



Kansen voor het sluiten van de mineralenbalansen in Noord-Nederland

Effecten op regionale schaal en bedrijfsschaal

Wim de Vries, Hans Kros, Jan-Cees Voogd, Kees van Duijvendijk & Gerard Ros

Kansen voor het sluiten van de mineralenbalansen in Noord-Nederland

Effecten op regionale schaal en bedrijfsschaal

Wim de Vries¹, Hans Kros¹, Jan-Cees Voogd¹, Kees van Duijvendijk² & Gerard Ros²

1 Wageningen Environmental Research

2 Nutriënten Management Instituut

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research in opdracht van en gefinancierd door de provincies Drenthe, Friesland en Groningen en het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Kennisbasisonderzoekthema 'System Earth management' (projectnummer KB-24-002-023).

Wageningen Environmental Research

Wageningen, december 2018

Rapport 2925
ISSN 1566-7197

De Vries, W., J. Kros, J.C.H. Voogd, K. van Duijvendijk en G.H. Ros, 2018. *Kansen voor het sluiten van de mineralenbalansen in Noord-Nederland; Effecten op regionale schaal en bedrijfsschaal.*

Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2925. 72 blz.; 27 fig.; 5 tab.; 17 ref.


Deze studie brengt de huidige mineralenbalans voor Noord-Nederland in beeld op regionaal/provinciaal niveau en bedrijfsniveau, in relatie tot maatregelen die mestproductie en -verwerking beïnvloeden. Uit de balans (aanvoer en afvoer) aan koolstof en mineralen in het jaar 2015 ten opzichte van de gewenste balans in relatie tot de bodem-, lucht- en waterkwaliteit blijkt dat er in geheel Noord-Nederland sprake is van een geringe netto C-toevoer. Verder is er een licht P-overschot en een redelijk groot N-overschot, gegeven de milieueisen. Derogatie blijkt een beperkt effect te hebben op de C-, N- en P-aanvoer, waarbij het gat tussen de huidige en gewenste N-aanvoer wordt verkleind, maar voor P juist iets toeneemt. Met het gebruik van mineralenconcentraten blijkt echter dat het gat tussen de huidige en gewenste N-aanvoer bijna gehalveerd kan worden. Inzet op mineralenconcentraten biedt kansen om de regionale mineralenbalans beter te sluiten, maar kan vooralsnog niet concurreren met de hogere stikstofwerking van kunstmest. Opwerking tot handzame en hoog werkzame producten (met een werking vergelijkbaar met kunstmest) bieden potentie voor zowel de binnenlandse als buitenlandse markt.

Trefwoorden: koolstofbalans, mineralenbalans, derogatie, mineralenconcentraten, mestbewerking

This study presents the current mineral balance for the Northern Netherlands at regional/provincial level and farm level, in relation to measures that influence manure production and processing. The balance (supply and removal) of carbon and minerals in 2015 compared to the desired balance in relation to soil, air and water quality shows that there is a small C surplus in the whole of the Northern Netherlands. There is also a small P surplus and a relatively large N surplus, given the environmental requirements. Nitrates Directive derogation appears to have a limited effect on the C, N and P input, reducing the gap between the current and desired N input, but increasing it slightly for P. With the use of mineral concentrates derived from animal manure, however, it appears that the gap between the current and desired N-input can almost be halved. Use of mineral concentrates offers opportunities to better close the regional mineral balance, but cannot yet compete with the efficiency of artificial fertilizer. Reprocessing to convenient and high-active products (with an effect comparable to artificial fertilizer) offers potential for both domestic and foreign markets.

Key words: carbon balance, mineral balances, derogation, mineral concentrates, manure processing

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/467746> 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.

 2018 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.

Inhoud

	Woord vooraf	5
	Samenvatting	7
1	Inleiding	11
2	Methode	13
	2.1 Regionale studie	13
	2.1.1 Berekening van mineralenbalansen op gebiedsniveau met INITIATOR	13
	2.1.2 Gebruikte modelinvoer voor mineralenbalansen op gebiedsniveau	13
	2.2 Bedrijfsstudie	14
	2.2.1 Bedrijfssystemen	14
	2.2.2 Mestwaardering	15
	2.2.3 Marktkansen export	17
	2.2.4 Selectie best passende product	18
	2.3 Scenario's	18
3	Huidige en gewenste mineralenbalansen	21
	3.1 Gemiddelde mineralenbalansen voor Noord-Nederland	21
	3.2 Ruimtelijke variatie in huidige en gewenste mineralenbalansen op gemeenteniveau	23
	3.3 Mineralenbalansen op bedrijfsniveau	28
	3.3.1 Huidige mineralenbalansen	28
	3.3.2 Mineralenbalans op bedrijfsniveau	32
	3.3.3 Gewenste mineralenbalansen	35
4	Effecten van mineralenscenario's in relatie tot huidige en gewenste situatie	37
	4.1 Gemiddelde effecten van mineralenscenario's	37
	4.2 Ruimtelijke variatie in effecten van mineralenscenario's	38
	4.3 Effecten mineralenscenario's voor bedrijf	40
	4.3.1 Effecten van beleids- en marktontwikkelingen: inzet groene kunstmest	43
	4.3.2 Vergelijking scenario's op bedrijfsniveau	45
	4.3.3 Extra handelingsperspectieven	47
	4.4 Toepassingsmogelijkheden van mestproductgroepen	48
	4.4.1 Afstemming van mestproducten	48
	4.4.2 Lokale kansen	48
	4.4.3 Exportkansen	49
	4.4.4 Best passende product	49
5	Conclusies en aanbevelingen	51
	Literatuur	53
	Bijlage 1 Beschrijving van de mestverdelingsmodule in INITIATOR	55
	Bijlage 2 Achtergrondinformatie scenario's	57
	Bijlage 3 Mineralenbalansen per regio	61
	Bijlage 4 Lachgas- en methaanemissies per provincie	69

Woord vooraf

De veehouderijsector is van wezenlijk belang voor de positie van de Nederlandse landbouw. Door een relatief hoge intensiteit van de veehouderij en de import van veevoer is de hoeveelheid mest die wordt geproduceerd echter groter dan er op een duurzame wijze kan worden ingezet op landbouwgronden. Om mest te exporteren, moet het vooraf worden gehygiëniseerd en wordt het veelal bewerkt via technieken als mestscheiding of compostering. In Noord-Nederland ligt een sterke focus om dit te combineren met vergisting, waarbij biogasproductie een bijdrage levert aan de uitwerking van het nationale Energieakkoord. De drie noordelijke provincies (Groningen, Friesland en Drenthe) staan daarbij voor de uitdaging om een Noordelijke Nutriënten Visie te ontwikkelen. Om een goede visie te ontwikkelen op mestverwerkingstechnieken en inzet van beleidsinstrumenten, willen de drie noordelijke provincies allereerst inzicht in de huidige (on)balans aan mineralen in Noord-Nederland op lokaal, regionaal en provinciaal niveau. Daarnaast is er behoefte aan inzicht in het effect van (beleids)maatregelen op mestproductie, -verwerking en -handel en daarmee ook op de mineralenonbalans en de kansen om regionale kringlopen te sluiten.

In dit rapport wordt een overzicht gegeven van:

- de ruimtelijke variatie in de huidige en de gewenste mineralenbalans (productie, verwerking en afvoer) voor koolstof (C), stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K), zwavel (S), magnesium (Mg), en calcium (Ca), waarbij het vooral gaat om C, N, P en K;
- de gevolgen van (mogelijke veranderingen in) Europees, landelijk en provinciaal beleid en marktontwikkelingen ten aanzien van mestverwerking;
- de kansen daarbij voor het sluiten van de mineralenbalans via verschillende scenario's. De nadruk ligt daarbij op de gewenste productkwaliteit in relatie tot de afzetmogelijkheden en de milieukundige consequenties van maatregelen om zo een goede visie te ontwikkelen op mestverwerkingstechnieken en inzet van beleidsinstrumenten.

Hierbij willen wij de adviescommissie bedanken, die van grote betekenis is geweest voor het tot stand komen van dit rapport. In die commissie hadden vertegenwoordigers zitting van:

- de drie noordelijke provincies (als opdrachtgevers van deze studie), te weten Arnout Venekamp (prov. Drenthe), Sjef van der Lubbe en Allard Steenstra (prov. Friesland) en Nynke de Jong (prov. Groningen);
- het Noordelijk Nutriëntenplatform, te weten Frans Debets (zelfstandig adviseur), Ruud Paap (Energy Valley) en Willemien Veele (KNN Advies bureau).

Mede door de afstemming met de adviescommissie en de door hen georganiseerde presentatiemomenten met belanghebbenden is dit onderzoek succesvol afgerond.

Samenvatting

Achtergrond en doel van de studie

Door een relatief hoge intensiteit van de veehouderij en de import van veevoer is de hoeveelheid stikstof (N) en fosfaat (P) die via mest wordt geproduceerd groter dan er op duurzame wijze kan worden ingezet op landbouwgronden. Op landelijke schaal heeft het mestbeleid daarom als doel om fosfaat uit de landbouw 'te verwijderen' via export of niet-landbouwkundige toepassing. Om mest te exporteren, moet het vooraf worden gehygiëniseerd en daarna wordt het veelal bewerkt via technieken als mestscheiding of compostering, al dan niet in combinatie met vergisting. In Noord-Nederland ligt een sterke focus op een combinatie met vergisting, waarbij biogasproductie een bijdrage levert aan de uitwerking van het nationale Energieakkoord. De drie noordelijke provincies Groningen, Friesland en Drenthe staan voor de uitdaging om een Noordelijke Nutriënten Visie te ontwikkelen met oog voor de toekomstbestendigheid van de agrarische sector, de bodemkwaliteit en lucht- en waterkwaliteit. Naast inzicht in de balans van stikstof en fosfor is tevens inzicht in de balans van organische (kool)stof (C) en van de mineralen kalium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg) en zwavel (S) van belang.

Ten behoeve van deze visie brengt dit rapport de ruimtelijke variatie in beeld voor de huidige balans (aanvoer en afvoer) van C, N, P, K, Ca, Mg en S ten opzichte van de gewenste milieukundige en landbouwkundige situatie. Hierbij zijn er doelen gesteld in relatie tot de bodemkwaliteit (C-balans), luchtkwaliteit (N-balans) en waterkwaliteit (N- en P-balans). Daarnaast wordt in beeld gebracht wat de effecten zijn van verwachte beleids- en marktontwikkelingen op de eerdergenoemde balansen. Naast inzicht in de regionale variatie heeft deze studie als doel een inschatting te geven van de mineralenbalans op bedrijfsniveau en de bijbehorende toepassingsmogelijkheden voor bewerkte mestproducten. Hierbij is specifiek gekeken naar de meest voorkomende bedrijfssystemen in Noord-Nederland, variërend in bedrijfstype (melkvee/akkerbouw), bouwplan, regio en grondsoort. Een evaluatie van marktkansen van Nederlandse mestproducten voor export naar het buitenland is geen onderdeel van de studie.

Aanpak van de studie

Om de ruimtelijke variatie in mineralenbalansen én de mogelijke gevolgen van verwachte beleids- en marktontwikkelingen in kaart te brengen, zijn een regionale modelstudie en een bedrijfsstudie uitgevoerd. De modelstudie geeft op gebiedsniveau inzicht in koolstof en mineralenoverschotten in de verschillende regio's, zowel voor het jaar 2015 als voor enkele toekomstige scenario's. De bedrijfsstudie brengt in beeld hoe de huidige bemestingspraktijk vorm krijgt in gangbare bedrijfssystemen en beschrijft hoe mestverdeling en -bewerking ingezet kunnen worden om de landbouwkundige doelen te realiseren met minimale milieubelasting.

In totaal zijn er dertien scenario's doorgerekend. Naast de huidige (jaar 2015) aanvoer betreft dit allereerst twee doelscenario's gerelateerd aan een agronomisch en milieukundig gewenste situatie, waaronder het op peil houden van de gehalten aan organische stof en nutriënten in de bodem, rekening houdend met kritische (N, P) en onvermijdbare verliezen (K, Ca, Mg en S). In het eerste doelscenario wordt uitgegaan van de huidige gewasopbrengst en in het tweede doelscenario van een hogere gewasproductie en mineralenbenutting van suikerbieten, aardappelen en tarwe. Naast deze twee doelscenario's zijn de effecten van verschillende beleidsmatige scenario's in beeld gebracht. Dit betreft onder andere het afschaffen van derogatie en het (deels) vervangen van dierlijke mest door opgewerkte groene kunstmest (mineralenconcentraten). Daarnaast is ook het effect berekend van: (i) verbod op mestimport van buiten de drie noordelijke provincies, (ii) groei en krimp van 10% van de veestapel, (iii) verhoging van de acceptatiegraad van dierlijke mest en bewerkte mest in de akkerbouw en (iv) een hogere gewasproductie en mineralenbenutting.

Voor de regionale modelstudie is gebruikgemaakt van het integrale model INITIATOR. Dit model maakt gebruik van gedetailleerde, ruimtelijke gegevens uit beschikbare GIS-datasets, zoals de geografisch expliciete landbouwtellinggegevens, met het aantal dieren per vestiging. Voor de bedrijfsstudie is een analyse gemaakt van zes representatieve bedrijfssystemen, waaronder (i) akkerbouwbedrijven op lichte klei, zand- en dalgrond en zware klei en (ii) melkveebedrijven op zand, klei en veenbodems. In de bedrijfsstudie is gebruikgemaakt van bodemgegevens uit agrarische meetnetten. De bemestingsgift voor de bedrijven is in kaart gebracht door gebruik te maken van de mestverdelingsmodule uit het regionale nutriëntenmodel INITIATOR. De agronomische behoefte aan mineralen is in kaart gebracht door gebruik te maken van het landbouwkundig bemestingsadvies.

Resultaten van de regionale studie

De resultaten van de regionale studie laten zien dat er voor geheel Noord-Nederland sprake is van een licht C-overschot: er wordt meer organische stof aangevoerd via gewasresten, dierlijke mest en compost dan er in de bodem wordt afgebroken. Uitzondering op deze regel zijn de veengronden; in deze bodems is er netto sprake van een daling van het organische-stofgehalte. Omdat deze afbraak vooral een effect is van het peilbeheer (en niet te compenseren is binnen de huidige wetgeving), wordt de afbraak vanuit veen niet meegeteld bij de berekening van de gewenste C-aanvoer. De N-aanvoer door mineralisatie wordt overigens wel meegenomen, zowel in gebruiksnormen als bemestingsadvies.

Gemiddeld is er voor geheel Noord-Nederland sprake van een N-overschot, ook wanneer een hogere (gewenste) gewasproductie zou worden gehaald bij dezelfde stikstofaanvoer. Dit houdt in dat ook dan de milieureisten niet worden gehaald. Voor fosfaat is dit echter niet het geval. Uitgaande van de huidige gewasproductie is er gemiddeld sprake van een P-overschot, maar als bij gelijkblijvende bemestingsniveaus de gewasopname toeneemt, zal op termijn extra P nodig zijn om de bodemvruchtbaarheid op peil te houden. Wanneer K uitsluitend met dierlijke mest wordt toegediend, kunnen ook vaak K-tekorten voorkomen, in het bijzonder bij akkerbouwmatige teelten. De aanvoer van Ca, Mg en S via dierlijke mest is in alle gemeenten binnen alle provincies hoger dan de gewasopname.

Het afschaffen van derogatie blijkt een beperkt effect te hebben op de C- en N-aanvoer, hoewel voor N het gat tussen de huidige aanvoer en de milieu- en landbouwkundige gewenste aanvoer wordt verkleind. De verwachte P-aanvoer neemt echter iets toe. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat bij toepassing van derogatie geen P-kunstmest mag worden toegediend. Bij het scenario 'afschaffen van derogatie' wordt er wel P-kunstmest toegediend op alle plaatsen waar de P-aanvoer lager ligt dan de gebruiksnorm. Het effect van derogatie op de Ca-, Mg- en S-aanvoer is vrijwel verwaarloosbaar. Als derogatie wordt afgeschaft, wordt de verwachte K-aanvoer via dierlijke mest echter lager. Dit zou dan gecompenseerd kunnen worden door meer K-kunstmest te geven. Met het gebruik van mineralenconcentraten (producten die uit mestbewerking ontstaan) blijkt echter dat het gat tussen de huidige en gewenste N-aanvoer bijna gehalveerd kan worden.

Resultaten van de bedrijfsstudie

Voor de drie akkerbouw bedrijfssystemen wordt de wettelijke ruimte voor inzet van dierlijke mest anno 2015 niet volledig opgevuld, terwijl dit voor de drie melkveehouderijbedrijfssystemen wel het geval is. Voor P is op akkerbouw echter nog maar weinig ruimte over en er is dan ook vrijwel geen P-kunstmest meer nodig om aan de gewasbehoefte te voldoen. Om aan de agronomische behoefte van stikstof te voldoen, is nog wel N-kunstmest nodig gegeven de lage werkzaamheid van dierlijke mest. De aanvoer van K in dierlijke mest is in alle bedrijfssystemen hoger dan de agronomische behoefte, met uitzondering van akkerbouw op zand- en dalgrond. Op alle grondsoorten zijn er potentiële risico's op zwaveltekorten, vooral in het voorjaar. De aanvoer van Ca, Mg en S is in alle bedrijfssystemen hoger dan de agronomische behoefte. Een toename in gewasproductie zorgt maar heel beperkt voor extra vraag naar fosfaat en kalium. De effecten van derogatie en mineralenconcentraten zijn op bedrijfsniveau vergelijkbaar aan de resultaten op regionaal niveau.

Het afschaffen van derogatie zorgt in de modelberekeningen van INITIATOR voor N-overschotten die niet volledig op akkerbouwbedrijven in Noord-Nederland te plaatsen zijn en die zonder verwerking ook niet gemakkelijk te verplaatsen zijn naar andere regio's in binnen- en buitenland. Inzet op mineralenconcentraten biedt kansen om de regionale mineralenbalans (in het bijzonder voor N) te sluiten én gericht te sturen op duurzame toepassing, maar kunnen vooralsnog niet concurreren met

de efficiëntie van kunstmest. Met een inzet op mineralenconcentraten zonder verdere opwerking en export kan de regionale mineralenkringloop wel verbeterd, maar niet gesloten worden. Opwerking tot gedroogde, gekorrelde en hoog werkzame producten (met een werking vergelijkbaar met kunstmest) biedt potentie voor zowel de binnenlandse als buitenlandse markt.

De inzet van bewerkte mestproducten is alleen perspectiefvol als het de mogelijkheid biedt om gericht te sturen op de nutriëntenbeschikbaarheid tijdens het seizoen. Met uitzondering van stikstof worden vrijwel alle andere nutriënten als basisbemesting gegeven en moeten deze producten concurrerend zijn in de huidige mestmarkt. Dit betekent concreet een hoge organische stof-P-verhouding voor de producten met veel organische stof (met oog op instandhouding bodemvruchtbaarheid) en een hoge N-werking en lage K-gehaltes in de vloeibare mestproducten als deze inzetbaar zijn in de melkveehouderij (met het oog op bemesting en waterkwaliteit).

Zorgen rond bodemkwaliteit: reëel of niet

Door boeren worden nogal eens zorgen geuit met betrekking tot bodemkwaliteit, met name waar het de achteruitgang van organische stof betreft als gevolg van minder aanvoer van dierlijke mest. Deze studie laat zien dat dit niet erg reëel lijkt. Lokaal kan dit het geval zijn, maar in de regio Noord-Nederland wordt er meer organische stof aangevoerd via gewasresten, dierlijke mest en compost dan er in de bodem wordt afgebroken. Dit is (indirect) gebaseerd op honderden metingen uit het agrarische bodemmeetnet van Eurofins Agro. Wel is er sprake van doorgaande daling in veenkoloniale gronden als gevolg van veenafbraak.

Wat de zorgen betreft rond de nutriëntenstatus in relatie tot de aanvoer van nutriënten: daar is duidelijk sprake van een verschil tussen het bemestingsadvies en de lange termijn acceptabele aanvoer. Het bemestingsadvies dat in de bedrijfsstudie is gebruikt, houdt rekening met de bodemkwaliteit, de processen die daar spelen en de handhaving van een optimale bodemkwaliteit op lange termijn. Bij de lange termijn acceptabele aanvoer zoals berekend met het regionale model wordt echter geen rekening gehouden met de bodemkwaliteit. Dat kan bij (zeer) lage P-, K- en S-status tot behoorlijke verschillen in gewenste mestgiften leiden. Zo is bij een zeer lage P-status de gebruiksnorm veel lager dan het agronomisch advies en bij hoge P-toestanden zijn voor sommige gewassen de gebruiksnormen hoger dan het bemestingsadvies. Landbouwkundig gezien moet je bij lage P-toestanden meer geven dan wat wettelijk gezien mag, omdat je P-tekorten snel wilt opheffen en de bodemtoestand wilt verhogen naar een gemiddelde toestand (ook bij normen voor P-arme of fixerende gronden). Die verschillen blijken op akkerbouwbedrijven ook te bestaan voor zwavel. De aanvoer zoals geschat wordt door INITATOR is hoger dan de afvoer via het gewas en een onvermijdbare uitspoeling, maar de agronomische behoefte ligt hoger dan de gewasonttrekking omdat de S-beschikbaarheid in het voorjaar laag is, evenals de eerstejaarswerking van S uit dierlijke mest. Bij K is duidelijk sprake van een probleem met tekorten voor sommige akkerbouwkundige teelten en een overmaat in gras- en maïsland.

Aanbevelingen voor kringlopen sluiten

Vergisten of niet

Digestaten – producten die na (co)vergisting van drijfmest ontstaan – kunnen door hun hogere N-werking ten opzichte van de onvergiste producten een goede vervanger zijn van kunstmest. De samenstelling van deze producten – en de werking ervan – is doorslaggevend voor een goede inzetbaarheid.

Groene kunstmest

Mestbewerkingsproducten met een hoge N-werking kunnen in theorie de toepassing van kunstmest overnemen, maar tot op heden zijn deze producten nog van onvoldoende kwaliteit (dan wel praktisch lastig inzetbaar). Vanuit milieukundig oogpunt is een goede afstemming van kunstmest en organische bemesting essentieel. Volledige bemesting met (bewerkte dan wel onbewerkte) organische mest op akkerbouwbedrijven verhoogt het risico op mineralisatie buiten het groeiseizoen en vragen om extra aandacht voor gewasopvolging om ongewenste verliezen naar het watersysteem te verlagen.

Met een inzet op mineralenconcentraten zonder verdere opwerking en export kan de regionale mineralenkringloop wel verbeterd, maar niet gesloten worden. Opwerking tot handzame en hoog werkzame producten (met een werking vergelijkbaar met kunstmest) biedt potentie voor zowel de binnenlandse als buitenlandse markt. Bestaande reststromen in Noord-Nederland zoals compost, berm- en slootmaaisel kunnen in theorie ingezet worden in akkerbouwmatige teelten om de regionale kringloop beter te sluiten, maar vereisen vanuit milieukundig oogpunt dan wel een lagere aanvoer van dierlijke mest, omdat de P-gebruiksruimte vrijwel volledig wordt opgevuld.

1 Inleiding

Achtergrond van de studie

Door een relatief hoge intensiteit van de veehouderij en de import van veevoer is de hoeveelheid mest die wordt geproduceerd in de Nederlandse veehouderijsector groter dan er op duurzame wijze kan worden ingezet. De productie en toediening van dierlijke mest worden daarom gereguleerd via het mestbeleid. Vanaf 2014 is er sprake van een mestverwerkingsplicht: veehouders met een mestoverschot zijn verplicht een deel van de mest te verwerken. Op landelijke schaal heeft het beleid daarmee als doel om P uit de landbouw 'te verwijderen' via export of niet-landbouwkundige toepassing. Om mest te exporteren, moet het vooraf worden gehygiëniseerd en wordt het veelal bewerkt via technieken als mestscheiding of compostering, al dan niet in combinatie met vergisting. In Noord-Nederland ligt een sterke focus om dit te combineren met vergisting, waarbij biogasproductie een bijdrage levert aan de uitwerking van het nationale Energieakkoord. De drie noordelijke provincies Groningen, Friesland en Drenthe staan voor de uitdaging om gebiedsgericht sturing te geven aan een toekomstgerichte en duurzame agrarische sector. Om een goede visie te ontwikkelen op de inzet van mestverwerkings-technieken en beleidsinstrumenten willen zij inzicht in:

- de ruimtelijke variatie in de huidige overschotten en tekorten voor koolstof (C), stikstof (N), fosfor (P), kalium (K), zwavel (S), magnesium (Mg) en calcium (Ca);
- de effecten van beleids- en marktontwikkelingen op deze balansen;
- de kansen om regionale kringlopen te sluiten via mestbewerking.

Doel en aanpak van de studie

Deze studie brengt de huidige mineralenbalans voor Noord-Nederland in beeld op lokaal (bedrijfsniveau), regionaal (gemeente niveau) en provinciaal niveau in relatie tot maatregelen die mestproductie, -verwerking en -handel beïnvloeden. In meer detail betreft dit:

- de huidige balans (aanvoer en afvoer) aan koolstof en mineralen ten opzichte van de gewenste balans in relatie tot de bodem-, lucht- en waterkwaliteit;
- de effecten van verwachte beleids- en marktontwikkelingen op deze mineralenbalans.

Bij de beleidsontwikkelingen gaat het o.a. om het wettelijk toestaan van de mogelijkheid om organische/ groene kunstmest af te zetten boven de norm van dierlijke mest in de landbouw. Bij de marktontwikkelingen gaat het om het inschatten van toepassingsmogelijkheden, het gebruik en effect van digestaat en andere kansrijke mestverwerkingsproducten (kansrijk voor de markt, met aandacht voor milieu en landbouwpraktijk) in relatie tot de kenmerken van de regio, zoals bodem, bouwplan en mestproductie. Een onderbouwing van marktkansen van Nederlandse mestproducten voor export naar het buitenland is geen onderdeel van dit rapport. Om deze doelen te bereiken, zijn twee activiteiten uitgevoerd: een regionale modelstudie en een bedrijfsstudie, in samenspraak met stakeholders. De modelstudie op gebiedsniveau geeft inzicht in koolstof- en mineralenoverschotten in de verschillende regio's, zowel voor het jaar 2015 als voor scenario's voor de toekomst. Hiervoor is gebruikgemaakt van het integrale model INITIATOR. De bedrijfsstudie brengt in beeld hoe de huidige bemestingspraktijk op praktijkbedrijven vorm krijgt en hoe mestverdeling en -bewerking ingezet kan worden om de landbouwkundige doelen te realiseren met minimale milieubelasting.

Inhoud van het rapport

In hoofdstuk 2 worden de methoden beschreven waarmee de regionale studie en de bedrijfsstudie zijn uitgevoerd. Bij de regionale studie betreft dit de modelaanpak met bijbehorende data en bij de bedrijfsstudie gaat het om de analyse van zes verschillende bedrijfssystemen die een representatief beeld geven van de huidige en gewenste mineralensituatie in Noord-Nederland. In hoofdstuk 3 wordt de ruimtelijke variatie in mineralenbalansen voor Noord-Nederland en voor de onderzochte bedrijfssystemen in beeld gebracht, terwijl in hoofdstuk 4 de resultaten van een aantal scenario's op zowel regionale schaal als bedrijfsschaal worden besproken. De conclusies van de studie zijn gegeven in hoofdstuk 5, terwijl vijf bijlagen meer details geven over aanpak en resultaten.

2 Methode

2.1 Regionale studie

2.1.1 Berekening van mineralenbalansen op gebiedsniveau met INITIATOR

Mineralenbalansen op gebiedsniveau zijn berekend met het model INITIATOR (*Integrated Nitrogen Impact Assessment Tool on a Regional Scale*). Dit model simuleert de verdeling van mest en houdt rekening met aanvoer van dierlijke mest (van het eigen bedrijf of via mesttransport) en kunstmest, wettelijke gebruiksnormen, het gewas en de bodemeigenschappen.

INITIATOR is een relatief eenvoudig en flexibel model dat alle belangrijke N- en P-fluxen op regionale schaal berekent, waaronder de aanvoer van N en P in de vorm van kunstmest, dierlijke mest en depositie en daarnaast nog N-binding, N- en P-opname door het gewas, emissie van stikstofgassen, te weten ammoniak (NH₃), lachgas (N₂O) en stikstofoxiden (NO_x) naar de atmosfeer en uit- en afspoeling van nitraat, ammonium en fosfaat naar grond- en oppervlaktewater. Daarnaast berekent het model ook de emissies van het broeikasgas methaan, de verandering in de voorraad aan bodemkoolstof en de bijbehorende emissie of vastlegging van CO₂ uit bodems en de accumulatie en uitspoeling van basen (verzuring) en zware metalen (lood, cadmium, koper en zink). Voor een uitgebreide beschrijving van INITIATOR wordt verwezen naar De Vries et al. (2003) en Kros et al. (2011).

De N- en P-excretie worden berekend door een vermenigvuldiging van het aantal dieren (in verschillende categorieën) met zogenoemde excretiefactoren die aangeven hoeveel mest elk dier in een jaar produceert. De stal- en opslagmissies van gasvormige N-verliezen worden berekend door de N-excretie te vermenigvuldigen met N-emissiefractionen, 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. Een beknopte beschrijving van de mestverdelingsmodule in INITIATOR is gegeven in bijlage 1. De NH₃-emissie uit stallen en opslagen en vanuit de bodem vormen de input van het atmosferisch transportmodel OPS voor de berekening van de N-depositie op zowel landbouwgronden als in Natura 2000-gebieden.

Een bodemmodule berekent vervolgens wat er met de nutriënten gebeurt: accumulatie, opname, gasvormige emissies of uit- en afspoeling naar het watersysteem. Bij de berekening is een regionale differentiatie aangebracht door rekening te houden met verschillen in bodemgebruik, grondsoort en grondwaterstand, die bepalend zijn voor de optredende processen. Voor de P-modellering is voor P-sorptie gebruikgemaakt van een combinatie van een snelle en langzame pool met een bodemtype afhankelijke parametrisatie.

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-plus; Van Os et al., 2016). Door deze koppeling zijn we in staat om op een hoge ruimtelijke resolutie de N- en P-excretie, stal- en opslagmissies, mest- en kunstmestverdeling, bodememissie, uit- en afspoeling en N-depositie te berekenen.

2.1.2 Gebruikte modelinput voor mineralenbalansen op gebiedsniveau

De vereiste data voor de berekening van mineralenbalansen op gebiedsniveau zijn onder te verdelen in: (i) regionale modelinput data, (ii) modelparameters die veelal variëren als functie van bodemtype of bodemeigenschappen (bv. organische-stofgehalte, kleigehalte en gehalte aan aluminium- en ijzeroxiden) en (iii) overige data, die veelal een rol spelen bij verdeling van de mest over het land. Hieronder zijn de verschillende data met hun bronnen genoemd.

Modelinput

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 grotendeels afkomstig zijn uit beschikbare nationale GIS-datasets: de 1:50.000 bodemkaart en het landgebruik (STONE 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-plus), in het model geaggregeerd tot bedrijfsniveau;
- mestverwerking en export (CBS) op nationaal niveau (voor rundvee-, varkens- en pluimveemest), welke vervolgens is neergeschaald naar gemeenteniveau;
- gewasopbrengsten (CBS), nationale cijfers per gewas (grasland, maïs, aardappelen, tarwe, suikerbieten, overig graan en overige gewassen).

In het Geografisch Informatiesysteem Agrarische Bedrijven (GIAB; Gies et al., 2015) is informatie over verschillende 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 van het CBS en RVO. 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 fijn stof. Voor sommige jaren zijn ook gegevens van de Gezondheidsdienst voor Dieren toegevoegd aan het GIAB. 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.

Modelparameters

De volgende modelparameters worden meegenomen:

- excretiefactoren en de verdeling van de mest over weide- en stalmest: deze zijn afkomstig uit NEMA (Van Bruggen et al., 2017);
- ammoniak emissiefactoren, afkomstig uit NEMA (Van Bruggen et al., 2017);
- nitrificatie- en denitrificatiefactoren (De Vries et al. (2003);
- elementgehalten in gewassen: literatuurgegevens;
- adsorptie/desorptieconstanten voor fosfaat, sulfaat en metalen: literatuurgegevens.

Overige data

- normen ten aanzien van maximale mestgiftten voor N en P;
- acceptatiegraden voor dierlijke mest op basis van berekende acceptaties uit de mestverwerkingspercentages (Oenema, 2015);
- bedrijven met derogatie (RVO).

2.2 Bedrijfsstudie

2.2.1 Bedrijfssystemen

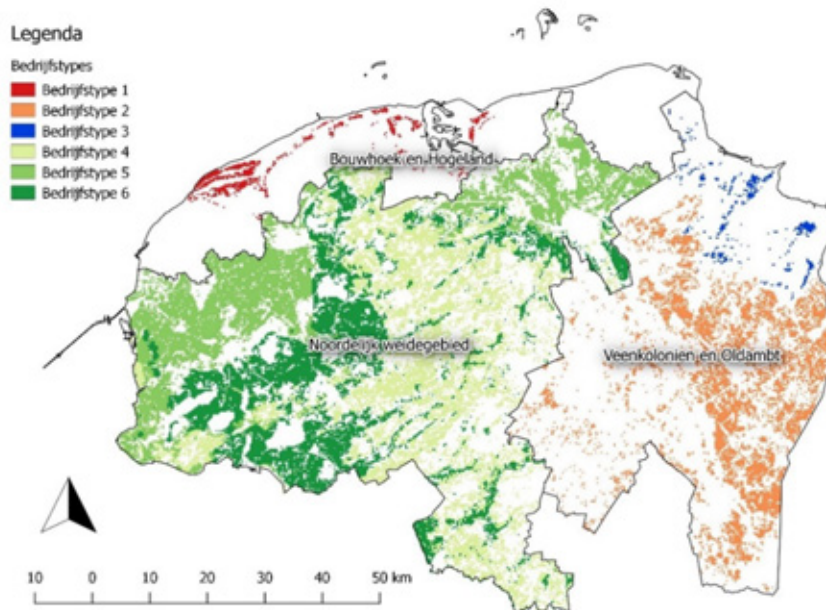
Binnen deze studie worden verschillende bedrijfssystemen geanalyseerd om een zo goed mogelijk beeld te schetsen van de mineralensituatie op landbouwbedrijven in Noord-Nederland. Hierbinnen spelen zaken als bedrijfstype (melkvee/akkerbouw), bouwplan, regio en grondsoort een rol. Gebaseerd op de structuur van de landbouwsector wordt de mineralenbalans in kaart gebracht voor zes bedrijfssystemen.

