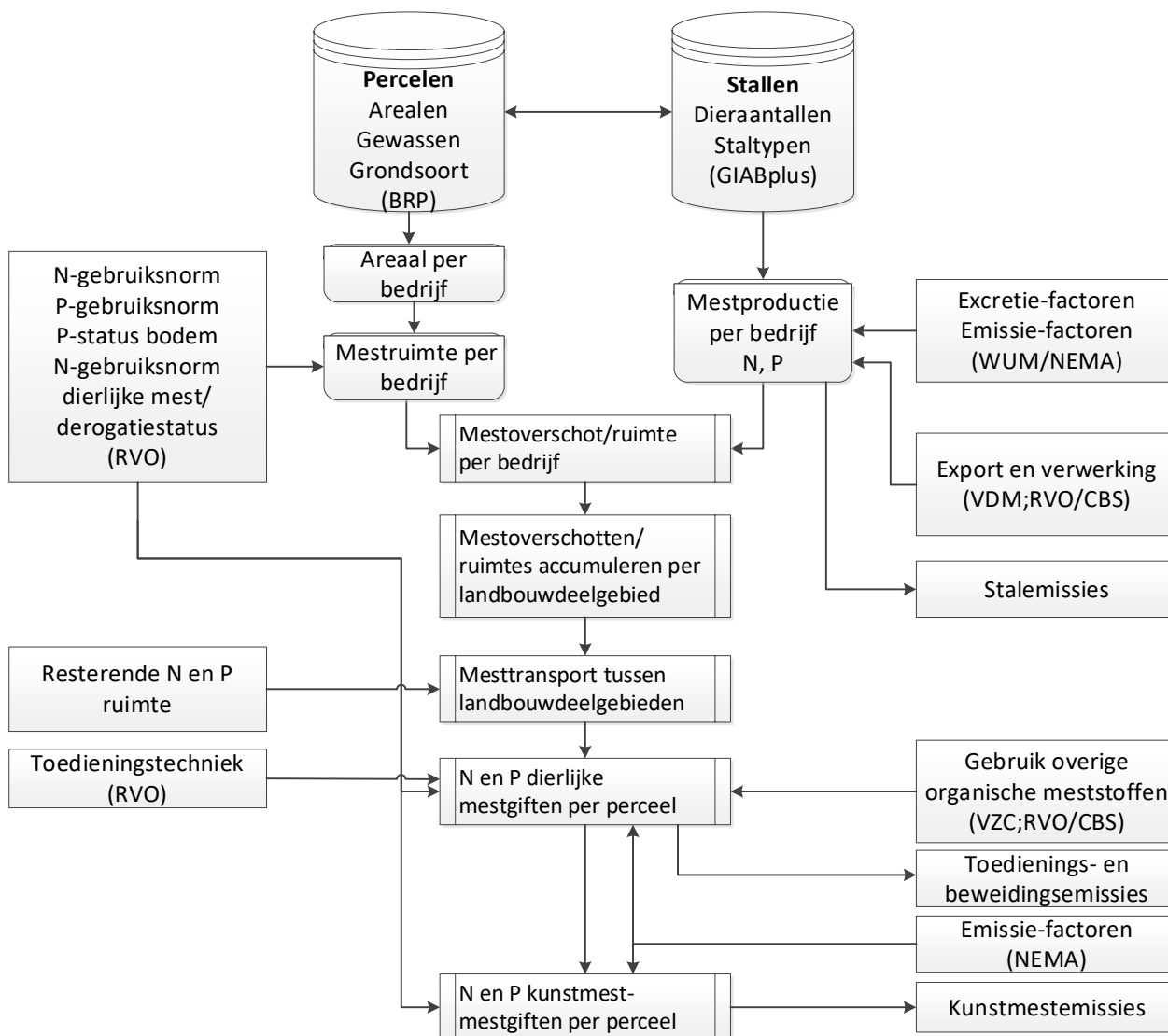
INITIATOR

De mestverdeling en ammoniak-, methaan- en lachgasemissies wordt berekend met het model INITIATOR (*Integrated Nitrogen Impact Assessment Tool on a Regional Scale*; De Vries et al., 2023). Dit model berekent alle belangrijke N-, P- en C-fluxen in de landbouw, waaronder de aanvoer van N, P en C in de vorm van kunstmest, dierlijke mest, depositie en N-binding, de N- en P-afvoer door het gewas en de emissies van methaan (CH₄), ammoniak (NH₃), lachgas (N₂O) en stikstofoxiden (NO_x) naar de atmosfeer. Daarnaast berekent het model ook de verandering in de voorraad aan bodemkoolstof en de bijbehorende emissie of vastlegging van CO₂ uit bodems en de accumulatie en uitspoeling van N, P, basen en zware metalen. De berekeningen worden op regionale en nationale schaal uitgevoerd, met 250m×250m als basisresolutie.

Met INITIATOR wordt de mest over grasland en bouwland verdeeld, rekening houdend met de aanvoer van dierlijke mest (van het eigen bedrijf of via mesttransport) en kunstmest, de wettelijke gebruiksnormen (conform Mestwetgeving), het gewas en de grondsoort. De N- en P-excretie worden berekend door een vermenigvuldiging van het aantal dieren (in verschillende categorieën) met excretiefactoren die aangeven hoeveel N en P in de mest elk dier in een jaar produceert. De stal- en opslagemissies van gasvormige N-verliezen worden berekend door de N- excretie te vermenigvuldigen met N-emissiefactoren, waarbij rekening wordt gehouden met dier- en staltype. Een mestverdelingsmodule berekent vervolgens het transport van dierlijke mest op gemeenteniveau en de aanvoer van mest en kunstmest naar de bodem. INITIATOR wordt gebruikt voor het berekenen van de ruimtelijke verdeling van mest en ammoniakemissie ten behoeve van het ANIMO/LWKM-model (mestverdeling) en de ruimtelijke verdeling van de ammoniakemissie ten behoeve van de Emissie Registratie (Kros et al., 2019). De NH₃-emissies uit stallen en opslagen en vanuit de bodem vormen de input van het AERIUS-model voor de berekening van de stikstofdepositie op zowel landbouwgronden als in Natura 2000-gebieden.

Het model maakt gebruik van gedetailleerde ruimtelijke gegevens die grotendeels afkomstig zijn uit beschikbare nationale GIS-datasets, zoals de geografisch expliciete landbouwtellinggegevens, met het aantal dieren per vestiging (GIAB; Van Os en Kros, 2022). Door deze koppeling zijn we in staat om op een hoge ruimtelijke resolutie de N- en P-excretie, stal- en opslagemissies, mest- en kunstmestverdeling en bodememissies te berekenen.

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



Figuur B2.1 Schematische weergave van de wijze waarop de verdeling en transport van dierlijke mest wordt berekend en welke ondersteunende gegevens daarbij worden gebruikt.

Modelinput INITIATOR

De input van het model bestaat in grote lijnen uit:

- gedetailleerde ruimtelijke gegevens ten aanzien van bodem (bodemtype, C-, N-, P- en metaalgehalten), hydrologie, landgebruik en gewassen die s afkomstig zijn uit beschikbare nationale GIS-datasets: de 1:50.000 bodemkaart en het landgebruik (ANIMO/LWKM voor de ruimtelijke verdeling, CBS voor de absolute hoeveelheid);
- geografisch expliciete landbouwtellinggegevens, met o.a. het aantal dieren per bedrijf, het staltype en de locatie van stallen (GIAB), in het model geaggregeerd tot bedrijfsniveau;
- mestverwerking en export (CBS) op postcodeniveau 4 (PC4; voor rundvee-, varkens- en pluimveemest);

In het Geografisch Informatiesysteem Agrarische Bedrijven (GIAB: Van Os en Kros, 2022) is informatie over verschillende agrarische grondgebruiksfuncties een belangrijke basis om effecten van beleidsmaatregelen te analyseren of om nieuwe ontwerpen te maken. Hierin zijn gegevens opgenomen van landbouwbedrijven die meedoen aan de jaarlijkse landbouwtelling (LBT, onderdeel van de Gecombineerde Opgave; GO) van RVO en bewerkt door het CBS. De gegevens zijn gekoppeld aan de locatie van de hoofdvestiging van het landbouwbedrijf. Het bestand wordt onder andere gebruikt bij onderzoek naar dierziekten, landbouwstructuuranalyses, effecten van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid en bij onderzoek naar emissies van geur, ammoniak en fijnstof.

Vanaf emissiejaar 2009 is GIAB verder gedetailleerd tot een versie waarin de dieren aantallen van de LBT worden onderverdeeld naar de verschillende bedrijfslocaties van één bedrijf, die veehouderijbedrijven in gebruik hebben binnen de I&R (Identificatie & Registratie van dieren; Regeling identificatie en registratie van dieren). Belangrijke variabelen zijn het bedrijfstype, de bedrijfsomvang, arealen per gewas en aantallen per diergroep. Vanaf 2011 is ook de verdeling van dieren over de nevenvestigingen en de ligging daarvan beschikbaar en vanaf 2015 wordt gebruikgemaakt van de Opgave Huisvesting Veehouderij (OHV), dat in tegenstelling tot de LBT geen momentopname (1 april) betreft, maar een opname op meerdere momenten in het jaar en onderscheid maakt tussen hoofd- en nevenvestiging. Hierdoor wordt een representatiever beeld verkregen over het aantal aanwezige dieren.

De volgende modeldata en -parameters worden meegenomen (niet uitputtend):

- Gebruiksnormen ten aanzien van mestgebruik voor N en P (RVO)
- Beweidingsduur (LBT)
- Mestverwerking (RVO/CBS)
- Gebruikte mesttoedieningstechniek (LBT)
- Acceptatiegraden voor dierlijke mest door de akkerbouwbedrijven op basis van de huidige vervoersbewijzen dierlijke mest (RVO)
- Fosfaatstatus bodem (P-AL/Pw; RVO)
- Bedrijven met derogatie (RVO)
- Excretiefactoren en de verdeling van de mest over weide- en stalmest: deze zijn afkomstig uit NEMA (Van Bruggen et al., 2022)
- Ammoniak, methaan en lachgas emissiefactoren, afkomstig uit NEMA (Van Bruggen et al., 2022)

Er loopt momenteel veel onderzoek naar actualisering, verfijning en verbetering van de methaan- en lachgasemissiefactoren. Dit onderzoek zal de komende jaren leiden tot een verbetering van de berekening van emissies van ammoniak, methaan en lachgas.

Berekening van bedrijfsspecifieke emissiefactoren in INITIATOR

INITIATOR maakt gebruik van de emissiefactorenmethodiek uit NEMA¹⁴, waarbij de Rav-emissie¹⁵ die per dierplaats worden omgerekend in emissiefactoren op basis van de excretie van ammoniakale N (TAN) in een referentiejaar van Rav-vaststelling. Deze procedure gaat als volgt:

- In GIAB is voor iedere stal de door de boer opgegeven Rav-typering bekend.
- Aan de hand van de Rav-tabel van RVO met de NH₃-emissie per dierplaats (kg NH₃/dp) wordt de betreffende emissie gekoppeld aan het staltype uit GIAB.
- De Rav-emissie in kg NH₃/dp wordt op basis van de NEMA-berekeningsmethodiek omgerekend naar een NEMA-emissiefactor uitgedrukt in kg NH₃-N emissie per kg TAN. Hierbij wordt gebruikgemaakt van de benodigde locatiespecifieke informatie, zoals de beweidingsgraad (uit LBT), opslag en TAN (uit NEMA).
- Voor een melkveebedrijf met beweiding betekent dit dat voor de stal de bedrijfsspecifieke stalemissiefactor (in kg NH₃-N/kg N) wordt berekend uit het quotiënt van de voor bedrijfsspecifieke beweiding gecorrigeerde Rav-emissie van permanent opstallen (kg NH₃/dp) en de (TAN-)excretie in de stal (kg NH₃-/dier), waarbij tevens rekening wordt gehouden met stalbezetting en omrekening van NH₃ naar NH₃-N.

Effecten van maatregelen op de samenstelling van voer, met name voor melkvee, zijn in de berekeningen opgelegd in termen van reducties op de huidige excreties (zowel voor stikstof als methaan). Er is echter geen excretiemodel toegepast waarin de effecten van veranderingen in arealen en de samenstelling van ruwvoer op stikstof-, fosfaat- en koolstofexcreties is doorgerekend.

¹⁴ NEMA is het model dat gebruikt wordt door Emissie Registratie om jaarlijkse de nationale ammoniak- en broeikasgasemissies te berekenen. Van der Zee, T., A. Bannink, C. van Bruggen, K. Groenestein, J. Huijsmans, J. van der Kolk, L. Lagerwerf, H. Luesink, G. Velthof and J. Vonk, 2021. *Methode om landbouwemissies naar lucht te berekenen. Berekeningen voor methaan, ammoniak, lachgas, stikstofoxiden, niet-methaan vluchtige organische stoffen, fijnstof en koolstofdioxide met NEMA-update 2021.* Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu RIVM.

