



Planbureau voor de Leefomgeving

WELKE VEESTAPEL PAST IN NEDERLAND?

Achtergrondrapport scenarioberekeningen

Achtergrondstudies

Welke veestapel past in Nederland?

Achtergrondrapport scenarioberekeningen

Hans van Grinsven
Jan van Dam
Sietske van der Sluis
Jaap Willems

Welke veestapel past in Nederland?
Achtergrondrapport scenarioberekeningen

©Planbureau voor de Leefomgeving
PBL-publicatienummer: 500245002

Eindverantwoordelijkheid

Planbureau voor de Leefomgeving

Contact

Hans van Grinsven, hans.vangrinsven@pbl.nl

Redactie figuren

Arie den Boer, Marian Abels

Eindredactie en productie

Uitgeverij PBL, Den Haag

Opmaak

Martin Middelburg, Uitgeverij RIVM, Bilthoven

U kunt de publicatie downloaden via de website www.pbl.nl.

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Grinsven, H. van et al. (2012), *Welke veestapel past in Nederland? Achtergrondrapport scenarioberekeningen*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

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

Samenvatting

De milieugebruiksruimte voor de Nederlandse veehouderij wordt geleidelijk verkleind als gevolg van Europese milieuregelgeving. Daarnaast wordt er in Nederland een intensieve discussie gevoerd over verduurzaming van de veehouderij, waarin milieu een van de thema's is. De discussie over en evaluatie van beleid gericht op de milieudossiers en op verduurzaming van de veehouderij in brede zin vinden relatief separaat plaats. Als het gaat om opties om milieudoelen en verduurzaming te bereiken, zijn de omvang van de veestapel en de bedrijfsgrootte beide relevant. Maar beide onderwerpen liggen gevoelig, omdat ze direct raken aan het economisch perspectief van bedrijven en de sector als geheel. Met een eenvoudig model voor de Nederlandse landbouw is een aantal scenario's geanalyseerd op de effecten ervan voor de stikstof- en fosfaatkringloop en op maatschappelijke kosten en baten van meer of minder stikstof. In de scenario's is onder andere gevarieerd met de gebruiksnormen voor stikstof en fosfaat, de inzet van reductie van de ammoniakuitstoot en de omvang van de veestapel. Het gebruikte model is nog in ontwikkeling en voorlopig alleen gevalideerd op hoofdaspecten. De hiernavolgende bevindingen uit de scenarioanalyse zijn daarom nog indicatief.

Gevolgen van de voorgenomen aanscherping van het mestbeleid tot 2015, vooral van de fosfaatgebruiksnormen

- De fosfaatnorm wordt limiterend voor het gebruik van dierlijke mest op de meeste akkerbouwgewassen.
- De fosfaataccumulatie in de bodem komt vrijwel tot stilstand.
- De nitraatuitspoeling neemt met 15 procent af, waardoor de nitraatnorm in het uitspoelende grondwater op zandgronden gemiddeld genomen tot op enkele milligrammen per liter wordt benaderd.
- Het volume niet-plaatsbare mest neemt jaarlijks toe met 36 miljoen kilo stikstof en 16 miljoen kilo fosfaat, waardoor de jaarlijkse bemestingskosten toenemen met 80 miljoen euro.

Bij deze verwachting moet bij afschaffing van het melkquotum ook rekening worden gehouden met een mogelijke toename van de melkproductie met 20 procent in 2020. Hierdoor stijgt de mestproductie met 10 procent. Verder zal dit waarschijnlijk gepaard gaan met een toename van het gras- en snijmaïsareaal, ten koste van het akkerbouwareaal. Het netto-effect van meer melkproductie en meer gras en snijmaïs zou een toename zijn van de ammoniakuitstoot met 7 miljoen kilo, en een afname van de nitraatuitspoeling met 8 miljoen kilo. Dit leidt tot een netto toename van de maatschappelijke kosten door stikstof, omdat de externe kosten van ammoniak aanzienlijk hoger worden ingeschat dan voor nitraat.

Verregaande vermindering van het kunstmestgebruik is een effectieve manier om ruimte voor afzet van dierlijke mest te behouden én het nitraatdoel te halen. Met een verlaging van het gebruik van stikstofkunstmest met 50 procent en stopzetting van de fosfaatbemesting, dalen de productiekosten met 140 miljoen euro per jaar en wordt het nitraatdoel voor zandgronden gemiddeld genomen gehaald. De keerzijde is dat de ruwvoerproductie (gras en snijmaïs) met ongeveer 10 procent daalt. Nationaal gezien wordt de ruwvoerbehoefte dan overigens nog steeds gedekt. In de praktijk stuit verregaande vervanging van stikstofkunstmest door bewerkte of verwerkte dierlijke mest op regelgeving (stikstofgebruiksnorm uit dierlijke mest, toelating kunstmestvervangers) en op bereidheid tot afname in de akkerbouw. Wat betreft fosfaat-kunstmest concurreert vervanging door dierlijke mest met het potentieel van fosfaatkunstmest bereid uit verbrandingsassen en slib van huishoudelijk en industriële reststromen.