De geselecteerde bedrijfssystemen zijn:

1. **Akkerbouw op lichte klei**, gelegen in het landbouwgebied Bouwhoek en Hogeland. Het gemiddelde bouwplan bestaat voor 33% uit pootaardappelen, 40% uit wintertarwe, 15% uit suikerbieten en 12% uit zaaiuien.

2. **Akkerbouw op zand- en dalgrond**, gelegen in de Veenkoloniën. Het gemiddelde bouwplan bestaat voor 50% uit zetmeelaardappelen, 20% uit suikerbieten en 30% granen (zomergerst, zomertarwe, wintergerst).
3. **Akkerbouw op zware klei**, gelegen in het landbouwgebied van Oldambt. Het gemiddelde bouwplan bestaat voor 65% uit wintergerst, 15% uit wintergerst, 10% uit koolzaad en 10% suikerbieten.
4. **Melkveehouderij op zand** in het noordelijke weidegebied (>80% gras, <15% mais).
5. **Melkveehouderij op klei** in het noordelijke weidegebied (>90% gras, <5% mais).
6. **Melkveehouderij op veen** in het noordelijke weidegebied (>90% gras, <5% mais).

Deze zes bedrijfssystemen zijn representatief voor meer dan 40% van het totale landbouwooppervlakte in Noord-Nederland (zie figuur 2.1).



Figuur 2.1 Ruimtelijke verdeling van de geselecteerde bedrijfssystemen in Noord-Nederland.

2.2.2 Mestwaardering

Om de landbouwkundige geschiktheid van een mestproduct te beoordelen, zijn de volgende parameters van belang: de samenstelling, het gehalte aan droge stof, de landbouwkundige werking van aanwezige nutriënten, de stabiliteit van de organische stof en de aanwezigheid van pathogenen en/of onkruidzaden (Ros et al., 2014). Daarnaast zijn er een aantal praktische randvoorwaarden die belangrijk zijn voor een goede acceptatie. De ideale mest als exportproduct naar het buitenland zou moeten voldoen aan de volgende agronomische criteria (Smit et al., 2014):

- de samenstelling van de mest is bij levering bekend en de samenstelling is homogeen;
- de mest is gemakkelijk transporteerbaar (hoog drogestofgehalte);
- de mest wordt op het juiste tijdstip geleverd;
- de mest die in het voorjaar wordt uitgereden, bevat hoge gehalten aan mineralen, terwijl de mest die in het najaar wordt uitgereden laag moet zijn in stikstof in verband met hoge milieuverliezen;
- de mest moet hygiënisch in orde zijn en weinig ongerechtigheden bevatten.

De landbouwkundige kwaliteitseisen zijn daarbij afhankelijk van de specifieke toepassing. Bij najaarstoepassing van organische meststoffen is het bijvoorbeeld gewenst om een mestproduct te gebruiken met een lage N:P-verhouding in verband met de stikstofverliezen die optreden gedurende de winter. Dit is in het bijzonder het geval bij drijfmest; bij vaste mest is de minerale N-fractie al grotendeels verdwenen. Bij voorjaarstoepassing is juist een hoge N:P-verhouding gewenst. De kwaliteitseisen qua samenstelling en werking variëren per sector, met grote verschillen tussen de veehouderij, de

akkerbouw, de intensieve vollegronds-groenteteelt en meerjarige teelten. Naast de agronomische geschiktheid is er een aantal factoren die de toepassing voor dierlijke mestproducten beïnvloedt. Concreet gaat het om de prijs, de logistieke afstand tussen aanbieder en ontvanger en relevante wet- en regelgeving voor transport en toediening. In de huidige studie wordt gefocust op de regionale afzet van mest.

Gezien de samenstelling en eigenschappen van organische meststoffen worden ze in de akker- en tuinbouw vooral gebruikt als basismeststof. Een organische meststof met een optimale samenstelling is bij voorkeur in staat om volledig te voorzien in de P- en K-behoefte (en andere meso- en micro-nutriënten) van het gewas en in mindere mate voor stikstof. De reden hiervoor is dat de gewenste N-bemesting sterk kan variëren in relatie tot lokale bodemeigenschappen, weersomstandigheden en de bemestingshistorie. In de praktijk wordt de basisbemesting dan ook aangevuld met kunstmest om aan de gewasbehoefte gedurende het seizoen te voldoen, waarbij de basisbemesting waar mogelijk voldoende stikstof levert voor de eerste fase van groei. Door het gebruik van kunstmest tijdens het groeiseizoen kan een agrariër beter sturen op de directe gewasbehoefte. Ook vanuit milieukundig oogpunt is dit van belang: potentiële verliezen van stikstof zijn hoger bij toediening van dierlijke meststoffen dan bij kunstmest. Wel kunnen digestaten – producten die na (co)vergisting van drijfmest ontstaan – door hun hogere N-werking ten opzichte van de onvergiste producten (meer stikstof in minerale vorm) een goede vervanger zijn van kunstmest op de akkerbouwbedrijven. De samenstelling én N-werking van deze producten is doorslaggevend voor een goede inzetbaarheid.

Bij de evaluatie van de inpasbaarheid van bewerkte organische mestproducten moet rekening gehouden worden met de huidige bemestingspraktijk waarin onbewerkte drijfmest gebruikt wordt als basisbemesting. Bewerkte mestproducten kunnen worden ingezet als vervanging van drijfmest of als aanvulling op de huidige bemestingspraktijk (en daarmee de huidige kunstmest vervangen). In de eerste situatie wordt de gewenste samenstelling gedefinieerd door de wettelijke normen (maximale aanvoer van organische stof per eenheid fosfaat bijvoorbeeld) en de agronomische behoefte aan macro, meso- en micronutriënten. Een organische meststof met een optimale samenstelling is daarmee in staat om – op stikstof na – volledig te voorzien in de nutriëntenbehoefte van het gewas. Stikstof kan via kunstmest of via bewerkte mestproducten (bijvoorbeeld spuioloog) toegediend worden. Wel is het dan wenselijk dat de werking van deze producten vergelijkbaar is met kunstmest.

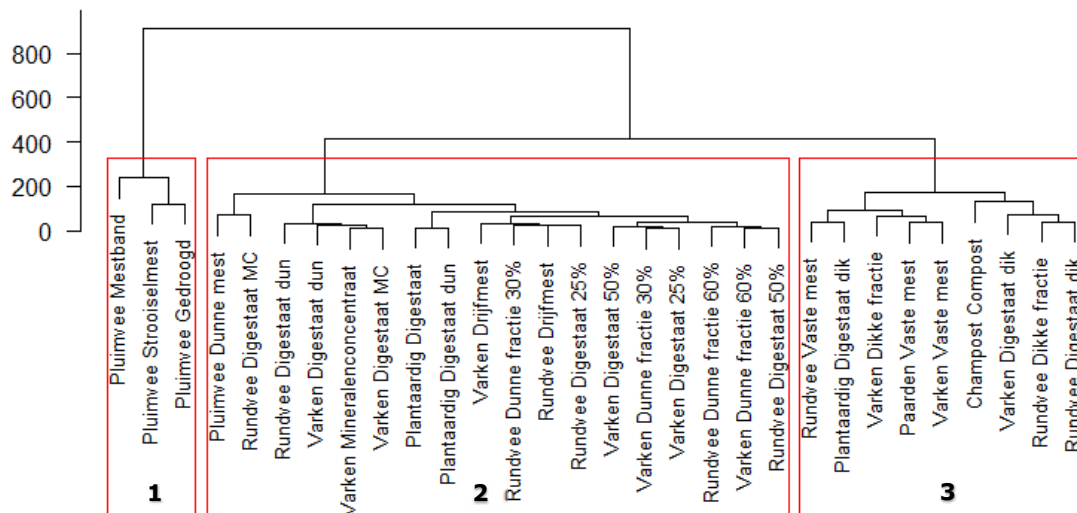
Voor de evaluatie van onbewerkte en bewerkte mestproducten is gebruikgemaakt van de gemiddelde chemische en fysische eigenschappen, zoals deze ook worden gebruikt in het landelijke bemestingsadvies. Deze eigenschappen zijn afgeleid van duizenden mestanalyses uitgevoerd door het agrarisch laboratorium Eurofins Agro. De gehalten in N_{tot} en P_2O_5 van dunne rundveemest, dunne varkensmest en pluimveemest zijn daarbij in 2015 gelijkgesteld aan de gehalten zoals die in 2015 in de wet zijn vastgelegd. De verdeling over N_{min} en N_{org} en de overige nutriënten zijn gebaseerd op de medianen van mestanalyses uit 2011, 2012 en 2013. In de analyse van het best passende product voor de verschillende bedrijven is gekeken naar de verhoudingen tussen verschillende hoofdelementen en de hoeveelheid Effectieve Organische Stof (EOS)¹. In deze analyse gaat het erom om die producten te kiezen die zo efficiënt mogelijk de agronomische behoefte kunnen dichten binnen wettelijke en milieukundige randvoorwaarden.

Wanneer de samenstelling van gangbare mestproducten wordt geëvalueerd (zie figuur 2.2), blijken er duidelijk drie groepen met kenmerkende eigenschappen voor te komen (gebruikmakend van een hiërarchische clustering op basis van gemiddelde cijfers uit de Adviesbasis Bemesting). De onbewerkte drijfmesten en bewerkte digestaten en mineralenconcentraten zijn relatief rijk aan stikstof en hebben weinig organische stof. De vaste mestproducten en composten kennen relatief veel droge stof. Gedroogde pluimveemest heeft de meeste nutriënten en een hoog drogestofgehalte. De gemiddelde samenstelling van deze drie subgroepen wordt weergegeven in tabel 2.1.

¹ De hoeveelheid organische stof die na één jaar nog in de grond aanwezig is. Gebaseerd op gangbare tabellen die gebruikt worden in Nederland, zie bijvoorbeeld: www.os-balans.nl.

Tabel 2.1 Gemiddelde (mediaan) samenstelling van de groepen mestproducten (zie figuur 2.2).

Groep	Categorie	DS	OS	N _{tot}	P ₂ O ₅	K ₂ O	N _{min}	NP	NK	PK
		kg ton ⁻¹						% N _{tot}	-	-
1	Droge pluimveemest	713	416	28	25,6	20,1	11	2,8	2,0	0,7
2	Drijfmest, dunne mest (fractie)	69	33	5,8	1,4	5,9	72	6,8	1,0	0,1
3	Vaste mest (of dikke fractie)	250	160	7,8	5,0	5,5	21	3,9	1,6	0,5



Figuur 2.2 Cluster dendrogram van een aantal van de meest gebruikte dierlijke mestproducten op basis van hun chemische samenstelling. Deze groepen zijn gebaseerd op vergelijkbare droge stof, organische stof, nutriënten (NPK) en de verhouding tussen deze drie nutriënten (zie tabel 2.2).

Let wel, de samenstelling van bewerkte mestproducten is sterk afhankelijk van de gebruikte scheidings- en bewerkingsmethoden (Postma et al., 2013; Van Geel & van Dijk, 2013). Bij covergisting hebben de hoeveelheid en aard van de coproducten namelijk direct invloed op de samenstelling. De samenstelling van de mestproducten en de wettelijke status (wordt het wel of niet als dierlijke mest gezien of als afval) kunnen veranderen als er aanvullende technieken worden ingezet om de mest geschikter te maken voor export. Het gaat daarbij om nabehandelingen als drogen, hygiëniseren, korrelen en mengen van mest. Hierdoor wordt het drogestofgehalte verhoogd, worden aanwezige pathogenen geëlimineerd of wordt de chemische samenstelling op maat aangepast. Een andere factor die het gebruik van bewerkte mest beïnvloedt (in Duitsland, Oost-Europa, maar ook in Nederland), is het management van de boer rond gewasresten: gewasresten hebben een andere samenstelling dan het geogste product, en het wel of niet afvoeren van gewasresten heeft invloed op de hoeveelheid nutriënten dat kan/moet worden aangevoerd om een sluitende mineralenbalans te realiseren. De huidige studie neemt aan dat de gewasresten achterblijven op het perceel waar het gewas is geogst.

2.2.3 Marktkansen export

Een deel van de aanwezige dierlijke mest in Noord-Nederland wordt geëxporteerd naar omliggende EU-landen. De hierboven beschreven agronomische producteigenschappen zijn ook bij de export van belang. Bij de handel en export in bewerkte dierlijke mestproducten (al dan niet gemengd met andere reststoffen) moet rekening worden gehouden met wet- en regelgeving vanuit zowel de EU als vanuit Nederland en het importerende land. Hierbij gaat het om vier Europese verordeningen of richtlijnen, de Nederlandse Meststoffenwet (en bijbehorende uitvoeringsbesluiten en uitvoeringsregelingen) en nationale regelgeving van andere EU-landen. De regelgeving varieert per land. De Europese verordeningen reguleren de vereisten voor de verwerking en het transport van dierlijke mest.

Omdat de marktkansen van Nederlandse mestproducten in het buitenland geen onderdeel is van de huidige studie, wordt hier slechts verwezen naar diverse marktstudies die recentelijk door het NMI zijn uitgevoerd. Uit deze marktstudies (en recente ervaringen van mestverwerkers en -transporteurs) blijkt dat er grote vraag is naar (bewerkte) organische mestproducten. De mate waarin bewerkte mestproducten aansluiten bij de gewenste landbouwkundige behoefte hangt af van de producteigenschappen en de eigenschappen van het agro-ecosysteem qua bodem, gewas en bedrijfssysteem. Ook regionale gewoontes en tradities kunnen van grote invloed zijn op de vraag naar mestproducten. Desalniettemin wordt de vraag naar dierlijke mest voor een belangrijk deel bepaald door de hanteerbaarheid (korrel of vast, stuifgevoeligheid, in big bags of per vrachtwagen et cetera voor opslag en transport) en de afzet- dan wel aanschafprijs (een laag mineralengehalte heeft hoge distributiekosten per kg mineraal tot gevolg) in relatie tot het alternatief kunstmest.

2.2.4 Selectie best passende product

In deze studie is een analyse uitgevoerd om de gangbare (bewerkte) mestproducten en de huidige mest te evalueren in relatie tot hun inzet binnen een integraal bodem- en bemestingsplan op de verschillende bedrijfssystemen. Hierbij wordt zowel gekeken naar hun inpasbaarheid als basismeststof en als aanvulling op de huidige praktijk van drijfmesttoediening. Dit is uitgewerkt voor de drie bedrijfssystemen voor de akkerbouw. Hiervoor wordt gebruikgemaakt van de mestproducten zoals besproken in de sectie *Mestwaardering*. De gewenste agronomische behoefte aan nutriënten wordt daarbij maximaal gevuld met de best passende meststof, waarbij rekening wordt gehouden met de samenstelling van de (bewerkte) organische mestproducten, een minimale hoeveelheid mest en met de wens om binnen de huidige gebruiksnormen maximaal effectieve organische stof aan te voeren.

Naast het best passende product is vervolgens ook onderzocht welke combinatie van mestproducten ingezet kan worden om de aanvoer van mineralen optimaal aan te laten sluiten op de agronomische behoefte. Bij deze optimalisatie wordt rekening gehouden met de gebruiksnormen voor fosfaat, dierlijke stikstof en werkzame stikstof en de hoeveelheid effectieve organische stof. De prijs van de mestproducten wordt in deze agronomische afweging niet meegenomen. Afhankelijk van het bedrijfstype kan voor deze evaluatie extra gewicht worden gegeven aan een focus op nutriënten (d.w.z. gewasvoeding) dan wel organische stof (d.w.z. bodemverbetering). Door grote zorgen over dalende bodemvruchtbaarheid in de praktijk wordt in de huidige studie extra weging gelegd op de aanvoer van effectieve organische stof.

2.3 Scenario's

De doorgerekende scenario's voor zowel de bedrijfsstudie als de regionale studie zoals die worden gepresenteerd in de hoofdttekst van deze studie zijn gegeven in tabel 2.2. Het resultaat van elk scenario is de berekende C-, N-, P-, K-, Ca-, Mg- en S-balans en de daaruit volgende gewenste N/P/K-verhoudingen om aan het doel scenario te voldoen. In totaal zijn er dertien scenario's doorgerekend zoals aangegeven in tabel 2.2, maar de uitvoer in de hoofdttekst is uiteindelijk beperkt tot de vijf relevantste scenario's die ook de meest verschillende resultaten opleverden in Noord-Nederland. De parametrisatie van alle dertien scenario's is gegeven in bijlage 2, terwijl gemiddelde resultaten van alle scenario's voor geheel Noord-Nederland gegeven zijn in bijlage 3. Broeikasgasemissies vormden geen onderwerp van studie maar is nu, gezien het aanstaande klimaatakkoord en de doelstelling voor Landbouw van 3,5 Mton CO₂-emissiereductie, een wezenlijk onderwerp. Daarom zijn resultaten van de effecten van de verschillende scenario's op de methaan- en lachgasemissie weergegeven in bijlage 4. Daarbij is tevens het effect op de broeikasgaspotentiaal weergegeven door uit te gaan van 25 kg CO₂-eq per kg CH₄-emissie en 298 kg CO₂-eq per kg N₂O-emissie (AR4, IPCC).

Tabel 2.2 De doorgerekende scenario's (resultaten van de scenario's die schuin gedrukt zijn worden gegeven in de hoofdttekst; een samenvatting van resultaten van alle scenario's staat in bijlage 3).

Huidige en gewenst
S0 Huidige input (2015)
S1 Doel scenario 1 (gewenste aanvoer bij huidige opbrengst)
S2 Doel scenario 2 (gewenste aanvoer bij optimale opbrengst ²)
Aanvoer
S3 Verbod op mestimport en export
S4 Krimp van de veestapel met 10%
S5 Groei van de veestapel met 10%
S6 <i>Derogatie afschaffen</i>
S7 Toename acceptatiegraden Noord Nederland van 85 naar 100%
S8 Combinatie S3+S4+S6+S7
Afvoer en mestbewerking
S9 Toename in de nutriëntopname door suikerbieten, aardappelen, graan en gras
S10 Combinatie S8 en S9
S11 <i>Vervanging dierlijke mest door mineralenconcentraten</i>
S12 Combinatie S6 en S11
S13 Combinatie S10 en S11

De input voor het jaar 2015, inclusief mestimport vanuit andere provincies, is het referentiescenario. Doelscenario 1 en 2 zijn twee doelscenario's gerelateerd aan een agronomisch en milieukundig gewenste situatie, waaronder het op peil houden van de gehalten aan organische stof en nutriënten in de bodem, rekening houdend met kritische (N, P) en onvermijdbare verliezen (bv. uitspoeling van Ca, Mg en K). In het eerste doelscenario wordt onderzocht in hoeverre de bemestingspraktijk moet veranderen om onder de kritische nitraatuitspoeling van de Nitraatrichtlijn te blijven, uitgaande van de huidige gewas-opbrengst. In het tweede doelscenario wordt onderzocht wat de consequenties zijn van een hogere gewasproductie en mineralenbenutting, zoals deze verwacht wordt door verdere veredeling van suikerbieten (15 ton suiker via suikerbiet; ca 88 ton ha⁻¹ jr⁻¹), aardappel (15 ton zetmeel; ca 74 ton ha⁻¹ jr⁻¹) en 10 ton tarwe (commissie Rabbinge: op naar 15-15-10, Rabbinge (2012), t.o.v. 85 ton ha⁻¹ suikerbieten, aardappelen 42 ton ha⁻¹ aardappelen en 8 ton ha⁻¹ tarwe nu in Noord Nederland (CBS, 2016).

Naast de twee genoemde doelscenario's zijn de effecten van verschillende beleidsmatige scenario's in beeld gebracht. Dit betreft het afschaffen van derogatie en het (deels) vervangen van dierlijke mest en kunstmest door opgewerkte groene kunstmest. Het scenario 'afschaffing van derogatie' betekent dat de maximale hoeveelheid aan te wenden dierlijke mest niet groter mag zijn dan 170 kg N ha⁻¹. De hoeveelheid bewerkte en geëxporteerde mest binnen Noord-Nederland is daarbij gelijk gehouden. In het scenario waarbij dierlijke mest vervangen wordt door mineralenconcentraten/groene kunstmest wordt alle rundveemest omgezet in een concentraat (scheiding met vijzelpers). Het rendement van scheiding van runderdrijfmest varieert in deze analyse tussen 0,70 voor organische stof tot 0,87 voor kalium (Verdoes pers. med.). De dunne fractie wordt verder gescheiden in stikstof-, fosfaat- en kaliumrijke fracties, de zogenoemde 'groene kunstmest'. Deze teruggewonnen groene kunstmest uit de dunne fractie wordt in het geval van N volledig in Noord-Nederland afgezet, terwijl 10% van de verwerkte P wordt geëxporteerd. Meer details over de parametrisatie van derogatie en de vervanging van dierlijke mest door opgewerkte groene kunstmest zijn gegeven in bijlage 2.

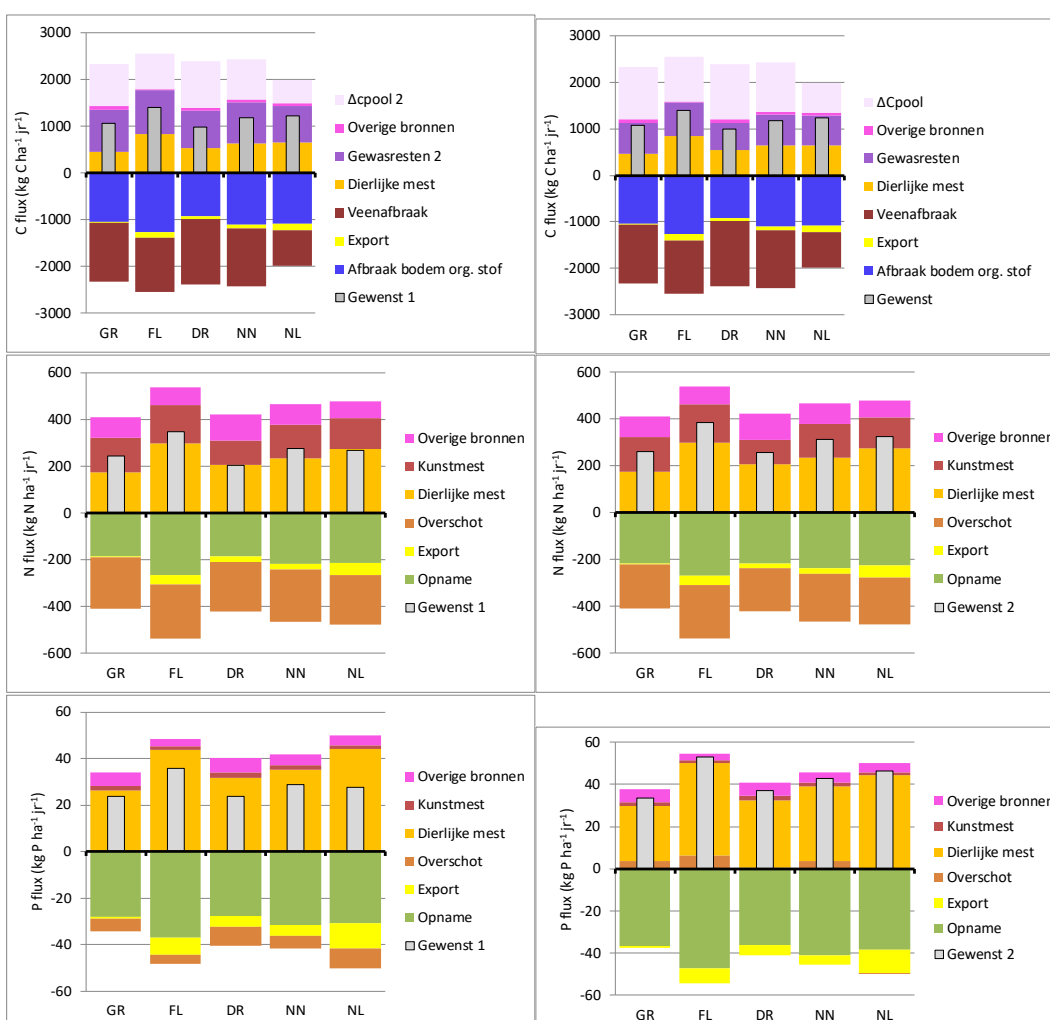
Naast de bovengenoemde twee scenario's is ook het effect berekend van: (i) verbod op mestimport van buiten de drie noordelijke provincies, (ii) groei en krimp van 10% van de veestapel, (iii) verhoging van de acceptatiegraad van dierlijke mest en bewerkte mest in de akkerbouw in Noord-Nederland van 85% naar 100% en (iv) een hogere gewasproductie en mineralenbenutting zoals deze verwacht wordt door verdere veredeling van suikerbieten, aardappelen en tarwe (tabel 2.2). De parametrisatie van deze scenario's is gegeven in bijlage 2.

² 88 ton suikerbieten, 74 ton aardappels en 10 ton tarwe, zie bijlage 2.

3 Huidige en gewenste mineralenbalansen

3.1 Gemiddelde mineralenbalansen voor Noord-Nederland

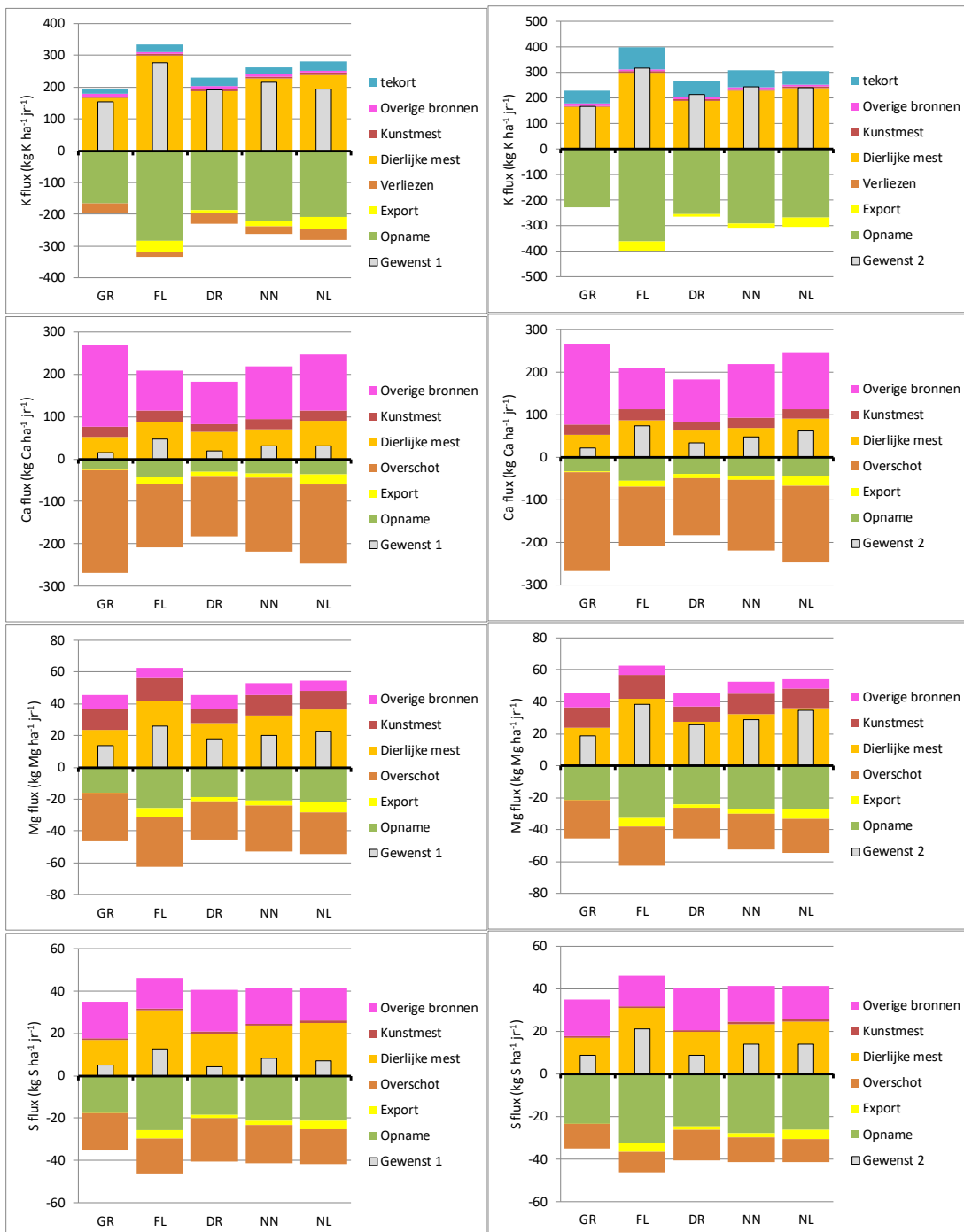
Gemiddelden van alle relevante aan- en afvoerposten (in $\text{kg ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$) voor C, N, P en voor K, Ca, Mg en S per provincie, geheel Noord-Nederland en geheel Nederland, zijn gegeven in respectievelijk figuur 3.1 en 3.2 in de vorm van staafdiagrammen³. Aan de bovenzijde (boven de x-as; positief) staan de invoerbronnen en aan de onderzijde (beneden de x-as; negatief) staan de afvoerbronnen. De C-aanvoer betreft dierlijke mest, gewasresten en overige bronnen (compost) en de afvoer betreft afbraak van bodemorganische stof, export van mest en veenaafbraak en het verschil is de verandering in de bodem C-voorraad. De aanvoer van mineralen betreft dierlijke mest, kunstmest⁴ en overige bronnen (compost, depositie, mineralisatie en N-fixatie) en de afvoer betreft opname en netto-export (nettoresultaat van transport, i.e. zowel aan- als aanvoer, verwerking en export) van dierlijke mest. Het restant is het overschot. In figuur 3.1 en 3.2 is tevens de gewenste aanvoer van C, N, P, K, Ca, Mg en S gegeven, gebaseerd op de huidige productie (doelscenario 1) en gewenste gewasproductie (doelscenario 2).



Figuur 3.1 Staafdiagrammen voor de aan- en afvoer van C, N en P voor de provincies Groningen (Gr), Friesland (FL), Drenthe (DR), geheel Noord-Nederland (NN) en heel Nederland (NL), uitgaande van de huidige gewasproductie (links) en de gewenste gewasproductie (rechts) (de verandering in C-pool betreft verandering in zowel minerale gronden als veengronden door veenaafbraak)).

³ In bijlage 3.1 zijn de volledige balansen van C, N, P, K, Ca, Mg en S gegeven.

⁴ Berekend door opvullen van gebruiksnorm.



Figuur 3.2 Staafdiagrammen voor de aan- en afvoer van K, Ca, Mg en S voor de provincies Groningen (Gr), Friesland (FL), Drenthe (DR), geheel Noord-Nederland (NN) en heel Nederland (NL), uitgaande van de huidige gewasproductie (links) en de gewenste gewasproductie (rechts).

De gewenste aanvoer is gerelateerd aan het voorkomen van negatieve effecten op bodemkwaliteit (C), waterkwaliteit (N en P) en gewasopbrengst (K, Ca, Mg en S). Voor C is dat een vereiste minimumaanvoer voor het op peil houden van organische (kool)stof in verband met de bodemvruchtbaarheid. Voor N en P is dat een maximumaanvoer waarboven sprake is van een milieukundig ongewenst overschot in verband met de waterkwaliteit. Voor C, K, Ca, Mg en S is dat een minimumaanvoer waaronder sprake is van een tekort aan de genoemde nutriënten ten behoeve van de gewasproductie. Voor deze nutriënten zijn geen milieukundige normen, met uitzondering van een norm voor de som van Ca en Mg in verband met de hardheid van het water, maar die wordt nooit overschreden. De gewenste gewasproductie is berekend, uitgaande van productiedoelstellingen in de Veenkoloniën van suikerbieten (88 ton ha⁻¹), aardappelen (74 ton ha⁻¹) en tarwe (10 ton ha⁻¹).

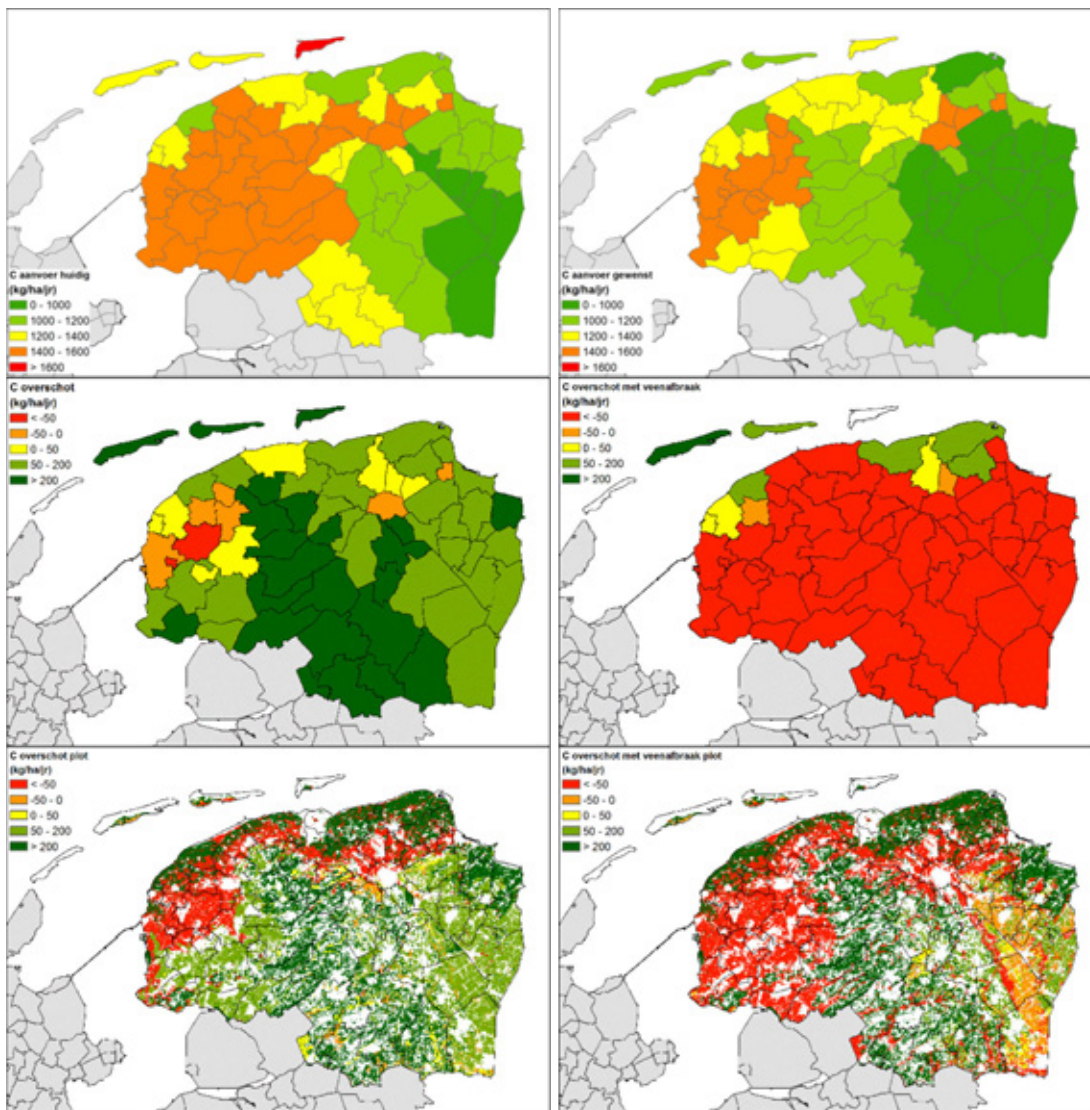
De resultaten voor C, N en P laten zien dat voor geheel Noord-Nederland de gemiddelde C-aanvoer hoger is dan de rest van Nederland, de N-aanvoer redelijk vergelijkbaar is en de P-aanvoer duidelijk iets lager ligt (figuur 3.1). Voor Friesland ligt de aanvoer van N echter duidelijk hoger dan in de rest van Nederland en is P vergelijkbaar, maar voor Groningen en Drenthe is de gemiddelde aanvoer van zowel N als P per hectare duidelijk lager. Voor C is gemiddeld sprake van een licht overschot van de huidige aanvoer (middels gewasresten, dierlijke mest, slib en compost) ten opzichte van de gewenste aanvoer. Daarbij is de gewenste aanvoer echter berekend op basis van de afbraak van bodem-organische stof en de export van C uit het gebied. Wanneer de afbraak van veen wordt meegeteld, is er gemiddeld wel degelijk sprake van daling van het organische-stofgehalte. Dit is echter niet op te heffen met aanvoer van organische stof, maar met peilbeheer en daarom is dit niet meegerekend bij de berekening de gewenste C-aanvoer. Uit de figuren blijkt verder dat er voor geheel Noord-Nederland sprake is van een N-overschot, zeker bij de huidige gewasproductie, maar zelfs wanneer een gewenste gewasproductie moet worden gehaald bij gelijkblijvende N-aanvoer. Dit houdt in dat de milieueisen ook dan niet worden gehaald. Dit is echter niet het geval voor P. Daar is sprake van een gering overschot bij de huidige gewasproductie, maar bij de berekening met een gewenste gewasproductie er is gemiddeld wat extra P nodig voor het op peil houden van de P-gehalten (figuur 3.1).