¹⁵ Regeling ammoniak en veehouderij: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0013629/2022-12-01>.

Operationele Prioritaire Stoffen model

De NH₃-depositie ten gevolge van de Nederlandse landbouw op de Natura 2000-gebieden is berekend met het Operationele Prioritaire Stoffen model (OPS) versie 5.0.0.0 (Sauter et al., 2015). Voor de stal- en opslagemissies (op 250m×250m als invoer) is de depositie op 250m×250m bepaald en afzonderlijk per bedrijfslocatie¹⁶ en per diercategorie (rundvee, varkens, pluimvee en overig) berekend. Voor de toedienings- en beweidingsemisies (op 500m×500m als invoer) is de depositie op 500m×500m bepaald. Voor de totale NH₃-depositie worden beide depositielagen bij elkaar opgeteld.

Naast de ammoniakemissies uit de landbouw dragen ook emissies uit andere bronnen bij aan de totale stikstofdepositie. Voor de bepaling van de totale stikstofdepositie is gebruikgemaakt van de RIVM/CLO-kaarten voor 2020 en 2030 per km-cel <https://www.rivm.nl/gcn-qdn-kaarten/depositiekaarten>). Deze kaarten maken onderscheid in verschillende emissiebronnen en zijn uitgesplitst naar NO_x en NH₃. De NO_x-kaart is overgenomen van RIVM/CLO. Voor ammoniak is in het kader van de onderhavige studie een uitsplitsing gemaakt naar NH₃-emissie uit de landbouw en overige NH₃-emissie. Deze overige NH₃-emissie wordt afgeleid door de totale NH₃-depositie berekend door het RIVM te verminderen met de in de onderhavige studie berekende depositie door de Nederlandse NH₃-emissie uit de landbouw.

De ligging van de stikstofgevoelige habitattypen en de leefgebieden per Natura 2000-gebied, alsmede de corresponderende KDW-waarden, zijn gebaseerd op kaarten zoals gebruikt door het RIVM.¹⁷ Het momenteel meest actuele bestand is de versie van 13 januari 2022, dat ook voor Aeries (www.aeries.nl) wordt gebruikt.

¹⁶ Dit betekent dat de emissie en de resulterende depositie per stal is doorgerekend op een resolutie van 250m×250m. Dit betekent dat wanneer er in een 250m×250m-cel meerdere stallen voorkomen deze apart zijn doorgerekend, maar waarbij wel dezelfde emissie-depositie-relatie gehanteerd is.

¹⁷ <https://www.aeries.nl/nl/factsheets/open-data-relevante-habitatkartering/13-01-2022>.

Bijlage 3 Natuurinclusieve maatregelen melkveehouderij

Emissiearme stal- en mestopslag melkveehouderij

Om ook goed te scoren op het natuurinclusieve aspect 'sparen van natuur', is voor alle drie de bedrijfssystemen gekozen voor een emissiearme stal. Daarbij was de wens een strooiselstalsysteem te kiezen. Deze strooiselstalsystemen hebben een positief effect op dierenwelzijn en faciliteren strooiselstallen met vaste, strorijke mest de koolstofvastlegging in de bodem (klimaatmitigatie), een verhoging van het watervasthoudend vermogen en drainage (klimaatadaptatie en stabielere productieomstandigheden) en een rijker bodemleven. Het probleem is dat er op dit moment nog geen goedgekeurd (potstal)systeem bestaat volgens de RAV-systematiek. De ammoniakemissie van de systemen is sterk variabel, maar zal grofweg geen lagere stalemissie geven dan de traditionele melkveestallen en daarbij zijn de emissies vanuit het niet-strooiseldeel vaak (zeer) belangrijk zijn voor de totale stalemissie van ammoniak (Pijlman et al., 2018). Daarnaast kunnen de strooiselstallen een (extra) bron voor de emissie van broeikasgassen zijn.

Om de stalemissies van de natuurinclusieve bedrijfssystemen toch flink te kunnen reduceren, is daarom als compromis gekozen voor een emissiearme ligboxenstal (RAV 1.35). Het nadeel van dit systeem is dat deze drijfmest en geen stromest levert. Daar staat dus het voordeel van een lagere ammoniakemissie tegenover, namelijk 8,3 kg ammoniak (NH_3) per dierplaats, per jaar in plaats van 13 kg NH_3 bij een potstalsysteem volgens de RAV-systematiek (RAV, 2023). Dit staltype voldoet daarmee aan het huidige Besluit huisvesting. Volgens dit besluit mogen er vanaf 2015 geen koeienstallen meer gebouwd worden met een traditionele roostervloer. Nieuw stallen moeten voldoen aan 8,6 kg NH_3 per dierplaats per jaar. Daarbij dient wel de opmerking gemaakt te worden dat ten tijde van de looptijd van dit onderzoek bekend werd dat emissiearme stalvloeren in de melkveehouderij niet voor aantoonbaar minder ammoniakemissies zorgen (Groenenstein et al., 2023). In deze verkenning wordt er wel van uitgegaan dat ze werken of er andere emissiearme technieken met hetzelfde effect op emissiereductie ingezet worden.

Om toch wat stromest te produceren voor worden in het Natuurinclusief en Natuurinclusief-plus scenario de kalveren op een potstalsysteem met stro gehouden. De mest wordt onder de stal opgeslagen, er is geen aparte mestopslag en ook geen bewerking, zoals vergisting.

Veerassen en fokkerij

Het koeras wordt afgestemd op bedrijfssysteem. Het Gangbaar-plus bedrijfssysteem blijft Holstein-Friesian (HF) koeien houden, omdat deze de hoogste melkproductie geven. Bij Natuurinclusief en Natuurinclusief-plus wordt gekozen voor dubbeldoelkoeien op basis van een kruising van Holstein-Friesian (HF) en een dubbeldoel ras, zoals Fleckvieh of Blaarkop. Reden voor een ander veeras is het verkrijgen van een betere balans in rantsoen en melkgift en een koe die wat robuuster is en minder gezondheidsproblemen kent. Het eiwitgehalte wordt in het rantsoen van de koeien verlaagd. Dit betekent dat de melkgift hiermee in balans moet zijn, wil de gezondheid van de koe niet ondermijnd worden. Kruisingen zouden een robuust ras opleveren dat wat lichter van gewicht is, een hoger vetgehalte in de melk heeft en minder melk produceert (interviews Bestman en Zijlstra).

Voor Natuurinclusief en Natuurinclusief-plus wordt gewerkt met een voorjaars afkalvende veestapel om vers gras zo goed mogelijk te benutten. Het idee is om de melkproductie zo veel als mogelijk parallel te laten lopen met de grasproductie. Dit betekent dat de alle melkkoeien in februari/maart kalven in plaats van verspreid over het jaar. Hierdoor staan de koeien in de winter droog (geven geen melk) en hebben ze minder voerbehoefte.

Om de melkproductie op peil te houden, worden koeien na een aantal lactatieperiodes vervangen. Het percentage koeien dat per jaar wordt vervangen op een melkveehouderij wordt het vervangingspercentage genoemd. Het vervangingspercentage van de melkkoeien wordt iets verlaagd om zo het dierenwelzijn te verbeteren, omdat er op deze manier minder kalveren nodig zijn om de melkkoeien te vervangen. Zodra de

koeien geen melk meer geven, gaan ze in alle bedrijfssystemen naar de slachterij (pensioenkoeien leveren geen melk, maar er moeten wel fosfaatrechten voor gekocht worden om ze te mogen houden).

Grondgebruik en grondbewerking

Gebruikmaken van natuur richt zich op het inzetten op een gezonde bodem met een zo groot mogelijke koolstofopslag in de bodem en een efficiënte benutting van stikstof:

- Er wordt gewerkt met grasklavers voor stikstofbinding uit de lucht om zo de organische mestgift te verminderen en geen kunstmest meer nodig te hebben. Vlinderbloemigen in het algemeen dragen bij aan een goede doorworteling, wat goed is voor de bodemstructuur en de opbouw van organische stof.
- Vlinderbloemigen zorgen voor grondbedekking ter voorkoming/minimaliseren van (wortel)onkruiden.
- Het grasland wordt zo min mogelijk gescheurd om de opbouw van organische stof te vergroten en het bodemleven zo min mogelijk te verstoren.
- Op Natuurinclusief en Natuurinclusief-plus bedrijven is gekozen om geen krachtvoer te verbouwen, zodat het aandeel permanent grasland 100% is, wat bijdraagt aan de opbouw van het organischestofgehalte van de bodem.
- Op de Natuurinclusief en Natuurinclusief-plus bedrijven wordt gebruikgemaakt van vaste mest om het organischestofgehalte in de bodem te verhogen voor geleidelijke nutriëntentoevoer en het vasthouden van water.
- Er wordt in het voorjaar zo veel mogelijk water vastgehouden om de sponswerking van de bodem te vergroten.

Op basis van bovenstaande uitgangspunten verschillen de natuurinclusieve maatregelen die melkveehouderijen voor Gangbaar-plus, Natuurinclusief en Natuurinclusief-plus nemen met betrekking tot het beheer en bemesting van hun grond voor het telen van gras en krachtvoer.

Grasland

Voor grasland wordt bij gangbaar en gangbaar-plus gewerkt met een productief graslandmengsel om de productie zo hoog mogelijk te houden. Voor Natuurinclusief en Natuurinclusief-plus op klei- en zangrond wordt gewerkt met een mengsel van gras en klaver om te zorgen voor stikstofbinding en bodemverbetering, waardoor een lagere mestgift nodig is. Op veengrond geven experts aan dat het moeilijk is om daar klaver te handhaven, vanwege de voedselrijkdom van de bodem (De Wit et al., 2004). Om die reden is daarom ook bij Natuurinclusief en Natuurinclusief-plus gekozen voor productief grasland zonder klaver. Dat neemt niet weg dat dit gras in geval van de lagere bemesting bij met name Natuurinclusief en Natuurinclusief-plus naar verwachting zal leiden tot een meer kruidenrijk grasland dan bij het gangbare systeem. Westerink et al. (2024) concluderen dat in veenweidegebied van Alblasserwaard-Vijfheerenlanden een zekere mate van kruidenrijk grasland aanwezig. Graslandvernieuwing wordt hier minder gedaan, omdat scheuren van grasland leidt tot versnelde oxidatie en inklinking van de veenbodem en dat met vakmanschap belangrijk is om zowel een goede opbrengst te halen alsook een soortenrijkdom in stand te houden.

Permanente graslandpercelen worden in de gangbare bedrijfsvoering periodiek opnieuw ingezaaid, om te voorkomen dat de gewasopbrengst achteruitgaat door een verminderde grasopname bij het weiden van vee door toename van het aandeel grassoorten dat slecht gevreten wordt (Hoving et al., 2022). In het gangbare bedrijfssysteem vindt deze graslandvernieuwing op klei- en zandgronden één keer per tien jaar plaats. Op het productiegrasland van Gangbaar-plus, Natuurinclusief en Natuurinclusief-plus wordt deze frequentie teruggebracht naar één keer per twaalf jaar, zodat het stikstofleverend vermogen onder de grasmat opgebouwd kan worden. Bij graslandvernieuwing wordt het gras gescheurd en het land geploegd. Dat is de reden dat er op veengronden geen sprake is van volledige graslandvernieuwing, hier kan beter gekozen worden voor doorzaaien, waarbij de oude grasmat niet wordt omgeploegd (Staps, 2018).

In de natuurinclusieve scenario's wordt het aantal uren weidegang op de graslanden uitgebreid. Weidegang draagt bij aan het natuurlijke graasgedrag van de koe en heeft onder andere een positief effect op de botanische samenstelling (zoals witte klaver in verband met natuurlijke stikstofbinding), op de methaan- en ammoniakemissie en op het bodemleven. Koemest biedt namelijk broedplaatsen voor wormen die het strooisel verteren en de bodemstructuur in de bovenste bodemlaag bepalen. Weidegang, met name als beweiding in het najaar plaatsvindt, kan wel leiden tot meer nitraatuitspoeling en lachgasemissies (Velthof, et al., 2021).

In Natuurinclusief en Natuurinclusief-plus wordt gekozen voor 24 uur weiden in het groeiseizoen, waardoor het aantal uren weidegang sterk toeneemt ten opzichte van gangbaar en gangbaar-plus. Ook wordt bij deze systemen het weideseizoen verlengd, voor zover de bodem dit toelaat. Bij veen is de weideperiode bijvoorbeeld korter bij een hoge grondwaterstand, omdat de gewasgroei later op gang komt.