Gevolgen van verdergaand milieubeleid

Wanneer gebruik wordt gemaakt van het maximale potentieel van verlaging van stikstof- en fosfaatgehalten in voer met respectievelijk 10 en 20 procent, neemt de excretie af met 15 (stikstof) en 30 (fosfaat) procent. Hierdoor daalt de afzet van mest buiten de Nederlandse landbouw (exclusief tuinbouw) met 30 tot 40 procent, en wordt er 40 miljoen euro per jaar op mestkosten bespaard. Deze maatregel heeft nauwelijks gevolgen voor de toegevoegde waarde van de sector. Maximale inzet op reductie van de uitstoot van ammoniak, levert een reductie op van 40 kiloton ammoniakstikstof, maar kost de primaire sector ruim 0,5 miljard euro per jaar. De netto maatschappelijke baten zijn echter positief en wel in de range van 0,2 tot 1,7 miljard euro per jaar. De grote bandbreedte is een gevolg van de grote onzekerheid over de gezondheidsschade door ammoniak.

Gevolgen van een krimp van de veestapel

Een krimp van de intensieve veehouderij met 50 procent en van de melkveehouderij met 20 procent leidt tot een afname van de uitstoot van ammoniak met 20 kiloton stikstof en een daling van de nitraatuitspoeling met 7 kiloton stikstof, terwijl de fosfaataccumulatie niet afneemt. Dit extreme scenario lost het nitraat-, fosfaat- en ammoniakprobleem dus niet op. Er wordt weliswaar 30 procent minder mest geproduceerd – waardoor vrijwel alle mest op Nederlandse landbouwgrond kan worden afgezet –, maar de vrijgevallen ruimte in de bemestingsnormen wordt in dit scenario weer aangevuld met stikstof en fosfaatkunstmest. In dit scenario wordt het vrijgevallen grasland- en snijmaïsareaal gebruikt voor voerproductie voor varkens en pluimvee, waardoor ook de grondgebondenheid van de veehouderij toeneemt.

Deze optie draagt dus bij aan een betere sluiting van de voer-mestkringlopen zoals beoogd in de *Toekomstvisie duurzame veehouderij* (LNV 2008).

Een kleinere veehouderij draagt minder bij aan de Nederlandse economie. De afname van de bijdrage van de primaire sector (300 miljoen euro jaarlijks) wordt wel gecompenseerd door de afname van de maatschappelijke schade door stikstofverontreiniging (650 miljoen euro per jaar), de afname van de bijdrage van het agrocomplex (2.340 miljoen euro jaarlijks) echter niet. Wanneer dit scenario wordt gecombineerd met vermindering van stikstof en fosfaat in veevoer en een inkrimping van de kunstmestruimte voor stikstof en fosfaat met 50 procent, zijn de milieueffecten veel groter, en stijgen de stikstofbaten met ruim een half miljard euro per jaar. De gemiddelde nitraatconcentratie op zandgronden daalt tot circa 30 milligram per liter en is er sprake van fosfaatuitmijning met 18 kiloton per jaar. De keerzijde is een daling van de ruwvoerproductie met 1 megaton (7 procent) en risico's op langere termijn voor een afname van de bodemvruchtbaarheid.

Inleiding

Deze studie is een achtergrondrapport bij het PBL-rapport *Welke veestapel past in Nederland?* (zie Van Grinsven et al. 2011). We beschrijven in deze studie de uitgangspunten en de validatie van het Quick Response Spreadsheetmodel (QRS). Dit model geeft een sterk vereenvoudigde, kwantitatieve beschrijving van de mineralenstromen in de Nederlandse landbouw en de relatie met milieubelasting en economie. In dit model worden enkele scenario's gedefinieerd waarin de milieugebruiksruimte, milieumaatregelen en de omvang van de veestapel worden gevarieerd. Deze scenario's geven ook invulling aan een drietal opties om de nutriëntenkringloop van de Nederlandse landbouw beter te sluiten, zoals deze zijn beschreven in tabel 2 in Van Grinsven et al. (2011). Met het model worden vervolgens milieukundige gevolgen, enkele economische gevolgen en maatschappelijke kosten en baten geanalyseerd. De resultaten van de scenarioanalyse worden vergeleken met enkele eerdere studies.

De resultaten zijn nog indicatief, maar mogelijk wel bruikbaar bij de huidige maatschappelijke discussie over toekomstig mestbeleid, in de bredere context van een passende omvang van de veestapel en de ambitie tot verduurzaming van de veehouderij. Deze studie is ook bedoeld als een aanzet tot een, vergeleken met eerdere benaderingen, meer integrale kwantitatieve beoordeling van beleids- of toekomstscenario's voor de veehouderij en haar consequenties voor het milieu. Een nieuw onderwerp is bijvoorbeeld het meenemen van maatschappelijke kosten en baten van een andere of kleinere veehouderij, in deze studie nog beperkt tot een

analyse van de maatschappelijke kosten door de uitstoot van stikstof. Maatschappelijke kosten-batenanalyses worden al langere tijd gebruikt bij de beoordeling van beleidsscenario's voor de aanpak van luchtverontreiniging in het kader van de Thematic Strategy on Air Pollution (TSAP) van de Europese Unie. De scenarioanalyse in dit rapport (zie hoofdstuk 3) is vooral relevant voor beleidsmakers en belangenorganisaties, terwijl de beschrijving en validatie van het QRS-model (zie hoofdstuk 2) vooral relevant zijn voor onderzoekers. Hoofdstuk 4 en 5 zijn voor beide groepen interessant.