De gemiddelde K-, Ca- en Mg-aanvoer is in Noord-Nederland wat lager dan in de rest van Nederland, terwijl de S-aanvoer vergelijkbaar is (figuur 3.2). De K-bemesting is bij de huidige gewasopbrengsten wat te laag en dat geldt zeker in geval van de verhoogde gewas opbrengsten. Er is dan sprake van uitmijning van K (zie ook de K-balans in bijlage 3.1), wat op den duur kan leiden tot minder oogstzekerheid en kwaliteitsschade. De aanvoer van Ca, Mg en S is daarentegen beduidend hoger dan wat nodig is voor de gewenste gewasgroei, wat leidt tot een beduidend overschot aan deze nutriënten (figuur 3.2). Voor Ca is dit met name hoog door de aanvoer van kalk om bodemverzuring tegen te gaan en het optreden van ontkalking in kalkrijke gronden (zie ook Ca-balans in bijlage 3.1).

3.2 Ruimtelijke variatie in huidige en gewenste mineralenbalansen op gemeenteniveau

In figuur 3.3 is de ruimtelijke variatie in de huidige C-aanvoer middels gewasresten, mest en compost, de gewenste C-aanvoer om de C voorraad op peil te houden en het verschil daarin (in $\text{kg ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$). Bij de kaartjes die het verschil (het gat) aangeven tussen de huidige en gewenste situatie, dient te worden bedacht dat voor C een negatief getal ongunstig, omdat er dan sprake is van een tekort aan C-aanvoer om de bodemvoorraad op peil te houden (daarom is voor negatieve getallen de kleur rood aangehouden). De regionale verschillen tussen de huidige en gewenste invoer aan C zijn gegeven zonder en met het meenemen van veenafbraak en zowel op gemeenteniveau als op STONE-plot niveau. Wanneer veenafbraak niet wordt meegenomen, is er vrijwel nergens sprake van een tekort aan C-aanvoer om de bodem C-balans op peil te houden, met uitzondering van een aantal gemeenten in Groningen en Friesland. In die variant is de gewenste aanvoer echter uitsluitend berekend op basis van de afbraak van bodemorganische stof en de export van C uit het gebied. Wanneer de afbraak van veen wel wordt meegerekend, is er in veel gebieden gemiddeld wel sprake van een daling van het organische-stofgehalte. De berekende doorgaande (geringe) veenafbraak in veenkoloniale gronden, die met name duidelijk is te zien in de kaart op STONE-plot-niveau, speelt duidelijk een rol in de afname van organische stof in deze gronden.

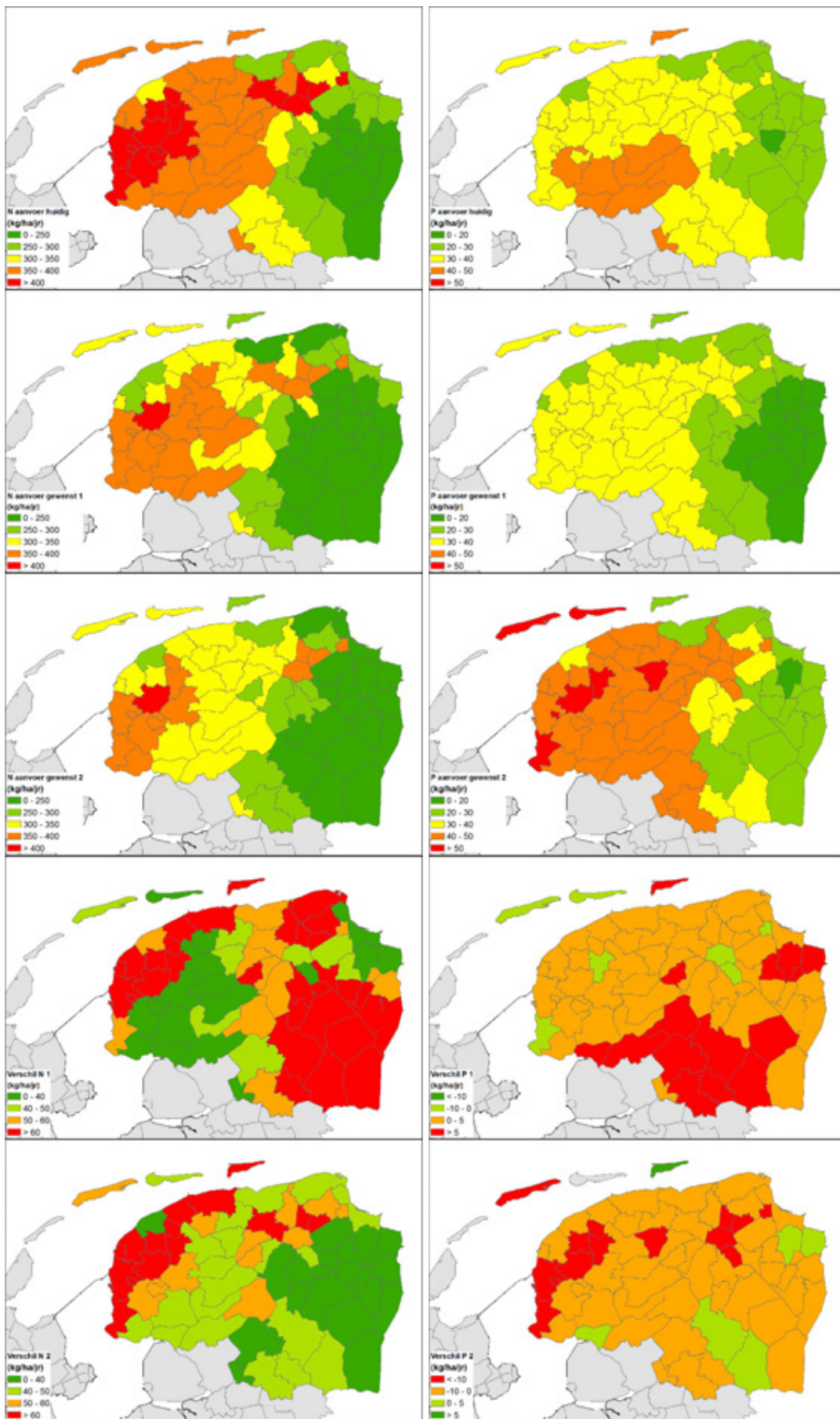
In de figuren 3.4-3.6 is de ruimtelijke variatie gegeven in de huidige aanvoer middels mest en compost, de gewenste aanvoer en het verschil daarin (het overschot) voor N en P (figuur 3.4), K en Ca (figuur 3.5) en Mg en S (figuur 3.6), uitgaande van de huidige gewasproductie (gewenst 1) en een gewenste sterke stijging in gewasproductie (gewenst 2). De kaarten geven uitsluitend de variatie op gemeenteniveau en de stromen zijn allemaal weergegeven in $\text{kg ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$. Voor N, P, K, Ca, Mg en S is een positief getal ongunstig, omdat er dan sprake is van een milieukundig ongewenst overschot (aangeduid met de kleur rood). Terwijl voor C het een positief getal gunstig is; er is dan sprake van een toename van de hoeveelheid organische stof (aangeduid met de groen). Bij een negatief getal (wat voorkomt bij P en K) is wel sprake van uitmijnen en is op termijn extra P of K nodig.



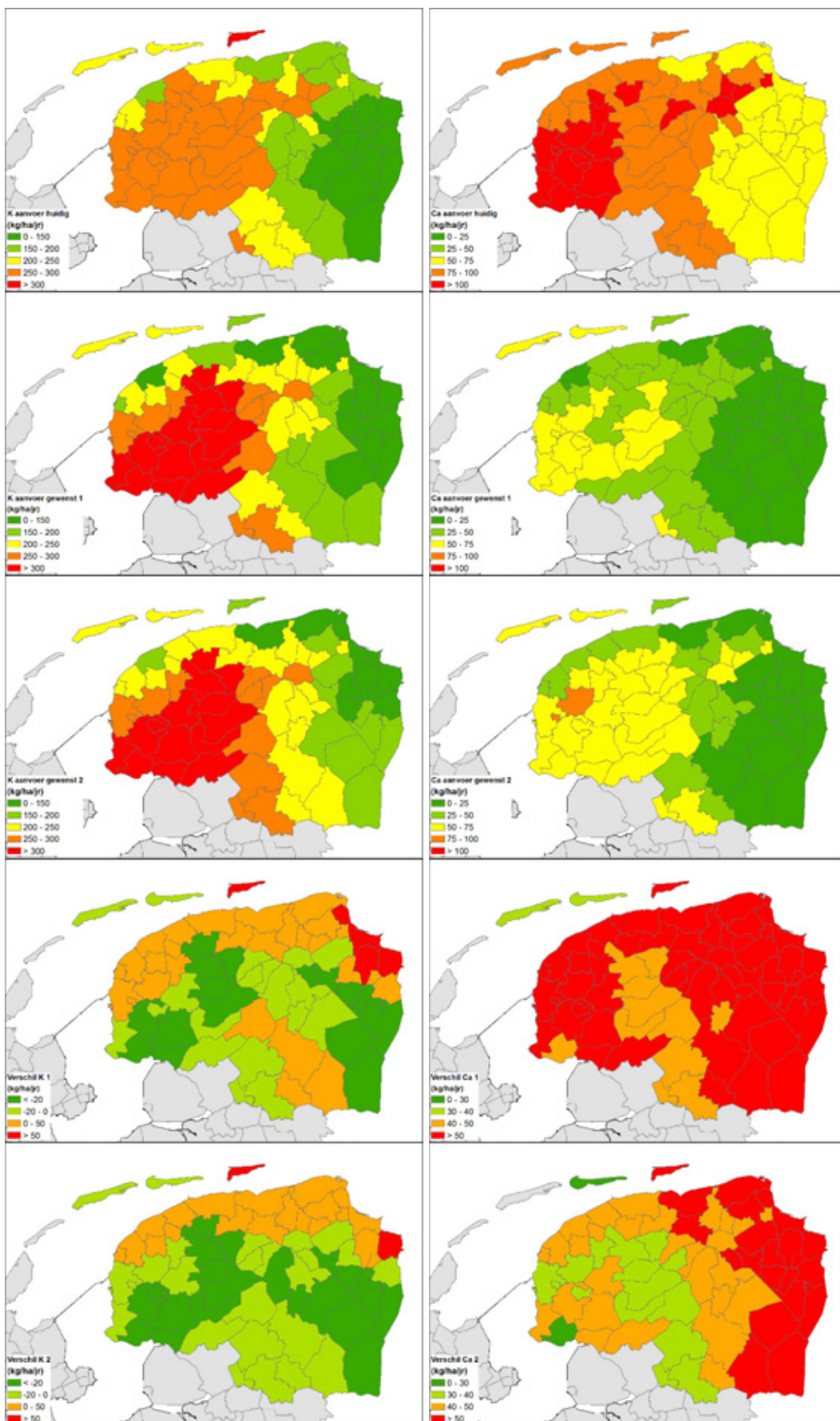
Figuur 3.3 Ruimtelijke variatie in de huidige en gewenste C-aanvoer (boven), het verschil in de huidige en gewenste aanvoer (overschot) op gemeenteniveau (midden) en op STONE plot niveau (onder) zonder veenafbraak (links) en met veenafbraak (rechts) (in $\text{kg ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$).

De kaartjes in figuur 3.4 laten zien in welke regio's binnen Noord-Nederland sprake is van N- en P-overschotten en waar uitbreidingen mogelijk zijn binnen de bestaande milieueisen. De figuur laat zien dat zeker in doelscenario 1, waarbij wordt gerekend met de huidige gewasproductie, maar ook in doelscenario 2, waarbij wordt uitgegaan van een sterke stijging in gewasproductie, er in alle gemeenten in Noord-Nederland toch nog sprake is van een verwachte overschrijding van de kritische N-uitspoeling. Overigens is in delen van Friesland de verwachte overschrijding van de kritische N-uitspoeling juist hoger in scenario 2, omdat hier nauwelijks sprake is van akkerbouw en er dus nauwelijks sprake is van opbrengstverhoging.

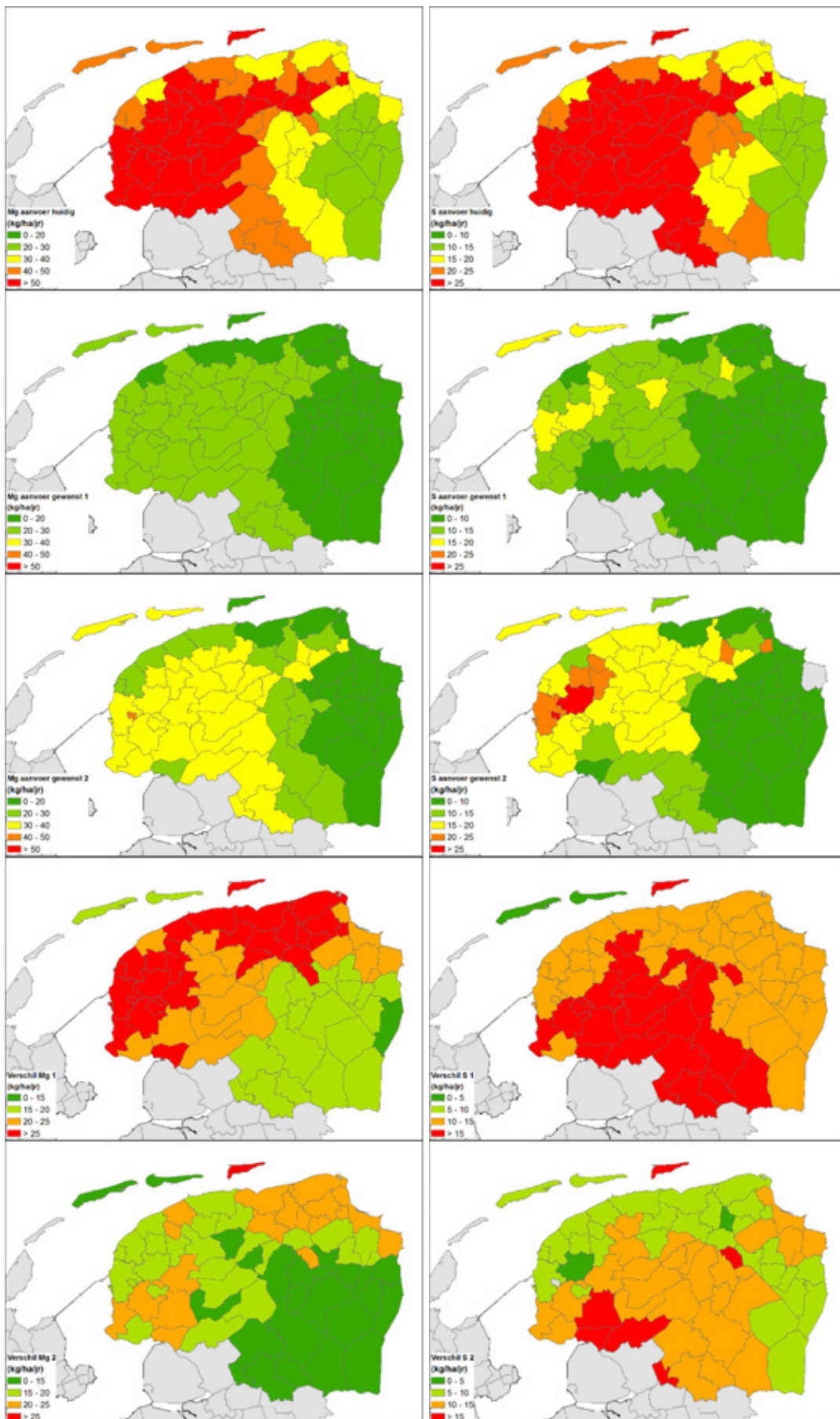
De situatie is voor P beduidend anders. Daar is in doelscenario 1 veelal sprake van een gering overschot, met uitzondering van enkele gemeenten in Groningen en Friesland, terwijl in doelscenario 2 veelal sprake is van P-tekorten (dat wil zeggen dat de P-afvoer groter is dan de aanvoer en de bodem dus wordt uitgemijnd) met uitzondering van een aantal gemeenten, met name in het oostelijke deel van Drenthe. Ook K-tekorten komen veelvuldig voor, zowel in doelscenario 1 als doelscenario 2, met uitzondering van gemeenten in met name het noorden van Groningen en Friesland (figuur 3.5). De aanvoer van Ca, Mg en S is echter beduidend hoger dan wat nodig is voor de gewasgroei, zowel bij de huidige als gewenste (productiedoelstelling) gewasproductie (figuur 3.6).



Figuur 3.4 Ruimtelijke variatie van N (links) en P (rechts) op gemeenteniveau ten aanzien van de huidige aanvoer (boven), gewenste aanvoer uitgaande van de huidige (gewenst 1; 2^e van boven) en de gewenste gewasproductie (gewenst 2; midden) en het verschil in de huidige en gewenste aanvoer uitgaande van de huidige (2^e van onderen) en de gewenste gewasproductie (onder).

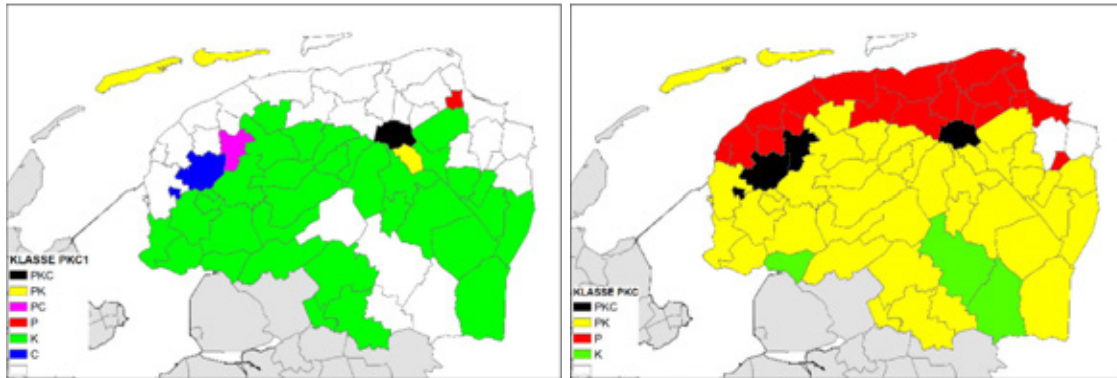


Figuur 3.5 Ruimtelijke variatie van K (links) en Ca (rechts) op gemeenteniveau ten aanzien van de huidige aanvoer (boven), gewenste aanvoer uitgaande van de huidige (gewenst 1; 2^e van boven) en de gewenste gewasproductie (gewenst 2; midden) en het verschil in de huidige en gewenste aanvoer uitgaande van de huidige (2^e van onderen) en de gewenste gewasproductie (onder).



Figuur 3.6 Ruimtelijke variatie van Mg (links) en S (rechts) op gemeenteniveau ten aanzien van de huidige aanvoer (boven), gewenste aanvoer uitgaande van de huidige (gewenst 1; 2^e van boven) en de gewenste gewasproductie ((gewenst 2; midden) en het verschil in de huidige en gewenste aanvoer uitgaande van de huidige (2^e van onderen) en de gewenste gewasproductie (onder).

De ruimtelijke variatie in de overmaat verschilt overigens per element (figuur 3.5 en 3.6). In figuur 3.7 zijn kaartjes voor Noord-Nederland gegeven die aangeven waar extra mesttoevoer is gewenst van P, K en C of een combinatie van die stoffen. Dit is bepaald op basis van een vergelijking van de huidige aanvoer met de gewenste aanvoer. Daarbij is onderscheid gemaakt in een gewenste aanvoer bij de huidige productie (gewenst scenario 1; linker plaatje) en bij een te halen productiedoelstelling voor suikerbieten, aardappelen en tarwe (gewenst scenario 2; rechter plaatje). Voor N is in beide situaties altijd sprake van een overschot en die komt dus niet voor op de kaartjes. De resultaten laten zien dat aanvoer van K in beide gevallen veelal gewenst is, terwijl extra aanvoer van P en/of K met name noodzakelijk is bij de gewenste productie.



Figuur 3.7 Regionale verdeling van gemeenten waar extra mesttoevoer is gewenst van C, P, K of een combinatie op basis van de huidige productie (links) en de productiedoelstelling van suikerbieten, aardappelen en tarwe (rechts).

3.3 Mineralenbalansen op bedrijfsniveau

Deze sectie beschrijft allereerst de huidige (on)balans van mineralen en organische stof voor zowel de drie melkveebedrijfssystemen (op zand, klei en veen) als de drie akkerbouwmatige bedrijfssystemen (op lichte klei, zand- en dalgrond en op zware klei). Vervolgens wordt aangegeven in welke mate de huidige praktijk aansluit bij de gewenste milieukundige en agronomische doelscenario's.

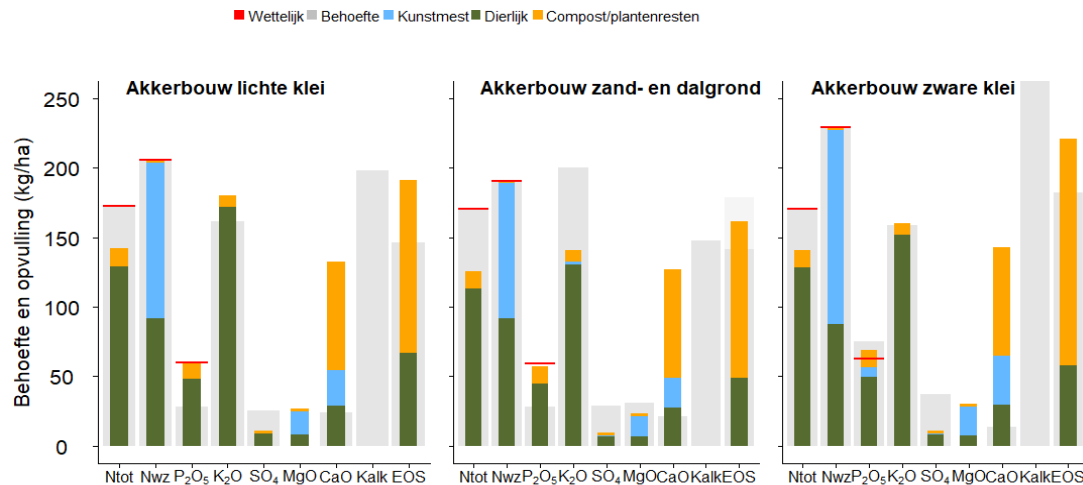
3.3.1 Huidige mineralenbalansen

Mineralenbalans op gemiddelde bodems

De aanvoer en agronomische behoefte aan organische stof, uitgedrukt in Effectieve Organische Stof (EOS)⁵ en nutriënten voor de drie akkerbouwmatige bedrijfssystemen, is weergegeven in figuur 3.8. Uit dit overzicht blijkt dat voor alle bedrijfssystemen de wettelijke ruimte voor dierlijke mest niet volledig wordt opgevuld. De resterende gebruiksruimte voor fosfaat wordt opgevuld met compost en kunstmest. In de huidige praktijk blijkt de aanwezige fosfaatruimte vrijwel volledig te worden opgevuld: er wordt dan ook vrijwel geen P-kunstmest meer gebruikt. Opvallend is de lagere agronomische fosfaatbehoefte in vergelijking met de gebruiksnorm. Dit suggereert dat er op vrijwel alle akkerbouwbedrijven (met uitzondering van akkerbouw op zware klei) voldoende fosfaat beschikbaar is voor gewasopname. Om aan de agronomische behoefte van stikstof te voldoen, is nog wel veel N-kunstmest nodig omdat de hoeveelheid werkzame stikstof in dierlijke mest (Nwz) beduidend lager is dan de gewenste hoeveelheid. De (wettelijke) gebruiksnorm voor de totale hoeveelheid Nwz (N in kunstmest, dat 100% werkzaam wordt verondersteld en Nwz in dierlijke mest) is afgestemd op het agronomische advies. De gebruiksnorm voor fosfaat ligt voor de akkerbouwbedrijven op lichte klei (Bouwhoek en Hogeland) en zand- en dalgrond (Veenkoloniën) net boven het agronomische advies. Tekorten bij de huidige

⁵ De hoeveelheid organische stof die na één jaar nog in de grond aanwezig is.

(gesimuleerde) bemestingspraktijk kunnen vooral optreden voor kalium (op zand- en dalgrond) en zwavel (alle grondsoorten, vooral in het voorjaar).



Figuur 3.8 Agronomische behoefte (grijs) en aanvoer van OS, kalk en nutriënten (in kg ha⁻¹) via dierlijke mest (groen), kunstmest (blauw) en compost/gewasresten (oranje) voor drie akkerbouwbedrijfssystemen. Voor N totaal (dierlijke mest) is de grijze balk de wettelijke ruimte voor dierlijke mest. De aanvoer van kalk is onbekend. De aanvoer van OS is om visuele redenen uitgedrukt in eenheden van 10 kg ha⁻¹, waarbij de lichtgrijze balk gelijk is aan de OS-afbraak uit veen.

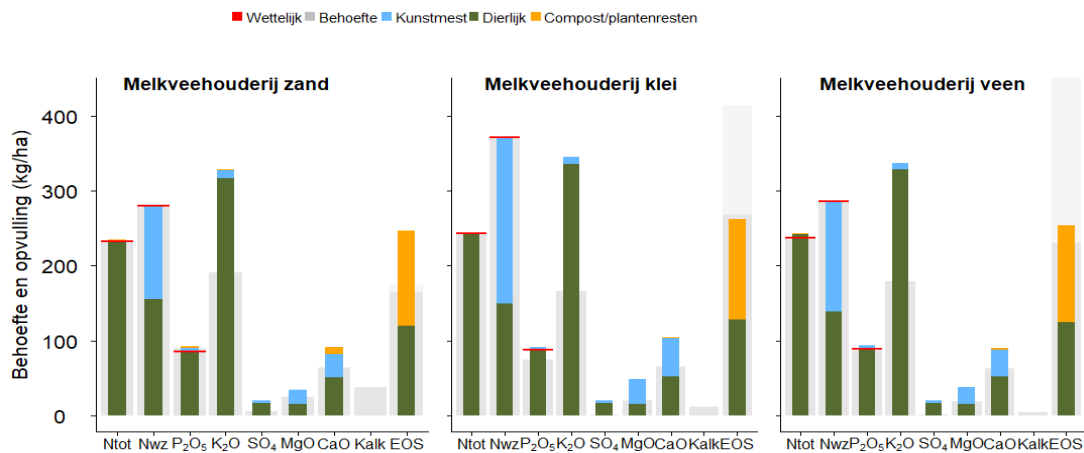
De lagere agronomische P-behoeft (in vergelijking met de gebruiksnorm) hangt sterk samen met de hoge P-toestand van de bodem: de gemiddelde PAL-waarde wordt op basis van gewas- en bodemafhankelijke postcodegemiddelde metingen uit het meetnet van Eurfins Agro geschat op 54 mg P₂O₅ 100 g⁻¹ voor het akkerbouwbedrijf op lichte klei, op 47 mg P₂O₅ 100g⁻¹ voor het bedrijf op zand- en dalgrond en op 43 mg P₂O₅ 100 g⁻¹ voor het bedrijf op zware klei. Wanneer de PAL-waarde groter is dan 45, is de bodem fosfaatrijk en hoeft alleen de gewasopname te worden gecompenseerd (Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, 2013). Van alle akkerbouwpercelen op lichte klei heeft meer dan 90% een PAL-waarde groter dan 45. Op zand- en dalgrond komt dat op 70% van het areaal voor. Akkerbouwbedrijven op zware klei hebben gemiddeld een lagere P-toestand. Slechts 18% van het bouwlandareaal heeft een PAL-waarde groter dan 45. Dit verklaart ook de hogere P-behoeft voor de akkerbouwbedrijven op zware klei.

De bemesting voor deze drie bedrijfssystemen is sterk vergelijkbaar. Herverdeling van dierlijke mest binnen de drie noordelijke provincies (zoals gesimuleerd door INITIATOR) zorgt blijkbaar voor een homogenisering van de bemestingspraktijk. De aanvoer van zwavel via dierlijke mest ligt met 15 tot 25 kg SO₄ ha⁻¹ onder de gewenste agronomische behoefte van akkerbouwbedrijven; voor kalium is dat alleen het geval voor akkerbouw op zand- en dalgrond (tekort van 60 kg K₂O ha⁻¹). Voor S lijkt dit in tegenspraak met de regionale analyse waarin sprake is van een S-overschot (zie figuur 3.5). De bedrijfsanalyse gaat echter uit van het bemestingsadvies op basis van de huidige beschikbaarheid en het gedrag van S in de bodem en varieert per grondsoort, regio en gewastype, terwijl de regionale balans uitsluitend aanvoer en afvoer vergelijkt. Ook houdt het bemestingsadvies rekening met het feit dat maar een beperkt deel van de S in dierlijke mest beschikbaar is voor gewasopname. Er is hier extra vraag naar kunstmest of organische producten met hogere kalium- en zwavelgehaltes. Omdat de aanvoer van kalk onbekend is, kan hiervoor de (on)balans niet in kaart worden gebracht.

In overeenstemming met langjarige bodemanalyses van agrarische percelen is er in alle situaties sprake van een positieve organische-stofbalans. Dit betekent dat er meer organische stof wordt aangevoerd dan er via afbraak verdwijnt. Het grootste deel van de aangevoerde EOS is afkomstig vanuit gewasresten (inclusief wortelopbouw in graszode). De aanvoer van EOS via dierlijke mest compenseert slechts 30% van de afbraak van bodemorganische stof. Als ook rekening wordt gehouden met de afbraak van veen in het bodemprofiel, dan is vooral sprake van een dalend OS-

gehalte voor akkerbouwbedrijven op zand in de Veenkoloniën. Het gemiddelde tekort aan OS wordt geschat op 176 kg EOS per ha per jaar. Wanneer deze afname niet wordt gecompenseerd, zal in 10 jaar het OS-gehalte dalen met 0,1% (absolute daling in organische-stofpercentages). Dit tekort kan gecompenseerd worden met een jaarlijkse aanvoer van 4 ton runderdrijfmest.

Voor de drie melkveehouderijbedrijfssystemen wordt de volledige gebruiksruimte voor dierlijke mest opgevuld, voor zowel fosfaat als stikstof (figuur 3.9). Desondanks blijft er wel behoefte aan toediening van stikstofkunstmest, omdat de werkzame stikstof niet voldoende is om aan de gewenste gewasopname te voldoen. Wel betekent dit concreet dat geen P-kunstmest of compost meer gebruikt kan worden. De aanvoer van kalium overstijgt in alle situaties de gewenste agronomische behoefte. Dit komt grotendeels door de frequente aanvoer van kalium via drijfmest, waardoor de bodem relatief verrijkt is met kalium: bodems met een lage K-toestand komen vrijwel niet voor.



Figuur 3.9 Agronomische behoefte (grijs) en aanvoer van effectieve organische stof (EOS), kalk en nutriënten (in kg ha^{-1}) via dierlijke mest (groen), kunstmest (blauw), compost/ gewasresten (oranje) en de wettelijke gebruiksnorm (rood) voor drie melkveehouderijbedrijfssystemen in Noord-Nederland. Voor N via dierlijke mest (Ntot) en totaal aan werkzame N (Nwz) is de grijze balk de gebruiksnorm (de wettelijke ruimte). De aanvoer van kalk is onbekend. De aanvoer van EOS is om visuele redenen uitgedrukt in eenheden van 10 kg ha^{-1} , waarbij de donkergrijze balk de vereiste aanvoer geeft om de bodemorganische stof op peil te houden en de lichtgrijze balk de vereiste aanvoer om de C-afbraak uit veen te compenseren. Ook bodems geclassificeerd als zand of klei kunnen lagen hebben met veen, waardoor C-afbraak uit veen ook hier voor een hogere EOS-behoefte zorgt.