Mais

Op klei- en zandgronden wordt in gangbaar en gangbaar-plus mais verbouwd. Bij gangbaar gaat het om continue teelt van mais, dus telkens op hetzelfde perceel. Het gangbaar-plus bedrijf heeft een wisselteelt van mais met grasklaver, dat levert een verdeling op van 60% permanent grasland en 20% mais en 20% grasklaver. De stikstofbindende grasklaver wordt afgewisseld met stikstofbehoefteige mais. De klaver bindt eerst stikstof in de grond, wat daarna wordt opgenomen door de snijmais. De klaver wordt ingekuuld als ruwveevoer en de mais kan gebruikt worden als krachtvoer (interview Zijlstra). Op veengrond wordt in geen van de bedrijfssystemen mais verbouwd, omdat grondbewerking de oxidatie en inklinking van de veenbodem verhoogt.¹⁸ Dat betekent dat bedrijven op veengrond mais of ander (kracht)voer aanvoeren van elders.

In het Natuurinclusief en Natuurinclusief-plus bedrijfssysteem wordt geen eigen mais geteeld. Krachtvoer wordt ingekocht, in de vorm van wintergraan van de natuurinclusieve akkerbouwers, zodat de melkveehouder het bedrijfsareaal volledig in kan zetten voor de productie van gras (ruwvoer) en dit gras ook niet in een rotatie met een gewas als graan hoeft te hebben, waardoor het beter mogelijk is om langjarig organische stof in de bodem op te bouwen.

Agrarisch natuurbeheer

Het gangbare bedrijfssysteem heeft geen actief agrarisch natuurbeheer. Er is alleen sprake van 5% niet-productieve gronden en/of landschapselementen. Deze gronden worden niet actief beheerd voor agrarische productie. Het kunnen bijvoorbeeld bufferstroken langs sloten zijn, opgaande landschapselementen of overige niet-bemeste gronden. Gangbaar-plus, Natuurinclusief en Natuurinclusief-plus hebben allemaal 20% agrarisch natuurbeheer op de klei- en veengronden. Experts geven aan dat in termen van bedrijfsareaal tot ongeveer 20% ingezet kan worden voor agrarisch natuurbeheer, zonder het bedrijfsmodel fundamenteel aan te hoeven passen. Het agrarisch natuurbeheer richt op beheermaatregelen voor specifieke soorten die voorkomen op het bedrijf. Denk aan weidevogelbeheer, ecologisch slootrandbeheer, kruidenrijk grasland en het beheer van landschapselementen, zoals houtsingels/wallen en knotbomen. In de klei- en veengebieden wordt verondersteld dat ca. 15% van het areaal wordt ingezet voor weidevogelbeheer:

- In Gangbaar-plus wordt ingezet op uitgesteld maaibeheer tot minimaal 15 juni. Dit grasland wordt nog wel regulier bemest om de gewasproductie op peil te houden, daarom wordt er niet ingezet op kruidenrijk grasland.
- In Natuurinclusief en Natuurinclusief-plus wordt ingezet op langjarige verbetering van de habitatkwaliteit van de weidevogelgraslanden door in te zetten op extensief kruidenrijk grasland met een hoge grondwaterstand en uitgesteld maaibeheer tot minimaal 15 juni. Hierdoor zal de gewasproductie sterk afnemen en wordt het vezelrijke gras met een lage eiwitwaarde vaak tot hooi verwerkt. In kleinere hoeveelheden is dit in te passen in het rantsoen van hoogproductieve melkkoeien en sommige melkveehouders ervaren dat zieke koeien er graag van eten (Westerink et al., 2024). Hooi van slechte kwaliteit kan als strooisel in de stal gebruikt worden. Jongvee kan na de rustperiode ook prima geweid worden op het weidevogelgrasland.

Op de zandgronden is dit 10%, omdat er op de zandgronden vooral wordt ingezet op botanisch beheer en gronden bijna geen gewasopbrengst leveren, waardoor 20% niet zou passen binnen het bedrijfssysteem (expertoordeel). Deze percelen worden niet bemest om ze te verschralen. Dit betekent wel dat opbrengst en kwaliteit in de loop van de jaren sterk af zullen nemen, waardoor het maaisel vooral geschikt is voor jongvee en droge koeien. Op deze percelen vindt geen beweiding plaats.

In alle bedrijfssystemen is sprake van 5% niet-productieve landschapselementen. Dit zijn vaak lijnvormige elementen, zoals houtwallen en singels, maar ook bermen en slootkanten met bufferstroken. Deze elementen vormen samen een ecologisch netwerk en versterken daarmee de ruimtelijke samenhang op gebiedsniveau. Zo hebben ze ook een functie in het verbinden van natuurgebieden, zodat soorten tussen gebieden uit kunnen wisselen (Geertsema et al., 2002). In Gangbaar-plus, Natuurinclusief en

¹⁸ In de praktijk wordt er nog wel mais verbouwd op veengronden.

Natuurinclusief-plus worden deze niet-productieve landschapselementen actief beheerd ten behoeve van de voorkomende doelsoorten.

Bemesting dierlijke mest & kunstmest

In alle bedrijfssystemen (Gangbaar, Gangbaar-plus, Natuurinclusief en Natuurinclusief-plus) wordt voor de dierlijke mestgift een maximale grens van 170 kg stikstof per hectare (gemiddeld op bedrijfsniveau) gehanteerd. Derogatie is dus uitgesloten. De mestgiften verschillen per bedrijfssysteem, per gewas en per grondsoort.

In het gangbare systeem wordt op klei en zand de maximale dierlijke mestgift zo veel mogelijk opgevuld op bedrijfsniveau, met een hogere dierlijke bemesting op mais en een lagere dierlijke bemesting op de productieve graslanden. In de Gangbaar-plus bedrijfssystemen gaat de dierlijke mestgift op productiegraslanden omhoog en op de klei- en zandgronden voor mais naar beneden (mais profiteert van de stikstofbeschikbaarheid in wisselteelt met gras). Op het Gangbaar-plus bedrijf wordt kunstmest ingezet om voldoende ruwvoer te produceren om de melkproductie min of meer gelijk te houden aan die van een gangbaar bedrijf.

Voor de Natuurinclusief en Natuurinclusief-plus bedrijfssystemen blijft de dierlijke mestgift op de productieve graslanden nagenoeg gelijk aan het Gangbaar-plus bedrijfssysteem. Als er met meer grasklaver gewerkt wordt, ligt de dierlijke mestgift iets lager. De Natuurinclusief en Natuurinclusief-plus bedrijfssystemen gebruiken geen kunstmest, terwijl op de klei- en veengronden in het Gangbaar-plus bedrijfssysteem de weidevogelgebieden nog wel worden bemest met drijfmest. Het Natuurinclusief en Natuurinclusief-plus scenario produceren naast drijfmest een beperkte hoeveelheid vaste stromest (ruige mest uit de potstal waar het jongvee wordt gehuisvest) die op de extensiever weidevogelgebieden wordt toegepast. Op de zandgronden vindt botanisch beheer plaats, waar geen bemesting wordt toegepast.

Bij Natuurinclusief wordt de overvloedige dierlijke mest afgevoerd naar een akkerbouwer, in ruil voor graan als krachtvoer. Dit geldt zowel voor drijfmest als voor de ruige stalmest, die afkomstig is van de potstal waar het jongvee in gehouden wordt. Bij Natuurinclusief-plus is de veestapel exact afgestemd op de mestbehoefte en voert daarom geen mest af. De bemesting verandert niet ten opzichte van Natuurinclusief, alleen de veestapel is kleiner.

Grondwaterstand

De grondwaterstand is een belangrijke factor voor zowel de productie als voor natuurwaarden, al zijn de belangen vaak tegengesteld. Voor het bewerken van de grond moet de draagkracht voldoende zijn en de grondwaterstand dus niet te hoog. In deze studie wordt de grondwaterstand niet aangepast in de verschillende bedrijfssystemen, met uitzondering van de graslanden op veen. Voor natuurwaarden is daar een hogere grondwaterstand juist wel gewenst, net als voor het voorkomen van veenoxidatie. Voor de bedrijfssystemen Natuurinclusief en Natuurinclusief-plus is voor de veengronden een grondwatertrap gekozen met een hogere gemiddelde hoogste grondwaterstand.

Gewasbescherming

Gewasbescherming in de melkveehouderij is vooral gericht op het bestrijden van onkruid op gras- en maisland; bij grasland gaat het vooral om graslandvernieuwing. Het actieve-stof-verbruik komt daardoor voor driekwart voor rekening van herbiciden (waaronder glyfosaat) (Agrimatie, 2024). Bij de maisteelt in het gangbare bedrijfssysteem wordt een mix van verschillende gewasbeschermingsmiddelen gebruikt om onkruid in de mais tegen te gaan en incidenteel chemische middelen om schimmels te bestrijden (Groten et al., 2019). Bij Gangbaar-plus is het uitgangspunt om geen chemische gewasbeschermingsmiddelen te gebruiken en onkruid mechanisch te bestrijden. In uitzonderlijke gevallen zullen toch chemische middelen ingezet worden, als de opbrengst anders in gevaar komt. Bij de bedrijfssystemen Natuurinclusief en Natuurinclusief-plus worden geen voedergewassen geteeld en worden in de melkveehouderij geen gewasbeschermingsmiddelen meer ingezet.

Bijlage 4 Natuurinclusieve maatregelen akkerbouw

Bouwplan en gewasrotatie

De bodemkwaliteit en -vruchtbaarheid worden bepaald door de wisselwerking tussen gewassen, bodem, bemesting en grondbewerking (CBAV, 2014). Een brede gewasrotatie in de akkerbouw verbetert de bodem en dringt de aanleiding voor gebruik van bestrijdingsmiddelen en (kunst)mest terug, hetgeen leidt tot minder uitstoot van ammoniak en broeikasgassen en minder uit- en afspoeling naar grond- en oppervlaktewater.

De gangbare bouwplannen zijn relatief intensief, namelijk een aandeel van 62,5% rooivruchten op klei en van 50% op zand. Bij de keuze van de gewassen is rekening gehouden met veelvoorkomende gewassen in de betreffende regio's. De wintertarwe op klei wordt geteeld voor baktarwe, maar als het niet aan de kwaliteitseisen daarvoor voldoet, wordt het afgezet als voertarwe. De snijmaïs gaat naar een veehouder. In de gewasrotatie zit een relatief intensieve dubbelteelt van doperwt en stamslaboon, waaraan de Gangbaar-plus akkerbouwer niet meer doet.

De gangbare akkerbouwer past vanggewassen toe waar dat verplicht is (maïs op zand) en voor de organischestofvoorziening van de bodem op plaatsen in de rotatie waar het goed past, zoals na graan. De vanggewassen bladrammenas, Italiaans raaigras en Japanse haver hebben een snelle bodembedekking, werken goed voor onkruidonderdrukking en dragen met hun relatief hoge biomassa bij aan het organischestofgehalte in de bodem (zie ook maatregelen 'Bodembeheer').

In het bedrijfssysteem Gangbaar-plus wordt het bouwplan verruimd door het verhogen van het aandeel maaivruchten, onder andere door het toevoegen van de (zomer)veldboon. De veldboon is een vlinderbloemige die profiteert van luchtstikstofbinding door een symbiose met *Rhizobium*-bacteriën, waardoor dit gewas geen stikstofgift nodig heeft. Het gewas wordt relatief vroeg gezaaid, waardoor de kans op een hoge opbrengst toeneemt. Daarnaast passen ze meer vanggewassen toe na stikstofbehoeftige gewassen. In het Gangbaar-plus bouwplan op zand wordt snijmaïs en tritcale verbouwd voor de veehouder (omdat rustgewassen voor humane consumptie op zand beperkt mogelijk is). Omdat maïs laat in het jaar wordt geoogst, wordt Engels raaigras half juni al onder gezaaid. Hierdoor wordt er nog voldaan aan de tijdige inzaai van een vanggewas na maïs op zand. In het Gangbaar-plus bouwplan op klei is de teelt van korrelmaïs opgenomen voor humane consumptie. Korrelmaïs wordt nochtans in Nederland geteeld voor veevoer, maar het kan ook gebruikt worden voor brood en als bindmiddel in maïzena. Door klimaatverandering is te verwachten dat korrelmaïs steeds vaker zal voldoen aan de productievereisten voor humane consumptie.