Doorrekening van veehouderijscenario's

2.1 Globale aanpak

Voor de doorrekening van de scenario's voor structuur, inrichting en omvang en mineralenhuishouding van de veestapel is een eenvoudig spreadsheetmodel ontwikkeld, schematisch weergegeven in figuur 2.1. Dit model maakt het mogelijk om globaal te kwantificeren wat het effect is op milieu en economie, waarmee vervolgens beoordeeld kan worden of de configuratie van de veestapel past binnen de milieugebruiksruimte. Het milieubeleid grijpt primair aan op de gebruikruimte (via normering) voor stikstof (N) en fosfaat (P) afkomstig van dierlijke mest, voor totaal N en P en voor emissie van ammoniak naar lucht. Maatregelen van de veehouderijsector om aan dit beleid te voldoen, zijn vooral emissiereductie, voeraanpassing, bewerking en gebruik van dierlijke mest en vermindering van kunstmest. De laatste twee maatregelen zijn ook relevant voor het aandeel dierlijke mest dat in de akkerbouw wordt aangewend.

De effecten van deze maatregelen worden doorberekend naar voerbehoefte, dier- en gewasproductie, excretie, bemesting, bodemoverschotten en tot slot emissies. Deze effecten worden integraal beoordeeld op hun gevolgen voor milieu en economie. Milieu betreft dan vooral het effect op de afzetruimte voor dierlijke mest. Dit is een dominante factor in de discussie over de 'veestapel die past op het Nederlandse areaal'. Daarnaast wordt ook gekeken naar doelbereik voor het NEC-plafond voor ammoniakemissie, de nitraatuitspoeling op zandgronden, de stikstof- en fosfaatefficiëntie van de

landbouwsector, en kringloopsluiting op nationaal niveau.

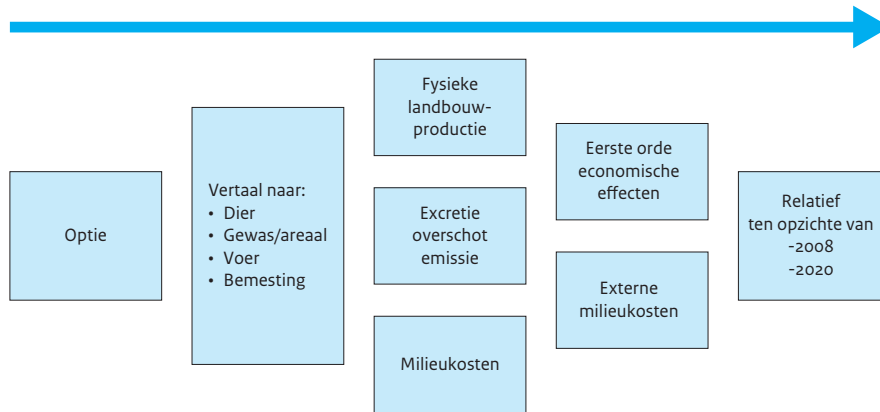
Wat betreft gevolgen voor de economie wordt gekeken naar de verandering van de milieu- en (wanneer van toepassing) voerkosten voor de veehouderijsectoren en de gevolgen voor de toegevoegde waarde van de primaire sector en het agrocomplex. We kijken alleen naar de effecten van de eerste orde, van een verandering van het productievolume. In het model maken we ook een inschatting van de maatschappelijke schade door (vooralsnog alleen) de stikstofemissies. De effecten van scenario's worden vooral relatief beschouwd ten opzichte van het referentiejaar 2008. De reden hiervoor is dat de berekeningsmethode vrij globaal is en uitkomsten voor het referentiejaar 2008 kunnen afwijken (ordegrootte 10 procent) van uitkomsten van meer uitgebreide statistieken of studies.

Om inzicht te krijgen in de relatie tussen omvang van de veestapel enerzijds en milieudruk, economie en welvaart anderzijds, zijn ook scenario's doorgerekend met een kleinere of een andere structuur van de veehouderij. Bij scenario's met een veel kleinere veestapel is ook het grondgebruik aangepast om de veevoerbals kloppend te houden; bijvoorbeeld door 'overtollig' grasland om te zetten in landgebruik voor voergraan.

De indicatoren voor integrale beoordeling kunnen gegroepeerd worden volgens de 'people-planet-profit'-benadering:

- planet: emissies, doelbereik, N- en P-efficiëntie, kringloopsluiting;

Figuur 2.1

Globale aanpak van de kwantitatieve analyse van opties en scenario's

Bron: PBL

- profit: kosten van bemesting en voer op sectorniveau, toegevoegde waarde op nationaal niveau;
- people: zelfvoorzieningsgraad, maatschappelijke kosten van stikstofemissies.

De gevolgen van scenario's voor dierenwelzijn, volksgezondheid en diergezondheid zijn niet kwantitatief geanalyseerd, omdat hiervoor de dosis-effectrelaties ontbreken. Daarmee is de analyse van maatschappelijke effecten van een andere veehouderij nog beperkt.

2.2 Spreadsheetmodel voor Nederlandse landbouw

Het spreadsheetmodel beschrijft globaal de fysieke en monetaire stromen van de Nederlandse landbouw door middel van de basale relaties tussen veestapel, voer, excretie, bemesting, gewasproductie, emissies en economie. De basisgegevens en onderlinge relaties zijn afgeleid uit recente rapportages van onder andere de land- en tuinbouwcijfers voor dieraantallen en gewasarealen zoals gebruikt voor het MAMBO-STONE-model, voer- en excretiecijfers zoals gerapporteerd door de Werkgroep Uniformering Mestcijfers, gebruiksnormen voor stikstof en fosfaat zoals in het 4^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn (2010-2013), in mestverdeling en bemesting volgens MAMBO, ammoniakemissies volgens MAMBO en NEMA, stikstofoverschotten en nitraatuitspoeling uit het Landelijke Meetnet Mestbeleid en het mest-ABC, en effecten op toegevoegde waarde zoals in het Landbouw-Economisch Bericht. Deze spreadsheet heeft als werktitel

Quick Response Spreadsheet (QRS), 'quick response' om aan te geven dat het niets meer en niets minder is dan een koppeling van vereenvoudigingen van bestaande databases en modellen (resultaten).