Door de inzet van rundveedrijfmest wordt ruim voorzien in de aanwezige behoefte aan fosfaat, kalium, zwavel, magnesium en calcium. De overmaat van kalium met 125-175 $\text{kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ is vanuit de duurzaamheidsgedachte ongewenst. Extra zwavelbemesting via kunstmest is voor vrijwel alle melkveehouderijbedrijven niet nodig. Tekorten treden op voor organische stof in die gronden waar veenafbraak zorgt voor een sterk verhoogde behoefte aan organische stof⁶. Als de veenafbraak ook gecompenseerd moet worden, moet rekening worden gehouden met een jaarlijkse extra EOS-aanvoer van ca. 1.500 (klei) tot 6.700 (veen) kg ha^{-1} . Een dergelijk hoge afbraak is niet te compenseren door extra aanvoer van compost, een hogere aanvoer van lokale biomassa of meer granen of grasland binnen de rotatie. Als dit tekort niet wordt gecompenseerd, zal bij ongewijzigd management het OS-gehalte in klei in 10 jaar dalen met 1,5%. Bij veengronden is niet zozeer sprake van een daling in organische-stofpercentages, maar van het verdwijnen van veen door bodemdaling. Alleen in de veenkoloniale gronden zou de daling door veenafbraak mogelijk tot problemen kunnen leiden door

⁶ Wel wordt hierbij opgemerkt dat de aanvoer van organische stof via gewasresten onder grasland wordt onderschat. De gemiddelde aanvoer varieert tussen 1248 en 1343 kg EOS ha^{-1} , terwijl de aanvoer volgens agrarische vuistregels kan variëren van 1175 kg EOS ha^{-1} voor eenjarig grasland tot 3975 kg EOS ha^{-1} voor driejarig grasland. Omdat de afbraakconstanten van het model INITIATOR zijn gekalibreerd op daadwerkelijke OS-metingen van Eurofins (uitgaande van een steady-state voor de huidige situatie), wordt de onderschatting van de aanvoer gecompenseerd door een onderschatting van de afbraak. Netto levert dit een identiek overschot dan wel tekort aan EOS.

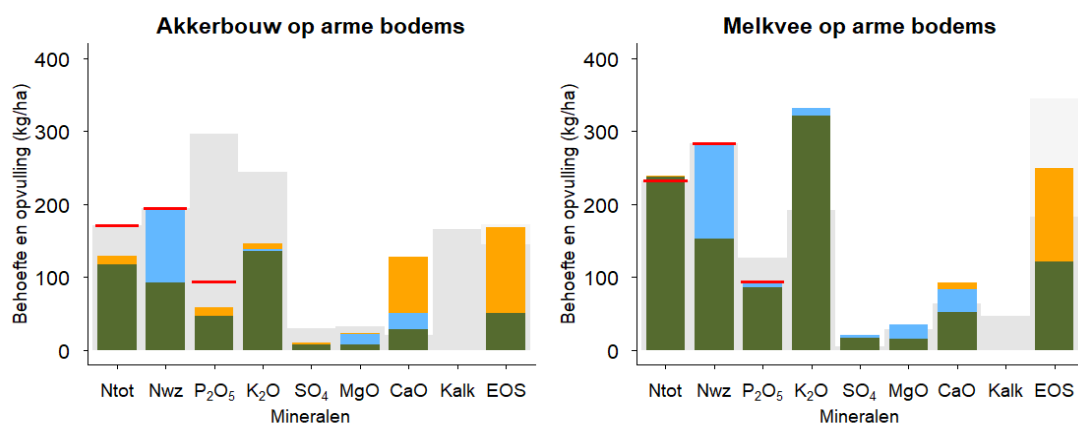
achteruitgang van de vruchtbaarheid; de resterende organische stof is weinig beschikbaar voor het bodemleven en gevoelig voor verstuiving.

Concluderend blijkt dat met de inzet van rundveedrijfmest voor alle drie bedrijfssystemen de gebruiksnormen voor fosfaat en dierlijke stikstof zijn bereikt. De agronomische behoefte aan werkzame stikstof kan daarmee op de melkveehouderijbedrijven echter niet behaald worden. De N in dierlijke mest is te weinig werkzaam en er moet dus kunstmest bij. Vanuit milieukundig oogpunt is een goede afstemming van kunstmest en organische bemesting essentieel. Volledige bemesting met organische mest verhoogt het risico op mineralisatie buiten het groeiseizoen, met bijbehorende verliezen. Mestbewerkingsproducten met een hoge N-werking kunnen in theorie de rol van kunstmest overnemen, maar tot op heden zijn deze producten nog van onvoldoende kwaliteit of praktisch lastig inzetbaar.

In overeenstemming met langjarige analyses van Eurofins (Reijneveld, 2013) lijkt er voor de meeste bedrijfssystemen geen risico te zijn op een dalend organische-stofgehalte: de aanvoer van organische stof via gewasresten, compost en dierlijke mest is voldoende om de afbraak te compenseren. Enige uitzondering zijn de bedrijfssystemen op veen of op zand en dalgrond met historisch veen in de ondergrond. Dit is conform de conclusies van de Evaluatie Meststoffenwet 2016 (Velthof et al., 2017).

Mineralenbalans op arme bodems

De resultaten van bovenstaande analyse zijn gebaseerd op de gemiddelde bodemtoestand van alle percelen die voorkomen binnen de verschillende akkerbouw- en melkveebedrijven. In figuur 3.10 wordt weergegeven hoe de huidige bemestingspraktijk aansluit bij de agronomische behoefte voor de situatie dat een bedrijf gekenmerkt wordt door percelen met een overwegend lage bodemvruchtbaarheid. Voor zowel het akkerbouw- als melkveebedrijf blijkt er sprake te zijn van een duidelijk tekort aan fosfaat: de gebruiksnorm (maximaal $120 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ voor zowel bouwland als grasland) ligt ver onder het agronomisch advies van ca. $300 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ (bemestingsadvies). Landbouwkundig gezien moet je veel meer geven dan wat wettelijk gezien mag, omdat je de bodemtoestand wilt verhogen naar een gemiddelde toestand. De onbalans voor kalium (te veel in melkveehouderij, te weinig in akkerbouw) blijft ook hier zichtbaar. De hier gepresenteerde mineralenbalans illustreert dat er geen sprake is van tekorten op melkveebedrijven (ook niet op arme bodems). Op slechts een heel klein deel van het akkerbouwareaal is er sprake van een tekort. Wanneer een akkerbouwbedrijf dus gekenmerkt wordt door percelen met een lage bodemvruchtbaarheid, zijn producten met hoge fosfaat- en kaliumgehaltes te prefereren.



Figuur 3.10 Agronomische behoefte (grijs) en aanvoer van OS, kalk en nutriënten (in kg ha^{-1}) via dierlijke mest (groen), kunstmest (blauw) en compost/gewasresten (oranje) voor een akkerbouw- en melkveebedrijf op arme bodem. De aanvoer van EOS is om visuele redenen uitgedrukt in eenheden van 10 kg ha^{-1} , waarbij de lichtgrijze balk de vereiste aanvoer geeft om de organische stof op peil te houden waarbij ook de C-afbraak uit veen is meegenomen.

3.3.2 Mineralenbalans op bedrijfsniveau

Berekeningsmethode

Voor de mineralenbalans op bedrijfsniveau wordt de aanvoer van stikstof, fosfaat, kalium, zwavel, calcium, magnesium en organische stof vergeleken met de gewenste agronomische behoefte aan nutriënten en de behoefte om het organische-stofgehalte op peil te houden. Daarbij wordt gebruikgemaakt van bodemgegevens uit het agrarische meetnet, aangezien variatie in bodemeigenschappen invloed heeft op de beschikbaarheid van mineralen voor gewassen (bijvoorbeeld via nalevering van stikstof) en op de bemestingsnormen en -praktijk. Hiervoor zijn vanuit de regionale studie die percelen geselecteerd die passen binnen het bouwplan van de zes bedrijfssystemen.

Om de natuurlijke bodemvruchtbaarheid op lange termijn in stand te houden, heeft de bodem behoefte aan organische stof en nutriënten. In de praktijk krijgen percelen daarom vaak een combinatie van dierlijke mest en kunstmest. De bemestingsgift over percelen⁷ is in kaart gebracht door gebruik te maken van de mestverdelingsmodule uit het regionale nutriëntenmodel INITIATOR. Per perceel is daardoor de aanvoer van stikstof, fosfaat, kalium, zwavel, calcium en magnesium bekend. De volgende bronnen zijn bekend: dierlijke mest, kunstmest, compost en mineralisatie vanuit bodem en gewasresten.

De landbouwkundige/agronomische behoefte aan mineralen is in kaart gebracht voor elk perceel door gebruik te maken van het landbouwkundig bemestingsadvies, met uitzondering van stikstof. Dit omdat in Nederland het landbouwkundig advies voor stikstof wordt overruled door de gebruiksnormen: de agronomische gewenste bemesting voor werkzame N is namelijk gelijk aan of hoger dan de geldende gebruiksnorm. De adviezen zijn afkomstig uit twee bronnen: de adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen (Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, 2013) en de adviesbasis bemesting van de Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen (Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen, 2017). De adviezen die in deze studie gebruikt zijn, worden kort samengevat in tabel 3.1.

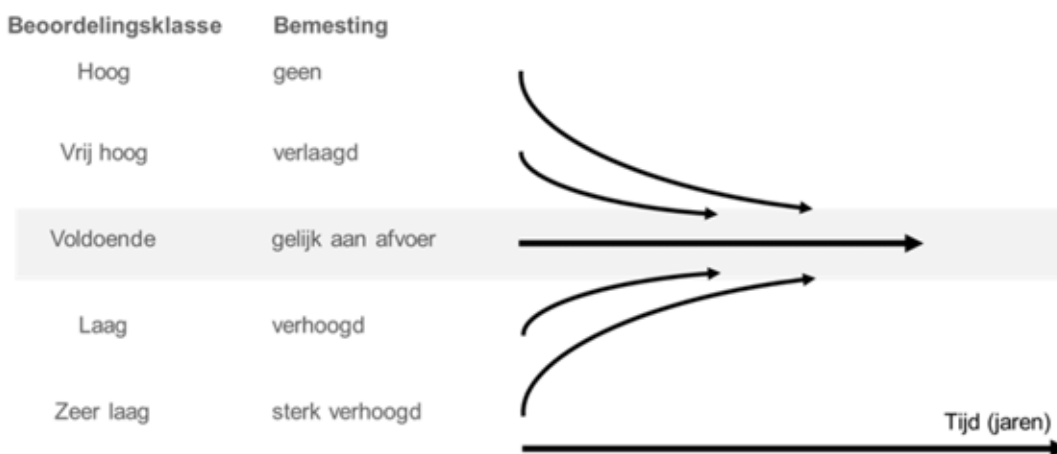
Tabel 3.1 Gebruikte systematiek om agronomische behoefte aan nutriënten te kwantificeren.

Nutriënt	Grasland	Mais	Overig bouwland
N	N-gift conform gebruiksnorm	N-gift conform gebruiksnorm	N-gift conform gebruiksnorm
P	P-gift snede 1 afhankelijk van PAL en PAE. Overige sneden afhankelijk van PAL. Adviesbasis tabel 2.10 en 2.11.	P-gift afh. van PAL en PAE en gewasonttrekking. Adviesbasis tabel 3.7 en 3.8.	Maximum van gewas- en bodemadvies. P-gift afh. van Pw, gewasgroep en grondsoort. Adviesbasis tabel 3.3 en 3.4.
K	K-gift afh. van CEC en K-beschikbaar. Per snede ander advies. Adviesbasis tabel 2.16.	K-gift afh. van K-getal, organische stof, en grondsoort. Maximum van gewas- en bodemadvies. Adviesbasis tabel 3.11 tot 3.14.	K-gift afh. van K-getal, organische stof, en grondsoort. Maximum van gewas- en bodemadvies. Adviesbasis tabel 4.1 tot 4.8.
S	S-gift afh. van S-leverend vermogen en grondsoort, waarbij SLV wordt geschat via S-totaal en dichtheid. Adviesbasis tabel 2.19.	S-gift afh. van S-leverend vermogen en productievermogen. Adviesbasis tabel 3.20.	S-gift afh. van S-leverend vermogen, grondsoort en gewasgroep. Adviesbasis tabel 6.3.
Mg	Mg-gift afh. van MgO-gehalte en grondsoort. Adviesbasis tabel 2.30, eerste jaar.	Mg-gift afh. van MgO-gehalte en grondsoort. Adviesbasis tabel 3.15.	Mg-gift afh. van MgO-gehalte, grondsoort en kleigehalte. Adviesbasis tabel 6.1 en 6.2
Kalk	Kalkgift afh. van kleigehalte, pH en organische stof. Adviesbasis tabel 1.21 tot 1.26.	Idem als grasland. Adviesbasis tabel 3.1 tot 3.4.	Kalkgift afh. van bouwplan, pH, grondsoort en kleigehalte. Adviesbasis tabel 5.1 tot 5.13.

⁷ Het model INITIATOR rekent met zogeheten STONE-plots waarop verschillende gewassen in combinatie met elkaar kunnen voorkomen. Voor de analyse van bedrijfssystemen zijn alleen die plots geselecteerd waarbij het areaal gewassen matcht met het bouwplan van de zes bedrijfssystemen. Per bedrijf is vervolgens een gemiddelde aanvoer geschat op basis van alle geselecteerde plots.

De agronomische behoefte zoals gebruikt in deze studie is daarmee gebaseerd op de behoefte van het gewas, waarbij rekening is gehouden met de bodemvruchtbaarheid. De adviezen uit het bemestingsadvies zijn er namelijk op gericht om een economisch optimale opbrengst te realiseren (het gewasgericht advies) én de bodemkwaliteit in een optimale toestand ('de streeftoestand') te brengen voor gewasproductie (het bodemgericht advies). De optimale bodemkwaliteit is hierbij afgeleid van meerjarige veldproeven. In de praktijk komt dit neer op een systeem van evenwichtsbemesting. Evenwichtsbemesting betekent concreet dat de hoeveelheid nutriënten dat via bemesting aangevoerd mag worden gelijk moet zijn aan de afvoer van nutriënten via het gewas, rekening houdend met onvermijdbare verliezen. Afhankelijk van de bodemvruchtbaarheid wordt daarom een correctie aangebracht op de mestgift: bodems die veel nutriënten bevatten, mogen minder bemest worden dan bodems die arm zijn aan nutriënten. Het onderliggende concept van evenwichtsbemesting is gevisualiseerd in figuur 3.11.

Naast de hoeveelheid beschikbare nutriënten wordt de bodemkwaliteit in belangrijke mate beïnvloed door de hoeveelheid organische stof in de bodem. Organische stof (OS) is namelijk van belang voor de natuurlijke nutriëntenlevering, voor de stimulering van het bodemleven, de bodemstructuur en het vasthouden van bodemvocht. Onvoldoende aanvoer van OS leidt op den duur dan ook tot een verminderde bodemvruchtbaarheid. Organische-stofbeheer heeft alles te maken met bemesting en met het beperken van uitspoelen van mineralen. Organische stof kan worden aangevoerd door het telen van een groenbemesters, het achterlaten van stro en gewasresten en door aanvoer van mest en organische producten als zuiveringsslib, zwarte grond en compost.



Figuur 3.11 Conceptuele visualisatie van het concept van evenwichtsbemesting.

De huidige studie streeft naar een positieve organische-stofbalans waarbij de afbraak van OS in de bodem wordt gecompenseerd via de aanvoer van organische mestproducten. Tussen de verschillende bronnen van organische stof bestaan echter grote verschillen in afbraaksnelheid. De bijdrage die ze aan de organische stofaanvoer kunnen leveren is dan ook zeer verschillend. In de agrarische praktijk wordt hierom gebruikgemaakt van de term 'effectieve organische stof' (EOS). Hieronder wordt verstaan de hoeveelheid organische stof die na een jaar nog over is in de bodem. Van de OS in blad en stengels is na een jaar bijvoorbeeld nog maar 20% over, terwijl van de organische stof uit compost na een jaar nog bijna 90% over is.

De bodemvruchtbaarheidstoestand is in beeld gebracht door gebruik te maken van verschillende extractiemethoden. Voor direct beschikbaar stikstof wordt gebruikgemaakt van een extractie met 0.01M CaCl₂, voor fosfaat in akkerbouw een extractie met water (Pw) en voor fosfaat in grasland een extractie met ammonium-lactaat (PAL), in combinatie met een extractie met 0.01M CaCl₂. De zuurgraad van de bodem wordt gemeten in een 1M KCl extract, terwijl magnesium wordt gemeten via een 0.5M NaCl oplossing en kalium via een extractie met 0.1M HCl en 0.4M oxaalzuur (K-HCl). In de praktijk van routinematige analyses in het landbouwkundig laboratorium Eurofins Agro is een deel van deze analyses vervangen door Nabij-InfraRood Spectroscopie (NIRS).

In deze studie zijn de volgende aannames gedaan voor de agronomische behoefte van grasland:

- Op bedrijven zonder derogatie mag maximaal 170 kg N ha⁻¹ aan dierlijke mest worden toegediend. Als derogatie is aangevraagd, mag tot 250 kg N ha⁻¹ aan dierlijke mest worden toegediend. De gebruiksnorm voor werkzame N varieert tussen 250 en 385 kg N ha⁻¹, afhankelijk van grondsoort en het graslandgebruik (wel/geen beweiding).
- De gewenste bemesting met fosfaat, kalium, zwavel en magnesium is gebaseerd op het bemestingsadvies voor grasland zonder klaver. Voor het P-advies gaan we uit van een maaipercentage van 260 met voor elke snede een minimale opbrengst van 2,5 ton droge stof per hectare. Voor het kaliumadvies nemen we aan dat de eerste snede gemaaid wordt bij een opbrengst van 3,5 ton droge stof per hectare. Voor de overige sneden wordt uitgegaan van een opbrengst groter dan 2,0 ton droge stof per hectare. Zwavel wordt alleen bemest voor de eerste twee sneden conform het bemestingsadvies. De Mg-gift wordt berekend als het gemiddelde vijfjarig advies (het eerste jaar na grondbemonstering krijgt namelijk een ander advies dan de opvolgende jaren).

Voor mais en overige akkerbouwgewassen zijn de volgende aannames gedaan:

- De gebruiksnorm voor aanvoer van stikstof uit dierlijke mest is berekend aan de hand van de derogatiefractione⁸ per gemeente. Bij niet-derogatiebedrijven is de aanvoer gemaximaliseerd op 170 kg N ha⁻¹. De aanvoer van werkzame N varieert van 140 tot 275 kg N ha⁻¹, afhankelijk van gewas en grondsoort. Het fosfaatadvies bevat een gewas- en een bodemcomponent en is gemaximaliseerd op een P-gift van 500 kg P₂O₅ ha⁻¹. Voor overige akkerbouwgewassen wordt eenzelfde systematiek gevolgd als voor mais, waarbij rekening wordt gehouden met de fosfaatbehoefte van de aanwezige gewassen.
- Het kaliumadvies is gebaseerd op het K-getal van de bodem waarbij voor mais gebruik wordt gemaakt van het advies voor mais in vruchtwisseling. Voor het zwaveladvies bij mais is uitgegaan van een gemiddeld productievermogen van 14-18 ton ds ha⁻¹. Het Mg-advies is gebaseerd op het gemiddelde advies voor 5 jaar.

Het bemestingsadvies geeft aan hoeveel *werkzame* nutriënten moet worden aangevoerd. Omdat een deel van de nutriënten in dierlijke mest en organische producten als compost slechts na afbraak van de organische stof beschikbaar komen, wordt de berekende aanvoer hiervoor gecorrigeerd (de zogenoemde werkingscoëfficiënt). In deze studie is aangenomen dat de percelen frequent dierlijke mest krijgen: de werking van de toegediende fosfaat uit dierlijke mest wordt conform het bemestingsadvies geschat op 100%. De K-beschikbaarheid uit dierlijke mest is hoog en wordt daarom ook geschat op 100%. De werkingscoëfficiënt voor zwavel is 20%, voor magnesium 25% en voor calcium 50% (afgeleid van aannames in het Bemestingsadvies).

Berekening van mineralenbalans op gemiddelde en arme bodems

De hierboven beschreven analyse van de mineralenbalans is zowel verricht voor zes 'gemiddelde' bedrijfssystemen als voor agrarische bedrijven die gekenmerkt worden door bodems met lage bodemvruchtbaarheid⁹. In het laatste geval zijn alleen die percelen geselecteerd in Noord-Nederland die én passen binnen het bouwplan van de zes bedrijfssystemen én gekenmerkt worden door lage hoeveelheden stikstof, fosfaat en kalium. Bij de selectie van de percelen is rekening gehouden met het aanwezige areaal om een representatieve analyse te maken van een bedrijf op een 'arme bodem'. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen een akkerbouw- en melkveebedrijf.

De bodem van het bijbehorende akkerbouwbedrijf met een lage bodemvruchtbaarheid wordt gekenmerkt door de volgende bodem-parameters: N-totaal is kleiner dan 2146 mg N kg⁻¹, Pw is lager dan 41 mg P₂O₅ l⁻¹ en het K-getal ligt lager dan 13. Op basis van de spreiding in bodemkengetallen (PAL, Pw, K-CEC, K-PAE, K-getal, Mg-PAE, SLV, NLV) zijn deze bodems geselecteerd als representatief voor situaties met 'arme' bodems. Binnen heel Noord-Nederland is er 931 hectare landbouwgrond dat voldoet aan deze kenmerken. De bodem van het bijbehorende melkveebedrijfssysteem wordt gekenmerkt door de volgende parameters: N-totaal is lager dan 2879 mg N kg⁻¹, PAL ligt onder de 31 en de bodem heeft een hoeveelheid beschikbaar kalium dat kleiner is dan 88 mg kg⁻¹. Het oppervlakte in Noord-Nederland

⁸ In tegenstelling tot het model INITIATOR wordt de N-norm voor derogatie primair toegepast op aanwezige gras- en maispercelen.

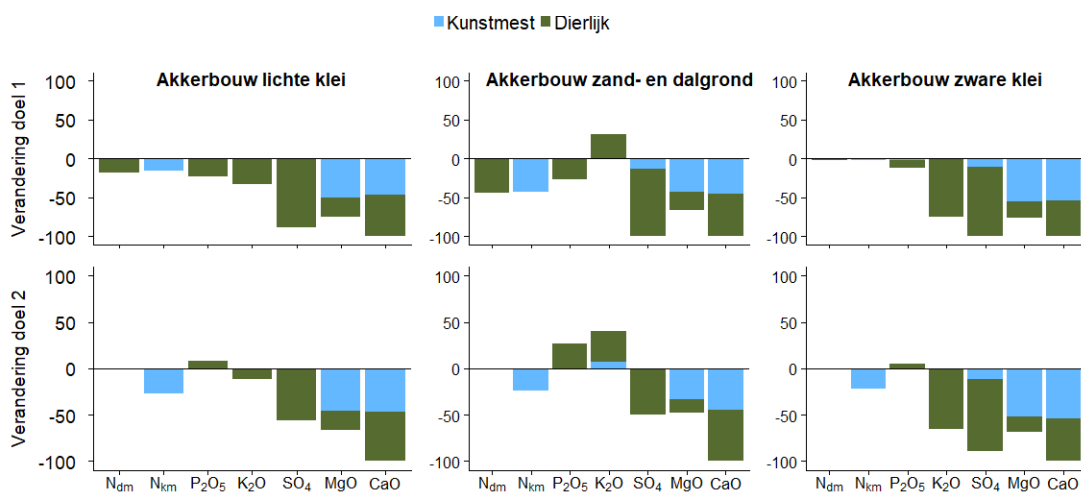
⁹ Dit als respons op de vraag vanuit betrokken stakeholders tijdens de workshop in Noord-Nederland waar de resultaten van deze studie werden gepresenteerd.

dat aan deze voorwaarden voldoet, beslaat 5.388 hectare (~2% van areaal). Van de zes beschreven bedrijfssystemen komt deze 'arme situatie' voornamelijk voor bij akkerbouwbedrijven op zand (maximaal 5% van het areaal). Bij de andere bedrijfssystemen komt het voor op circa 2% van het oppervlakte van de betrokken bedrijven.

3.3.3 Gewenste mineralenbalansen

De doelscenario's combineren aan de ene kant een agronomische component (verhoogde productie) en aan de andere kant een milieukundig aspect (voorkomen van nitraatuitspoeling). Bij het eerste doelscenario, waarin de productie gelijk blijft, ligt de focus vooral op het halen van de milieunormen voor zowel grond- als oppervlaktewater. Bij het berekenen van de gewenste bemesting voor het tweede doelscenario is ook een aanpassing gedaan in de productie die behaald kan worden. Omdat de gewasopname wordt opgelegd, betekent een lagere bemesting impliciet een hogere benutting van de gegeven mest¹⁰. De nutriëntbenutting is berekend door de gewasopname te delen door de totale aanvoer van nutriënten uit dierlijke mest, kunstmest, fixatie en compost. Figuur 3.11 laat zien hoe de bemestingspraktijk voor zowel kunstmest als dierlijke mest moet veranderen om de twee doelscenario's te realiseren. Beide doelscenario's kijken minimaal dertig jaar vooruit en kunnen daarmee een ander beeld geven dan de hierboven (sectie 3.3.1) beschreven agronomische behoefte die gebaseerd is op de huidige bodemkwaliteit.

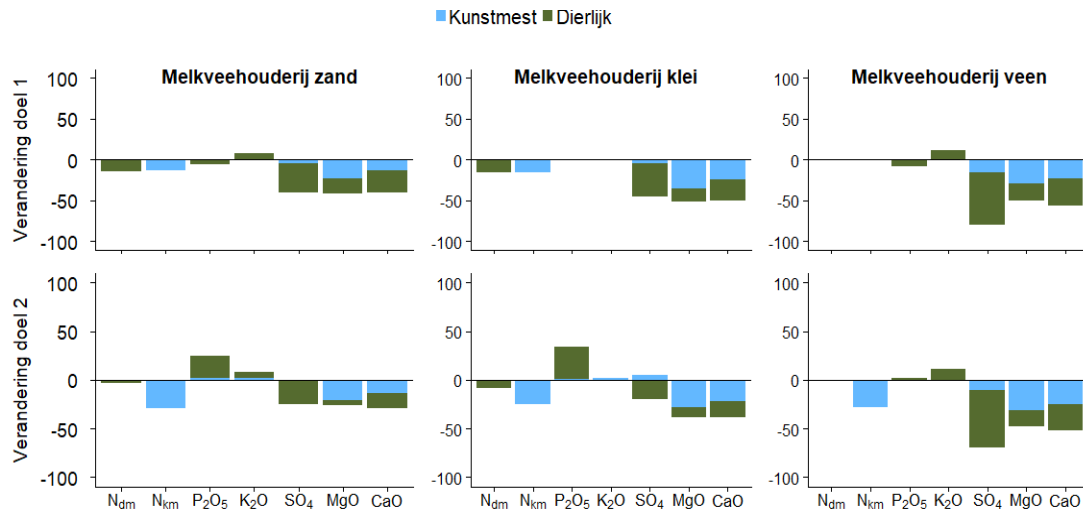
Om de milieukundige doelstellingen voor de Nitraatrichtlijn te behalen (conform de modelschatting van INITIATOR) voor de drie akkerbouwmatige bedrijfssystemen, moet de aanvoer van vrijwel alle mineralen uit bemesting afnemen met 0 tot 100% (figuur 3.12). De resultaten zijn gebaseerd op de regionale modelberekeningen waarbij geen rekening is gehouden met de bodemtoestand. Het gaat dus om de verandering die op lange termijn gewenst is. De grootste veranderingen zijn nodig op akkerbouwbedrijven op zand- en dalgrond. Daar is namelijk extra kalium nodig. De extra benodigde kalium bij akkerbouwbedrijven op zand- en dalgrond kan alleen worden gerealiseerd via kunstmest (of opgewerkte dierlijke mestproducten zonder N en P), omdat de aanvoer van dierlijke mest met 43% moet dalen. Ook als de gewasopbrengsten conform de productiedoelstellingen (Commissie Rabbinge; het tweede doelscenario) zijn, is nog de aanvoer van stikstof, kalium, zwavel, magnesium en calcium in de meeste bedrijfssystemen hoger dan de behoefte. Alleen voor fosfaat is er een uitzondering. Voor fosfaat moet er door een hogere gewasproductie extra P-bemesting gegeven worden om de toegenomen P-opname te compenseren.



Figuur 3.12 Lange termijn gewenste verandering in mineralenaanvoer (%) uit dierlijke en kunstmest op akkerbouwbedrijven om zowel milieukundige doelen bij de huidige gewasproductie (doel 1) en de gewenste gewasproductie (doel 2) te realiseren.

¹⁰ Om de milieukundige doelen van Nitraatrichtlijn te realiseren, moet de gemiddelde NUE toenemen van 62 tot 77%. Als de opbrengst de komende jaren gaat stijgen, moet de NUE zelfs toenemen tot 81%.

De benodigde veranderingen in de bemestingspraktijk op melkveehouderijbedrijven (figuur 3.13) zijn over het algemeen kleiner dan die in de akkerbouw. Voor sulfaat, calcium en magnesium is vrijwel in alle gevallen een afname nodig gegeven de huidige bodemkwaliteit en de daaraan gekoppelde agronomische behoefte. Om de milieukundige doelen (doelscenario 1) te realiseren, is een lichte daling (14%) nodig van de toediening van zowel dierlijke mest en kunstmest op zandgrond, 15% daling op klei en slechts 1% daling op veen. Als de gewasproductie toeneemt bij gelijkblijvende fosfaattoestand van de bodem is in alle situaties extra fosfaat nodig om zo op langere termijn de bodemtoestand te continueren. Op langere termijn (> 5 jaar) zal ook extra kalium nodig zijn om de extra gewasproductie te ondersteunen.



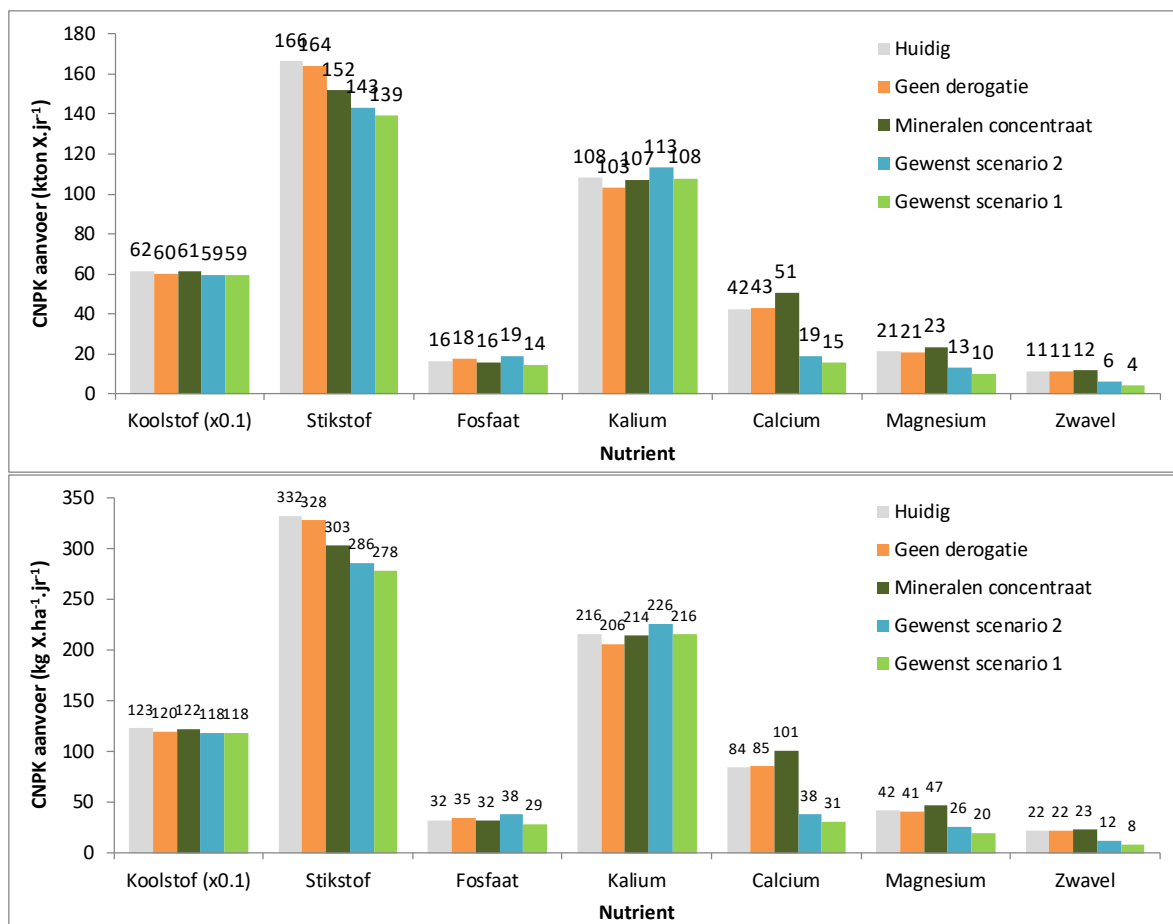
Figuur 3.13 Lange termijn gewenste verandering in mineralenaanvoer (%) uit dierlijke en kunstmest op melkveebedrijven om zowel milieukundige doelen bij de huidige gewasproductie (doel 1) en de gewenste gewasproductie (doel 2) te realiseren.

Concluderend blijkt dat de aanvoer van vrijwel alle nutriënten op zowel akkerbouw- als melkveebedrijven moet dan wel kan dalen om te voldoen aan ofwel milieukundige doelstellingen (zoals de Nitraatrichtlijn (N) en de gebruiksruimte (P)) ofwel aan de agronomische behoefte (K, Ca, Mg, S). Een toename in gewasproductie zorgt op de langere termijn (> 5 jaar) wel voor extra vraag naar fosfaat en kalium.

4 Effecten van mineralenscenario's in relatie tot huidige en gewenste situatie

4.1 Gemiddelde effecten van mineralenscenario's

In figuur 4.1 zijn de effecten weergegeven van het afschaffen van de derogatie en het vervangen van kunstmest door mineralenconcentraten¹¹ op de aanvoer van C, N, P, K, Ca, Mg en S, samen met de huidige en gewenste aanvoer (zowel in $\text{kg ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$ als in kton jr^{-1}). Daarbij is eveneens uitgegaan van gewenst scenario 1 (gewenste aanvoer bij huidige gewasproductie) en gewenst scenario 2 (gewenste aanvoer bij gewasproductiedoelstelling). In bijlage 3.2 zijn deze resultaten ook per provincie gegeven. In bijlage 3.3 zijn ook de gevolgen van alle doorgerekende scenario's op de C, N, P, K, Ca, Mg en S-aanvoer voor geheel Noord-Nederland weergegeven. Naast het afschaffen van de derogatie en het vervangen van kunstmest door mineralenconcentraten betreffen dit scenario's die zijn gerelateerd aan mogelijk veranderingen in mestbeleid en mestmanagement van de boer, waaronder: (i) verbod op mestimport van buiten de drie noordelijke provincies, (ii) groei en krimp van 10% van de veestapel en (iii) verhoging van de acceptatiegraad van dierlijke mest en bewerkte mest.