In het bedrijfssysteem Natuurinclusief heeft de akkerbouwer zijn bouwplan verder verruimd, waardoor de vruchtwisselingen in balans zijn. Bij de gewaskeuze is rekening gehouden met de grondsoort. Bij het opstellen van een gewasrotatie wordt rekening gehouden met de behoefte van het gewas en het effect op de bodem. Op kleigrond staan relatief meer stikstofbehoeftige rooivruchten dan op zand. De uitspoelingsgevoeligheid is hier kleiner. Op klei is ongeveer de helft van de gewassen intensief (aardappel en rode biet). Dit betekent dat ze intensief zijn voor de bodemstructuur en een adequate bemesting vragen. De andere helft van de gewassen is extensief (grasklaver, veldboon en wintertarwe), waarmee bedoeld wordt dat deze gewassen de bodemstructuur herstellen en stikstof in het systeem brengen door de vlinderbloemigen. In tegenstelling tot de Natuurinclusief bouwplan op zandgrond, wordt op kleigrond nog wel aardappel verbouwd in het Natuurinclusief bouwplan. Aardappel is een zeer renderend gewas op kleigronden en daarom aantrekkelijk. Een extensiever bouwplan zonder aardappel zal misschien meer natuurinclusief zijn, maar de vraag is of dit haalbaar is (Roos de Adelhart Toorop, 2023). Een ander verschil met Natuurinclusief op zandgrond is dat op klei winterveldbonen in het najaar worden gezaaid. Deze vrucht volgt de witte kool op die vroeg wordt geoogst. Op zandgrond is dit de zomerveldboon. Op zandgrond is het aandeel maaivruchten in het Natuurinclusief bouwplan hoger, namelijk 75%. Op zand is in het Natuurinclusieve bouwplan gekozen voor zomerveldbonen, nadat de rogge in het voorjaar van het veld is gehaald. De zomerveldboon wordt opgevolgd door de (matig) winterharde groenbemester Japanse haver. Er is gekozen voor gewassen die baat hebben bij een losse bodemstructuur,

zoals prei. Net zoals in het Gangbaar-plus bouwplan wordt in Natuurinclusief bouwplan op zand ook tritcale in plaats van wintertarwe als diervoeder.

Tot slot wordt in het Natuurinclusief bouwplan de gewasrotatie zodanig opgesteld dat de opeenvolgende gewastypen profiteren van elkaars eigenschappen. Op zand volgt suikerbiet¹⁹ op tritcale met een groenbemestermengsel. Deze voorvrucht vermindert de bodemschimmel *Rhizoctonia* waar bieten – vooral op lichte gronden – gevoelig voor zijn en laten een goede bodemstructuur achter. De benodigde externe mestaanvoer wordt vermindert door in de gewasrotatie drie opeenvolgende jaren grasklaver najaar zaaien, een jaar rond laten staan en dan voorjaar inwerken) op te nemen. De bodem kan hierdoor drie jaar onverstoord ontwikkelen en optimaal stikstof binden.

Bodembeheer

Een gezonde bodem vormt de basis voor natuurinclusieve bedrijfsvoering. Een vitale, veerkrachtige bodem is essentieel voor een stabiele productie. Met een gezonde bodem kunnen extreme weersomstandigheden als gevolg van klimaatverandering beter worden opgevangen (waterregulatie bij piekbuien en droogte). Ook is een gezonde bodem weerbaarder tegen ziekten en plagen (Remmelink et al., 2020). Bodembiodiversiteit is essentieel voor het functioneren van het bodemleven. Bodembiodiversiteit is onderdeel van bodemvruchtbaarheid, waaronder ook organische stof, nutriënten en bodemstructuur vallen. Elementen die direct van belang zijn voor de agrarische productie. Het zorgt voor het vrijkomen van voedingsstoffen die planten nodig hebben om te groeien. De groeiende gewassen en kruiden vormen weer een voedingsbron voor insecten en vogels, die weer op het menu staan van andere (roof)vogels, die weer helpen met het reguleren van plaaginsecten (Van Doorn et al., 2021).

De afgelopen decennia is de bodembiodiversiteit achteruitgegaan. Dit komt onder andere door de intensieve bouwplannen en een verminderde organischestofaanvoer (Van Doorn et al., 2021). Logischerwijs zijn de bodembeheermaatregelen gericht op het herstellen van de bodembiodiversiteit, onder andere door het verhogen van het organischestofgehalte in de bodem. Hiertoe worden zo veel mogelijk organische stoffen aangevoerd via bemesting, groenbemester en gewasresten e.d. Daarnaast is op kleigronden vooral de bodemstructuur een grote uitdaging.

Toevoegen organische mest

Toevoeging van mest met een hoog organischestofgehalte is een belangrijke maatregel om de bodemkwaliteit te verbeteren. Organische stof bindt voedingsstoffen in de bodem en draagt bij aan een efficiënter gebruik van meststoffen. Mestsoorten verschillen in hoeveelheid organische stof die ze bevatten. Zo bevat runderdrijfmest meer organische stof dan varkensdrijfmest, heeft vaste stromest over het algemeen meer organische stof dan drijfmest en bevat kunstmest helemaal geen organische stof.

Gangbare akkerbouwers gebruiken bij voorkeur dierlijke mest, omdat het een goedkope bron van nutriënten is en veel organische stof bevat (mondelinge mededeling van Geel, WUR, juli 2023). De Gangbaar en Gangbaar-plus akkerbouwers gebruiken merendeels varkensdrijfmest. In Nederland is dit ruim beschikbaar, aangezien de intensieve varkenshouderij weinig eigen grond heeft waar ze de mest op kwijt kunnen. In beide bedrijfssystemen wordt ook nog gebruikgemaakt van groencompost en gft-compost. In Natuurinclusief past de akkerbouwer vanwege het hogere organischestofgehalte alleen rundveemest toe. Dit is zowel rundvedrijfmest als storrige vaste rundveemest. Daarnaast gebruiken ze groencompost.

¹⁹ De belangstelling voor biologische suiker groeit. Cosun Beet Company verwerkt in een fabriek in het Noordoosten van Duitsland daar geteelde biologische suikerbieten tot biologische suiker. Of en wanneer dit ook in Nederland gaat gebeuren, is nog niet bekend (mondelinge mededeling Willem van Geel).

Achterlaten van stro

Het achterlaten van stro en andere gewasresten draagt bij aan de bodemvruchtbaarheid en is belangrijk voor akkervogels, die het perceel gebruiken als foerageergebied. Waar gewasresten bijna altijd worden ondergewerkt, wordt stro ook vaak afgevoerd vanwege de economische waarde.

Zowel in Gangbaar en de Gangbaar-plus op zand wordt al het stro van de verbouwde granen (zomergerst en triticale) ondergewerkt ter verhoging van het organischestofgehalte. Op klei wordt het tarwestro in de helft van de gevallen ondergewerkt. De rest wordt verkocht. In Natuurinclusief is het gebruik van stro niet perse noodzakelijk, omdat de organischestofaanvoer ook via andere maatregelen plaatsvindt.

Groenbemesters

Door te kiezen voor een groenbemestermengsel, kun je verschillende positieve eigenschappen combineren (CBAV, 2014). Groenbemesters voegen organische stof toe aan de bodem, kunnen de bodemstructuur bevorderen en bodemerosie tegengaan. De groenbemester en/of het groenmengsel kies je op basis van je gewasrotatie. Groenbemesters worden vaak als vanggewas ingezet om stikstof op te nemen die door het hoofdgewas is nagelaten. Maar het kan ook zo zijn dat het hoofdgewas een stikstofarme situatie achterlaat, zoals het geval is bij granen. Dan is er meestal een extra stikstofgift nodig in de graanstoppel om een goede gewasontwikkeling te hebben (zie ook maatregelen 'Bemesting'). Er zijn winterharde groenbemesters en groenbemesters die dat niet zijn. Enerzijds is het bedekt houden van de bodem gedurende de winter goed om uitspoeling te voorkomen en draagt het bij aan een positieve organischestofbalans, anderzijds moet er rekening gehouden worden met de kans op bodemgebonden ziekten (Alebeek & Hanegraaf, 2014). Bovendien speelt op klei bewerkbaarheid van de bodem een grote rol, waardoor het wenselijk is de groenbemester al voor de winter onder te werken. Steeds maakt de akkerbouwer dus een afweging op basis van de voor- en nadelen. In tabel B4.1 staat een overzicht van de groenbemesters per bedrijfssysteem opgenomen.

Gangbare akkerbouwers passen groenbemesters toe in hun bouwplan vanwege de verplichte vanggewassen en/of om extra organische stof in de bodem te brengen. Zij kiezen voor groenbemesters die snel de bodem bedekken en veel biomassa of organische stof produceren. Op klei wordt voor de winter geploegd, waardoor de groenbemesters voor de winter worden ingewerkt. Op zand wordt na de winter geploegd en worden ze na de winter ingewerkt. De opgenomen stikstof wordt daardoor de winter 'over getild' en de nitraatuitspoeling beperkt. De Gangbaar-plus akkerbouwers verbouwen na (bijna) al hun teelten groenbemesters. Op basis van wat er vergoed wordt via subsidieregelingen kiezen zij de meest geschikte groenbemester. Ook wordt er vaker gekozen voor mengsels om meerdere voordelen te combineren.

Bij Natuurinclusief teelt de akkerbouwer groenbemester als hoofdteelt in rotatie, zoals grasklaver. Grasklaver bindt stikstof en laat veel organische stof na. Op zand wordt na pompoen winterrogge als groenbemester gezaaid. Winterrogge is relatief goed in staat om zich bij een late zaaidatum en lage temperaturen nog te ontwikkelen. Op klei maken de akkerbouwers de keuze om Japanse haver de winter door te laten staan zodat ze continu teelt hebben.

Tabel B4.1 Overzicht groenbemesters in de verschillende bedrijfssystemen inclusief toelichting keuze (Van Leeuwen-Haagsma, 2019).

Bedrijfssysteem	Grondsoort		Zand	Keuze toelichting
	Klei	Keuze toelichting		
Gangbaar	Bladrammenas	• Behoorlijke gewasproductie bij lage temperatuur • Snelle grondbedekking • Goede onkruidonderdrukking • Veel biomassa/organische stof • Resistentie tegen bietencysteaaltjes	Japanse Haver	• Goede grondbedekking • Veel biomassa/organische stof • Geschikt voor latere zaai (tot begin oktober) • Matig winterhard • Geen waardplant wortellesieaaltjes
	Gele mosterd	• Behoorlijke gewasproductie bij lage temperatuur • Geschikt voor latere zaai (tot begin oktober) • Snelle grondbedekking • Goede onkruidonderdrukking • Veel biomassa/organische stof • Vorstgevoelig • Resistentie tegen bietencysteaaltjes	Italiaans raaigras	• Winterhard • Als verplicht vanggewas mais (onderzaai) • Snelle ontwikkeling en goede bodembedekking • Onkruidonderdrukking
Gangbaar-plus	Japanse haver	• Goede grondbedekking • Veel biomassa/organische stof • Geschikt voor latere zaai (tot begin oktober) • Matig winterhard • Geen waardplant wortellesieaaltjes	Japanse haver	• Matig winterhard • Als vanggewas • Geen wortellesieaaltjes
	Engels raaigras	• Winterhard • Onkruidonderdrukking • Veel wortelmasa	Engels raaigras	• Winterhard • Als verplicht vanggewas mais (onderzaai) • Onkruidonderdrukking • Veel wortelmasa
	Gras/wikke	• Matig winterhard (wikke) • Geschikt voor latere zaai • Stikstofbinding (wikke)	Rogge/winterwikke	• Matig winterhard (winterwikke) • Geschikt voor latere zaai • Stikstofbinding voor rogge (wikke)
Natuurinclusief	Grasklaver (hoofdgewas)	• Stikstofbinding • Veel biomassa/organische stof • Meerjarig gewas • Hoge stikstofnalevering aan de volgteelten	Grasklaver (hoofdgewas)	• Stikstofbinding • Veel biomassa/organische stof • Meerjarig gewas • Hoge stikstofnalevering aan de volgteelten
	Japanse haver	• Matig winterhard • Geen wortellesieaaltjes •	Japanse haver	• Matig winterhard • Als vanggewas • Geen wortellesieaaltjes
	Rogge/winterwikke	• Winterhard (rogge) • Stikstofbinding voor rogge (wikke)	Rogge/winterwikke	• Winterhard (rogge) • Stikstofbinding voor rogge (wikke)
			Winterrogge	• Geschikt voor late zaai (tot begin november) • Goede gewasontwikkeling bij lage temperatuur • <u>Winterhard</u> • Als vanggewas

Gereduceerde grondbewerking

Grondbewerking wil je zo min mogelijk doen om het bodemleven onverstoord te laten en de voordelen van een gezonde bodem te kunnen benutten (Blokhuys et al., 2020). De mate waarin grondbewerking nodig is, hangt sterk samen met de gewasrotatie, bouwplan en gewasbescherming. Zo leidt een intensief bouwplan tot meer verstoring van de bodem dan een extensief bouwplan met meer maaivruchten, en zorgt het telen van groenbemesters voor het verlagen van de onkruiddruk en het beschermen van de toplaag tegen weersinvloeden.