Het QRS-model bestaat uit de volgende modules:

- *Veestapelmodule*. Deze berekent de mestexcretie en productie van de veestapel op basis van voer en dieraantallen. Deze module is een vereenvoudiging van de WUM-rapportage uit 2010. Hiervoor is de veestapel vereenvoudigd tot vijf 'aangeklede' diercategorieën: melkvee, vleesvee, varkens, vleeskuikens en leghennen.
- *Grondmodule*. Deze module berekent de werkzame bemesting en vervolgens de productie van droge stof en afvoer van stikstof en fosfaat via de gewassen. De grondmodule onderscheidt 12 bodem-gewascombinaties: gras, snijmaïs, graan, suikerbiet, aardappel (afhankelijk van de grondsoort met onderscheid naar consumptie, zetmeel en poot), voor zover relevant, op de grondsoorten klei, veen en zand. De gewasrespons op bemesting is niet-lineair (tweede orde polynoom) beschreven en is gebaseerd op gegevens van het PPO (Dijk et al. 2007), het PRI (Aarts et al. 2008; voor gras en snijmaïs en BIN). Vervolgens worden de N- en P-overschotten berekend, en daarna de nitraatuitspoeling en -concentraties met behulp van het zogenoemde mest-ABC (Schröder et al. 2005).
- *Mestverdelingsmodule*. Deze module verdeelt de mest van graasvee en varkens over de landbouwgrond na aftrek van de gasvormige verliezen en een opgelegde fractie afzet buiten de Nederlandse landbouw. De mestverdeling wordt binnen de vigerende normen globaal gefit op de met MAMBO berekende bemesting.

Tabel 2.1
Overzicht van instellingen van QRS-model per scenario

Scenario	Veestapel tov 2008					Reductie gebruiks- normen				Opvulling kunst- mestruimte		LUC
	Melkvee	Var- kens	Vlees- kippen	Leg- kippen	Weide- uren	N-totaal	N-DM	P ₂ O ₅ gras	P ₂ O ₅ akker- bouw	N	P ₂ O ₅	
Normstelling 2008 (referentie)	1.00	1.00	1.00	1.00	12.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Normstelling 2006	0.97	0.94	0.94	0.95	12.00	>1.00	1.00	1.00	1.12	1.00	1.00	
Normstelling 2015	1.00	1.00	1.00	1.00	12.00	<1.00	1.00	0.90	0.71	1.00	1.00	
1 Normstelling 2015 geen derogatie + P-eq	1.00	1.00	1.00	1.00	12.00	<1.00	1.00	0.90	0.71	0.50	0.00	
Scenario's op referentie 2008:												
2 -50% N- % -100% P-kunstmest	1.00	1.00	1.00	1.00	12.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.00	
3 Veevoerspoor -20% P & -10% N	1.00	1.00	1.00	1.00	12.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
4 Geen beweiding	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
5 Maximale NH ₃ -emissiereductie	1.00	1.00	1.00	1.00	12.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
6 +20% melkvee (MVH)	1.20	1.00	1.00	1.00	12.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
7 -50% varkens en pluimvee (IVH)	1.00	0.50	0.50	0.50		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
8 -50% IVH & -20% MVH	0.80	0.50	0.50	0.50		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
9 -50% IVH & -20% MVH: -50% N- & P-kunstmestopvulling	0.80	0.50	0.50	0.50		1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	

Bron: PBL

De wijzigingen ten opzichte van de referentie (situatie 2008) zijn geel gemarkeerd. LUC is met aangepast bodemgebruik. Voor het N-totaal zijn de gebruiksnormen gewasafhankelijk en kan de reductie niet generiek worden aangegeven.

Dit gebeurt met behulp van een set van acceptatiegraden voor dierlijke mest (absoluut, ten opzichte van de gebruiksnorm, en relatief, de grond-gewascombinaties onderling). Het kunstmestgebruik is een in te stellen fractie van de resterende gebruiksruimte.

- **Ammoniakmodule.** Deze module berekent de emissies uit stal en opslag, beweiding en aanwending volgens uitgangspunten en resultaten van NEMA (Van Bruggen 2011) en van MAMBO (Hoogeveen et al. 2010). Er worden per diercategorie maar drie staltypes onderscheiden: traditioneel, emissiearm en zeer emissiearm. Wat betreft de aanwendingsemissies worden resultaten en uitgangspunten van NEMA gebruikt.
- **Economische module.** Deze module schaaft de toegevoegde waarde naar het productievolume, gebruikmakend van cijfers uit het Landbouw-Economisch Bericht (LEI, o.a. 2011) en van Leeuwen et al. (2010), de kosten van voer op basis van de

uitgangspunten en resultaten van het LEI Binternet. De mestafzetkosten en bemestingskosten zijn gebaseerd op de Evaluatie Meststoffenwet 2006 (PBL 2007), de emissiereductiemaatregelen voor ammoniak op van Dam et al. (2009) en de maatschappelijke schade door stikstof emissies op Brink et al. (2011) en Van Grinsven et al. (2011). De berekening van de zelfvoorzieningsgraad is gebaseerd op hoofdstuk 6 van de Milieubalans 2009 (PBL 2009).