Figuur 4.1 Effecten van het afschaffen van de derogatie en het vervangen van kunstmest door mineralenconcentraten op de aanvoer van C, N, P, K, Ca, Mg en S, zowel in kton jr^{-1} (figuur boven) als in $\text{kg ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$ (figuur onder), samen met de huidige en gewenste aanvoer scenario's voor geheel Noord-Nederland.

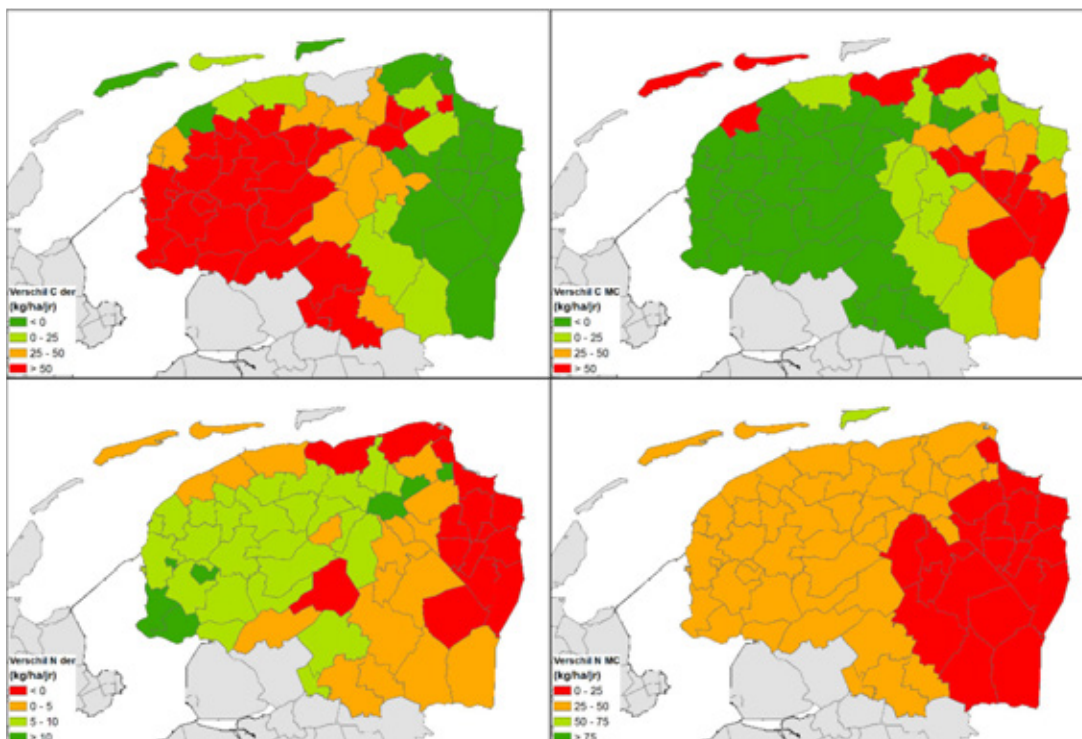
¹¹ Ervan uitgaande dat mineralenconcentraat als kunstmest wordt geaccepteerd en een werkingscoëfficiënt van 1. Zie bijlage 2.

Uit de figuren blijkt dat gemiddeld voor heel Noord-Nederland voor C sprake van een aanvoer die gemiddeld vrijwel gelijk is aan de vereiste aanvoer, waarbij er sprake is van een minimaal effect van het afschaffen van derogatie door een herverdeling van dierlijke mest van grasland naar bouwland. Voor geheel Noord-Nederland is er sprake van een N- en P-overschot bij de huidige gewasproductie (gewenst scenario 1), maar er is extra P nodig wanneer gerekend wordt met een gewenste P-aanvoer bij de gewasproductiedoelstelling (doelscenario 2) en hetzelfde geldt voor K.

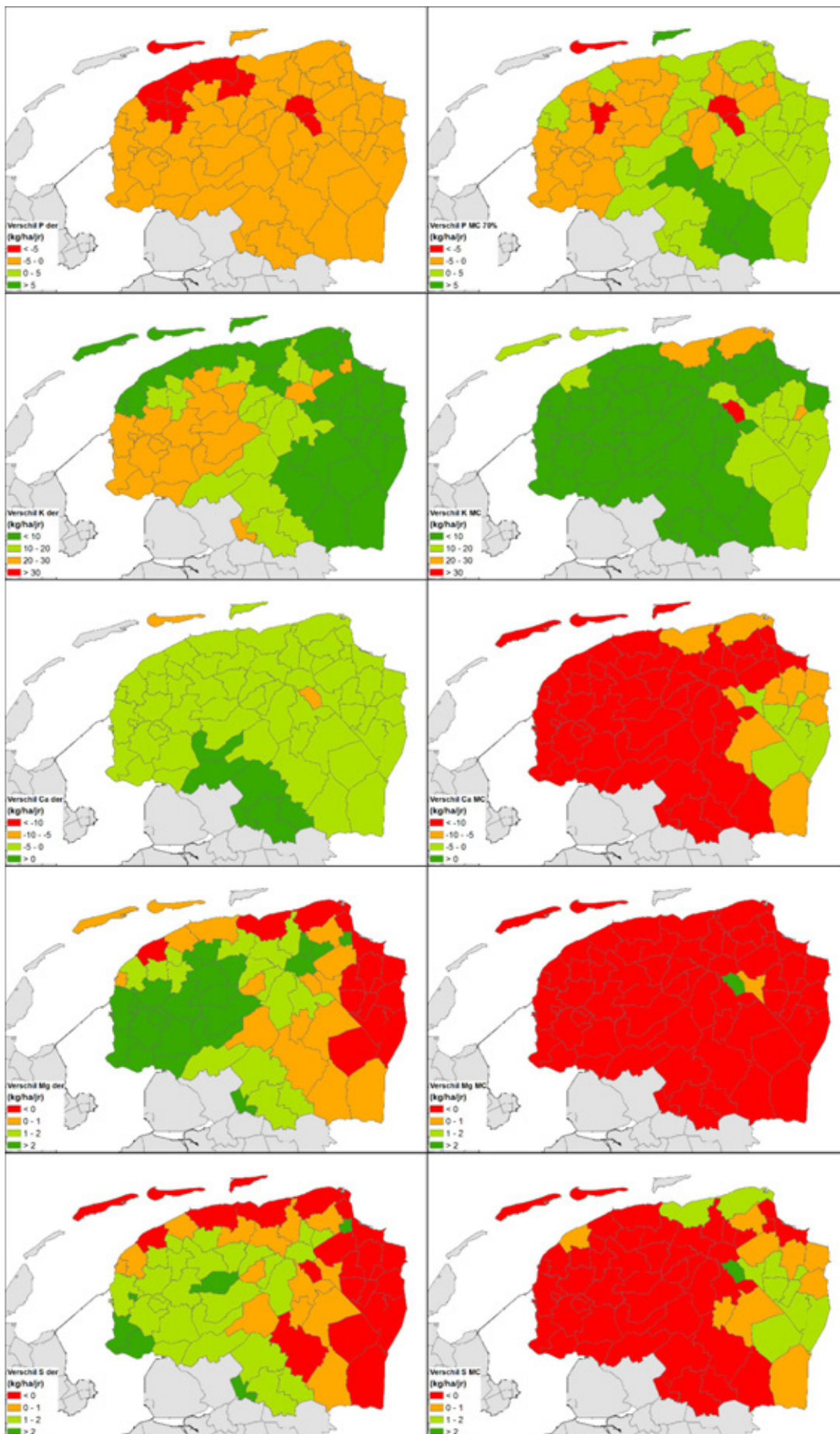
Wanneer derogatie wordt afgeschaft, neemt de N-aanvoer nauwelijks af, terwijl de P-aanvoer duidelijk toeneemt, zeker relatief gezien. Dat lijkt vreemd, maar wordt veroorzaakt door het feit dat bij toepassing van derogatie verder geen P-kunstmest meer mag worden toegediend. Na afschaffing ervan gebeurt dit wel op alle plaatsen waar de P-aanvoer lager ligt dan de gebruiksnorm. Uit de resultaten blijkt verder dat geen derogatie tot K-tekorten leidt die met gebruik van organische reststoffen of kunstmest zullen moeten worden opgeheven. Het effect van derogatie op de Ca-, Mg- en S-aanvoer is vrijwel verwaarloosbaar. Het gebruik van mineralenconcentraten heeft een beduidend groter effect dan de afschaffing van derogatie. Hierdoor wordt het gat tussen de huidige en gewenste aanvoer van N bijna gehalveerd. Dit komt omdat de dierlijke mest, nadat deze is verwerkt tot mineralenconcentraten en toegediend wordt als kunstmest, een beduidend hogere veronderstelde N-werking hebben. De K-aanvoer neemt iets af, maar erg beperkt, omdat het grootste K-aandeel in de dunne mest zit, terwijl de aanvoer van met name Ca en in mindere mate Mg en S juist toeneemt.

4.2 Ruimtelijke variatie in effecten van mineralenscenario's

In figuur 4.2 is voor elk element (C en N in figuur 4.2A en P, K, Ca, Mg en S in figuur 4.2B) een verschilkaartje gegeven van de huidige situatie en de situatie na afschaffing van derogatie (links) en na gebruik van mineralenconcentraat (rechts).



Figuur 4.2A Ruimtelijke variatie van het verschil in aanvoer van C en N voor de situatie in 2015 en de situatie na afschaffing van derogatie (links) en na gebruik van mineralenconcentraat (rechts). Een groot getal betekent een grote afname van de elementaanvoer door afschaffing van derogatie of door gebruik van mineralenconcentraat.



Figuur 4.2B Ruimtelijke variatie van het verschil in aanvoer van P, K, Ca, Mg en S voor de situatie in 2015 en de situatie na afschaffing van derogatie (links) en na gebruik van mineralenconcentraat (rechts).

Een positief getal betekent dat door derogatie of gebruik van mineralenconcentraat de aanvoer van een element afneemt. De resultaten laten zien dat derogatie met name in Friesland en West-Drenthe tot een afname in de C-aanvoer en N-aanvoer leidt (figuur 4.2A, links). Met name in die gebieden wordt in de veehouderij momenteel meer dan 170 kg N ha^{-1} gebruikt en de noodzakelijke extra afvoer van dierlijke mest – door het afschaffen van derogatie – leidt daarbij ook tot afvoer van organisch (kool)stof. Het gebruik van mineralenconcentraat leidt in hetzelfde gebied juist tot een toename in de C-aanvoer, terwijl er tegelijkertijd sprake is van een behoorlijke afname in de N-aanvoer (figuur 4.2A, rechts). Dit wordt veroorzaakt doordat in de bewerkte organische mest (groene kunstmest) extra C wordt aangevoerd ten opzichte van kunstmest, terwijl tegelijkertijd minder N wordt aangevoerd door de hogere veronderstelde N-werking dan dierlijke mest.

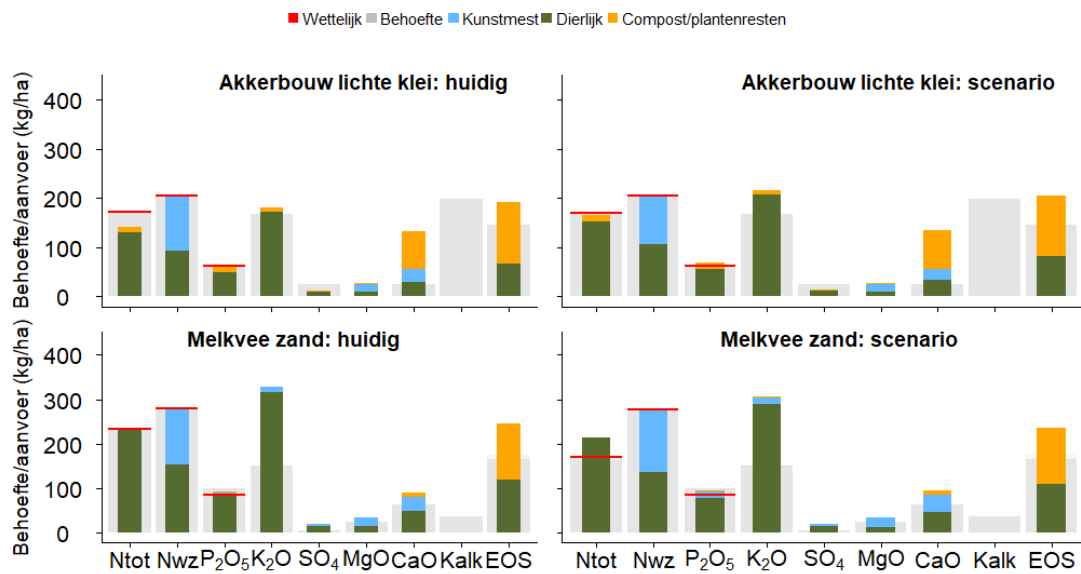
De patronen voor P, K, Ca, Mg en S zijn allemaal verschillend, zoals weergegeven in figuur 4.2B. In het algemeen leidt derogatie tot een afname in de aanvoer van K, Ca, Mg en S en tot een toename in de aanvoer van P, terwijl het gebruik van mineralenconcentraten veelal tot een afname van de aanvoer van P en K leidt en tot een toename in de aanvoer van Ca, Mg en S (zie ook figuur 4.1).

4.3 Effecten mineralenscenario's voor bedrijf

Gebruikmakend van de schattingen van mestverdeling door INITIATOR, zorgt de afschaffing van derogatie voor minder aanwending van bedrijfseigen mest op melkveebedrijven en groeit de hoeveelheid drijfmest op de mestmarkt en daarmee de afzet op akkerbouwbedrijven. Dit wordt hieronder geïllustreerd voor het gemiddelde akkerbouwbedrijf op lichte klei, waar die N-gift uit dierlijke mest (N_{tot}) na afschaffing van derogatie tot de gebruiksnorm wordt gevuld (figuur 4.3). De verhoogde aanvoer van dierlijke mest op het akkerbouwbedrijf zorgt daarbij voor extra aanvoer van fosfaat en kalium. De fosfaatsnorm blijft limiterend bij akkerbouw op zand- en dalgrond, waardoor nog steeds een tekort voor kalium aanwezig blijft (zolang dat niet gecompenseerd wordt met extra kunstmest); slechts 10% van het tekort kan worden gevuld met drijfmest bij afschaffing van derogatie (tekort blijft in de orde van grootte van $55 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$). Op zware klei zijn de veranderingen minimaal bij afschaffen van derogatie. Voor mineralen waarvoor al een overschot bestaat in het huidige scenario, worden deze overschotten groter. Voor kalium op lichte klei gaat het overschot zelfs met 34 kg ha^{-1} omhoog. Organische-stofaanvoer zal door een hogere aanvoer van dierlijke mest (in plaats van minerale mest) ongeveer 3% toenemen op de akkerbouwbedrijven, wat positieve gevolgen heeft voor het behoud van de bodemkwaliteit.

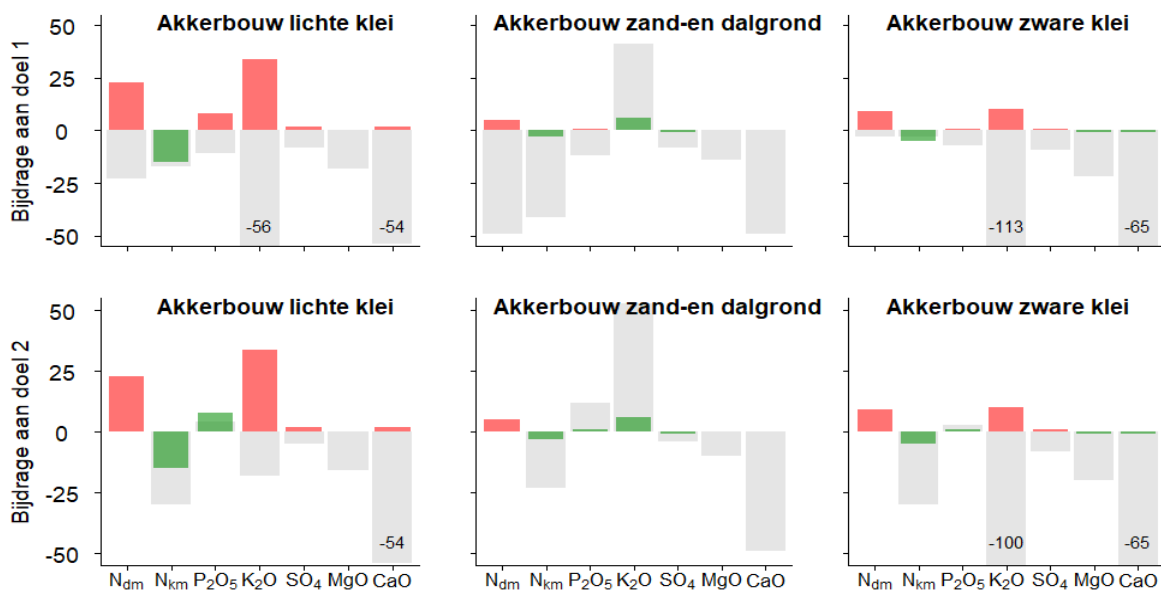
Bij gelijkblijvende export betekent de afschaffing van derogatie echter ook dat de gebruiksruijme op melkveebedrijven – ondanks de extra afzet op akkerbouwbedrijven in de regio – wordt overschreden (figuur 4.3). De gemiddelde aanvoer van stikstof uit dierlijke mest op de melkveebedrijven neemt af van 239 naar 214 kg ha^{-1} , wat een overschot van 44 kg N ha^{-1} betekent. De verschillen tussen de drie melkveebedrijfssystemen zijn klein. In de praktijk betekent afschaffing van derogatie dus dat er meer mest naar het buitenland moet worden geëxporteerd om binnen de gebruiksnormen te blijven.

Het afschaffen van derogatie heeft direct effect op de aanvoer van mineralen. Figuur 4.4 laat zien in hoeverre de milieukundige en agronomische doelen op de langere termijn gehaald worden als derogatie vervalt. Op akkerbouwbedrijven zal door de afschaffing van derogatie bij melkveebedrijven een toename optreden in de inzet van dierlijke mest (gecompenseerd door een afname van kunstmest), aangezien deze overschotten vanuit de melkveesector het liefst regionaal geplaatst worden. Bij een hogere gewasproductie kan de N-aanvoer uit dierlijke mest gelijk blijven, maar moet ook de aanvoer van N-kunstmest worden verlaagd. Het afschaffen van derogatie draagt daarmee positief bij aan de realisatie van doelscenario 2, op een aantal nutriënten bij akkerbouw op lichte klei na aannemend dat dit niet wordt opgevuld door inzet van extra kunstmeststoffen (vooral K_2O en SO_4).



Figuur 4.3 Huidige situatie vs. 'afschaffing van derogatie'-scenario voor een akkerbouw- en melkveebedrijf (op lichte klei en zand).

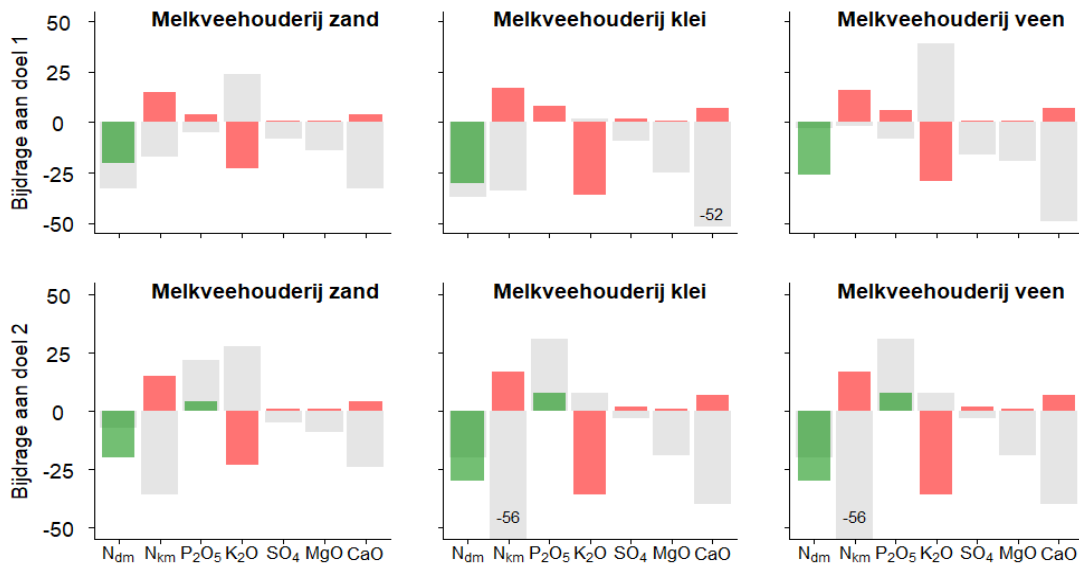
Het afschaffen van de derogatie zorgt deels voor een verkleining van de onbalans in mineralen, in het bijzonder voor akkerbouw op zand- en dalgrond. Bij akkerbouw op zware klei zijn alleen voor kalium grote verschillen te zien, terwijl bij akkerbouw op lichte klei de doelstelling voor de meeste nutriënten niet gehaald wordt. De mate waarin het afschaffen van derogatie bijdraagt aan een betere mineralenbalans hangt sterker af van het bedrijfstype dan van het gewenste doelscenario.



Figuur 4.4 Bijdrage van de afschaffing van derogatie¹² aan het behalen van gewenste milieukundige en agronomische doelscenario's op de akkerbouwbedrijven. In grijs de benodigde verandering om het doel te realiseren. In groen wordt aangegeven in welke mate het scenario bijdraagt aan de gewenste verandering en in rood wordt aangegeven als het scenario een tegenovergesteld effect veroorzaakt.

¹² Via INITIATOR is geschat in welke mate de bemesting van mineralen aangepast moet worden om de doelen van de Nitraatrichtlijn te realiseren. Hier wordt weergegeven in welke mate het scenario 'afschaffen derogatie' bijdraagt aan de realisering van dit doel.

Omdat wordt aangenomen dat een deel van de N-kunstmest op akkerbouwbedrijven vervangen wordt door dierlijke mest, is het behalen van de N-doelen lastiger te realiseren. De gewenste verlaging in N-kunstmest lijkt in alle gevallen dichterbij te komen, maar dit wordt deels gecompenseerd door extra aanvoer van dierlijke N. Voor SO_4 , MgO en CaO blijft de mineralenbalans vrijwel ongewijzigd als derogatie vervalt. De toename van kalium via dierlijke mest is positief voor akkerbouw op zand- en dalgrond, het verkleint het huidige tekort. Het grootste probleem blijft echter dat afschaffing van derogatie de aanvoer van K_2O verhoogt (+34 kg ha⁻¹) op akkerbouwbedrijven op lichte klei, terwijl voor dit bedrijfstype juist een afname (-18 kg ha⁻¹) nodig is om de doelen te halen. Bij melkveebedrijven (figuur 4.5) heeft het afschaffen van derogatie direct effect op een verminderd gebruik van dierlijke mest.



Figuur 4.5 Bijdrage van de afschaffing van derogatie aan het behalen van gewenste milieukundige en agronomische doelscenario's op de melkveebedrijven. Toelichting op kleuren, zie figuur 4.4.

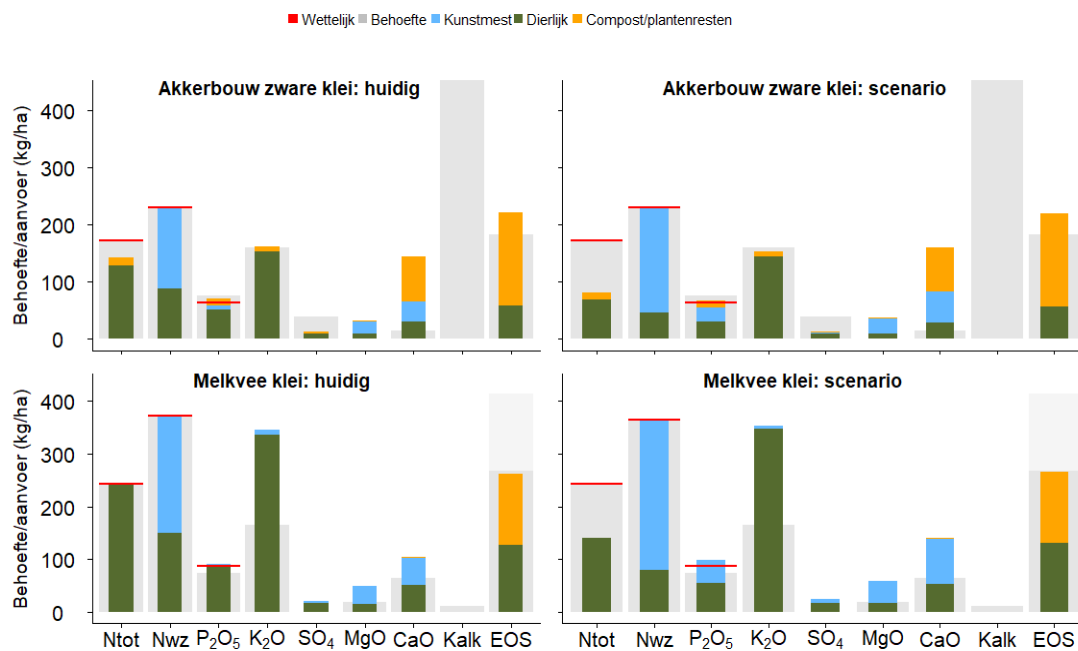
Om de doelstellingen te halen, moet de aanvoer van dierlijke stikstof namelijk omlaag. Afschaffing van derogatie draagt daar voor een groot deel aan bij. In de praktijk betekent dit wel dat de reductie in stikstof uit dierlijke mest wordt gecompenseerd door een hogere kunstmestgift. Deze verhoogde aanvoer van N-kunstmest contrasteert met de geschatte gewenste verlaging om de milieukundige doelen te realiseren. Buiten de doelstelling die betrekking heeft op een afname van stikstof uit dierlijke mest, werkt afschaffen van derogatie negatief voor alle andere mineralen om milieukundige doelstellingen te realiseren. Waar toenames nodig zijn (kalium op lange termijn) is een afname, en voor de overige nutriënten is een lichte toename waar juist een afname nodig is.

Op korte termijn werkt afschaffing van derogatie zowel op akkerbouwbedrijven als melkveebedrijven positief uit voor de onbalans in kalium, gegeven de huidige hoge K-bodemoestand (zoals blijkt uit metingen van bodemoestand). De huidige lagere K-aanvoer past daarom bij een duurzame bemestingspraktijk. Op de langere termijn zal dit echter leiden tot een K-tekort. De aanvoer van fosfaat zal toe moeten nemen met de stijgende gewasopbrengsten (conform de doelstellingen van commissie Rabbinge) en afschaffen van de derogatie verhoogt de aanvoer van dierlijke P en N op akkerbouwbedrijven. In de meeste situaties leidt het scenario echter tot hogere nitraatconcentraties in grond- en oppervlaktewater onder akkerbouwbedrijven. Omdat wordt aangenomen dat een deel van de N-kunstmest op akkerbouwbedrijven vervangen wordt door dierlijke mest wordt de gewenste daling in dierlijke mest voor deze bedrijven (doelstelling 1) niet gehaald, maar neemt de aanvoer juist toe (figuur 4.4). Voor akkerbouw bedrijven is afschaffing van derogatie een interessante optie wanneer dit gekoppeld is aan agronomische ontwikkeling (hogere N-benutting). Bij de melkveebedrijven is er een grote onbalans tussen het positieve (te grote) effect op de afname van dierlijke N, terwijl het op de meeste andere doelen juist een negatief effect heeft.

4.3.1 Effecten van beleids- en marktontwikkelingen: inzet groene kunstmest

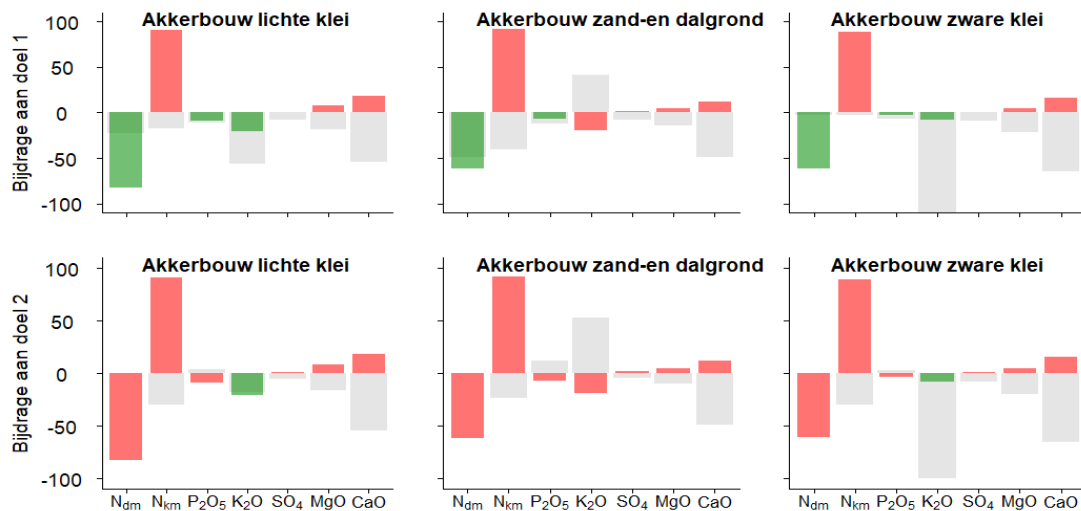
Door dierlijke mest te bewerken, kan een deel van de nutriënten zo worden opgewerkt dat ze de wettelijke status van kunstmest zouden kunnen krijgen (wat af zal hangen van ontwikkelingen in Europese wetgeving op dit vlak). De effecten hiervan worden in dit scenario in beeld gebracht. De aanname is hierbij dat de aanwezige rundveedrijfmest met een vijzelpers wordt gescheiden, waarna de dunne fractie wordt opgewerkt tot groene kunstmest (die afgezet kan worden in de regio) en de dikke fractie op het eigen bedrijf wordt toegediend. Dit scenario heeft dus vooral implicaties voor het dunne deel van stikstof en fosfaat. Dit is te zien in figuur 4.6, waarin de dierlijke gift slechts deels omlaaggaat. Het overige (dikke fractie) deel blijft aanwezig op het bedrijf waar dit is geproduceerd. De groene kunstmest wordt bij voorkeur binnen Noord-Nederland afgezet.

Figuur 4.6 laat zien wat hiervan de consequenties zijn voor de aan- en afvoer van organische stof en mineralen op zowel een akkerbouw- als melkveebedrijf op kleigrond. De aanwending van dierlijke mest neemt op beide bedrijven sterk af (conform de aannames van dit scenario), terwijl de totale aanvoer van werkzame N gelijk blijft. Het verschil in werkzame N door kunstmest in de huidige situatie (Nwz, blauwe balk links) en na gebruik van mineralenconcentraten (Nwz, blauwe balk rechts) laat zien hoeveel dierlijke mest is omgezet in mineralenconcentraat (groene kunstmest), uitgedrukt in werkzame N. Ook voor de overige nutriënten blijft de totale aanvoer gelijk. Bij het melkveebedrijf stijgt de P-aanvoer met bijna 10%, de K-gift stijgt licht (2%) en de bemesting met SO₄ en CaO stijgt met 20% door de extra kunstmestaanvoer. Het grootste verschil met de huidige bemestingspraktijk is dat de aanvoer van N en P via dierlijke mest kleiner wordt.



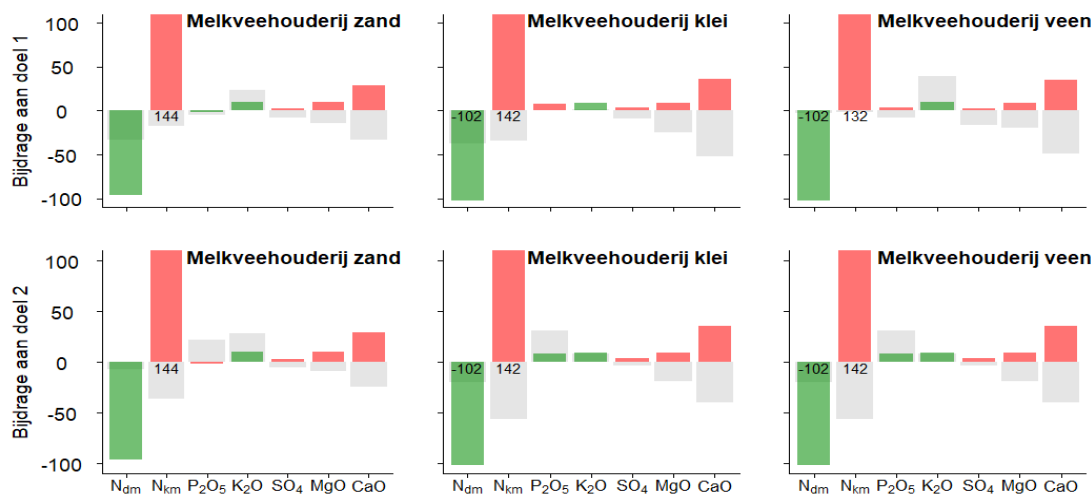
Figuur 4.6 Huidige situatie vs. mineralenconcentraten scenario voor een akkerbouwbedrijf op zware klei (boven) en een melkveebedrijf op klei (onder). Mineralenconcentraten vallen hier onder het kopje kunstmest.

Om de milieukundige doelen van de Nitraatrichtlijn (het gewenste nitraatgehalte) te halen, moet de N-bemesting worden verlaagd, zelfs in een situatie waarbij de gewasproductie met 10% is toegenomen (figuur 4.7). De inzet van groene kunstmest zorgt niet alleen voor een lagere aanvoer van dierlijke mest op akkerbouwbedrijven, maar zorgt ook voor een toename van (groene) kunstmest. De gewenste daling in zwavel-, magnesium- en calciumbemesting wordt voor geen enkel akkerbouwbedrijf gerealiseerd. Op klei wordt de gewenste daling voor een klein deel gerealiseerd, maar op zandgronden wordt juist minder kalium gegeven, terwijl een hogere K-bemesting nodig is.