Het moment van bewerking en de machinerie die gebruikt wordt, bepalen de impact op de bodemkwaliteit. Akkerbouwers hebben de keuze tussen kerende grondbewerking en niet-kerende grondbewerking (hierna: NKG). Kerende grondbewerking houdt in dat de gelaagdheid in de bodem verstoord wordt door bijvoorbeeld te ploegen, frezen of spitten. NKG houdt in dat je omschakelt naar een alternatieve mix van maatregelen die ervoor zorgt dat kerende grondbewerking niet meer nodig is. Het is dus niet enkel het gebruiken van andere apparatuur (Praktijknetwerk NKG, 2014). Een tussenvariant is de eco-ploeg, waarmee alleen oppervlakkig de bodem wordt geploegd met een maximale diepte van 15 cm.

In de gangbare akkerbouw wordt op klei en zand kerende grondbewerking toegepast, onder andere om de bouwvoor klaar te maken voor het zaaien en mineralisatie op gang te brengen. Daarnaast wordt er geploegd voor onkruidbestrijding. De gangbare akkerbouw heeft een intensief bouwplan waarvoor de bodem vaak verstoord wordt. De percelen liggen braak tussen de teelten door, waardoor op klei kans is op structuurbederf. Het intensieve bouwplan leidt op zand vooral tot een hogere plaagdruk, waardoor het pesticidegebruik relatief hoog ligt (zie ook maatregelen 'Gewasbescherming').

In Gangbaar-plus wordt gebruik gemaakt van een eco-ploeg. Op zand wordt de eco-ploeg voor rooi- en maaivruchten gebruikt, op klei alleen voor de rooivruchten. Op klei is grondbewerking zwaar. De akkerbouwer ploegt daarom alleen nog maar de rooivruchten met de eco-ploeg. Dit doet hij voor onkruidbeheersing en om de mineralisatie in de bodem op gang te brengen. Bij de maaivruchten werkt hij met onderzaai waardoor er minder onkruiden groeien. Op zandgrond is de hoge onkruiddruk de grootste uitdaging. Zowel de rooivruchten als de maaivruchten ploegt hij met de eco-ploeg, onder andere om herbicidegebruik te beperken. Door de teelt van groenbemesters tussen de gewassen in, heeft de akkerbouwer minder braakliggende grond en wordt de onkruidgroei geremd waardoor ploegen minder nodig is. Bij het moment van uitvoering houdt de akkerbouwer rekening met de weersomstandigheden. Vooral op kleigronden is dit belangrijk om structuurbederf te voorkomen.

In Natuurinclusief werkt de akkerbouwer overwegend met niet-kerende grondbewerking. Afhankelijk van de bodemsituatie zal ongeveer 1x per gewasrotatie kerende grondbewerking (met de eco-ploeg) nodig zijn. Groenbemesters en gewasresten blijven zolang mogelijk achter op het land zonder deze onder te werken. Dit zorgt ervoor dat de grond zo lang mogelijk bedekt blijft tegen onkruiden. Verder passen akkerbouwers in Natuurinclusief mechanische onkruidbestrijding toe (o.a. schoffelen, wiedeggen, hand wieden, vals zaaibed maken). Er worden geen herbiciden gebruikt (zie ook maatregelen 'Gewasbescherming'). In Natuurinclusief kiest de akkerbouwer niet voor onderzaai als methode voor onkruidbeheersing, omdat het met NKG veel moeite kost hier weer van af te komen.

Op een gegeven moment zal de akkerbouwer besluiten zijn bodem te keren (circa 1x per rotatieperiode), om te voorkomen dat de dominantie van onkruidzaden in de toplaag toeneemt waardoor deze gaan concurreren met de zaden voor de hoofdteelt, wat onwenselijk is (Bajwa et al., 2021). Een ander bekend probleem bij lang niet keren is dat de organische stof in de toplaag heel hoog wordt, maar nauwelijks doordringt naar onderen. Ook daarvoor helpt af en toe keren om de mineralisatie weer op gang te helpen. De frequentie wordt zo laag mogelijk gehouden vanwege het onverstoord houden van het bodemleven (zie o.a. Van Eekeren et al., 2014). Bij het moment van uitvoering van de werkzaamheden wordt er rekening gehouden met de weersomstandigheden om structuurbederf te voorkomen. Ook wordt er in de bedrijfsvoering rekening gehouden met weidevogels. De nesten worden gemarkeerd en de strokenteelt draagt bij aan een mozaïeklandschap waardoor de kuikens van het ene perceel naar het andere perceel kunnen vluchten.

Bemesting

Bemesting, zowel met dierlijke mest als kunstmest, draagt in belangrijke mate bij aan de uitstoot van broeikasgassen in de vorm van lachgas en CO₂. Overbemesting leidt door uit- en afspoeling tot verslechtering van de waterkwaliteit. Ook leidt het door stikstofdepositie tot verslechtering van de biodiversiteit in veel natuurgebieden. De maatregelen op het gebied van bemesting hebben een sterke samenhang met de maatregelen die worden getroffen op het gebied van de gewaskeuze en het bodembeheer. Een goed bemestingsplan is dan ook van groot belang voor efficiënt mestgebruik en het minimaliseren van de negatieve impact op natuur- en milieu en klimaat.

Duurzame bemesting

De maatregelen op het gebied van bemesting hebben een sterke samenhang met de maatregelen die worden getroffen op het gebied van de gewaskeuze en het bodembeheer. Elk perceel met gewas vraagt om een eigen bemestingsstrategie vanwege de specifieke nutriëntbehoefte van het gewasstype per groeistadium en de bodemvruchtbaarheid van desbetreffend stuk grond. Als de bodemkwaliteit goed is, neemt de opname-efficiëntie van voedingsstoffen ook toe, waardoor de kans op uit- en afspoeling afneemt (Van Os, 2023). Voor het op peil houden van de bodemkwaliteit is optimale inzet van dierlijke mest noodzakelijk (zie ook maatregelen 'Bodembeheer'). Op perceelsniveau betekent duurzame bemesting dus toepassing van de juiste gift, met de juiste meststof, op de juiste plaats en op het juiste tijdstip.

In Gangbaar en Gangbaar-plus gebruiken akkerbouwers zo veel mogelijk dierlijke mest, omdat het een goedkope bron van nutriënten is en relatief veel organische stof bevat. Ze gebruiken hiervoor hoofdzakelijk varkensdrijfmest, maar ook wat rundveedrijfmest en storrijke vaste geitenmest. Gangbare akkerbouwers redden het niet geheel op varkensdrijfmest, omdat ze dan te weinig aanvulling van de koolstofvoorraad in de bodem hebben. Ook zetten ze compost in om de organische stof in de bodem of de koolstofvoorraad op peil te houden. Daarnaast maken ze beiden gebruik van dierlijke alternatieven voor kunstmest, zogenaamde circulaire meststoffen.²⁰ Op zand is dat in dit onderzoek mineralenconcentraat en op klei de dunne fractie van varkensdrijfmest. Beide zijn relatief stikstof- en kaliumrijk en relatief fosfaatarm. Mineralenconcentraat bevat zelfs nauwelijks fosfaat, wat gunstig is voor voornamelijk de zandgronden vanwege de vrij hoge fosfaattoestand van de percelen. Onderscheidend voor het gangbaar-plus bedrijfssysteem is bijvoorbeeld de bij-bemesting (naast de basisbemesting). Met deze vorm van precisiebemesting spelen de akkerbouwers in op de behoeftes van het gewas per groeistadium en meten ze hoeveel stikstof er in de bodem zit. De mestgift wordt daardoor beter afgestemd op wat er vanuit de bodem wordt geleverd en overdosering van stikstof wordt tegengegaan.

In Gangbaar-plus gebruikt de akkerbouwer gemiddeld minder kunstmest dan de gangbare akkerbouwer. Er wordt meer gebruik gemaakt van vlinderbloemigen in de gewasrotatie die stikstof uit de lucht in de bodem binden. Door het bouwplan wat te extensiveren, wordt het mestgebruik dus ook verlaagd, door o.a. in te zetten op veldbonen. Veldbonen zijn stikstofbindend en fosfaatbehoefstig. Op zand krijgt de fosfaatbehoefstige veldboon geen mestgift, waar op klei vaste stromest wordt toegevoegd. Een veldboon is een stikstofbindend eiwitgewas waardoor een stikstofgift onnodig is en bovendien remmend werkt op de stikstofvastlegging ervan. In vaste stromest zit zowel fosfaat als stikstof. De akkerbouwer op zand kan zo de stikstofgebruiksruimte voor een ander gewas gebruiken. De akkerbouwer op klei maakt een andere afweging en gebruikt dierlijke mest voor de fosfaatbemesting van de veldboon. Overigens moet opgemerkt worden dat de gewaskeuze uiteindelijk bepalend is voor de hoeveelheid mest die nodig is.

In Natuurinclusief gebruikt de akkerbouwer geen kunstmest en past enkel nog rundveemest (vaste stromest en drijfmest) en groencompost toe. Runderdrijfmest bevat aanzienlijk meer organische stof dan varkensdrijfmest. In het Natuurinclusief bouwplan rekening gehouden met een goede balans tussen intensieve gewassen (cash crops) en rustgewassen (o.a. grasklaver en granen) (Caporali & Onnis, 1992). Door goed bodembeheer met actief organischestofbeheer is de bodem vruchtbaar, waardoor de nutriëntopname efficiënt is. Deze combinatie zorgt voor een bouwplan met beperkte mestaanvoer.

²⁰ Circulaire meststoffen worden – in tegenstelling tot kunstmest – niet gemaakt uit eindige fossiele bronnen, maar uit reststromen die nutriënten en/of organische stof bevatten, inclusief dierlijke mest. Een voorbeeld van een dierlijk alternatief voor kunstmest is mineralenconcentraat. Mineralenconcentraat is een geconcentreerde dunne fractie van gescheiden dierlijke mest. Andere voorbeelden zijn compost en struviet.

Vooraf de meerjarige grasklaverteelt laat veel stikstof achter in de bodem waarvan de andere gewassen in de rotatie profiteren (Wit & Toorop, 2016).

Mestaanwending: techniek en tijdstip

Over het algemeen kan onderscheid gemaakt worden tussen diepe en ondiepe mesttoedieningstechnieken. Zo gaat de bouwlandinjecteur dieper de bodem in (ca. 15 cm) dan de zodenbemester (ca. 4-5 cm). Hoe dieper de machine door de bodem gaat, hoe groter de benodigde trekkracht. Anderzijds zorgt ondiepe mesttoediening voor een hoger ammoniakvervluchtigingsverlies, met name als de mest bijvoorbeeld boven de gleufjes uitkomt (Huijsmans & Verwijs, 2008).

De grondsoort (zand of klei) en het moment van bemesting (na de winter of in de zomer en op een kaal perceel of in een gewas) is bepalend voor welke techniek wordt toegepast. Het beste moment van toediening is wanneer de grond voldoende droog is en je met de zware mesttoedieningsapparatuur geen schade aanricht in het gewas. Om die laatste reden wordt dierlijke mest normaliter toegediend voordat het gewas wordt gezaaid, gepoot of geplant. De bouwlandinjecteur kan bijvoorbeeld niet gebruikt worden na de winter op kleigrond om te voorkomen dat natte kluiten klei naar boven worden gehaald die problemen kunnen geven bij de zaai- of pootbedbereiding of bij toediening in wintergraan.

Op klei wordt in Gangbaar en Gangbaar-plus gebruikgemaakt van de zodenbemester in het voorjaar (in de wintertarwe en voor de aardappelen). In Gangbaar wordt met de bouwlandinjecteur drijfmest in de tarwestoppel gegeven. Als mest wordt toegediend in de graanstoppel, in augustus, is de grond droog. Met injectie is het ammoniakvervluchtigingsverlies lager. Deze gift is nodig voor de bladrammenas die erna wordt geteeld. Op zand wordt de bouwlandinjecteur gebruikt. In Gangbaar-plus wordt mineralenconcentraat toegediend als de triticale al op het land staat, daarom wordt daar een zodenbemester gebruikt.

In Natuurinclusie op klei en zand wordt de drijfmest toegediend met de zodenbemester, zodat de bodem zo min mogelijk verstoord wordt. Vanwege de groter wordende ammoniakvervluchtigingsverliezen is er nadrukkelijk niet gekozen voor ondiepere toedieningstechnieken. Het totale aantal bemestingsmomenten ligt in Natuurinclusief lager dan in Gangbaar en Gangbaar-plus waardoor het land minder wordt belast.