2.3 Scenario's

Allereerst zijn de gebruiksnormstelling voor 2006, 2008 en de voorgenomen normstelling voor 2015 doorgerekend, alle volgens het 4^e Actieprogramma betreffende de Nitraatrichtlijn (LNV 2009). Vervolgens zijn enkele scenario's doorgerekend, die als volgt worden gegroepeerd naar aangrijpingspunt:

Tabel 2.2

Dieraantallen, fosfaatexcretie en zelfvoorzieningsgraad van Nederland voor dierlijke producten

Diercategorie	Aantal x 1.000	P ₂ O ₅ -excretie miljoen kg/jaar	Zelfvoorziening %
Melkvee	1.466	83	(melk) 201
Vleesvee	177	7	(rundvlees) 166
Kalveren	860	5	
Varkens	5.839	46	289
Vleespluimvee	44.358	13	208
Legpluimvee	31.180	15	(eieren) 358
Totaal		170	277

Bron: CBS (2010); PBL

Dieraantallen zijn genormeerd op het productiedier. In de berekeningen wordt met 'aangeklede' productiedieren gerekend, dat wil zeggen inclusief jongvee en ouderdieren, en met QRS berekende fosfaatexcretie en voorzieningsgraad in 2008.

- fysieke gebruiksruimte (gebruiksnormen stikstof en fosfaat, aanpassing derogatie: scenario 1);
- gebruik grondstoffen (verlaging kunstmestgebruik, en N en P in veevoer: scenario 2 en 3);
- technische opties voor emissiereductie of mestverwerking (*technotopia*: scenario 5);
- sluiten kringlopen, hergebruik reststromen (*ecotopia*; hiervoor zijn nog geen scenario's);
- omvang veestapel (groei van de melkveestapel, of krimp; scenario 6, 7 en 8).

Scenario 4 is een extreme extrapolatie van de huidige trend naar vermindering van de beweiding. Scenario 9 is een combinatiescenario gericht op minimalisatie van de bodembelasting en maximalisatie van de nationale zelfvoorziening van veevoer bij behoud van de zelfvoorziening voor dierlijk eiwit. Voor de scenario's is uitgegaan van de gebruiksnormen voor 2008. Tabel 2.1 geeft een overzicht van enkele doorerekende scenario's

2.4 Uitgangspunten QRS voor referentiesituatie 2008

In de navolgende tabellen zijn de resultaten van QRS voor het referentiejaar 2008 samengevat. Zoals eerder uitgelegd, is het QRS-model een sterk vereenvoudigde weergave van de minerale en monetaire stromen in de Nederlandse landbouw en moeten de absolute modelresultaten met enige voorzichtigheid worden gebruikt. Uit een eerste validatie (zie paragraaf 2.5) blijkt namelijk dat de geaggregeerde resultaten van het QRS-model enkele procentpunten tot in sommige gevallen 10 procent kunnen afwijken van empirische data of resultaten van meer gedetailleerde modellen.

2.4.1 Veehouderij

In het QRS-model worden het voergebruik, de excretie en fysieke productie voor alle dieren teruggeschaald naar productiedieren (tabel 2.2), zodanig dat totalen overeenkomen met de nationale totalen zoals gepubliceerd in CBS (2010). Verder worden ook schapen, geiten, paarden en ponny's (samen goed voor 7 miljoen kilo – 4 procent van de fosfaatexcretie) meegenomen in de berekeningen, maar hun aantallen zijn geen onderdeel van scenario's.

2.4.2 Grondgebruik

Met de beschouwde bodem-gewascombinaties wordt 1,77 miljoen hectare van het totale landbouwareaal van ongeveer 2 miljoen hectare gedekt (tabel 2.3). Tuinbouw- en handelsgewassen die niet relevant zijn voor de veehouderij worden niet beschouwd.

De Nederlandse veestapel wordt gevoerd met gras, snijmaïs (melk- en vleesvee), en met mengvoeders gemaakt van graan van eigen bodem, restproducten uit onder andere de voedingsindustrie en geïmporteerde eiwitrijke producten (vooral soja van buiten de EU) en granen van binnen de EU. Op basis van de voerbehoefte en nationale voerproductie wordt de importbehoefte berekend per component (figuur 2.2). Aanname is dat 85 procent van de Nederlandse graanproductie effectief wordt gebruikt voor veevoeding, waarmee ongeveer een derde van de graanbehoefte wordt gedekt. Gras en snijmaïs worden volledig ingezet voor veevoeding, maar er wordt gerekend met voeder verliezen van respectievelijk 15 procent (1,8 Mton) en 10 procent (0,4 Mton) (Aarts et al. 2008). Hiermee sluit de ruwvoerbalans.