Figuur 4.7 Bijdrage van de inzet van groene kunstmest aan het behalen van milieukundige en agronomische doelscenario's op akkerbouwbedrijven. In grijs de benodigde verandering om het doel te realiseren. In groen wordt aangegeven in welke mate het scenario bijdraagt aan de gewenste verandering en in rood wordt aangegeven als het scenario een tegenovergesteld effect veroorzaakt.

De inzet van groene kunstmest (d.i. een opgewerkt mineralenconcentraat) draagt op melkveebedrijven bij aan het verminderen van stikstof uit dierlijke mest, hoewel dit positieve effect gecompenseerd wordt door een toenemende bemesting met groene kunstmest (figuur 4.8). De vervanging van dierlijke mest door groene kunstmest zorgt ervoor dat de doelen met betrekking tot SO_4 , MgO en CaO verder weg raken: er wordt meer aangevoerd dan gewenst. Dit komt deels door het feit dat de werkingscoëfficiënt van het mineralenconcentraat hoger is dan van dierlijke mest. De effecten op stikstof, sulfaat, magnesium en calcium wijzen op alle melkveebedrijven in dezelfde richting en de verschillen tussen grondsoorten zijn relatief klein.



Figuur 4.8 Bijdrage van de inzet van groene kunstmest aan het behalen van milieukundige en agronomische doelscenario's op melkveebedrijven. Toelichting op kleuren, zie figuur 4.7.

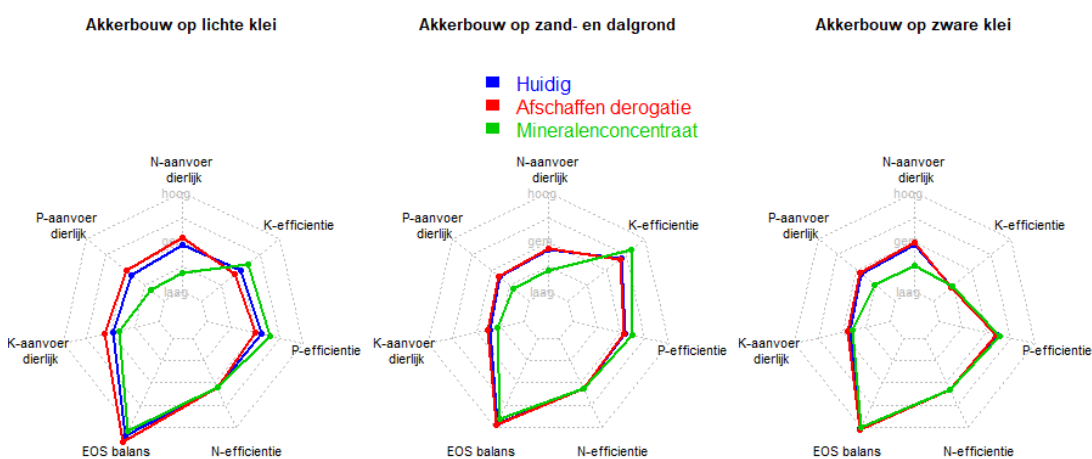
Binnen de mestverdeling in het INITIATOR-model wordt in de huidige scenarioanalyse beperkt rekening gehouden met mogelijke 'uitwisseling' van de groene kunstmestproducten met andere regio's binnen of buiten Nederland. Dit betekent dat de groene kunstmest voor het grootste deel geplaatst wordt op het bedrijf waar ze zijn geproduceerd, met een toename van mineralen tot gevolg. Zonder de verwachte stijging in gewasopbrengsten zorgt dit scenario ervoor dat de milieukundige

doelstellingen niet worden gerealiseerd. Omdat op langere termijn (>30 jaar) extra kalium en fosfaat nodig zijn om de hogere gewasproducties te handhaven, zorgt de inzet van mineralenconcentraten voor voldoende nutriënten (aannemend dat de werking van nutriënten inderdaad vergelijkbaar is met kunstmest). Verdere aanpassing van mineralenconcentraten aan de agronomische behoefte van akkerbouwsystemen maakt het ook mogelijk het product te 'exporteren' naar andere regio's binnen of buiten Nederland.

4.3.2 Vergelijking scenario's op bedrijfsniveau

De twee beschreven scenario's sturen sterk op de ruimtelijke verdeling en toediening van stikstof en fosfaat. Dit is vanuit de milieukundige doelstellingen verklaarbaar. In figuur 4.9 wordt geïllustreerd wat de effecten zijn van de onderzochte scenario's op de aanvoer en de efficiëntie van de toegediende nutriënten op de verschillende bedrijfssystemen. Verlaging van de aanvoer en een hogere efficiëntie zijn gewenst om te zorgen voor lagere uit- en afspoeling van stikstof en fosfaat. Beide scenario's (afschaffing derogatie en inzet mineralenconcentraten als groene kunstmest) hebben veelal ongewenste bijeffecten op de inzet van nutriënten als kalium, zwavel en magnesium. Voor de waterkwaliteit als zodanig is dat geen onoverkomelijk probleem; het past echter niet in het concept van duurzame inzet van mestproducten en het sluiten van kringlopen. Daarnaast is er ook een rechtstreeks effect op de aanvoer van organische stof. Uit de doelscenario's blijkt dat de aanvoer van stikstof (zowel uit dierlijke bron als uit kunstmest) moet dalen of gelijk blijven om de milieukundige doelen van de Nitraatrichtlijn te halen. Zowel afschaffen van derogatie als inzet van groene kunstmest draagt daar maar beperkt aan bij (figuur 4.9). De OS-balans verandert weinig. De efficiëntie van de aangevoerde fosfaat en kalium stijgt vooral bij inzet van groene kunstmest en daalt licht bij afschaffing van derogatie. Bij inzet op groene kunstmest ontstaat een product met een hogere werkzame stikstoffractie, waardoor minder toegediend hoeft te worden voor dezelfde stikstofopname ten opzichte van toediening van onbewerkte organische mestproducten. Bij afschaffing van derogatie zal juist meer dierlijke mest (lagere N-werking) gebruikt worden.

De OS-balans verandert weinig bij alle drie scenario's. De efficiëntie van de aangevoerde fosfaat en kalium stijgt vooral bij inzet van de opgewerkte mineralenconcentraten (groene kunstmest) en daalt licht bij het scenario van afschaffing van derogatie. Bij inzet op groene kunstmest ontstaat namelijk een product met een hogere werkzame stikstoffractie, waardoor minder toegediend hoeft te worden voor dezelfde stikstofopname ten opzichte van toediening van onbewerkte drijfmest.

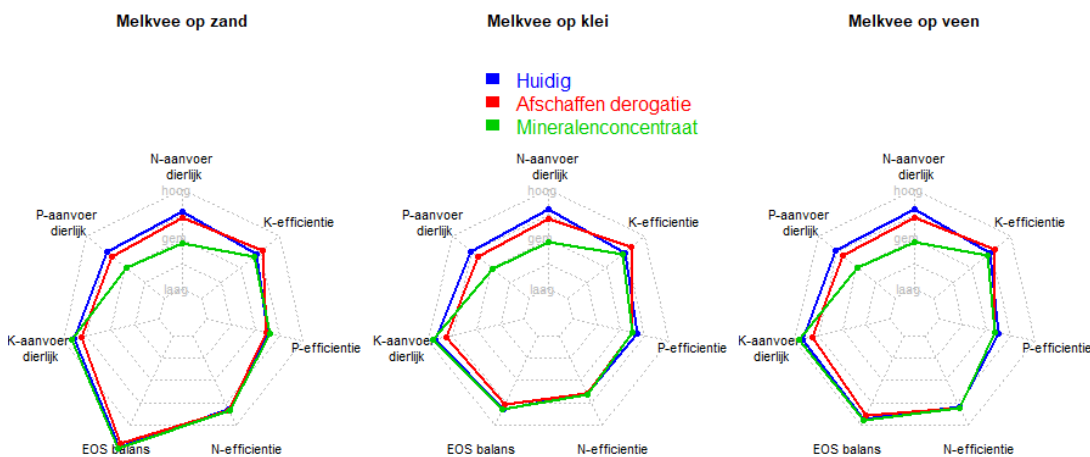


Figuur 4.9 Variatie in aanvoer en efficiëntie/benutting van N, P en K en EOS in de verschillende scenario's op de drie akkerbouwbedrijven. De score voor dierlijke aanvoer (N, P en K) is gebaseerd op de fractie van de maximale gift die wordt gegeven. De efficiëntie is berekend als de gewasopname gedeeld door de (dierlijke, kunstmest en compost) aanvoer. De EOS-balans laat zien welk deel van de behoefte gevuld wordt (zonder veenafbraak mee te nemen).

De afname van dierlijke stikstof op melkveebedrijven door omzetting naar groene kunstmest is – zonder de afzetmarkt van de producten te vergroten – niet voldoende om onder de 170 kg N ha⁻¹ te blijven. Dit komt doordat er onvoldoende ruimte is in de regio (grenzen gemodelleerd gebied) om de overschotten te plaatsen, waardoor ze op het bedrijf achterblijven waar ze geproduceerd zijn (aanname van INITIATOR). In de mestverdelingsmodule worden namelijk de overschotten van dierlijke stikstof in eerste instantie geplaatst op de akkerbouwbedrijven in de regio. Deze toename van stikstof uit dierlijke mest is tegenovergesteld aan de gewenste ontwikkeling om milieukundige doelen te realiseren, hoewel dit deels gecompenseerd wordt door een afname van stikstof uit kunstmest. Het overschot dat na afschaffing van derogatie niet in de regio geplaatst kan worden, zou daarom via export naar het buitenland moeten worden afgezet.

Een hogere gewasproductie met de daaraan gekoppelde agronomische veranderingen leidt ertoe dat meer stikstof aangewend kan worden (mits de gebruiksnormen worden aangepast). Hetzelfde geldt voor de overschotten van kalium en fosfaat: de gewenste bemesting kan in de meeste gevallen stijgen. Deze stijging hangt wel samen met de termijn waarop gekeken wordt: op korte termijn is uitmijning van de bodem gewenst/mogelijk.

Bij afschaffing van derogatie wordt de aanvoer van kalium in de melkveehouderij verlaagd, terwijl deze in de akkerbouw wordt verhoogd (zie figuur 4.9 en 4.10). Op de langere termijn correspondeert dit niet met de gewenste K-balans in akkerbouw op klei (daling gewenst) en in melkveehouderij (stijging gewenst).



Figuur 4.10 Variatie in aanvoer en efficiëntie/benutting van N, P en K en EOS in de verschillende scenario's op de drie melkveebedrijven. Voor berekeningen: zie legenda figuur 4.9.

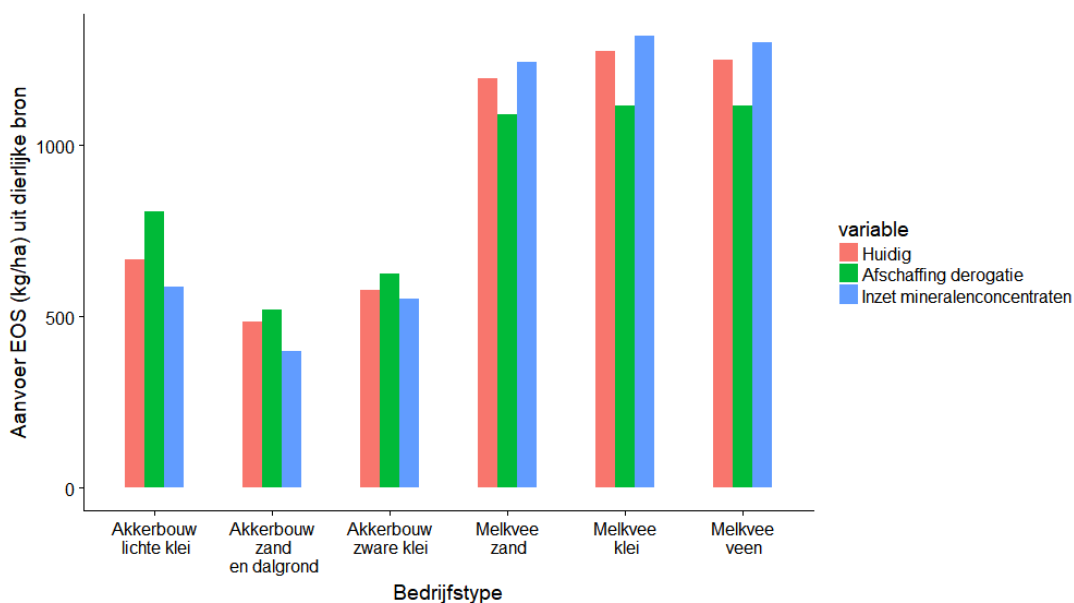
Op korte termijn (< 5 jaar) is dit wel een positieve ontwikkeling gegeven de hoge K-toestanden in Noord-Nederland (niet weergegeven, data afgeleid van Eurofins bodemgegevens). Voor fosfaat is er een vergelijkbaar effect zichtbaar: om milieukundige doelen te realiseren is een verlaging van de P-bemesting nodig, terwijl er juist meer fosfaat wordt aangevoerd op zowel akkerbouw als melkveebedrijven. De hogere gewasproductie in het tweede doelscenario compenseert dit effect door de hogere gewasbehoefte aan fosfaat. Met uitzondering van akkerbouw op lichte klei treedt er in alle situaties een P-tekort op om de gewenste gewasproductie te realiseren. Gegeven de huidige hoge fosfaattoestand van de bodem is deze suboptimale bemesting echter niet onwenselijk; het draagt bij aan het behalen van de gewenste (neutrale) fosfaattoestand van de bodem.

In deze studie worden mineralenconcentraten onder kunstmest gerekend en wordt het waar mogelijk op het eigen bedrijf ingezet. Een groot deel van de voordelen die mineralenconcentraten geven, zitten (na opwerking tot groene kunstmest) in het feit dat bedrijven niet meer tegen een maximale dierlijke stikstofgift aanlopen (minder afvoer dierlijke mest nodig), gekoppeld aan handelingsperspectieven voor afzet buiten de regio. De lokale inzet van groene kunstmest heeft een positief effect op de P en K-balans van melkveebedrijven, maar zorgt er ook voor dat de realisatie van P-doelen op

akkerbouwbedrijven verslechteren. De doelstellingen met betrekking tot SO₄, MgO en CaO worden door de inzet van groene kunstmest niet behaald. Dit komt doordat er via mineralenconcentraten meer van deze mineralen (met een hogere werking) op de bedrijven geplaatst worden, terwijl er voor de realisatie van deze doelen juist minder nodig is.

Via innovatieve scheidingstechnieken kunnen in de toekomst producten worden gemaakt die beter inpasbaar zijn binnen akkerbouw- en melkveebedrijven. Hierdoor is dit scenario vooral interessant wanneer mestbewerkingstechnieken niet alleen gefocust zijn op fosfaat, maar ook rekening houden met andere mineralen.

Afschaffing van derogatie en inzet op groene kunstmest veranderen de aanvoer van organische stof. De aanvoer van EOS uit compost en plantenresten blijft praktisch ongewijzigd in de verschillende scenario's. Afschaffen van derogatie verlaagt de inzet van dierlijke mest op melkveebedrijven en verhoogt deze op akkerbouwbedrijven (figuur 4.11). Inzet van groene kunstmest verlaagt de aanvoer van organische stof op akkerbouwbedrijven door de vervanging van dierlijke mest, maar verhoogt deze op melkveebedrijven.



Figuur 4.11 Variatie in aanvoer van EOS voor de zes bedrijfstypes in de huidige situatie (rood), een scenario met afschaffing van derogatie (groen) en een inzet op groene kunstmest (blauw).

4.3.3 Extra handelingsperspectieven

Het afschaffen van derogatie zorgt voor N-overschotten die niet volledig op akkerbouwbedrijven in Noord-Nederland te plaatsen zijn en zonder verwerking ook niet gemakkelijk te verplaatsen zijn naar andere regio's in binnen- en buitenland. Inzet op mineralenconcentraten biedt kansen om de regionale mineralenbalans te sluiten, voornamelijk wanneer de mineralen verwerkt kunnen worden tot producten die goed in te passen zijn in de verschillende bedrijfssystemen. Met een inzet op mineralenconcentraten zonder verdere export en uitwisseling, kan de regionale mineralenkringloop wel verbeterd, maar niet gesloten worden. Met de mineralen die in overschot zijn in de regio kunnen wel groene kunstmestproducten (opgewerkt vanuit mineralenconcentraten) gemaakt worden waar (internationaal) vraag naar is.

Voor de bedrijven zijn er in het algemeen de volgende handelingsperspectieven:

- **Afstemming van mestproducten:** lage PK-ratio's en CN-ratio's voor de akkerbouwer op zand om zo de bodemvruchtbaarheid qua N-levering en K-beschikbaarheid te vergroten. De beschikbaarheid van P in bewerkte mestproducten moet hoog zijn (dus geen gebruik van scheidingstechnieken die de werking negatief beïnvloeden), omdat het bemestingsadvies voor de meeste percelen hoger ligt dan

de norm. Mineralenconcentraten kunnen maar deels aan deze behoefte voldoen. In beide bedrijfssystemen op zand is de P-norm beperkend én is er sprake van een positieve organische-stofbalans. Voor het melkveehouderijbedrijf komt dit laatste grotendeels door de opbouw onder gras én door de aanvoer met dierlijke meststoffen. Dit betekent wel dat vruchtwisseling van gras en mais een belangrijke maatregel is om daling in organische stof onder continu mais te voorkomen. Dit zorgt in de praktijk wel voor hogere nitraatuitspoeling door het scheuren van gras. Het grote overschot van K op melkveebedrijven vraagt om mestbewerkingstechnieken die inzetten op lage PK-ratio's om zo veel K van het bedrijf te 'verwijderen'; huidige mineralenconcentraten zijn niet zinvol om in te zetten op het melkveebedrijf, omdat deze K-rijk zijn. De N-aanvoer naar de bodem mag in beide situaties worden verhoogd (niet weergegeven) om zo de N-nalevering van de bodem op langere termijn te bevorderen. Dit om lopende zorgen om dalende eiwitgehaltes te compenseren.

- **Sluiten kringlopen:** inzicht in mineralen en organische-stofbalans is nodig om vraag en aanbod op elkaar af te stemmen. Dit gaat niet alleen om mestproducten, maar ook om productie van bv. diervoeding. Flexibiliteit in wetgeving is hiervoor gewenst, zoals ruimte voor gebiedsarrangementen waar per gebied afspraken gemaakt kunnen worden voor maatwerk in mestbeleid.
- **Uitwisseling percelen:** afstemmen van bouwplannen biedt kansen. Denk bijvoorbeeld aan een bouwplan van gras-aardappel-graan/mais-suikerbieten. Dit voorkomt problemen met aaltjes (voor bieten) en geeft de mogelijkheid te werken aan P- en K-beschikbaarheid en organische stof.
- **Teelt van grasklaver:** voor grasklaver is weinig tot geen kunstmest nodig en deze teelt kan de N-benutting verhogen en ook ruimte geven aan de inzet van K-arme mineralenconcentraten (mits mineralenconcentraten als kunstmest worden erkend).
- Voor **export naar het buitenland** zijn de volgende aspecten van het mestproduct belangrijk: hoog gehalte aan effectieve organische stof, veel P en K, homogene kwaliteit, goede hygiëne, niet stuifgevoelig, en bij voorkeur gekorrelde. Nadeel: kostentechnisch uitdagend. Het N-gehalte van deze gekorrelde droge mest is wel belangrijk, maar bepaalt niet de marktwaarde van het product.

4.4 Toepassingsmogelijkheden van mestproductgroepen

4.4.1 Afstemming van mestproducten

De mestverwerkingsplicht verplicht veehouders een deel van het fosfaatoverschot op hun eigen bedrijf te verwerken. Het percentage is afhankelijk van de locatie in Nederland; buiten Oost- (52%) en Zuid- (59%) Nederland is dit percentage op 10% (van het P-overschot per 31 december 2015) gesteld (PBL, 2017 – evaluatie Meststoffenwet). In Noord-Nederland is de verplichting met 10% nog vrij laag. Het overschot aan nutriënten dat aanwezig is in de melkveesector in Noord-Nederland kan, na het sluiten van de regionale kringloop, op verschillende manieren als meststof toegepast worden. Het verwerken van dierlijke overschotten tot (verplaatsbare) gedroogde producten met hoge drogestofgehaltes biedt mogelijkheden voor export. De geschiktheid van een meststof voor export hangt o.a. af van de vraag of de samenstelling homogeen te produceren is, of het makkelijk te transporteren is, op vraag geleverd kan worden en hygiënisch (zonder pathogenen) te garanderen is (Smit et al., 2014). Wat de optimale samenstelling is van dergelijke producten is niet alleen afhankelijk van het overschot, maar ook van de behoefte in de gewassen waarop het gebruikt kan worden en natuurlijk de relevante regelgeving.

4.4.2 Lokale kansen

De overschotten van mineralen in de melkveesector kunnen bijdragen aan de voorziening van mineralen in de akkerbouw. Het gaat hier vooral om dierlijke stikstof, fosfaat, sulfaat en bij akkerbouw op zand ook om kalium. In de huidige situatie is fosfaat limiterend voor een hogere aanvoer van dierlijke stikstof dan nu praktisch is. Het akkerbouwbedrijf op zand- en dalgrond in de Veenkoloniën biedt de meeste ruimte om de mineralenbalans op regionaal niveau te dichten. Producten met stikstof, kalium, sulfaat en magnesium kunnen helpen om de agronomische behoefte (bemestingsadvies) te vullen. In alle gevallen is de fosfaatgebruiksruimte anno 2015 beperkend voor een goede inzet van bemesting. Het scenario met afschaffing van derogatie laat overtuigend zien dat er onvoldoende ruimte beschikbaar is om alle dierlijke mest af te zetten, waardoor de druk op de mestmarkt zal stijgen.

In zowel de akkerbouw- als de melkveesector in Noord-Nederland is de P-norm beperkend én is er meestal sprake van een positieve organische-stofbalans. Voor het melkveehouderijbedrijf komt dit laatste grotendeels door de opbouw onder gras én de aanvoer met dierlijke meststoffen. Dit betekent dat vruchtwisseling van gras en mais een belangrijke maatregel is om daling in organische stof onder continu mais te voorkomen. Het grote overschot van K vraagt om het verwerken tot producten met lage PK-ratio's om zo veel mogelijk K van het melkveebedrijf weg te halen. In de hele regio is er met de huidige gewasproductie een overschot aan N en P. Bij een hogere gewasproductie zal de N-behoefte beter aansluiten op de aanwezigheid van N in de regio, terwijl er voor P zelfs extra nodig zal zijn.

Het verwerken tot mineralenconcentraten leidt tot een grote verlaging van stikstof uit dierlijke mest. Desondanks blijft de onbalans in stikstof bestaan. Lokale kansen kunnen bijdragen aan een verbetering van de mineralenbalans, zonder dat deze volledig gesloten wordt. Om de mineralenkringloop te sluiten moet ook naar andere handelingsperspectieven en naar uitwisseling met andere gebieden gekeken worden.

Naast de huidige scenario's die in dit rapport bestudeerd zijn, kan een aantal maatregelen worden ingezet die bijdragen aan het verbeteren van de lokale mineralenbalans. Een van deze opties is een verbetering van de uitwisseling van nutriënten tussen percelen. Dit kan betekenen dat de bouwplannen tussen bedrijven beter afgestemd worden om de gezamenlijke mineralenbalans te verbeteren; een voorbeeld hiervan is een bouwplan van gras-aardappel-graai/mais-suikerbieten. Een dergelijk bouwplan helpt om problemen met aaltjes (voor bieten) te voorkomen en geeft de mogelijkheid te werken aan P- en K-beschikbaarheid en organische stof.

4.4.3 Exportkansen

Een marktonderzoek voor mestexport (inclusief aandacht voor optimale samenstelling, technische mogelijkheden om dit te bereiken, toepassing en dosering) naar Duitsland is in 2013 door het NMI uitgevoerd (Ros & Postma, 2013). Er wordt verwacht dat de te exporteren hoeveelheid dierlijke mest nog sterk zal groeien, wat voornamelijk zal gebeuren in de vorm van pluimveemest, struviet, gehygiëniseerde/gedroogde producten afkomstig van de dikke fractie varkensdrijfmest en de dikke fractie van dierlijke mest (na covergisting). Een aantal specifieke producten is op hun potentiële marktpotentie beoordeeld (Ros et al., 2014). Uit deze studie blijkt dat de economische haalbaarheid – vooral door logistieke kosten – het grootste risico vormt. Dit betekent dat producten een hoog drogestof- en mineralengehalte moeten bevatten om rendabel te zijn. De gewenste mestproducten voor de Duitse markt bevatten veel organische stof en mineralen, een N:P-verhouding tussen 1.8 en 2.3 en een P:K-verhouding tussen 0.4 en 2.1. Er is in specifieke teelten veel vraag naar kalium. Dit biedt potentie voor export van P- en K-rijke producten.

4.4.4 Best passende product

De gewenste ratio's binnen de akkerbouwbedrijven is gegeven in tabel 4.1. De akkerbouw op lichte klei en op zand- en dalgrond hebben vrij vergelijkbare behoeftes wanneer gekeken wordt naar een basismeststof. Akkerbouw op zware klei heeft een iets hogere behoefte aan P, waardoor de NP en EOSP ratio's omlaaggaan. Uiteraard zal dit in de praktijk bedrijfsspecifiek zijn, omdat het afhangt van de bodemeigenschappen en het bouwplan per bedrijf. Hieronder wordt aangegeven wat dit gemiddeld betekent voor de verschillende bedrijfssystemen.

Tabel 4.1 Gemiddelde (mediaan) ratio's tussen N, P, K en EOS in de gewenste mestproducten voor de drie akkerbouwbedrijven als basismeststof en als aanvulling op drijfmest. In deze tabel zijn ook de ratio's van de groene kunstmest opgenomen (dikke en dunne fracties) ter vergelijking. De samenstelling van de groene kunstmest is beschreven in tabel B2.2.

Bedrijf	Behoefte	Bedrijfstype	NP	NK	PK	EOSP
1	Basismeststof	Akkerbouw op lichte klei	16,5	1,5	0,1	192
2	Basismeststof	Akkerbouw op zand- en dalgrond	15,5	1,1	0,1	227
3	Basismeststof	Akkerbouw op zware klei	7,0	1,7	0,2	68
1	Aanvullend	Akkerbouw op lichte klei	-	-	-	-
2	Aanvullend	Akkerbouw op zand- en dalgrond	-	1,9	-	-
3	Aanvullend	Akkerbouw op zware klei	24	-	-	-
-	Bewerkte mest	Dunne fractie	8.3	0.7	0.1	101
-	Bewerkte mest	Dikke fractie	3.6	1.7	0.5	93

Bij de aanvullende producten is de behoefte aan fosfaat en kalium beperkt, omdat de basisbemesting met drijfmest de volledige behoefte voor P en K vult. In deze gevallen is het bijmesten met kunstmest of bewerkte kunstmestproducten zoals spuiloo het geschiktst. Als de gewenste productsamenstelling vergeleken wordt met de samenstelling van bestaande producten, blijkt de gewenste basisbemesting vooral te bestaan uit bewerkte en onbewerkte rundveedrijfmest. Dit zijn producten die lokaal ruim beschikbaar zijn. De aanvullende meststoffen die nodig zijn, zijn vooral producten met een hoog N- en P-gehalte, zoals kunstmest en bewerkte varkensdrijfmest. Zoals de kunstmeststoffen TSP en KAS en nutriëntrijke bewerkte varkensdrijfmest.

De top 3 van best inzetbare producten die aansluiten bij de agronomische behoefte (gebaseerd op nutriëntenratio's) worden weergegeven in tabel 4.2. Deze analyse is gebaseerd op het gebruik van een enkel product als basismeststof of als aanvulling op de huidige bemestingspraktijk op de verschillende bedrijven. Voor digestaat is gebruikgemaakt van de gemiddelde eigenschappen zoals gegeven in de database organische meststoffen, beschreven in Hoeksma et al. (2011). Dat is niet identiek aan het digestaat product zoals beschreven in B2.1, wat in INITIATOR is gebruikt. Het geeft echter wel een goede indicatie van de inzetbaarheid van digestaat.

Tabel 4.2 Top 3 best inzetbare meststoffen (basis en aanvullend) op drie akkerbouw bedrijfssystemen die variëren in grondsoort.

Top	Lichte klei	Zand/dalgrond	Zware klei
<i>Best passende basismeststof</i>			
1	Rundvee digestaat mc ¹⁾	Rundvee digestaat mc	Runderdrijfmest
2	Rundvee dunne fractie	Rundvee dunne fractie	GFT-compost
3	Betafer ¹⁾ dunne fractie	Betafer dunne fractie	Rundvee digestaat dik*
<i>Beste aanvulling op drijfmest</i>			
1	KAS	KAS	TSP
2	Rundvee digestaat dun*	Rundvee digestaat dun	Compost
3	Varkens dunne fractie	Varkens dunne fractie	Rundvee vaste mest

¹⁾ mc staat voor mineralenconcentraat, Betafer is een restproduct uit verwerking suikerbieten en digestaat dik en dun staat voor respectievelijk de dikke en dunne fractie na vergisting en mestscheiding.

Wanneer gekeken wordt naar de best mogelijke combinatie van mestproducten om de behoefte te vullen, en we hierin rekening houden met de wettelijke stikstof- en fosfaatnormen, ontstaat een vrij vergelijkbaar beeld. Binnen de top 10 van combinaties, komen 12 rundvee- en 6 varkensproducten. Tot de drie best inzetbare meststoffen op de drie akkerbouw bedrijfssystemen behoren de dikke fractie van rundveedigestaat en mineralenconcentraten van rundveedigestaat als basismeststof en de dunne fractie van rundveedigestaat en van varkensmest als aanvullende meststof.

5 Conclusies en aanbevelingen

Resultaten van de regionale studie

De resultaten van de regionale studie laten zien dat er voor geheel Noord-Nederland sprake is van een licht C-overschot: er wordt meer organische stof aangevoerd via gewasresten, dierlijke mest en compost dan er in de bodem wordt afgebroken. Uitzondering op deze regel zijn de veengronden; in deze bodems is er netto sprake van een daling van het organische-stofgehalte. Omdat deze afbraak vooral een effect is van het peilbeheer (en niet te compenseren is door toediening via dierlijke mest binnen de huidige wetgeving), wordt de afbraak vanuit veen niet meegeteld bij de berekening van de gewenste C-aanvoer.

Gemiddeld is er voor geheel Noord-Nederland sprake van een N-overschot, leidend tot overschrijding van de milieunormen voor grond- en oppervlaktewater, ook wanneer een hogere (gewenste) gewasproductie zou worden gehaald bij dezelfde stikstofaanvoer. Dit houdt in dat ook dan de milieueisen niet worden gehaald. Voor fosfaat is dit echter niet het geval. Uitgaande van de huidige gewasproductie is er gemiddeld sprake van een P-overschot, maar als bij gelijkblijvende bemestingsniveaus de gewasopname toeneemt, zal op termijn extra P nodig zijn om de bodemvruchtbaarheid op peil te houden. Ook K-tekorten kunnen vaak voorkomen, in het bijzonder bij akkerbouwmatige teelten. De aanvoer van Ca, Mg en S is in alle gemeenten binnen alle provincies hoger dan de gewasopname.

Het afschaffen van de derogatie blijkt een beperkt effect te hebben op de C- en N-aanvoer, hoewel voor N het gat tussen de huidige en gewenste aanvoer wordt verkleind. De verwachte P-aanvoer neemt echter toe. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat bij toepassing van derogatie geen P-kunstmest mag worden toegediend. Na afschaffing ervan is gerekend dat dit wel gebeurt op alle plaatsen waar de P-aanvoer lager ligt dan de gebruiksnorm. Het effect van derogatie op de Ca-, Mg- en S-aanvoer is vrijwel verwaarloosbaar. Als derogatie wordt afgeschaft, wordt de verwachte K-aanvoer echter lager, ervan uitgaande dat er niet meer K-kunstmest wordt gegeven. Op de lange duur kan dit leiden tot K-tekorten. Met het gebruik van mineralenconcentraten blijkt echter dat het N-overschot bijna gehalveerd kan worden. Het K-tekort neemt dan wel iets toe, maar erg beperkt, omdat het grootste K-aandeel in de dunne mest zit.

Resultaten van de bedrijfsstudie

Voor de drie akkerbouwbedrijfssystemen wordt de wettelijke ruimte voor inzet van dierlijke mest anno 2015 niet volledig opgevuld, terwijl dit voor de drie melkveehouderijbedrijven wel het geval is. Voor P is op akkerbouw echter nog maar weinig ruimte over en er is dan ook vrijwel geen P-kunstmest meer nodig om aan de gewasbehoefte te voldoen. Om aan de agronomische behoefte van stikstof te voldoen, is nog wel N-kunstmest nodig gegeven de lage werkzaamheid van dierlijke mest (in relatie tot P). De aanvoer van K in dierlijke mest is in alle bedrijfssystemen hoger dan de agronomische behoefte, met uitzondering van akkerbouw op zand- en dalgrond. Op alle grondsoorten zijn er potentiële risico's op zwaveltekorten. De aanvoer van Ca, Mg en S is in alle bedrijfssystemen hoger dan de agronomische behoefte. Een toename in gewasproductie zorgt maar heel beperkt voor extra vraag naar fosfaat en kalium. De effecten van derogatie en mineralenconcentraten zijn op bedrijfsniveau vergelijkbaar aan de hierboven weergegeven resultaten op regionaal niveau.

Het afschaffen van derogatie zorgt voor N-overschotten die niet volledig op akkerbouwbedrijven in Noord-Nederland te plaatsen zijn, en zonder verwerking ook niet gemakkelijk te verplaatsen zijn naar andere regio's in binnen- en buitenland. Inzet op mineralenconcentraten (scenario 'groene kunstmest') biedt kansen om de regionale mineralenbalans te sluiten én gericht te sturen op duurzame toepassing, maar kunnen vooralsnog niet concurreren met de efficiëntie van kunstmest.

De inzet van bewerkte mestproducten binnen de drie bedrijfssystemen is alleen perspectiefvol als het de mogelijkheid biedt om gericht te sturen op de nutriëntenbeschikbaarheid tijdens het seizoen. Met uitzondering van stikstof worden vrijwel alle andere nutriënten als basisbemesting gegeven in de akkerbouw, en moeten deze producten concurrerend zijn in de huidige mestmarkt. Dit betekent concreet een hoge EOS-P-verhouding voor de producten met veel organische stof met oog op instandhouding van de bodemvruchtbaarheid alsook producten met een hoge N-werking en lage K-gehaltes voor mestproducten met het oog op bemesting en waterkwaliteit. Opwerking met andere (regionale stof)stromen en specifieke bewerkingstechnieken biedt de mogelijkheid om producten op 'maat' te maken.