Alle bedrijfssystemen hebben vergelijkbare toedieningsmomenten. Het tijdstip van mestaanwending verschilt in de bemestingsplannen per grondsoort en gewas, variërend van medio maart tot 2^e helft april. De toedieningsmomenten van de mestsoorten met meer organisch gebonden stikstof, zoals groencompost en vaste stromest, concentreren zich rond augustus/september. De mest wordt vrij kort vóór zaaien, poten of planten toegediend om het risico op uitspoeling of afspoeling van nutriënten te verkleinen. Op klei wordt mestaanwending onder natte omstandigheden zo veel mogelijk voorkomen vanwege structuurbederf van de grond. Als de grond voldoende droog is, kan er in maart al mest worden uitgereden, in een ander jaar pas in april en soms (in geval van een langdurig nat voorjaar) helemaal niet. In deze studie zijn we uitgegaan van goede weersomstandigheden in het voorjaar waardoor de drijfmest, zowel op zand als klei, in het voorjaar wordt toegediend.

Agrarisch natuurbeheer

Het agrarisch natuurbeheer richt zich op beheermaatregelen voor specifieke soorten, die voorkomen op het bedrijf. In deze studie maken wij voor het beschrijven van beheeractiviteiten op de natuurinclusieve bedrijfssystemen gebruik van de beheerpakketten van het subsidiestelsel Agrarisch Natuur- en Landschapsbeheer (ANLb) en ecoregelingen. In het ANLb is een breed scala aan beheerpakketten met elk hun specifieke beheeractiviteiten opgenomen. De plant- en diersoorten van akkers komen zowel in de gewassen als aan de randen van de akkers voor. Daarom is het beheer gericht op zowel het beheer van akkerranden als op volvelds beheer. Veel agrarisch natuurbeheer in de akkerbouw richt zich op akkervogels, waarop veel kleine zoogdieren meeliften. Daarnaast richt het ANLb zich sinds 2016 op het verbeteren van de waterkwaliteit (Kaderrichtlijn Water, KRW) en waterbeheer (Boonstra et al., 2021).

Afhankelijk van de doelsoorten wordt gekozen voor een set aan maatregelen waarbij rekening gehouden wordt met een balans tussen agrarische bedrijfsvoering en de habitateisen van de doelsoorten. Daarbij zijn verschillende ambitieniveaus mogelijk, van beheer dat weinig effect heeft op de bedrijfsvoering tot beheeractiviteiten die meer ingrijpen op de bedrijfsvoering. Daarnaast is er een onderscheid in

beheeractiviteiten op de gewaspercelen zelf of in de nabijheid daarvan, zoals de aanleg en het beheer van akkerranden, struweelhagen of slootkanten.

In het narratief van deze studie doet de gangbare akkerbouwer niet aan agrarisch natuurbeheer. In Gangbaar-plus wordt wel agrarisch natuurbeheer toegepast voor zover dit geen opbrengstenderving tot gevolg heeft. Denk aan meerjarige kruidenrijke akkerranden toe die voedsel-, schuil- en nestgelegenheid bieden voor veel soorten zoals de Grauwe Kiekendief, Veldleeuwerik en Patrijs (Van Doorn et al., 2021). Om de dubbelfunctie voor plaagregulatie te realiseren, worden er in het zaadmengsel ook waardplanten voor plaagregulerende insecten opgenomen. In Natuurinclusief past de akkerbouwer meer en bredere kruidenrijke akkerranden toe dan in Gangbaar-plus. Deze akkerranden bevinden zich verspreid over het hele bedrijfsareaal, zodat er variatie in omvang van gewaspercelen is wat de biodiversiteit ten goede komt (Tscharntke et al., 2021). Ook zorgt het ervoor dat plaagwerende insecten voor de natuurlijke plaagbestrijding alle gewassen kunnen bereiken en emissiebeperking plaatsvindt. Zowel in Gangbaar-plus als in Natuurinclusief wordt natuurvriendelijk oeverbeheer toegepast op de verplichte 3 meter brede bemestingsvrije zone langs sloten (derogatiebeschikking), waarvoor tevens een ANLb-pakket beschikbaar is. De akkerbouwer kan daarnaast nog kiezen voor beheer van opgaande landschapselementen, zoals bomenrijen, houtsingels en struweelranden, waar vergoedingen voor beschikbaar zijn.

Akkervogels hebben broed-, schuil- en voedselgelegenheden nodig. Afhankelijk van de soort vinden ze dit in open landschap of meer in opgaande landschapselementen zoals struweel (Klaassen et al., 2022). Groenbemesters en graanstoppels die gedurende de winter blijven staan, voorzien hierin in Gangbaar-plus op zand. Op klei wordt omwille van de grondbewerkbaarheid nog grondbewerking voor de winter uitgevoerd. In Natuurinclusief op zand wordt op de grasklaverpercelen volvelds agrarisch natuurbeheer toegepast. Deze percelen komen in aanmerking voor een vergoeding van het ANLb (vogelvriendelijk eiwitgewas voor broedgelegenheid).

Gewasbescherming

Gewasbescherming is een belangrijk onderdeel van de bedrijfsvoering in akkerbouwbedrijven. Gewasbescherming richt zich op het beheersen van onkruiden, ziekten en plagen die de gewasgroei en -kwaliteit remmen. De meest effectieve en tijdsefficiënte manier is om chemische gewasbeschermingsmiddelen te gebruiken. Dit is dan ook wat gangbare akkerbouwers het meeste toepassen. Deze gewasbeschermingsmiddelen hebben een negatieve invloed op mens en natuur. Gebruik kan voorkomen worden door in te zetten op een holistische aanpak die zich richt op preventie. Gezonde planten hebben een groot wortelstelsel en kunnen tegen een stootje, zijn minder vatbaar voor ziekten en kunnen beter concurreren met onkruiden. Ook krijgen bodemgebonden ziekten minder de kans als de bodembiodiversiteit op peil is. Gewasbescherming heeft dus een grote samenhang met de andere bedrijfsonderdelen. Dit is dan ook terug te zien in de maatregelen die verschillende bedrijfssystemen treffen.

Gangbare akkerbouwers gebruiken doorgaans gewasbeschermingsmiddelen. Van het totale gebruik in de akkerbouwsector wordt bijna de helft ingezet in de aardappelteelt. Daarnaast wordt het ook veel gebruikt voor de teelt van suikerbieten, zaaiuien, snijmais en wintertarwe (CLO, 2022). Bij de keuze van de groenbemesters en vanggewassen is rekening gehouden met snelgroeiende planten voor onkruidonderdrukking en de volgteelt. Als het nodig is, worden herbiciden gebruikt als methode voor onkruidbestrijding.

In Gangbaar-plus werken akkerbouwers volgens het principe 'Integrated Pest Management (IPM)', oftewel geïntegreerde gewasbescherming (Barzman et al., 2015). Door het hanteren van een holistische aanpak wordt ingezet op het voorkomen van onkruiden, ziekten en plagen. Deze aanpak vereist dat er rekening wordt gehouden met preventie en plaagonderdrukking in andere bedrijfsonderdelen, zoals bouwplan, gewasrotatie en bodembeheer. Voor de voedergewassen wintertarwe en triticale wordt overgestapt naar enkel natuurlijke plaagbestrijding met kruidenrijke akkerranden die worden aangelegd. Volgens de IPM-aanpak wordt er voor de cash crops gewerkt met een schadedrempel. Dit houdt in dat er actief wordt gemonitord op plagen en onkruiden. Als de opbrengstderving boven de drempel komt, wordt er ingegrepen. Mechanisch heeft de voorkeur, maar anders met een gewasbeschermingsmiddel met een zo laag mogelijk risicoprofiel en zo veel mogelijk van natuurlijke oorsprong.

In Natuurinclusief gebruiken akkerbouwers geen pesticiden en herbiciden op hun bedrijf. Ze zetten volledig in op natuurlijke plaagbestrijding. Om dit te kunnen doen, moet het agro-ecosysteem goed functioneren op het bedrijf. In Natuurinclusief zien akkerbouwers voordeel in het af en toe blootstellen aan stress van de planten, zodat hun wortelstelsel zich dieper de grond in ontwikkelt. Denk hierbij aan af en toe minder water en bemesting geven, zonder dat dit nadelen oplevert voor de plant. Ruimtelijke configuratie van de percelen speelt ook een belangrijke rol. De strokenteelt zorgt voor afwisseling in gewassoorten, waardoor ziekten en plagen zich minder snel verspreiden, en er minder gewasbeschermingsmiddelen nodig zijn. De stroken worden afgewisseld met niet-productieve kruidenrijke stroken. Hierin staan waardplanten voor plaag-beheersende organismen (Tscharnkte et al., 2021). Bij een grote uitbraak van ziekten en plagen mogen wel gewasbeschermingsmiddelen met actieve stoffen van natuurlijke herkomst gebruikt worden (Migchels et al., 2023).

Waterbeheer

Maatregelen op het gebied van waterbeheer gaan over waterkwaliteit en -kwantiteit. De maatregelen die het meest bijdragen aan waterkwaliteit staan echter niet onder deze categorie genoemd, maar hangen nauw samen met de maatregelen die genoemd staan onder gewasbescherming, bemesting, gewaskeuze en bodembeheer. In deze maatregelcategorie focussen we dan ook primair op waterbeheermaatregelen voor waterkwantiteit.

Door klimaatverandering krijgt de akkerbouwsector in toenemende mate te kampen met enerzijds droogte en anderzijds piekbuien. In het algemeen kan de akkerbouwer een keuze maken tussen technische maatregelen en beheermaatregelen op het gebied van waterbeheer. De locatie (o.a. deelstroomgebied en grondsoort) bepaalt welke maatregelen het effectiefst zijn. De akkerbouwer kan ook met zijn gewaskeuze en bodembeheer rekening houden met waterbeheer op zijn bedrijf. Zo kunnen dieper wortelende gewassen en wintergewassen beter tegen droogte dan oppervlakkig wortelende gewassen zoals aardappel, ui en peen. Goed bodembeheer draagt bij aan het vergroten van de bodemstructuur waardoor het watervasthoudend vermogen en de infiltratiecapaciteit toenemen.

In de gangbare akkerbouw worden vooral (ad hoc) technische maatregelen toegepast. In droge periodes is dit beregening en er is drainage aanwezig om water af te voeren in natte periodes. In Gangbaar-plus kijkt de akkerbouwer naast technische maatregelen ook naar beheermaatregelen om droogte te voorkomen. In Natuurinclusief is de akkerbouwer zich bewust van zijn plek in het natuurlijk bodem- en watersysteem. Er worden dan geen ad hoc technische maatregelen toegepast, maar kan zich vinden in een gebiedsgerichte aanpak waarbij samengewerkt wordt met de gebruikers van het stroomgebied. Daarnaast profiteert hij op bedrijfsniveau van de positieve bijdrage op waterkwaliteit en -kwantiteit door onder andere actief organischestofbeheer en extensivering. Het actief organischestofbeheer draagt bij aan het vasthouden van water in de zandgebieden, en de extensivering zorgt ervoor dat er minder uitspoeling plaatsvindt en er meer ruimte is voor droge en natte bufferzones. Deze bufferzones liggen tussen landbouwpercelen en watergangen in om het water te beschermen tegen meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen. Bij agrarisch natuurbeheer worden deze bufferzones akkerranden genoemd, in navolging van de ANLb-pakketten. Hier wordt dus hetzelfde mee bedoeld.

Bijlage 5 Implementatie scenario resultaten bedrijfsmodellen in INITIATOR

Melkveebedrijven

Voor de implementatie van de gangbare en natuurinclusieve melkveebedrijfssystemen in INITIATOR zijn we als volgt te werk gegaan.

Voor het basisjaar zijn we uitgegaan van de standaard INITIATOR-implementatie (zie bijlage 2) op basis van de Gecombineerde Opgave (GO) voor het peil jaar 2022, met als aanvulling dat we uit zijn gegaan van een volledige afbouw van de derogatie en dat er geen bemesting plaatsvindt boven de gebruiksnorm.

Vervolgens hebben we alle bedrijven geselecteerd die volgens de NSO-indeling aangeduid zijn als melkveebedrijven (NSO=4500). Van al deze bedrijven is binnen INITIATOR per bedrijf het volgende bekend:

- Staltype, locatie, aantal dieren (melkvee en jongvee)
- Gewasperscellen, ligging, areaal, gewas (grasland, natuurlijk grasland, snijmais, overige gewassen) (zie Tabel B5.1 en B2.2 voor de aandelen in 2020)
- Beweidingsritme
- Mesttoedieningstechniek
- Grondsoort (klei, veen, zand)

Dit resulteerde in 14508 melkveebedrijven.