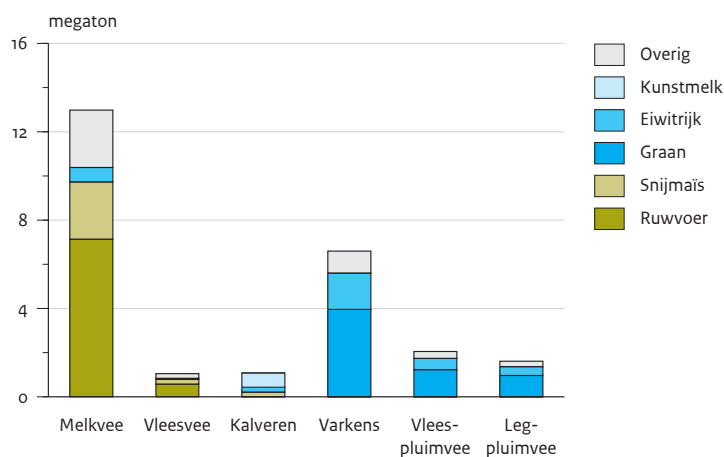
Tabel 2.3

Gewasarealen en met QRS berekende stikstofbemesting en gewasproductie

Gewas	Grondsoort	Areaal	Stikstof-bemesting	Gewas-productie
		ha x1.000	kg/ha werkzaam	miljard kg DS
Gras	Klei	376	325	4,1
	Veen	165	265	1,8
	Zand	439	275	4,6
Snijmaïs	Klei+veen	63	160	0,9
	Zand	172	155	2,6
Graan	Klei+veen	194	230	1,6
	Zand	108	160	0,8
Suikerbiet	Klei+veen	64	160	4,8
	Zand	37	145	2,5
Aardappel	Klei+veen (consumptie+poot)	87	207	3,7
	Zand (consumptie)	19	250	1,2
	Zand (zetmeel)	45	230	2,0
Totaal		1.774		

Bron: PBL

Figuur 2.2

Veevoeding per veehouderijsector volgens QRS-model, 2008

Bron: PBL

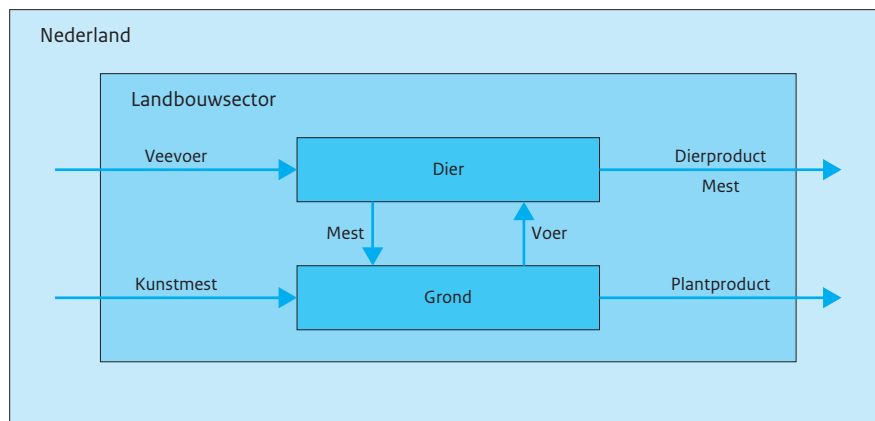
2.4.3 Stikstof- en fosfaatbalans en efficiëntie

Tabel 2.4 geeft de met QRS berekende stikstof- en fosfaatbalans van de Nederlandse veehouderij (figuur 2.3) bij de gekozen uitgangspunten. De efficiënties zijn berekend als het quotiënt van aanvoer (kunstmest en veevoer) en afvoer van landbouwproducten. Dit resulteert in de volgende efficiënties voor N en P (tabel 2.5):

- Veevastel: QRS 28 (N) respectievelijk 32 (P) procent. Op basis van de CBS-balans 2007 25 respectievelijk 28 procent.

- Grond (exclusief tuinbouw en kleine handelsgewassen): QRS 59 respectievelijk 73 procent. Efficiënties op basis van de complete CBS-balans 2007 zijn 60 respectievelijk 70 procent. QRS rekent met oogst- en voerverliezen van 10 procent voor P en 15 procent voor N. Die verliezen vloeien uiteindelijk deels terug naar de grond, direct of via de mest.
- Landbouwsector: QRS berekent 39 respectievelijk 57 procent. Op basis van de CBS-balans 2007 37 respectievelijk 56 procent. De stikstofefficiëntie voor de landbouwsector is veel lager dan de

Figuur 2.3

Samenhang en stofstromen voor het dier- en grondcompartiment van de landbouwsector

Bron: PBL

Tabel 2.4

Resultaten QRS voor stikstof- en fosfaatgebruik in referentiejaar 2008

In miljoen kg/jr	Voer totaal	NL voer productie	Import	Kunstmest	Afvoer dier- en plantproducten
N	680	400	356	242	232
P ₂ O ₅	259	121	138	34	99
	Excretie	Dierlijke mest	Weidemest	Afzet mest buiten NL landbouw	
N	493	270	84	93	
P ₂ O ₅	177	106	25	49	

Bron: PBL

Tabel 2.5

Resultaten QRS voor stikstof- en fosfaatefficiënties in referentiejaar 2008

(%)	Sector	Grond	Vee
N	39	59	28
P	57	73	32

Bron: PBL

fosfaatefficiëntie vanwege de gasvormige verliezen uit stal, opslag en aanwending.