Zorgen rond bodemkwaliteit: reëel of niet

Door boeren worden nogal eens zorgen geuit met betrekking tot bodemkwaliteit, met name waar het de achteruitgang van organische stof betreft als gevolg van minder aanvoer van dierlijke mest. Deze studie laat zien dat dit niet erg reëel lijkt, omdat de aanvoer van koolstof via gewasresten, compost en dierlijke mest in het grootste deel van Noord-Nederland de afbraak van de bodem compenseert. Dit wordt bevestigd door duizenden bodemanalyses zoals die beschikbaar zijn in het agrarische meetnet van Eurofins Agro (Reijneveld, 2013; Velthof et al., 2017). Wel is er sprake van een doorgaande daling in veenkoloniale gronden als gevolg van veenafbraak.

Wat de zorgen rond de nutriëntenstatus in relatie tot de aanvoer ervan betreft: daar is duidelijk sprake van een verschil tussen het bemestingsadvies en de lange termijn acceptabele aanvoer, zoals deze in kaart wordt gebracht met het regionale model INITIATOR. Het bemestingsadvies, dat in de bedrijfsstudie is gebruikt, houdt rekening met de bodemkwaliteit en de processen die daar spelen en de handhaving van een optimale bodemkwaliteit op lange termijn. Bij de lange termijn acceptabele aanvoer, zoals berekend met het regionale model, wordt echter geen rekening gehouden met de bodemkwaliteit. Dat kan bij een (zeer) lage P-, K- en S-status tot behoorlijke verschillen leiden. Zo is bij een zeer lage P-status de gebruiksnorm veel lager dan het agronomisch advies. Landbouwkundig gezien moet je veel meer geven dan wat wettelijk gezien mag, omdat je P-tekorten snel wilt opheffen en de bodemtoestand wilt verhogen naar een gemiddelde toestand. Die verschillen blijken op akkerbouwbedrijven ook te bestaan voor zwavel. De aanvoer is beduidend hoger dan de afvoer via het gewas en een onvermijdbare uitspoeling, maar de agronomische behoefte ligt hoger om te voorkomen dat opbrengstschade optreedt door S-tekort gedurende de groei. Bij K is duidelijk sprake van een probleem met tekorten voor sommige akkerbouwkundige teelten en een overmaat in gras- en maïsland.

Aanbevelingen voor sluiten kringlopen

Vergisten of niet. Digestaten – producten die na (co)vergisting van drijfmest ontstaan – kunnen door hun hogere N-werking ten opzichte van de onvergiste producten (meer stikstof in minerale vorm) een bruikbare vervanger zijn van kunstmest. De samenstelling van deze producten is doorslaggevend voor een goede inzetbaarheid.

Groene kunstmest. Mestbewerkingsproducten met een hoge N-werking kunnen in theorie de toepassing van kunstmest overnemen, maar tot op heden zijn deze producten nog van onvoldoende kwaliteit (dan wel praktisch lastig inzetbaar).

Met een inzet op mineralenconcentraten zonder verdere opwerking en export kan de regionale mineralenkringloop wel verbeterd, maar niet gesloten worden. Opwerking tot handzame en hoog werkzame producten (met een werking vergelijkbaar met kunstmest) biedt potentie voor zowel de binnenlandse als buitenlandse markt. Bestaande reststromen in Noord-Nederland zoals compost, berm- en slootmaaisel kunnen ingezet worden in akkerbouwmatige teelten om de regionale kringloop beter te sluiten, maar vereisen vanuit milieukundig oogpunt dan wel een lagere aanvoer van dierlijke mest, omdat de P-gebruiksruimte vrijwel volledig wordt opgevuld.

Ten slotte: vanuit milieukundig oogpunt is een goede afstemming van kunstmest en organische bemesting essentieel. Volledige bemesting met organische mest op akkerbouwbedrijven verhoogt het risico op mineralisatie buiten het groeiseizoen en vraagt om extra aandacht voor gewasopvolging om ongewenste verliezen naar het watersysteem te verlagen.

Literatuur

- Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen, (CBGV), 2017. *Bemestingsadvies (laatste wijziging: augustus 2017)*. Online beschikbaar via www.bemestingsadvies.nl.
- De Vries, W., J. Kros, O. Oenema & J. de Klein, 2003. *Uncertainties in the fate of nitrogen II: A quantitative assessment of the uncertainties in major nitrogen fluxes in the Netherlands*. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 66 (1), 71-102. 10.1023/A:1023354109910. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1023354109910>
- Gies, T.J.A., J. van Os, R.A. Smidt, H.S.D. Naeff & E.C. Vos, 2015. *Geografisch Informatiesysteem Agrarische Bedrijven (GIAB) : gebruikershandleiding 2010*. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu. <http://edepot.wur.nl/355682>
- Hoeksma, P., F.E. de Buissonjé, P.A.I. Ehlert & J.H. Horrevorts, 2011. *Mineralenconcentraten uit dierlijke mest: monitoring in het kader van de pilot mineralenconcentraten*. Lelystad, Wageningen UR Livestock Research. <http://edepot.wur.nl/177153>
- Kros, J., K.F.A. Frumau, A. Hensen & W. De Vries, 2011. *Integrated analysis of the effects of agricultural management on nitrogen fluxes at landscape scale*. Environ. Pollut. 159 (11), 3171-3182. 10.1016/j.envpol.2011.01.033. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VB5-526YMKV-1/2/cb900bf53ff9ccbc1816279582aff6c7>
- Oenema, O., 2015. *CDM-advies Mestverwerkingspercentages 2016*.
- Postma, R., D. van Rotterdam-Los, R. Schils, K.P. Zwart & P. van Erp, 2013. *Inventarisatie, toepasbaarheid en klimaateffecten van producten van mest*. NMI rapport 1473.N.11.
- Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, (PPO), Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, 2013. *Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentengewassen. Samenstelling: ir. J.J. de Haan & ing. W. van Geel*. 146.
- Rabbinge, R., 2012. *Perspectieven door kracht : advies Commissie Landbouw Veenkoloniën*. Stadskanaal, Projectbureau Agenda voor de Veenkoloniën. <http://edepot.wur.nl/197877>
- Reijneveld, J.A., 2013. *Unravelling changes in soil fertility of agricultural land in the Netherlands*. Wageningen University.
- Ros, G.H. & R. Postma, 2013. *Optimale samenstelling van mestkorrels voor de Franse en Duitse akker- en tuinbouw*. NMI rapport 1522.N.13.
- Ros, G.H., L. van Schöll & R. Postma, 2014. *Marktmogelijkheden voor mest in Duitsland*. NMI rapport 1568.N.14.
- Smit, C.T., H. Prins & D.S. de Hoop, 2014. *Quick Scan afzetmogelijkheden dierlijke mest en producten uit mestverwerkingssystemen*. Opdracht van Rabobank Nederland.
- Van Bruggen, C., A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, H.H. Luesink, S.V. Oude Voshaar, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk, 2017. *Emissies naar lucht uit de landbouw in 2014*. Wageningen, Statutory Research Tasks Unit for Nature & the Environment. <http://edepot.wur.nl/412527>
- Van Geel, W. & W. van Dijk, 2013. *Toepassing van digestaat in de landbouw: bemestende waarde en risico's. Deskstudie in het kader van Energierijk*. Wageningen, ACRRES PPO rapport.
- Van Os, J., L.J.J. Jeurissen & H.S.D. Naeff, 2016. *Geografisch informatiesysteem voor de emissieregistratie van landbouwbedrijven; GIABplus-bestand 2013 – Status A*. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu. WOT technical report: 66. <http://edepot.wur.nl/386756>
- Velthof, G.L., T. Koeijer, J.J. Schröder, M. Timmerman, A. Hooijboer, J. Rozemeijer, C. van Bruggen & P. Groenendijk, 2017. *Effecten van het mestbeleid op landbouw en milieu*. Wageningen, Wageningen Environmental Research. <http://edepot.wur.nl/403643>

Bijlage 1 Beschrijving van de mestverdelingsmodule in INITIATOR

De invoer van de module betreft de dierlijke mestproductie op basis van de dieraantallen in GIAB-plus en de corresponderende excretie per dier, waarbij voor N reeds rekening is gehouden met de gasvormige N-emissies. Voor in totaal 42 diersoorten per gemeente wordt de productie per diersoort en per element N, P, organische stof (C), basen, sulfaat, chloor en zware metalen als invoer aan het model opgegeven. De resultaten worden per gemeente geaggregeerd naar de productie van runder-, varkens-, pluimvee- en weidemest. De overige mestcategorieën uit GIAB-plus zijn als volgt toebedeeld: schapen-, geiten- en paardenmest is toegevoegd aan rundermest (krijgt bestemming gras) en de overige mestcategorieën (zoals nertsen- en konijnenmest) zijn toegevoegd aan pluimveemest (krijgt bestemming bouwland/overig). De categorie overige rundermest bestaat voor ca. 90% uit schapenmest en ca. 10% uit geitenmest (in termen van N-excretie). Paardenmest is weliswaar toegekend aan de categorie overige rundermest, maar omdat deze mest deels in champost terechtkomt en dus via overige organische producten op de bodem wordt gebracht, wordt paardenmest niet meegenomen voor het berekenen van de bodembelasting met dierlijke mest. Daar waar het gaat om de emissie naar de atmosfeer (ammoniak, methaan, fijnstof en geur) wordt wel rekening gehouden met paarden.

Op basis van de arealen met gewassen (afgeleid van STONE en CBS) wordt de plaatsingsruimte bepaald. Dit gebeurt op basis van geldende N- en P-normen voor het betreffende jaar. Voor N is dit vooral afhankelijk van areaal gras en bodem (derogatie) en voor P afhankelijk van de P-status van de bodem en het gewastype. De P-status is of gebaseerd op de berekende P-status (in geval van scenario's) of afgeleid van de RVO-data (voor de actuele situatie).

De toedieningsprocedure binnen een gemeente is als volgt:

- start met een gift van overige organische meststoffen;
- verdeel de weidemest (homogeen) over het areaal grasland binnen de gemeente;
- dien rundermest toe aan grasland tot maximaal de gebruiksnorm;
- verdeel de eventueel overblijvende rundermest tezamen met de overige mest over maïs en overig bouwland maximaal tot de gebruiksnorm;
- indien er mest overblijft, wordt de eventueel resterende ruimte verder opgevuld;
- per gemeente wordt vastgesteld of er sprake is van een overschot of resterende plaatsingsruimte, waarbij rekening wordt gehouden met acceptatiegraden;
- overschotten per gemeente worden geaccumuleerd en vervolgens verminderd met een *a priori* opgelegde verwerking en export naar het buitenland en emissiearme verwerkingscapaciteit.

De mestoverschotten per gemeente worden getransporteerd naar de gemeenten met plaatsingsruimte, rekening houdend met de afstand en de acceptatiegraden. Daar worden de overschotten uitgereden. Is er in dat geval nog sprake van een overschot, dan wordt dit overschot geschaald naar de productie in de overschotgebieden afgezet in de overschotgebieden. De hoeveelheid benodigde kunstmest wordt berekend op basis van de werkzame hoeveelheid N die is toegediend als dierlijke mest en de gebruiksnorm.

Voor de mestproductie wordt gebruikgemaakt van GIAB-plus dieraantallen, NEMA excretie en NEMA emissiefactoren. Mestplaatsingsruimte wordt bepaald op basis van CBS-arealen. Verder wordt rekening gehouden met mestexport en mestverwerking. Transport van dierlijke mest wordt berekend op gemeenteniveau (van overschot gemeenten naar tekort gemeenten), de uiteindelijk dierlijke mestverdeling wordt bepaald op diverse schaalniveaus, variërend van perceelniveau tot gemeenteniveau.

De hoeveelheid benodigde N en P kunstmest is berekend op basis van de werkzame hoeveelheid N en P die is toegediend als dierlijke mest en de wettelijke gebruiksnorm volgens:

$$[N, P]_{\text{kunstmest}} = [N, P]_{\text{gebruiksnorm}} - \text{werkzame } [N, P]_{\text{dierlijke mest}} - \text{werkzame } [N, P]_{\text{overige organische meststoffen}}$$

De kunstmestgiften voor K zijn per STONE-plot berekend op basis van de vraag door het gewas volgens en de K-toevoer uit andere bronnen volgens:

$$K_{\text{kunstmest}} = K_{\text{opname}} - K_{\text{dierlijke mest}} - K_{\text{overige organische meststoffen}} - K_{\text{mineralisatie}}$$

De aldus berekende giften zijn geaccumuleerd naar de landelijk schaal en vervolgens gecorrigeerd op basis van de landelijke K-kunstmestconsumptie (CBS).

De Ca- en Mg-giften zijn bepaald op basis van het basenverlies volgens:

$$(Ca+Mg)_{\text{kalkgift}} = (NO_3, \text{ uit} - NO_3, \text{ in}) + (HCO_3, \text{ uit} - HCO_3, \text{ in}) + Ca_{\text{opname}} + Mg_{\text{opname}} + K_{\text{opname}} + Na_{\text{opname}} - S_{\text{opname}} - Cl_{\text{opname}}$$

Dit geldt alleen voor kalkarme gronden. De ratio Ca/Mg van de kalkgift is bepaald op basis van de landelijke gemiddelde relatieve gift van de twee gangbare kalkmeststoffen (kalkmergel en koolzure magnesia kalk; 25 en 20) en de Ca- (53% en 47%) en Mg- (0% en 5%) gehalten hierin.

Voor S wordt de kunstmestgift bepaald door de hoeveelheid S die wordt toegediend als begeleidend anion (SO_4) van de toegevoegde N, P, K, Ca en Mg meststoffen, waarbij de samenstelling van deze meststoffen is gebaseerd op kunstmeststatistiek van WEER.

Bijlage 2 Achtergrondinformatie scenario's

In de studie zijn de gevolgen van dertien scenario's op de C-, N-, P-, K-, Ca-, Mg- en S-balansen berekend. Zoals ook aangegeven in het hoofdrapport (paragraaf 2.3) gaat het allereerst om de input voor het jaar 2015 als referentiescenario en twee doelscenario's die gerelateerd aan een agronomisch en milieukundig gewenste situatie, uitgaande van huidige (doelscenario 1) en optimale (doelscenario 2) gewasopbrengsten. De overige scenario's zijn gerelateerd aan mogelijk landelijk en provinciaal mestbeleid en nutriëntenmanagement, te weten: (i) verbod op mestimport van buiten de drie noordelijke provincies, (ii) groei en krimp van 10% van de veestapel, (iii) afschaffen van de derogatie, (iv) verhoging van de acceptatiegraad van dierlijke mest en bewerkte mest en (v) een hogere gewasproductie en mineralenbenutting zoals deze verwacht wordt door verdere veredeling van suikerbieten, aardappelen en tarwe en (vi) vervangen van kunstmest door mineralenconcentraten uit dierlijke mest, ervan uitgaande dat dit op termijn wettelijk wordt toestaan. Een overzicht van alle geëvalueerde scenario's, met daarbij verschillende combinaties, is gegeven in tabel B2.1.

Tabel B2.1 De doorgerekende scenario's (resultaten van de scenario's die schuin gedrukt zijn, worden gegeven in de hoofdtekst, terwijl een samenvatting van resultaten van alle scenario's voor geheel Noord-Nederland gegeven is in bijlage 3.3).

Huidige en gewenst
S0 Huidige input (2015)
S1 Doelscenario 1 (gewenste aanvoer bij huidige opbrengst)
S2 Doelscenario 2 (gewenste aanvoer bij optimale opbrengst)
Aanvoer
S3 Verbod op mestimport en export
S4 Krimp van de veestapel met 10%
S5 Groei van de veestapel met 10%
S6 Derogatie afschaffen
S7 Toename acceptatiegraden Noord-Nederland van 85 naar 100%
S8 Combinatie S3+S4+S6+S7
Afvoer en mestbewerking
S9 Toename in de opname door suikerbieten, aardappelen, graan en gras
S10 Combinatie S8 en S9
S11 Vervanging dierlijke mest door mineralenconcentraten
S12 Combinatie S6 en S11
S13 Combinatie S10 en S11

Een korte samenvatting van de scenario's is hieronder gegeven.

1. Huidig en gewenst

- S0: Huidige input voor jaar 2015, inclusief mestimport vanuit andere provincies
- S1: Doelscenario 1: Kritische belasting bij huidige gewasopbrengst, waaronder het op peil houden van organische-stofgehaltenes in de bodem, niet alleen voor P, maar voor alle nutriënten, wel rekening houdend met onvermijdbare verliezen (bv. uitspoeling van N, Ca, Mg en K en emissies van stikstof). In situaties waarbij de berekende N-uitspoeling niet aan de norm voldoet i.v.m. oppervlaktewaterkwaliteit, wordt de N-uitspoeling gelijk gesteld aan de kritische uitspoeling.
- S2: Doelscenario 2: Kritische belasting bij optimale gewasopbrengst. Idem aan scenario 1, maar opname op basis van een hogere optimale gewasopbrengst en een verhoging van de NUE (aannemende dat dit in ca. 15 jaar te realiseren is: jaar 2030). De NUE-verhoging is gebaseerd op een veronderstelde afname in emissie van dierlijke mest en toename in de werkingscoëfficiënt van het organische deel van de dierlijk mest, waardoor de effectieve toevoer

van dierlijke mest toeneemt en de berekende kunstmestbijdrage afneemt. Daardoor neemt het surplus af. In situaties waarbij de berekende N-uitspoeling niet aan de norm voldoet i.v.m. oppervlaktewaterkwaliteit, wordt de N-uitspoeling gelijk gesteld aan de kritische uitspoeling.

2. Aanvoerscenario's:

- S3: Geen mestimport vanuit de ander provincies naar Noord-Nederland en eveneens geen mestexport vanuit de 3 noordelijke provincies naar de rest van Nederland.
- S4 en S5: krimp en groei van 10% van de veestapel (aangezien effecten waarschijnlijk redelijk lineair zijn, is een ander percentage hier uit af te leiden qua balans).
- S6: Derogatie afschaffen; maximum N-aanvoer is overal 170 kg N.
- S7: Toename acceptatiegraden Noord-Nederland van 85 naar 100%.

3. Afvoer- en mestbewerkingsscenario's:

- S9: Hogere opbrengsten aan suikerbieten, aardappelen en graan in de veenkoloniën. Er is gerekend met doelstellingen in de Veenkoloniën van 15 ton suiker (88 ton/ha/jr. suikerbieten uitgaande van een gemiddeld suikergehalte in suikerbiet van 17%), 15 ton zetmeel (NB Zetmeelgehalte in aardappel is ca. 20,3%, ofwel 74 ton/ha/jr. aardappel, uitgaande van een gemiddeld zetmeelgehalte in aardappel van 20,3%) en 10 ton tarwe (commissie Rabbinge: op naar 15-15-10; Rabbinge (2012)). In oogstgewichten haalt men nu gemiddeld: suikerbieten 55 ton, aardappelen 45 ton, gerst 5,5 ton.
- S11: De N in dierlijke mest (deel dat niet te plaatsen is) omzetten in mineralenconcentraat met de wettelijke mogelijkheid om organische/groene kunstmest af te zetten in de landbouw.

De parametrisatie van de scenario's is triviaal, met uitzondering van de doelscenario's en de vervanging van dierlijke mest door mineralenconcentraten, zoals hieronder aangegeven.

S1 en S2: Doelscenario 1 en 2

Kritische belasting: evenwichtsbemesting, waaronder het op peil houden van organische-stofgehaltes in de bodem, niet alleen voor P, maar voor alle nutriënten, wel rekening houdend met onvermijdbare verliezen (bv. uitspoeling van N, Ca, Mg en K en emissies van stikstof).

Dit is gedaan zoals hieronder aangegeven.

N: Kritische Invoer = N-opname (bij huidige of optimale opbrengst) en een kritische N-uitspoeling i.v.m. oppervlaktewaterkwaliteit (en bijbehorende overige N-verliezen naar de lucht). Wanneer de kritische N-uitspoeling hoger is dan de huidige N-uitspoeling, wordt die eraan gelijkgesteld. Praktisch betekent dit dat wanneer de kritische N-belasting hoger is dan huidige N-belasting, deze eraan gelijkgesteld wordt. Als de kritische belasting lager is, wordt voorsnog niet gecorrigeerd voor de opname (die wordt gelijk gehouden). Dit kan alleen als de N use efficiency (NUE) omhooggaat.

P: Kritische Invoer = P-opname (wetgeving). Formeel afhankelijk van de P-status.

K, Ca, Mg en S: Kritische Invoer = opname + 'onvermijdelijke' (toelaatbare) uitspoeling – depositie, waarbij voor de onvermijdelijke (toelaatbare) uitspoeling voor basen en S gelijk is aangenomen dat deze te benaderen is door:

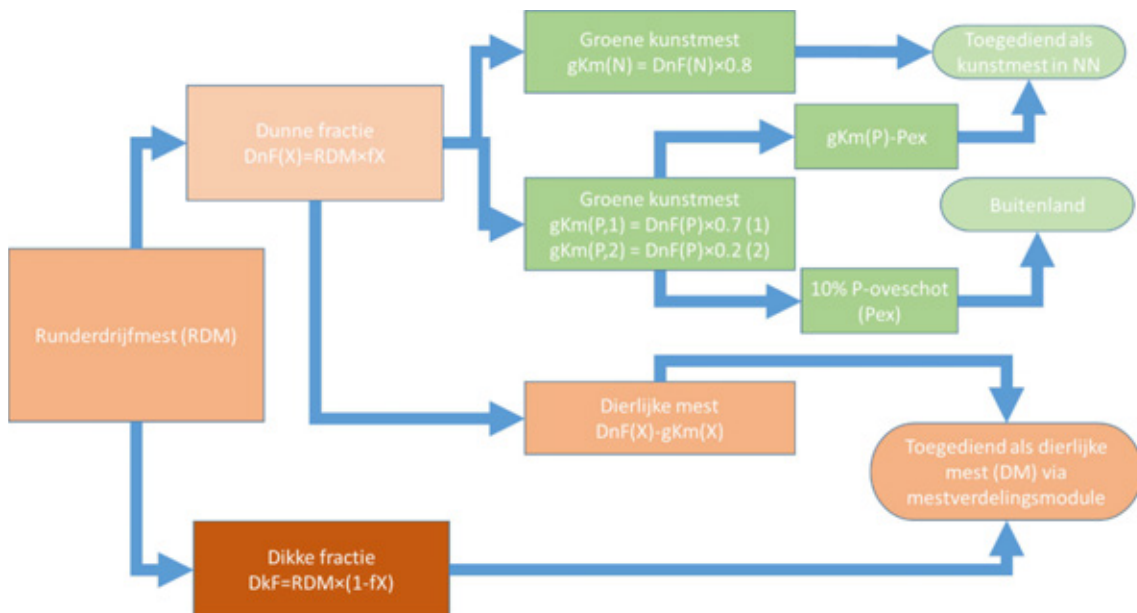
- 50 kg K₂O/ha (K: × 0.83) voor zand, löss en veen en 0 voor klei (op basis van bemestingsadvies)
- 30 kg Ca/ha voor alle gronden (ca. 20% van de invoer)
- 10 kg Mg/ha voor alle gronden (ca. 20% van de invoer)
- 8 kg S/ha voor alle gronden (ca. 20% van de invoer)

S11 Vervanging dierlijke mest door mineralenconcentraten

Basisprincipe:

- Scheiden van alle rundveemest met vijzelpers.
- Uit dunne fractie wordt groene kunstmest gewonnen, zowel N als P.
- De dikke fractie met veel organische stof en relatief weinig P wordt op eigen bedrijf afgezet.
- Van de geproduceerde hoeveelheid groene P-kunstmest wordt de hoeveelheid die men in 2017 verplicht moet verwerken (=10% van het bedrijfsoverschot), geëxporteerd.

Uitwerking (zie figuur B2.1):



Figuur B2.1 Schematische weergave van de productie van groene kunstmest. Voor de waarden van fX : zie tabel B2.2.

1. We scheiden alle rundermest in een dikke- (DkF) en dunne fractie (DnF). Vijzelpers is de gebruikelijke scheidingstechniek in de rundveehouderij. Dit levert een dunne fractie en een dikke fractie op. We nemen aan dat alleen N en P uit DnF wordt gehaald. De overige elementen blijven voor 100% in de DM.
2. Uit de dunne fractie (DnF) halen we X% van de P ($gKm(P)$) en 80% van de N ($gKm(N)$), wat verwerkt wordt tot groene kunstmest en als kunstmest (met een werkingscoëfficiënt van 1^{13}) wordt afgezet. Omdat er discussie is over de haalbaarheid van het te behalen scheidingsrendement van P (zie hieronder), hanteren we twee varianten: een recovery van 70% (op basis van Byosis) en 20% (zie tabel B2.2).
3. Hoewel het merendeel van de N en P in de dunne fractie terecht komt, zijn de gehalten van met name de slecht in water oplosbare elementen, zoals P, organisch N en C (organische stof), in de dikke fractie hoger dan die in de dunne fractie. Dit omdat de dunne fractie veel meer water bevat (zie tabel B2.3). Daarnaast levert 1 ton runderdrijfmest slechts ca. 150 kg dikke fractie tegenover ca. 850 kg dunne fractie, waardoor er ondanks het lagere P-gehalte toch meer P in de dunne fractie terecht komt dan in de dikke.
4. Op dit moment is afzet als 'kunstmest' niet toegestaan (eens dierlijke mest, altijd dierlijke mest). Maar we gaan ervan uit dat de wetgeving op dit gebied op termijn zal veranderen. Zo wordt inmiddels vanuit het Europees parlement druk op de EC uitgeoefend om hiertoe over te gaan.
5. Van de $gKm(N)$ zetten we 100% in NN af. Van de $gKm(P)$ exporteren we de verwerkingsplicht, ofwel 10% van het P-bedrijfsoverschot. Voor NN bedraagt dit in 2015 4% van de P-productie in de rundveehouderij (zie Verwerkingsplicht graasdieren.xlsx). (**NB** Vooralsnog laten we dit achterwege, omdat dit weinig toevoegt. Resulteert alleen in een verschuiving van Km naar gKm. We nemen aan dat $gKm(P)$ volgens de wet geen kunstmest is en daarmee wel op derogatiebedrijven kan worden afgezet. Dit vraagt wel om een specifieke behandeling in de rekenprocedure.)
6. Het restant van de dunne fractie ($DnF-gKm$) wordt als dierlijke mest binnen Nederland afgezet. Deze stap betreft een tweede behandeling, nl. het behandelen van de dunne fractie uit de vijzelpers met (i) kalkmelk voor het terugwinnen van P en met (ii) een stripper/wasser voor het terugwinnen van N.
7. Van de dikke (DkF) wordt 100% in Nederland afgezet.
8. Het restant van de dunne fractie en 100% van de dikke fractie wordt via de Initiator-mestverdelingsmodule tezamen met de overige dierlijke mest verdeeld en toegediend.
9. Via de reguliere Initiator-kunstmestberekening wordt de hoeveelheid kunstmest berekend, rekening houdend met de beschikbare (d.w.z. minus geëxporteerd P) hoeveelheid gKm in NN.

¹³ Dit betreft zeer waarschijnlijk een overschatting. De huidige mineralenconcentraten blijken een lagere werking te hebben dan kunstmest.

Hoewel het merendeel van de N en P in de dunne fractie terecht komt, zijn de gehalten van met name de slecht in water oplosbare elementen, zoals P, organisch N en C (organische stof), in de dikke fractie hoger dan die in dunne fractie. Dit omdat de dunne fractie veel meer water bevat (zie tabel B2.3). Daarnaast levert 1 ton runderdrijfmest drijfmest slechts ca. 150 kg dikke fractie tegenover ca. 850 kg dunne fractie, waardoor er ondanks het lagere P-gehalte toch meer P in de dunne fractie terecht komt dan in de dikke fractie.

Tabel B2.2 Scheidingsrendementen voor runderdrijfmest met behulp van een vijzelpers. Weergegeven zijn de scheidingsfractie dunne mest ¹⁾, ofwel de fractie die in de dunne mest terecht komt. Scheidingsrendementen zijn gebaseerd op memo van Verdoes (pers. med.) ten behoeve van de Evaluatie Meststoffenwet 2016 (EMW).

Scheidingfracties dunne mest (fX)		Toelichting
Component	Waarde	
fNtot	0.82	
fNmin	0.85	
fNorg	0.75	
fP	0.73	
fCa/Mg	0.83	Alleen Mg is gegeven. We veronderstellen dat fCa gelijk is aan fMg
fS	0.73	S niet gegeven; is gelijk aan P verondersteld
fK/Na/Cl	0.87	Cl niet gegeven; is gelijk aan K en Na verondersteld
fOS	0.7	

¹⁾ Deze fracties zijn teruggerekend uit de gehalten van reeds gescheiden dunne en dikke fracties. Dit betekent dat ervan uitgegaan is dat de gasvormige N-emissies tijdens het scheiden reeds hebben plaatsgevonden. Hier zou dus nog voor gecorrigeerd moeten worden. Er zijn echter nauwelijks tot geen meetresultaten bekend van de mate waarin er bij mestscheiding gasvormige N-emissies plaatsvinden. Voorstel is om deze mogelijke verliezen in de studie van Noord-Nederland te verwaarlozen.

Tabel B2.3 Scheidingsefficiënties en berekende gemiddelde gehalte voor dikke- en dunne-runderdrijfmest uitgaande van de scheidingsefficiënties die in de praktijk voorkomen.