Tabel B5.1 Areaal (ha) grasland, mais, overig bouwland, natuurlijk grasland voor de geselecteerde Nederlandse melkveebedrijven (NSO-4500) in op basis van de GO voor het peiljaar 2020.

Gewas	Areaal (ha)
Gras	668.059
Snijmais	104.377
Overig bouwland	23.975
Natuurlijk grasland	34.961
Totaal	831.372

Tabel B5.2 Relatieve aandeel grasland, mais en overige gewassen voor de geselecteerde Nederlandse melkveebedrijven (NSO-4500) in op basis van de GO voor het peiljaar 2020 1) per grondsoort.

Grondsoort	Gewasaandeel		
	%Gras	%Mais	%Overig
Zand	76,5	16,5	7,0
Klei	82,8	10,2	7,0
Veen	86,2	6,5	7,3
Gemiddeld	80,4	12,6	7,0

¹⁾ Aandelen bepaald op basis van de BRP/LBT 2020 voor NSO type 4500; grondsoortcriterium: aandeel > 50%.

Op basis van de BBPR-resultaten per scenario en per grondsoort hebben we per bedrijf de volgende door INITIATOR voor 2020 gebruikte of berekende data aangepast:

- Dieraantallen: De aantallen melkvee en jongvee, zodanig dat deze gelijk zijn aan de BBPR-dieraantallen per BBPR-areaal. We laten dus het areaal volgens de GO 2020 per bedrijf intact, maar passen de aantallen melkvee en jongvee aan.
- Het 2020 staltype en de daaraan gerelateerde emissiefactor passen we op basis van de in BBPR gehanteerde staltypen aan. Dit betreft voor Gb en Gb+ het type *overige huisvestingssystemen* (A1.100, met een emissiefactor van 13 kg NH₃ per dierplaats per jaar) en voor NIL en NIL+ de emissiearme ligboxenstal (Rav A1.35, met een emissiefactor van 8,3 kg NH₃ per dierplaats per jaar).
- De N, P₂O, TAN en CH₄ excretie voor melkvee en jongvee aangepast conform de BBPR-waarde (afhankelijk van scenario en grondsoort).
- Het aantal weide-uren aangepast conform de BBPR-waarde (afhankelijk van scenario en grondsoort).
- De dierlijke mestmestgift voor gras en mail aangepast conform de BBPR-waarde (afhankelijk van scenario en grondsoort).
- De kunstmestmestgift voor gras en mail aangepast conform de BBPR-waarde (afhankelijk van scenario en grondsoort).
- Het aandeel grasland, natuurlijkgrasland, klaver aangepast conform de BBPR-waarde (afhankelijk van scenario en grondsoort).

De mesttoedieningstechniek is niet aangepast. Hiervoor is de in de GO 2020 opgegeven techniek gebruikt.

De benodigde mestaf- of aanvoer is op basis van de door BBPR opgelegde veranderingen en de (ongewijzigde) gebruikruimte op bedrijfsniveau (voor alle aangepaste bedrijven) door INITIATOR berekend.

Akkerbouwbedrijven

Voor de implementatie van de gangbare en natuurinclusieve akkerbouwbedrijfssystemen in INITIATOR zijn we als volgt te werk gegaan.

Voor de selectie van de akkerbouwbedrijven uit de GO 2020 zijn de volgende criteria gehanteerd:

- Het bedrijf moet meer dan 10 ha bouwland omvatten en de dierlijke N-productie moet kleiner dan 500 kg N productie zijn.
- De NSO-typering is gelijk aan het hoofdtype 1 (Akkerbouw) of 6 (Gewascombinaties).

Dit resulteerde in 6970 akkerbouwbedrijven.

Tabel B5.1 Totale gewasarealen (ha) van de 6970 akkerbouwbedrijven op basis van de GO voor het peiljaar 2020).

Gewas	Areaal (ha)
Gras	18.212
Maïs	18.645
Aardappel	122.612
Tarwe	85.319
Bieten	60.098
Overige graan	57.636
Overige gewassen	69.933
Totaal	432.455

Van alle deze bedrijven is binnen INITIATOR per bedrijf het volgende bekend:

- Locatie, aantal dieren (die in totaal minder dan 500 kg N produceren)
- Gewasperscellen, ligging, areaal, gewas (grasland, natuurlijk grasland, snijmais, overige gewassen)
- Grondsoort (klei, zand)²¹
- Mesttoedieningstechniek

Op basis van de NDICEA-resultaten is de volgende informatie toegekend aan de geselecteerde akkerbouwbedrijven. Hiertoe is per scenario en per grondsoort het rekenkundig jaarlijks gemiddelde berekend van alle in het bouwplan gehanteerde vruchtwisselingen (van hoofd- en volggewas) voor:

- Gewasopname/afvoer (kg N/ha)
- Dierlijke mestgift (kg N/ha, kg P/ha, kg TAN/ha)
- Kunstmestgift (incl. mineralen concentraat) (kg N/ha, kg P/ha)
- Compostgift (kg N/ha, kg P/ha)
- Stikstoffixatie

Deze resultaten zijn in INITIATOR generiek toegekend aan alle percelen van de geselecteerde bedrijven (in de voor het scenario relevante zone. Hierbij is voor de geselecteerde bedrijven de mestverdelingsmodule van INITIATOR uitgeschakeld, waardoor de mestgiftten volledig door de NDICEA-resultaten zijn bepaald.

Verder zijn ook de mesttoedieningstechnieken op zand en klei aangepast (zie bijlage 4). Hierbij zijn per scenario en per grondsoort de volgende technieken opgelegd:

- GB: voor klei (en veen): zodenbemester; voor zand (en löss): mestinjectie
- GB+: voor klei (en veen): zodenbemester; voor zand (en löss): mestinjectie (m.u.v. triticale: zodenbemester; deze passen we gewogen gem. toe 2 jaar triticale in een rotatie van 9 => $\frac{2}{9} \times \text{zodebemester} + \frac{7}{9} \times \text{injectie}$)
- NIL: voor klei (en veen) en zand (en löss): zodenbemester

Waarbij de volgende NEMA-emissiefactoren zijn gehanteerd:

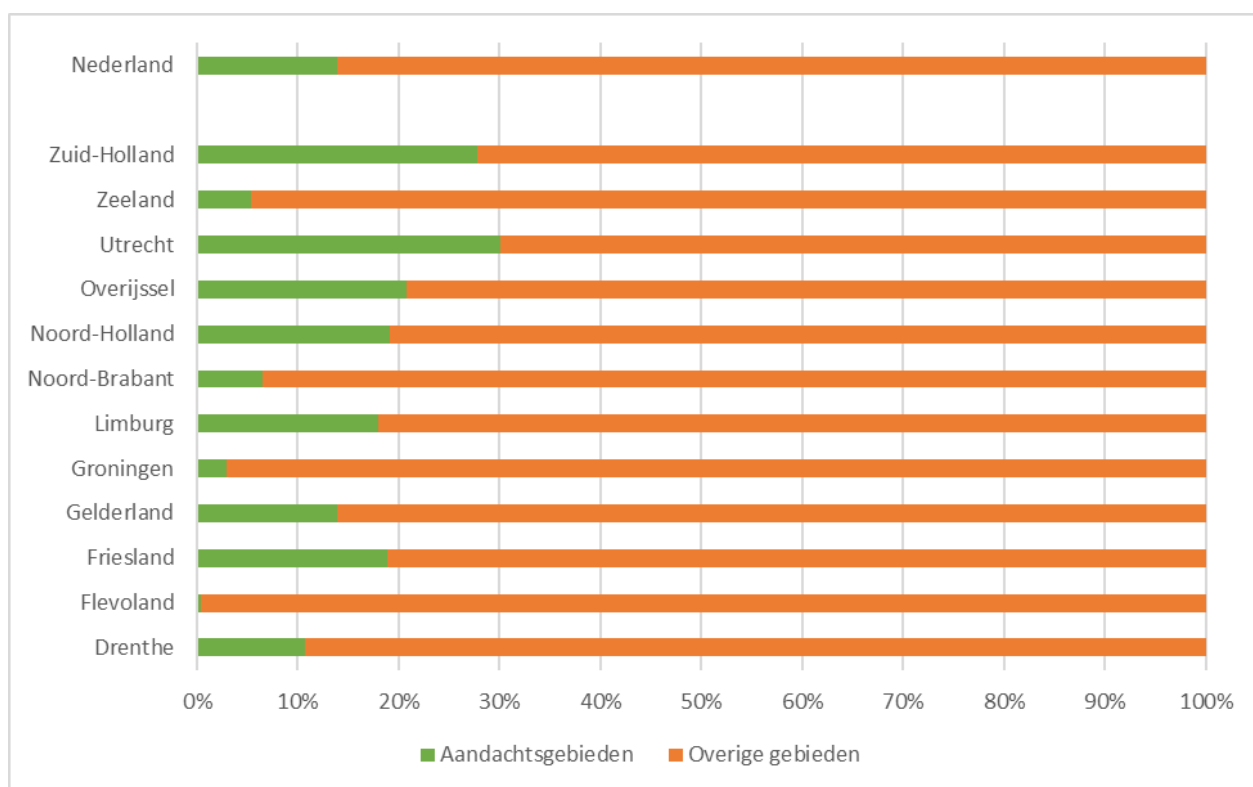
- Mestinjectie (zand/Gb): 0,02 kg NH₃-N per kg TAN
- Mestinjectie (zand/Gb+): 0,07 kg NH₃-N per kg TAN
- Zodenbemester: 0,24 kg NH₃-N per kg TAN

²¹ Akkerbouwbedrijven op veen zijn hierbij toegevoegd aan klei. Akkerbouwbedrijven op löss zijn hierbij toegevoegd aan zand.

Bijlage 6 Effecten per provincie

Tabel B6.1 Landbouwareaal per provincie, onderverdeeld naar aandachtsgebied en overig gebied en naar sectoren (melkveehouderij, akkerbouw en overige sectoren).

Provincie	Aandachtsgebieden (*1000 ha)				Overige gebieden (*1000 ha)				Totaal (*1000 ha)
	Melkvee	Akkerbouw	Overig	Totaal	Melkvee	Akkerbouw	Overig	Totaal	
Drenthe	8,7	0,5	7,1	16,3	54,4	48,2	33,6	136,2	152,5
Flevoland	0,1	0,0	0,2	0,3	11,0	58,1	19,0	88,2	88,5
Friesland	35,5	0,7	6,0	42,2	136,6	17,6	27,1	181,4	223,6
Gelderland	18,5	0,6	12,3	31,4	104,5	15,1	75,9	195,5	226,9
Groningen	1,9	0,4	2,3	4,7	58,8	74,2	25,8	158,9	163,6
Limburg	6,7	1,7	9,1	17,5	16,4	22,3	41,0	79,7	97,2
Noord-Brabant	7,0	0,5	7,7	15,2	77,3	44,2	95,6	217,1	232,3
Noord-Holland	16,2	0,1	7,6	23,9	39,5	25,5	36,3	101,3	125,2
Overijssel	31,6	0,2	8,2	39,9	95,7	9,3	47,6	152,6	192,5
Utrecht	16,7	0,0	4,2	20,9	33,3	0,5	14,6	48,5	69,3
Zeeland	1,5	2,0	2,9	6,4	9,1	80,1	24,1	113,2	119,6
Zuid-Holland	24,0	0,4	6,6	31,0	26,4	32,9	21,2	80,5	111,5
Nederland	168,3	7,2	74,1	249,6	663,1	428,1	461,8	1553,0	1802,5



Figuur B6.1 Relatieve verdeling landbouwareaal in aandachtsgebieden en overige gebieden per provincie.

Tabel B6.2 Ammoniakemissie (in kton NH3/jaar) per provincie voor totaal melkveehouderij, akkerbouw en overige landbouwsectoren in de verschillende scenario's en de referentie in 2020.