QRS berekent een stikstofoverschot (invoer: kunstmest, depositie en voer, afvoer: producten en afzet mest buiten de landbouw) van circa 281 kton voor de landbouwsector in 2008; het CBS berekent een overschot van 338 miljoen kilo voor de hele landbouwsector in 2007. Voor fosfaat

berekent QRS een overschot van 30 miljoen kilo in 2008; het CBS-overschot voor 2007 is 36 miljoen kilo: Verschillen kunnen deels worden verklaard doordat QRS ruim 100.000 hectare van het landbouwareaal niet beschouwt, en dus ook niet de potentiële mestafzetruimte op dit areaal (correspondeert met een afzetruimte van circa 9 miljoen kilo P en 17 miljoen kilo N). Van het stikstofoverschot vervluchtigt 89 miljoen kilo als

Tabel 2.6

Verliezen van stikstof en fosfaat volgens QRS in referentiejaar 2008

In miljoen kg/jr					
Landbouwsysteem		Humaan systeem		Nederland Verlies + accumulatie	
NH ₃ -N	89	N-afspoeling	25	N	408
N-uit- en -afspoeling	66	P ₂ O ₅ -afspoeling	15	P ₂ O ₅	66
P ₂ O ₅ -accumulatie	31	P ₂ O ₅ -RWZI accumulatie	35		

Bron: PBL

Tabel 2.7

Resultaten QRS voor doelbereik milieu in referentiejaar 2008

	Doel		Overschrijding		
	2010	2020	2008	2020	2010(%)
NH ₃ -plafond landbouw (miljoen kilo NH ₃ -N)	92	89	-2.9	2.9	-3
NO ₃ -plafond totaal (miljoen kilo NO ₃ -N)	71		-6		-8
NO ₃ -plafond zand (miljoen kilo NO ₃ -N)	37		9		24
Overschrijding NO ₃ - doel (mg/L)	50		-6		-11
Overschrijding NO ₃ - doel zand (mg/L)	50		14		28
N-excretieplafond 2002 (miljoen kilo)	504		-13		-3
P ₂ O ₅ -excretieplafond 2002 (miljoen kilo)	174		2		1

Bron: PBL

ammoniak-N en spoelt 66 miljoen kilo uit als nitraat-N. De rest accumuleert in de bodem of denitrificeert. Het fosfaatoverschot accumuleert vrijwel geheel in de bodem, in 2008 volgens QRS 31 miljoen kilo. Ter illustratie geeft tabel 2.6 ook de verliezen via het humane systeem door de consumptie van voedsel en de N- en P-accumulatie in Nederland ten gevolge van het voedselsysteem.

2.4.4 Milieuresultaten en beleidsdoelen

De met het QRS-model berekende milieuverliezen kunnen worden vergeleken per scenario en met de beleidsdoelstellingen. Dit laatste met de kanttekening dat het QRS-model niet het volledige landbouwsysteem beschrijft en grof is geschematiseerd. In tabel 2.7 is het NEC-plafond 2010 teruggerekend naar het plafond van de landbouwsector (na aftrek van niet-landbouwemissies van 13 miljoen kilo NH₃-N in 2008) en is de nitraatdoelstelling van 50 mg/l voor grondwater teruggerekend naar een nitraatuitspoelingsplafond. Het ammoniakplafond voor 2020 is nog niet vastgesteld en de weergegeven waarde is een inschatting van de haalbare reductie bij kostenoptimale implementatie van de TSAP-doelen (Wagner et al. 2010). Verder worden areaalgewogen gemiddelde nitraatconcentraties

berekend voor het hele areaal en het zandareaal. Tot slot wordt de berekende excretie vergeleken met de in het kader van de derogatietoekenning afgesproken stikstof- en fosfaatexcretieplafonds; deze plafonds zijn de excreties in 2002.

QRS berekent voor 2008 een NH₃-N-emissie uit de landbouw van 89 miljoen kilo, waarmee het eerder afgeleide (en dus niet-wettelijke) ammoniakplafond voor 2010 van 92 miljoen kilo NH₃-N met 3 miljoen kilo wordt overschreden. Zonder extra maatregelen zou een voor 2020 tot 89 miljoen kilo aangescherpt plafond met 3 miljoen kilo worden overschreden. Het eveneens niet-wettelijke nitraatuitspoelingsplafond voor het totale landbouwareaal wordt niet overschreden, terwijl het deelplafond voor het zandareaal met 9 miljoen kilo NO₃-N wordt overschreden. Deze overschrijding komt overeen met een reductieopgave voor het stikstof-overschot op het zandareaal van 31 miljoen kilo N, ofwel 38 kg/ha, ofwel ongeveer een derde van het huidige overschot. De overschrijding van het nitraatplafond op het zandareaal kan ook weer worden teruggerekend naar een areaalgewogen overschrijding van de nitraatdoelstelling van 14 mg/l.

Tabel 2.8

Marginale emissiereductiekosten voor ammoniak

In euro/kg N-reductie	Stal	Aanwending
Traditioneel	0	0,2
Emissiearm	5	0,5
Zeer emissiearm	15	1,5

Bron: PBL

Tabel 2.9

Marginale emissiereductiekosten voor nitraat

	Euro/kg N-reductie
Laag (vanggewas)	2
Midden (zorgvuldige bemesting)	5
Hoog (effectieve bufferstroken)	15

Bron: PBL

Tabel 2.10

Afzetkosten mest

	Euro/ton mest	Euro/kg P_2O_5	Variant
Varkensdrijfmest	10	2,4	Laag
Varkensdrijfmest	18	4,2	Midden
Varkensdrijfmest	25	6,0	Hoog
Pluimveemest	18	0,9	Laag
Pluimveemest	25	1,3	Hoog
Runderdrijfmest	25	1,3	

Bron: PBL

De in het kader van de derogatie afgesproken stikstof- en fosfaatexcretieplafonds worden volgens de QRS-berekeningen met 13 miljoen kilo onderschreden (3 procent), respectievelijk 2 miljoen kilo overschreden (1 procent).