Runderdrijfmest	Berekende SE (%)				Gem. SE(%)	Stdev.	Gem. gehalte (kg/ton)			
	Schröder et al. (2009)		Verdoes (pers. med.)				Parameter	onbewerkt	dun	dik
Methode										
SE drogestof	30%	50%	30%	50%						
% ds in de vaste fractie	25%	25%	17%	28%						
Massa dik	102	170	150	150						
Parameter	SE(%)	SE(%)	SE(%)	SE(%)		Parameter	onbewerkt	dun	dik	
Massa	10.2	17.0	15.0	15.0	14.3	2.9	Massa	1000.0	1000.0	1000.0
vocht	8.4	13.9	13.6	11.7	11.9	2.6	vocht	915.00	940.63	761.67
ds	30.0	50.0	30.0	50.0	40.0	11.5	ds	85.00	59.37	238.33
os	30.0	50.0	30.0	50.0	40.0	11.5	os	64.00	44.70	179.45
Ntot	19.4	32.4	18.0	25.0	23.7	6.5	Ntot	4.10	3.65	6.85
Nm	8.4	13.9	13.6	11.7	11.9	2.6	Nm	2.00	2.06	1.66
Norg	30.0	50.0	22.2	37.6	35.0	11.8	Norg	2.10	1.59	5.18
P2O5	30.0	50.0	27.5	60.0	41.9	15.7	P2O5	1.50	1.01	4.39
K2O	8.4	13.9	13.0	13.0	12.1	2.5	K2O	5.80	5.95	4.89
MgO	8.4	13.9	30.0	50.0	25.6	18.7	MgO	1.20	1.04	2.09
Na2O	8.4	13.9	13.0	13.0	12.1	2.5	Na2O	0.70	0.72	0.59
							Ne	0.525	0.398	1.295
							Nr	1.575	1.194	3.886

Bijlage 3 Mineralenbalansen per regio

B3.1 Koolstof- en mineralenbalansen per provincie, Noord-Nederland en Nederland

Tabel B3.1 Koolstof en mineralenbalansen per provincie, Noord-Nederland en Nederland

Invoerterm	C flux (kg C ha ⁻¹ jr ⁻¹)					Uitvoerterm	C flux (kg C ha ⁻¹ jr ⁻¹)				
	Gronin- gen	Fries- land	Drenthe	NN	NL		Gronin- gen	Fries- land	Drenthe	NN	NL
Dierlijke mest	460	834	534	638	649	Mineralisatie					
- Rundvee	389	761	441	560	508	Mineralisatie bodemorganische stof	1045	1265	918	1101	1086
- Varkens	8	3	12	7	39	Mineralisatie veengronden	1256	1148	1399	1251	762
- Kippen	46	42	55	47	62						
- Rest	17	28	26	24	40	Export en verwerking	25	131	70	82	143
Gewasresten	661	736	591	673	631						
- gras	252	662	298	437	406	ΔCpool	-1127	-958	-1191	-1074	-655
- mais	9	10	37	17	42						
- bouwland	400	63	256	218	184						
Compost en slib	78	17	71	50	55						
Totaal	1199	1587	1196	1361	1336	Totaal	1199	1587	1196	1361	1336

Invoerterm	N flux (kg N ha ⁻¹ jr ⁻¹)					Uitvoerterm	N flux (kg N ha ⁻¹ jr ⁻¹)				
	Gronin- gen	Fries- land	Drenthe	NN	NL		Gronin- gen	Fries- land	Drenthe	NN	NL
Dierlijke mest	175	296	207	235	275	Opname	185	263	187	218	212
- Rundvee	138	268	157	198	176	- gras	93	244	110	161	149
- Varkens	12	4	17	10	57	- mais	4	5	19	9	21
- Kippen	22	20	27	23	34	- bouwland	88	14	58	49	41
- Rest	3	5	4	4	8	N stal emissie	16	24	19	20	30
Kunstmest	146	165	105	142	131	Transport	-14	8	-6	-3	0
						Export en verwerking	19	33	28	27	53
Depositie	23	26	23	24	27	Overschot	224	242	221	231	237
Fixatie	8	10	8	9	8	- NH ₃ bodem emissie	25	38	18	29	27
Compost en slib	9	2	8	6	6	- N denitrificatie	151	148	128	143	131
Mineralisatie	50	40	70	51	31	- Accumulatie	8	12	13	11	7
						-Nuit/afspoeling	22	11	33	20	20
Totaal ²	411	538	420	467	479	Totaal	411	538	420	467	479

Invoerterm	P flux (kg P ha ⁻¹ jr ⁻¹)					Uitvoerterm	P flux (kg P ha ⁻¹ jr ⁻¹)				
	Gronin- gen	Fries- land	Drenthe	NN	NL		Gronin- gen	Fries- land	Drenthe	NN	NL
Dierlijke mest	26.4	43.8	31.8	35.2	44.2	Opname	28.0	37.2	27.7	31.7	30.7
- Rundvee	19.9	38.7	22.8	28.6	25.4	- gras	13.0	34.0	15.3	22.5	20.8
- Varkens	2.1	0.9	3.3	1.9	10.6	- mais	0.7	0.8	2.9	1.4	3.3
- Kippen	3.9	3.4	5.0	4.0	6.7	- bouwland	14.4	2.3	9.4	7.9	6.6
- Rest	0.5	0.8	0.7	0.7	1.4	Transport	-2.7	1.3	-1.2	-0.6	0.0
						Export en verwerking	3.6	5.9	5.8	5.2	11.1
Kunstmest	1.7	1.6	2.1	1.8	1.7	Overschot	8.7	9.8	13.8	10.6	19.3
Depositie	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	-Accumulatie mineraal	-0.1	0.9	0.3	0.4	2.2
Compost en slib	3.7	0.8	3.3	2.4	2.6	-Accumulatie organische stof	0.3	0.4	0.5	0.4	0.3
Mineralisatie	1.9	1.5	2.6	1.9	1.2	-Oppervlakte water	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5
						-Grondwater	4.7	2.0	7.0	4.2	5.3
Totaal	34.0	48.2	40.3	41.8	50.1	Totaal	34.1	48.1	40.4	41.8	50.1

Invoerterm	K flux (kg K ha ⁻¹ jr ⁻¹)					Uitvoer term	K flux (kg K ha ⁻¹ jr ⁻¹)				
	Gronin- gen	Fries- land	Drenthe	NN	NL		Gronin- gen	Fries- land	Drenthe	NN	NL
Dierlijke mest	163	299	187	227	237	Opname	165	284	187	221	209
- Rundvee	147	285	165	210	191	- gras	102	269	121	177	165
- Varkens	6	2	9	5	30	- mais	3	3	12	5	13
- Kippen	8	8	10	9	11	- bouwland	60	12	54	38	32
- Rest	2	3	3	3	5	Export en verwerking	-2	35	12	17	36
Kunstmest	5	7	7	6	8	Overschot	15	-7	6	3	7
Depositie	3	3	2	3	3	- Bodem- accumulatie	-16	-23	-25	-21	-29
Compost en slib	5	1	4	3	3	- Uitspoeling	31	16	30	24	36
Mineralisatie	2	2	3	3	2						
Totaal	178	312	204	241	252	Totaal	178	312	204	241	252

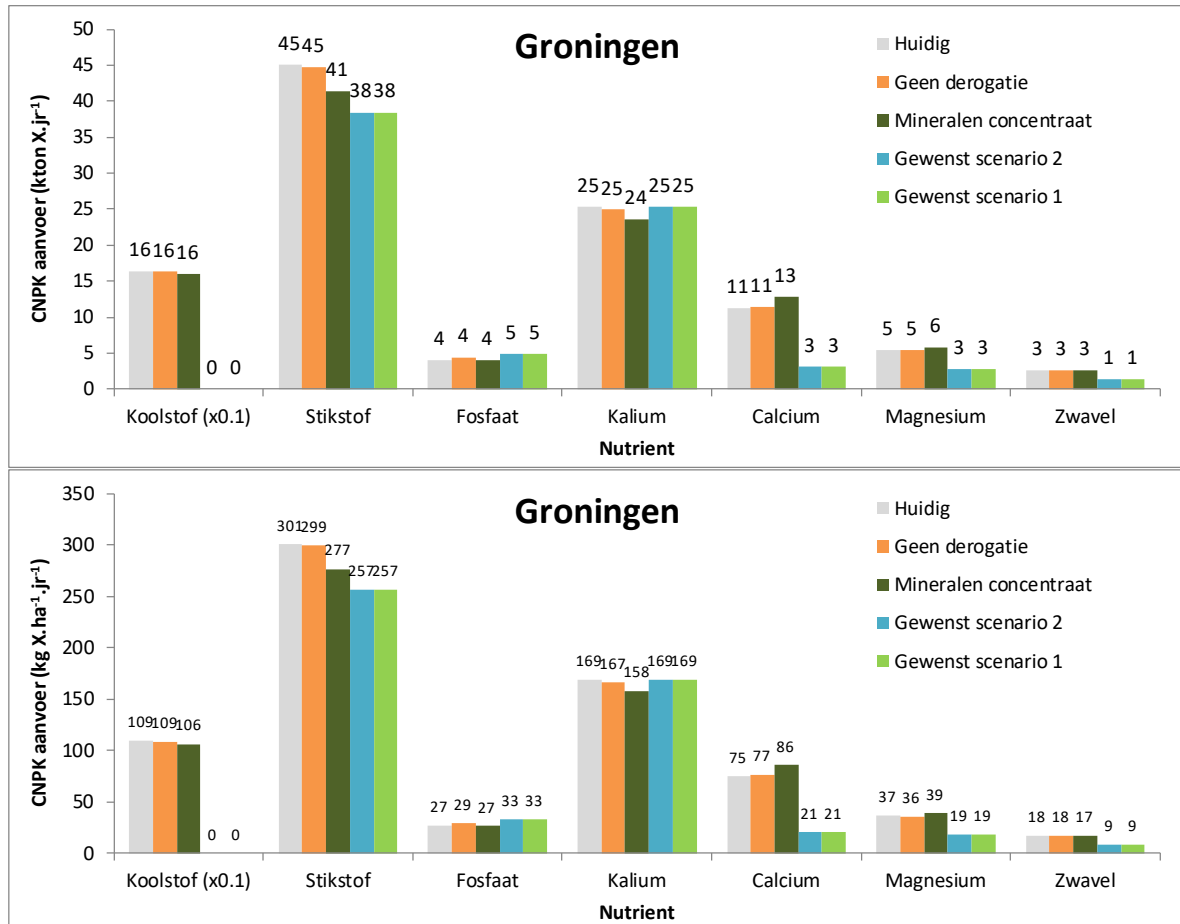
Invoerterm	Ca flux (kg Ca ha ⁻¹ jr ⁻¹)					Uitvoer term	Ca flux (kg Ca ha ⁻¹ jr ⁻¹)				
	Gronin- gen	Fries- land	Drenthe	NN	NL		Gronin- gen	Fries- land	Drenthe	NN	NL
Dierlijke mest	53	86	64	70	91	Opname	25	43	30	34	35
- Rundvee	39	76	44	56	52	- gras	15	40	18	26	24
- Varkens	4	2	7	4	21	- mais	1	1	5	2	5
- Kippen	9	7	11	9	14	- bouwland	8	2	8	6	6
- Rest	1	1	1	1	3	Export en verwerking	2	15	10	10	24
Kunstmest	25	28	19	24	22	Overschot	241	151	142	176	188
Depositie	7	7	4	6	5	- Bodem- accumulatie	1	2	2	2	1
Compost en slib	9	3	17	9	10	- Uitspoeling	240	149	141	174	187
Kalkgift	76	17	69	49	54						
Mineralisatie	7	5	10	7	4						
Ontkalking	91	63	1	54	60						
Totaal	268	209	183	219	247	Totaal	268	209	183	219	247

Invoerterm	Mg flux (kg Mg ha ⁻¹ jr ⁻¹)					Uitvoer term	Mg flux (kg Mg ha ⁻¹ jr ⁻¹)				
	Gronin- gen	Fries- land	Drenthe	NN	NL		Gronin- gen	Fries- land	Drenthe	NN	NL
Dierlijke mest	24	42	28	32	36	Opname	16	26	19	21	22
- Rundvee	20	39	23	29	27	- Gras	9	24	11	16	15
- Varkens	1	0	2	1	5	- Mais	1	1	3	1	3
- Kippen	2	2	2	2	3	- Bouwland	6	1	5	4	4
- Rest	0	1	1	1	1	Export	0	6	2	3	7
Kunstmest	13	15	9	13	12	Overschot	29	31	24	29	26
Depositie	4	4	3	4	3	- Bodem- accumulatie	0	0	0	0	0
Kalk	0	0	1	0	0	- Uitspoeling	29	31	24	28	26
Compost en slib	3	1	3	2	2						
Mineralisatie	1	1	2	1	1						
Totaal	46	63	45	53	54	Totaal	46	63	45	53	54

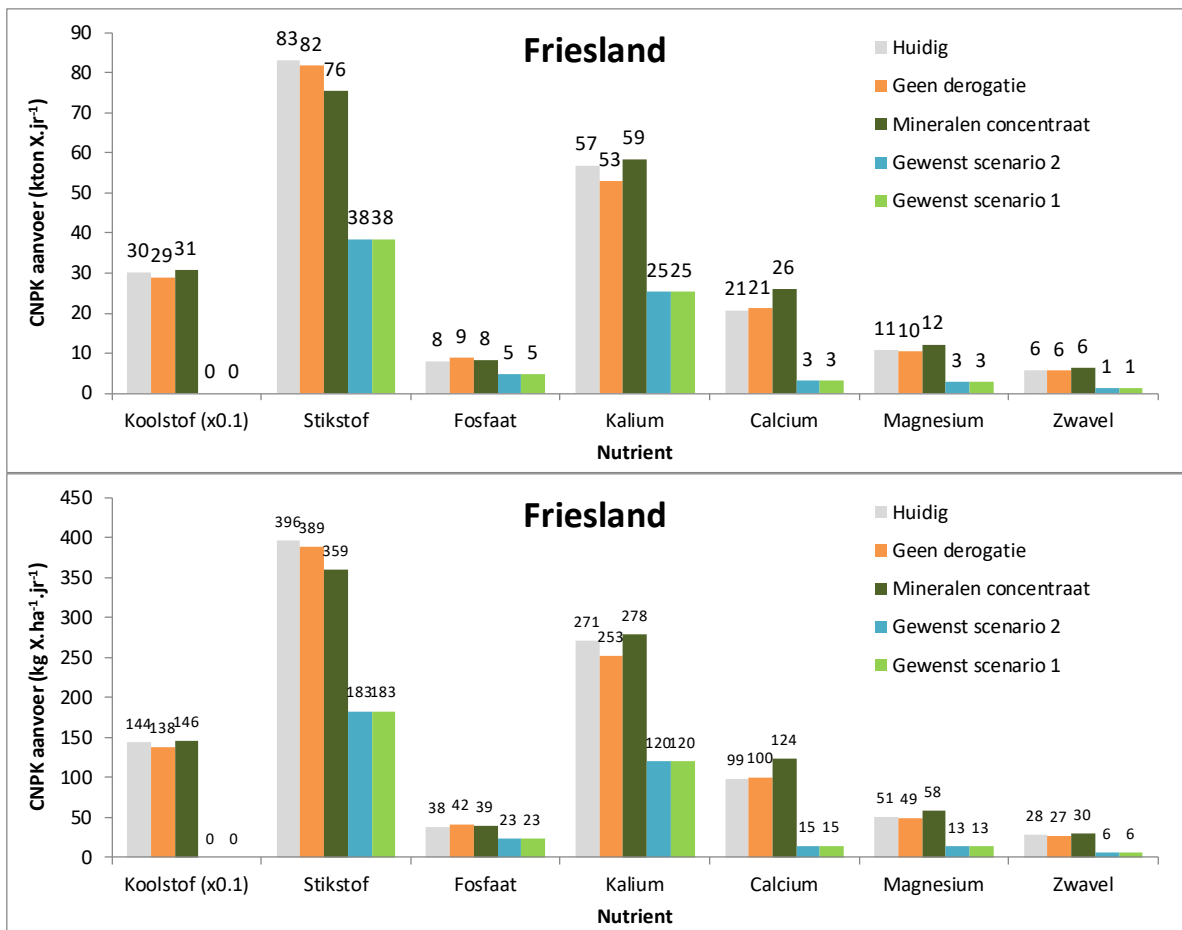
Invoerterm	S flux (kg S ha ⁻¹ jr ⁻¹)					Uitvoer term	S flux (kg S ha ⁻¹ jr ⁻¹)				
	Gronin- gen	Fries- land	Drenthe	NN	NL		Gronin- gen	Fries- land	Drenthe	NN	NL
Dierlijke mest	17	31	20	24	25	Opname	18	26	19	21	21
- Rundvee	15	29	17	22	20	- gras	9	24	11	16	15
- Varkens	1	0	1	0	3	- mais	0	0	2	1	2
- Kippen	1	1	2	1	2	- bouwland	8	2	6	5	5
- Rest	0	0	0	0	0						
Kunstmest	1	1	1	1	1	Export en verwerking	0	4	1	2	4
Depositie	8	9	9	9	10	Overschot	17	16	20	18	16
Compost en slib	2	1	2	2	2	- Bodem- accumulatie	1	2	2	1	1
Verwerking	6	5	9	6	4	- Uitspoeling	16	15	19	16	15
Totaal	35	46	41	41	42	Totaal	16	15	19	16	15

B3.2 Effecten van afschaffen derogatie en vervangen kunstmest door mineralenconcentraten op koolstof en mineralenaanvoer per provincie

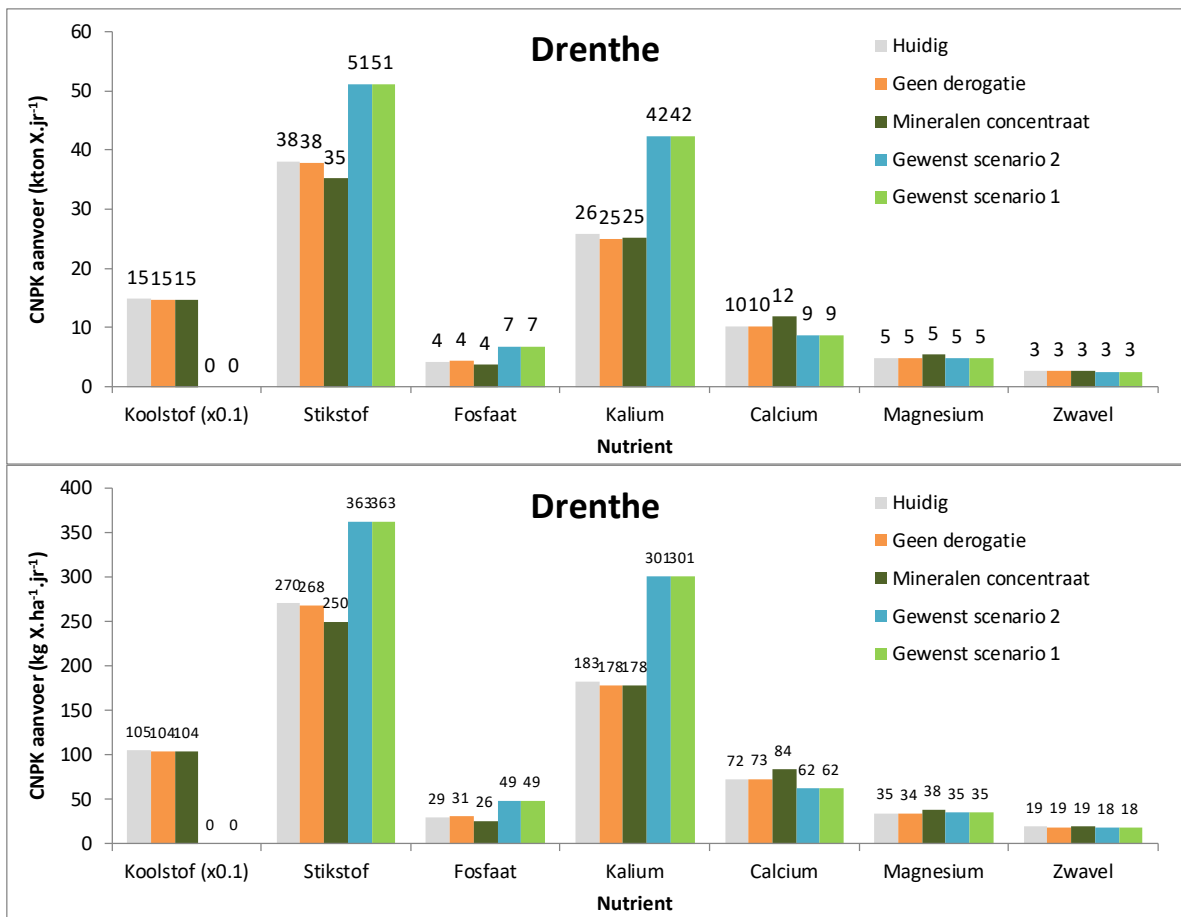
Onderstaande figuren geven het effect van het afschaffen van derogatie en vervangen kunstmest door mineralenconcentraten op de koolstof en mineralenaanvoer per provincie. De mineralenaanvoer is daarbij gelijk aan de invoer aan mineralen door dierlijke mest (excretie) en kunstmest, minus de N stal emissie (in geval van N), transport en export en verwerking zoals gegeven in de koolstof- en mineralenbalansen per provincie in tabel B3.1.



Figuur B3.1 Effecten van het afschaffen van de derogatie en het vervangen van kunstmest door mineralenconcentraten op de aanvoer van C, N, P, K, Ca, Mg en S, zowel in kton jr⁻¹ (figuur boven) als in kg ha⁻¹jr⁻¹ (figuur onder), samen met de huidige en gewenste aanvoerscenario's voor Groningen.



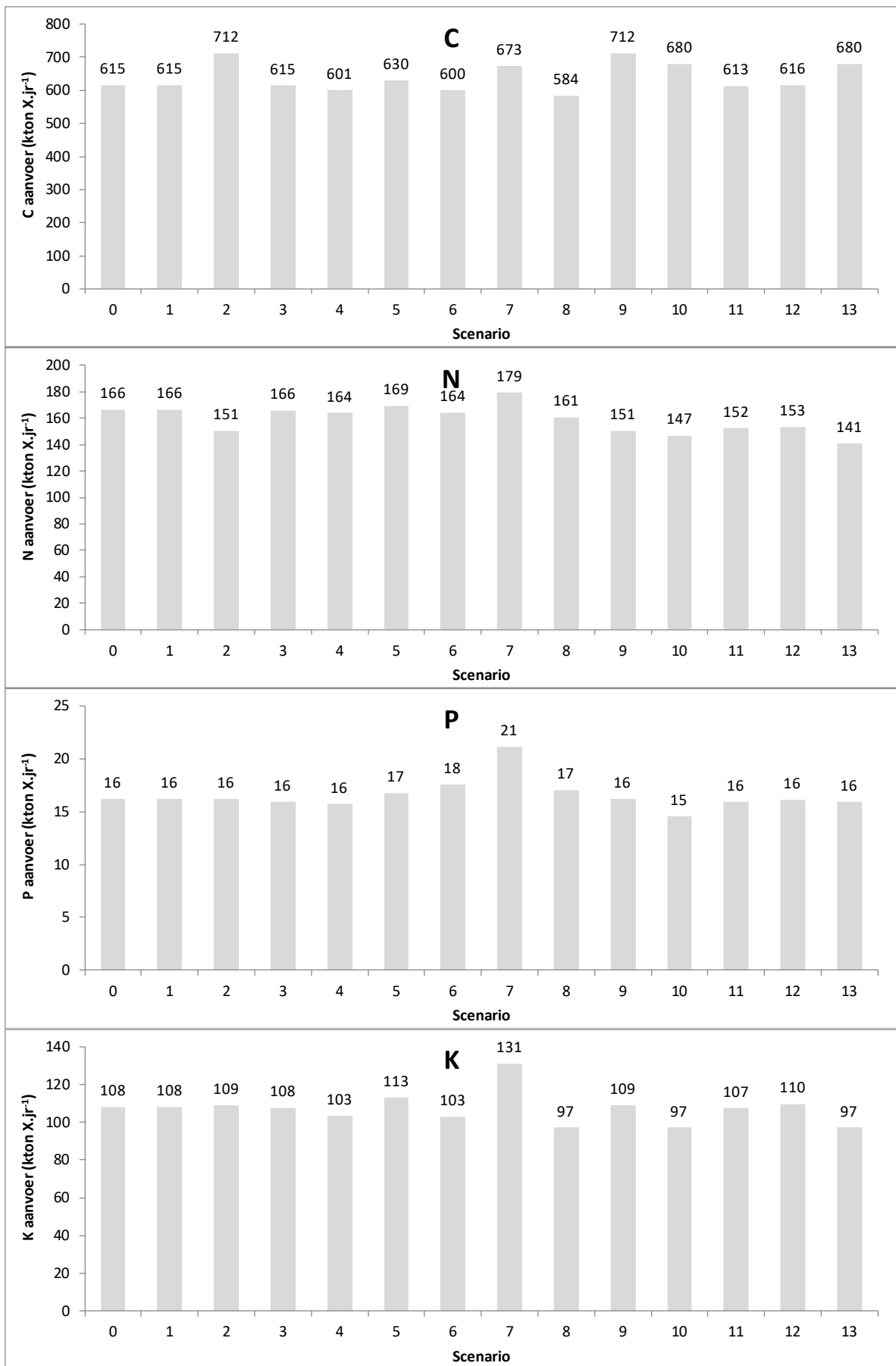
Figuur B3.2 Effecten van het afschaffen van de derogatie en het vervangen van kunstmest door mineralenconcentraten op de aanvoer van C, N, P, K, Ca, Mg en S, zowel in kton jr⁻¹ (figuur boven) als in kg ha⁻¹jr⁻¹ (figuur onder), samen met de huidige en gewenste aanvoerscenario's voor Friesland.

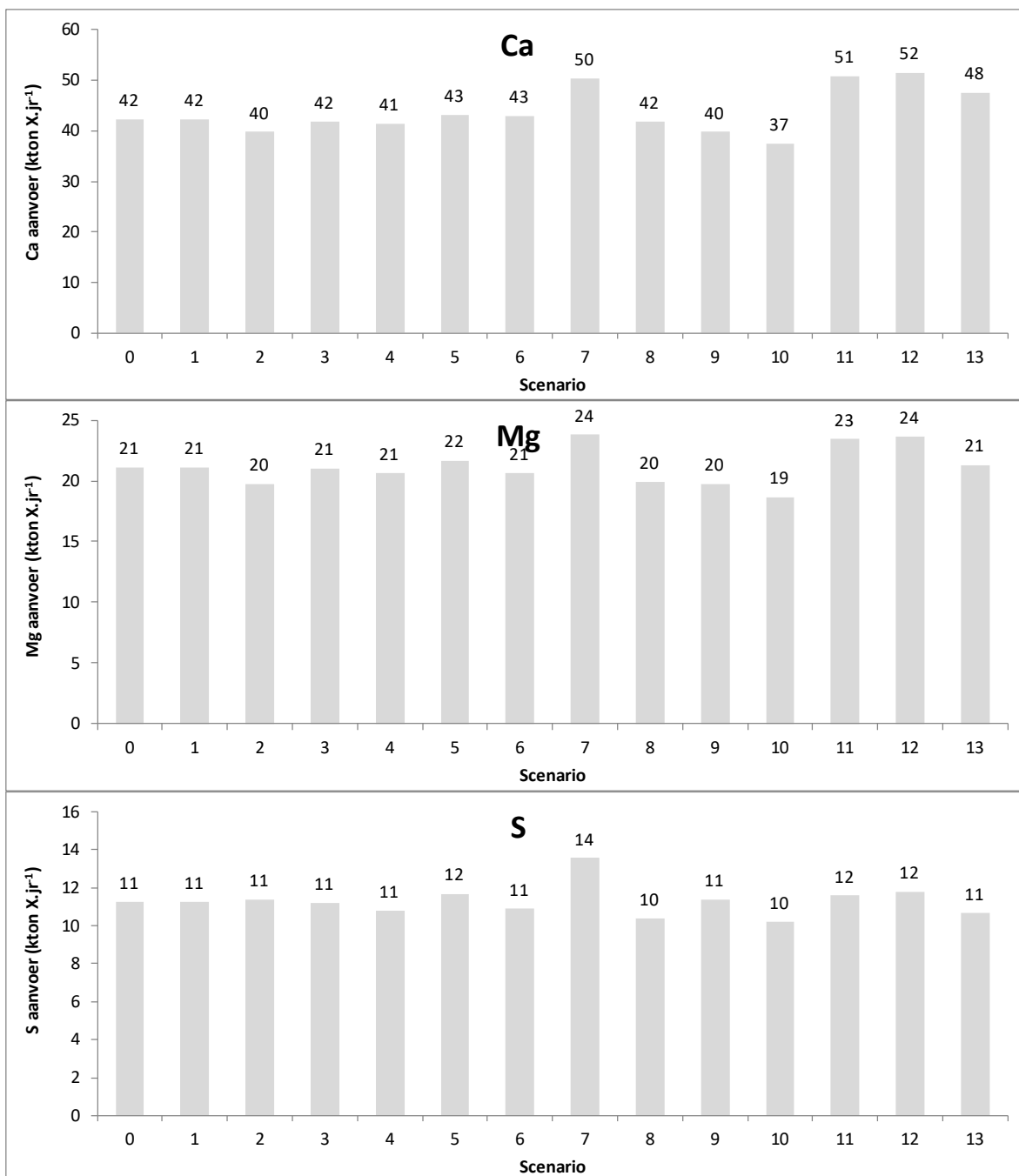


Figuur B3.3 Effecten van het afschaffen van de derogatie en het vervangen van kunstmest door mineralenconcentraten op de aanvoer van C, N, P, K, Ca, Mg en S, zowel in kton jr⁻¹ (figuur boven) als in kg ha⁻¹jr⁻¹ (figuur onder), samen met de huidige en gewenste aanvoerscenario's voor Drenthe.

3.3 Effecten van alle scenario's op de koolstof- en mineralenaanvoer voor geheel Noord-Nederland

In de studie zijn de gevolgen van alle dertien onderscheiden scenario's, zoals die zijn aangegeven in bijlage 2 (tabel B2.1), op de C, N, P, K, Ca, Mg en S balansen berekend. De resultaten van al deze scenario's op de aanvoer van C, N, P, K, Ca, Mg en S voor geheel Noord-Nederland zijn in onderstaande figuur B3.4 gegeven.





Figuur B3.4 Aanvoer van C, N, P, K, Ca, Mg en S voor geheel Noord-Nederland in de huidige situatie (scenario 0), de gewenste situatie bij de huidige opname (scenario 1) en gewenste opname (scenario 2) en een tiental andere scenario's zoals gegeven in paragraaf 2.3 en bijlage 2.

Bijlage 4 Lachgas- en methaanemissies per provincie

Lachgas- en methaanemissies per provincie en geheel Noord-Nederland voor dertien scenario's zijn gegeven in tabel B4.1 en het effect daarvan op de broeikasgaspotentiaal is gegeven in tabel B4.2, door uit te gaan van 25 kg CO₂-eq per kg CH₄-emissie en 298 kg CO₂-eq per kg N₂O-emissie.

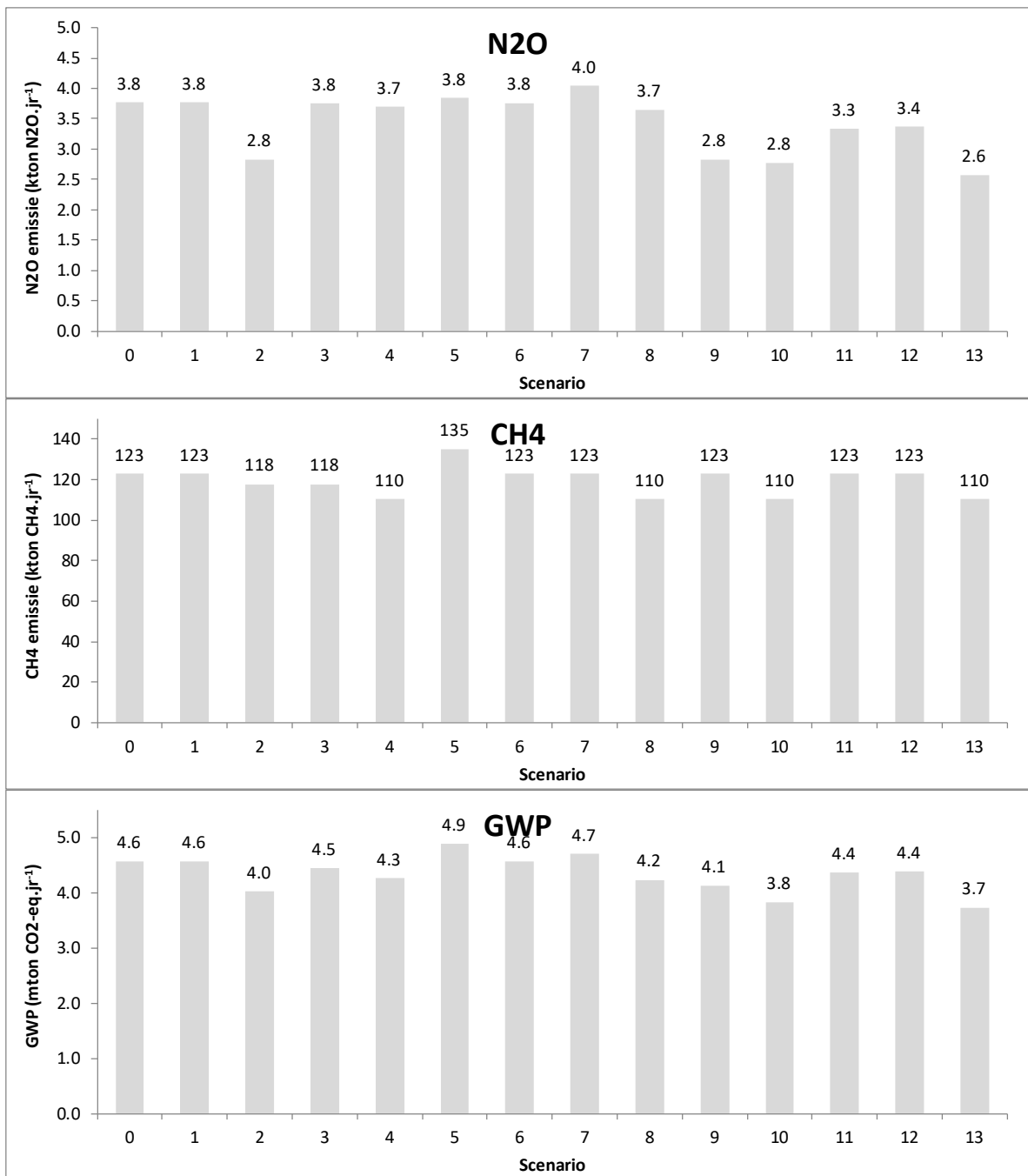
Emissies van methaan (CH₄) zijn in de studie gelijk voor alle scenario's, met uitzondering van de scenario's 4 en 5 (krimp en roei van de veestapel). Voor lachgas (N₂O) ligt dit anders. Alle scenario's waarbij het N-overschot lager wordt, leiden ook tot lagere lachgasemissies. Bij elkaar opgeteld, zijn de emissies van deze twee broeikasgassen voor geheel Noord-Nederland gelijk aan ca. 4,6 Mton CO₂-equivalent. Reductie in het N-overschot treedt met name op bij een sterk verhoogde toename in de opname (scenario S9) bij gelijkblijvende of lager N-toevoer door een veronderstelde efficiëntieverhoging. Dit leidt tot een afname van 0,44 Mton CO₂-equivalent, wat een substantiële bijdrage is aan de landelijke doelstelling voor Landbouw van 3,5 Mton CO₂-emissiereductie. De overige scenario's (los van de doelscenario's) bieden echter weinig soelaas wat betreft de N₂O-emissies. Verder hebben de scenario's geen effect op de CH₄-emissies, met uitzondering van de krimp of groei van de veestapel met 10%. De CH₄-emissies nemen dan evenredig toe of af. Door krimp wordt afname van 0,32 Mton CO₂-equivalent gerealiseerd, wat eveneens een substantiële bijdrage is aan de landelijke doelstelling voor Landbouw van 3,5 Mton CO₂-emissiereductie.

Tabel B4.1 Lachgas- en methaanemissies per provincie en geheel Noord-Nederland voor dertien scenario's.

Scenario	N ₂ O-N-emissies (Kton N ₂ O-N)				CH ₄ -emissies (Kton CH ₄)			
	Groningen	Friesland	Drenthe	NN	Groningen	Friesland	Drenthe	NN
S0 Huidig	1.10	1.58	1.09	3.77	26	68	29	123
S1 Doelscenario 1	1.10	1.58	1.09	3.77	26	68	29	123
S2 Doelscenario 2	0.78	1.22	0.83	2.83	25	66	27	118
S3 Geen transport	1.10	1.57	1.09	3.75	25	66	27	118
S4 Krimp	1.09	1.53	1.07	3.70	24	61	26	110
S5 Groei	1.12	1.62	1.11	3.84	29	74	32	135
S6 Derogatie	1.10	1.57	1.09	3.76	26	68	29	123
S7 Toename acceptatie	1.18	1.70	1.16	4.04	26	68	29	123
S8 Combi	1.08	1.51	1.06	3.65	24	61	26	110
S9 Toename opname	0.78	1.22	0.83	2.83	26	68	29	123
S10 Combi	0.77	1.19	0.82	2.77	24	61	26	110
S11 Mineralenconcentraten	1.00	1.34	0.99	3.33	26	68	29	123
S12 Combi	1.01	1.36	0.99	3.37	26	68	29	123
S13 Combi	1.02	1.43	1.03	3.48	26	68	29	123

Tabel B4.2 Broeikasgaspotentiaal (GWP) per provincie en geheel Noord-Nederland voor dertien scenario's.

Scenario	GWP door N ₂ O en CH ₄ (Mton CO ₂ -eq jr ⁻¹)			
	Groningen	Friesland	Drenthe	NN
S0 Huidig	1.12	2.29	1.17	4.58
S1 Doelscenario 1	1.12	2.29	1.17	4.58
S2 Doelscenario 2	0.93	2.09	1.01	4.03
S3 Geen transport	1.08	2.25	1.13	4.45
S4 Krimp	1.05	2.11	1.10	4.26
S5 Groei	1.19	2.46	1.25	4.89
S6 Derogatie	1.12	2.28	1.17	4.57
S7 Toename acceptatie	1.15	2.35	1.20	4.70
S8 Combi	1.05	2.10	1.09	4.24
S9 Toename opname	0.97	2.12	1.05	4.14
S10 Combi	0.90	1.95	0.98	3.83
S11 Mineralenconcentraten	1.07	2.18	1.12	4.37
S12 Combi	1.07	2.19	1.12	4.39
S13 Combi	1.08	2.22	1.14	4.44



Figuur B4.1 Emissies van N₂O, CH₄ en totaal aan beide broeikasgassen, uitgedrukt in CO₂-equivalenten voor geheel Noord-Nederland in de huidige situatie (scenario 0), de gewenste situatie bij de huidige opname (scenario 1) en gewenste opname (scenario 2) en een tiental ander scenario's zoals gegeven in paragraaf 2.3 en bijlage 2.

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

Wageningen Environmental Research
Rapport 2925
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, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.



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



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

Rapport 2925
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, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