	0 Ref	1 Gb/Gb+	2 Gb/NIL+	3 Gb+	4 Gb+/NIL	5 NIL	6 NIL/NIL+
Drenthe	5,7	5,6	5,0	5,7	5,4	4,8	4,6
Melkvee	3,3	3,2	2,7	2,7	2,4	2,1	1,9
Akkerbouw	0,4	0,4	0,4	0,9	1,0	0,7	0,7
Overig	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Flevoland	3,8	3,8	3,7	3,2	3,2	2,2	2,2
Melkvee	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4
Akkerbouw	2,0	2,0	2,0	1,6	1,6	0,8	0,8
Overig	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Friesland	13,5	13,1	11,4	11,1	10,4	8,7	8,1
Melkvee	10,7	10,3	8,6	8,4	7,7	6,2	5,7
Akkerbouw	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,3	0,2
Overig	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Gelderland	16,9	16,7	15,6	15,5	15,1	14,0	13,6
Melkvee	6,9	6,7	5,6	5,5	5,0	4,1	3,8
Akkerbouw	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,2	0,2
Overig	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,6
Groningen	7,0	7,0	6,5	6,2	6,1	4,7	4,5
Melkvee	3,7	3,6	3,1	2,9	2,7	2,1	1,9
Akkerbouw	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,0	1,0
Overig	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Limburg	6,3	6,3	6,0	6,3	6,2	5,9	5,8
Melkvee	1,3	1,3	1,0	1,1	1,0	0,8	0,7
Akkerbouw	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,3	0,3
Overig	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,7
Noord-Brabant	17,2	17,1	16,2	16,4	16,0	14,9	14,6
Melkvee	4,7	4,7	3,8	3,9	3,5	2,8	2,5
Akkerbouw	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	0,6	0,6
Overig	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
Noord-Holland	5,5	5,3	4,8	4,5	4,3	3,6	3,3
Melkvee	3,3	3,1	2,6	2,6	2,3	1,9	1,7
Akkerbouw	0,9	0,9	0,9	0,7	0,7	0,3	0,3
Overig	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2
Overijssel	12,7	12,3	11,0	11,5	10,7	10,0	9,6
Melkvee	7,2	6,8	5,5	5,9	5,1	4,5	4,1
Akkerbouw	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1
Overig	5,5	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4
Utrecht	4,1	4,0	3,5	3,6	3,3	3,0	2,9
Melkvee	2,6	2,5	2,0	2,1	1,8	1,5	1,4
Akkerbouw	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Overig	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Zeeland	4,5	4,5	4,4	3,8	3,7	2,5	2,4
Melkvee	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3
Akkerbouw	2,9	2,9	2,9	2,3	2,3	1,1	1,1
Overig	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Zuid-Holland	5,7	5,3	4,8	4,6	4,3	3,5	3,4
Melkvee	3,3	3,0	2,4	2,6	2,2	1,9	1,8
Akkerbouw	1,2	1,2	1,2	0,9	0,9	0,4	0,4
Overig	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Nederland totaal	103	101	93	92	89	78	75
Melkvee	48	46	38	39	35	29	26
Akkerbouw	11	11	11	11	11	6	6
Overig	43	43	43	43	43	43	43

Tabel B6.3 Emissies van methaan- en lachgas (in CO₂-equivalenten) per provincie voor totaal melkveehouderij, akkerbouw en overige landbouwsectoren in de verschillende scenario's en de referentie in 2020.

	0 Ref	1 Gb/Gb+	2 Gb/NIL+	3 Gb+	4 Gb+/NIL	5 NIL	6 NIL/NIL+
Drenthe	1,29	1,28	1,03	1,23	1,12	1,01	0,9
Melkvee	0,97	0,96	0,71	0,91	0,8	0,7	0,59
Akkerbouw	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06
Overig	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Flevoland	0,44	0,44	0,4	0,4	0,4	0,33	0,31
Melkvee	0,19	0,19	0,15	0,17	0,17	0,14	0,12
Akkerbouw	0,13	0,13	0,13	0,11	0,11	0,07	0,07
Overig	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Friesland	3,42	3,38	2,74	3,19	2,96	2,67	2,33
Melkvee	3,08	3,04	2,4	2,86	2,63	2,35	2,01
Akkerbouw	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01
Overig	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Gelderland	2,8	2,78	2,34	2,66	2,5	2,3	2,06
Melkvee	1,72	1,7	1,26	1,58	1,42	1,24	1
Akkerbouw	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
Overig	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,05	1,05
Groningen	1,27	1,27	1,08	1,18	1,14	0,98	0,86
Melkvee	0,94	0,94	0,75	0,86	0,82	0,71	0,59
Akkerbouw	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,08	0,08
Overig	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Limburg	0,9	0,89	0,77	0,87	0,82	0,77	0,72
Melkvee	0,39	0,38	0,26	0,36	0,31	0,27	0,22
Akkerbouw	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
Overig	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
Noord-Brabant	2,91	2,9	2,54	2,81	2,67	2,48	2,32
Melkvee	1,33	1,32	0,96	1,23	1,09	0,93	0,76
Akkerbouw	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,03	0,04
Overig	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52
Noord-Holland	1,1	1,09	0,9	1,03	0,97	0,87	0,77
Melkvee	0,87	0,86	0,67	0,8	0,74	0,66	0,56
Akkerbouw	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,02	0,02
Overig	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Overijssel	2,73	2,7	2,15	2,59	2,34	2,15	1,9
Melkvee	2	1,97	1,42	1,86	1,61	1,44	1,19
Akkerbouw	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
Overig	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,7	0,7
Utrecht	1,04	1,02	0,85	0,98	0,92	0,85	0,76
Melkvee	0,82	0,8	0,63	0,76	0,7	0,63	0,54
Akkerbouw	0	0	0	0	0	0	0
Overig	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Zeeland	0,42	0,42	0,38	0,4	0,39	0,31	0,29
Melkvee	0,17	0,17	0,13	0,16	0,15	0,13	0,11
Akkerbouw	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,07	0,07
Overig	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Zuid-Holland	1,17	1,14	0,97	1,1	1,02	0,94	0,85
Melkvee	0,89	0,86	0,69	0,83	0,75	0,69	0,6
Akkerbouw	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,03	0,03
Overig	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Nederland totaal	19,73	19,63	16,43	18,68	17,48	15,9	14,31
Melkvee	13,4	13,3	10,1	12,4	11,2	9,9	8,3
Akkerbouw	0,73	0,73	0,73	0,68	0,68	0,4	0,41
Overig	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6

Tabel B6.4 Uitspoeling van stikstof naar grondwater (in Kton N) per provincie in de melkveehouderij, akkerbouw en overige landbouwsectoren in de verschillende scenario's en de referentie in 2020.

	0 Ref	1 Gb/Gb+	2 Gb/NIL+	3 Gb+	4 Gb+/NIL	5 NIL	6 NIL/NIL+
Drenthe	1,14	1,14	1,16	1,27	1,27	1,05	1,06
Melkvee	0,38	0,38	0,41	0,53	0,54	0,29	0,32
Akkerbouw	0,36	0,36	0,34	0,34	0,33	0,36	0,33
Overig	0,40	0,40	0,41	0,40	0,40	0,39	0,41
Flevoland	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,05	0,06
Melkvee	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,03	0,03
Akkerbouw	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Overig	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Friesland	0,27	0,27	0,24	0,26	0,24	0,24	0,21
Melkvee	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,02	0,02
Akkerbouw	0,16	0,15	0,13	0,14	0,12	0,14	0,12
Overig	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07
Gelderland	1,20	1,19	1,17	1,16	1,15	1,11	1,08
Melkvee	0,14	0,14	0,15	0,16	0,16	0,09	0,10
Akkerbouw	0,47	0,46	0,43	0,42	0,40	0,43	0,39
Overig	0,58	0,58	0,59	0,58	0,59	0,58	0,59
Groningen	0,37	0,37	0,37	0,39	0,39	0,27	0,27
Melkvee	0,21	0,21	0,22	0,24	0,24	0,12	0,13
Akkerbouw	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04
Overig	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Limburg	1,08	1,08	1,09	1,16	1,15	0,97	0,99
Melkvee	0,33	0,33	0,34	0,42	0,41	0,24	0,26
Akkerbouw	0,18	0,18	0,17	0,17	0,16	0,16	0,15
Overig	0,57	0,57	0,58	0,57	0,57	0,57	0,58
Noord-Brabant	1,57	1,57	1,56	1,61	1,60	1,46	1,45
Melkvee	0,33	0,33	0,34	0,40	0,40	0,25	0,25
Akkerbouw	0,40	0,40	0,37	0,37	0,36	0,37	0,35
Overig	0,84	0,84	0,85	0,84	0,84	0,84	0,85
Noord-Holland	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,11	0,11
Melkvee	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,01	0,02
Akkerbouw	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
Overig	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Overijssel	0,97	0,96	0,93	0,97	0,94	0,94	0,91
Melkvee	0,10	0,10	0,11	0,12	0,13	0,08	0,08
Akkerbouw	0,46	0,45	0,41	0,43	0,40	0,45	0,41
Overig	0,41	0,41	0,42	0,41	0,41	0,41	0,42
Utrecht	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08
Melkvee	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
Akkerbouw	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
Overig	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Zeeland	0,18	0,18	0,18	0,16	0,16	0,10	0,10
Melkvee	0,14	0,14	0,14	0,12	0,12	0,06	0,06
Akkerbouw	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Overig	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Zuid-Holland	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03
Melkvee	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
Akkerbouw	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Overig	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Tabel B6.5 Uit- en afspoeling van stikstof naar oppervlaktewater (in Kton N) per provincie in de akkerbouw, melkveehouderij en overige landbouwsectoren in de verschillende scenario's en de referentie in 2020.

	0 Ref	1 Gb/Gb+	2 Gb/NIL+	3 Gb+	4 Gb+/NIL	5 NIL	6 NIL/NIL+
Drenthe	2,64	2,64	2,68	2,85	2,85	2,40	2,42
Melkvee	1,25	1,25	1,30	1,47	1,48	1,02	1,06
Akkerbouw	0,60	0,60	0,57	0,59	0,57	0,59	0,55
Overig	0,79	0,79	0,80	0,79	0,80	0,79	0,80
Flevoland	1,17	1,17	1,18	1,06	1,06	0,65	0,67
Melkvee	0,86	0,87	0,88	0,78	0,78	0,38	0,40
Akkerbouw	0,10	0,10	0,10	0,08	0,08	0,07	0,07
Overig	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Friesland	1,65	1,64	1,54	1,52	1,45	1,23	1,17
Melkvee	0,32	0,32	0,31	0,29	0,28	0,12	0,12
Akkerbouw	1,05	1,04	0,94	0,94	0,88	0,83	0,77
Overig	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28
Gelderland	1,99	1,97	1,91	1,91	1,87	1,86	1,78
Melkvee	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,09	0,10
Akkerbouw	0,98	0,96	0,88	0,88	0,84	0,91	0,81
Overig	0,86	0,86	0,87	0,87	0,87	0,86	0,87
Groningen	2,23	2,23	2,25	2,25	2,25	1,52	1,55
Melkvee	1,30	1,30	1,34	1,39	1,40	0,72	0,77
Akkerbouw	0,53	0,53	0,50	0,45	0,44	0,39	0,36
Overig	0,41	0,41	0,41	0,40	0,41	0,40	0,41
Limburg	0,71	0,71	0,70	0,73	0,73	0,64	0,64
Melkvee	0,17	0,18	0,18	0,21	0,21	0,12	0,13
Akkerbouw	0,14	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11
Overig	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,41
Noord-Brabant	1,80	1,80	1,78	1,79	1,77	1,59	1,57
Melkvee	0,43	0,43	0,44	0,45	0,45	0,25	0,26
Akkerbouw	0,54	0,54	0,50	0,51	0,49	0,50	0,47
Overig	0,83	0,83	0,84	0,83	0,84	0,83	0,84
Noord-Holland	0,89	0,89	0,88	0,82	0,80	0,60	0,60
Melkvee	0,34	0,34	0,35	0,31	0,31	0,14	0,15
Akkerbouw	0,29	0,28	0,26	0,24	0,23	0,20	0,18
Overig	0,26	0,26	0,27	0,27	0,27	0,26	0,27
Overijssel	2,34	2,32	2,24	2,33	2,27	2,32	2,20
Melkvee	0,19	0,19	0,20	0,23	0,24	0,16	0,17
Akkerbouw	1,25	1,23	1,12	1,19	1,12	1,26	1,12
Overig	0,90	0,90	0,91	0,91	0,91	0,90	0,91
Utrecht	0,33	0,32	0,30	0,31	0,29	0,28	0,27
Melkvee	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Akkerbouw	0,21	0,21	0,19	0,19	0,18	0,17	0,16
Overig	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Zeeland	1,32	1,32	1,32	1,20	1,19	0,72	0,74
Melkvee	0,98	0,97	0,98	0,87	0,87	0,40	0,42
Akkerbouw	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07
Overig	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Zuid-Holland	0,71	0,70	0,68	0,65	0,63	0,46	0,46
Melkvee	0,29	0,29	0,29	0,25	0,25	0,11	0,12
Akkerbouw	0,26	0,25	0,22	0,23	0,21	0,19	0,18
Overig	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17

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

Wageningen Environmental Research
Rapport 3411
ISSN 1566-7197



De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.700 medewerkers (7.000 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

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



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

Rapport 3411
ISSN 1566-7197



De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.700 medewerkers (7.000 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