2.4.5 Economische resultaten en kosten voor bemesting, voer en milieu

De toegevoegde waarde per sector voor de primaire productie wordt berekend door de toegevoegde waarde volgens Leeuwen et al. (2010) voor het referentiejaar 2007 (laatst beschikbare jaar) te schalen naar de met het QRS-model berekende fysieke productie in het scenariojaar ten opzichte van de productie in het referentiejaar 2008 (dus als de varkensvleesproductie met 10 procent afneemt ten opzichte van 2008, neem ook de toegevoegde waarde met 10 procent af).

De emissiereductiekosten voor ammoniak zijn berekend op basis van Koelemeijer et al. (2010; tabel 4.2), waarbij alles is vereenvoudigd tot drie reductieklassen, te weten traditioneel, emissiearm en zeer emissiearm (de koppeling van marginale emissiereductiekosten aan de

onderscheiden staltypen en aanwendingstechnieken is enigszins arbitrair en handmatig opgelost in QRS) (tabel 2.8).

Voor reductie van nitraatuitspoeling zijn ook drie reductieklassen gedefinieerd (zie onder andere Broek et al. 2007; tabel 2.9). De optie van nitraatmissiereductie wordt nog niet toegepast.

Voor pluimvee wordt aangenomen dat 85 procent van de mest buiten de landbouw wordt afgezet, voor varkens 20 procent; de afzet van graasdiermest buiten de landbouw wordt verwaarloosd.

De afzetprijzen voor mest variëren sterk binnen en tussen jaren, doordat vraag en aanbod reageren op regelgeving, weersomstandigheden en exportbepalingen. Voor gebruik in QRS zijn de mestafzetprijzen teruggerekend naar prijs per kilo P_2O_5 op basis van de P_2O_5 -gehaltes van de mest. Akkerbouwers ontvangen doorgaans geld toe bij acceptatie van dierlijke mest. Er is met een uniforme mestafzetinkomst gerekend van 7 euro/ton mest, of 1,7 euro per kilo P_2O_5 (tabel 2.10).

Tabel 2.11

Volumes aangekocht veevoer en prijzen

	Veevoeraankoop Mton	Prijs (euro/ton)
Melkvee	3,2	191
Vleesvee	0,3	205
Kalveren	0,9	225
Varkens	6,6	219
Vleespluimvee	2,1	321
Legpluimvee	1,6	238

Bron: PBL, LEI-BIN

Tabel 2.12

Maatschappelijke kosten door stikstofemissies naar het milieu

In euro/kg N	Laag	Hoog	Gemiddeld
Nitraatuitspoeling naar drinkwater op gezondheid	0,0	0,8	0,4
Stikstofuitspoeling op ecosystemen (eutrofiëring)	5	20	12
Ammoniakemissie op natuur (stikstofdepositie)	3	16	10
Ammoniakemissie op gezondheid (fijn stof)	2	36	19

Bron: Brink et al. (2011)

Voor de berekening van de kunstmestkosten is gerekend met marktprijzen van 1 euro per kilo N voor stikstof-kunstmest, en 0,8 euro/kg P_2O_5 voor fosfaatkunstmest. De totale mestafzetkosten voor de veehouderij worden op 244 miljoen euro per jaar berekend. Boosten en de Wilt (2011) geven een schatting van 300 miljoen euro per jaar. Op basis van gegevens van het LEI-Bedrijven-informatienet (BIN) worden de mestafzetkosten in 2008 op circa 180 miljoen euro per jaar geschat. De voerkosten zijn ruw geschat op basis van de volumes aan te kopen voer (afgeleid van CBS 2010 en Vellinga et al. 2009) en de krachtvoerprizen tussen 2006 en 2010 volgens het LEI-BIN (peiling juni 2011). De totale voerkosten voor de Nederlandse veehouderij in 2008 worden op 3,2 miljard euro per jaar berekend; dit komt overeen met een schatting op basis van gegevens van het LEI-BIN voor de gespecialiseerde melkvee, pluimvee en varkensbedrijven (tabel 2.11). De voerkosten variëren sterk van jaar tot jaar door de variatie van de wereld-marktprijzen voor graan en soja: de berekende voerkosten volgens LEI-BIN voor 2006, 2007, 2008 en 2009 waren respectievelijk 1,8, 2,5, 3,2 en 2,7 miljard euro per jaar.

De maatschappelijke kosten door schade (ook wel externe kosten genoemd) zijn alleen bepaald voor milieuverliezen van ammoniak en nitraat en zijn gebaseerd op Brink et al. (2011) en Van Grinsven et al.

(2011) (tabel 2.12). De monetaire waarde van de schade is gebaseerd op betalingsbereidheid voor vermindering of herstel van schade door stikstof aan gezondheid, ecosystemen en het klimaatsysteem. De gebruikte eenheidskosten per kilo N zijn erg onzeker, soms door gebrek aan wetenschappelijk inzicht in de causaliteit (bijvoorbeeld de relatie tussen ammoniakemissie naar lucht en volksgezondheid), soms door onzekerheid over de betalingsbereidheid (bijvoorbeeld voor ecosystemen). De totale maatschappelijke schade door stikstofemissies in Nederland in 2008 wordt op een bedrag van tussen de 1 en 7 miljard euro per jaar geschat (Van Grinsven et al. 2011).

De economische kosten en baten van de Nederlandse landbouw worden berekend door de waarden van de fysieke product- en mineraalstromen berekend met QRS te combineren met de eenheidsprijzen en kosten zoals gegeven in tabel 2.8 tot en met 2.12.

De bijdrage van het agrocomplex voor de akkerbouw en veehouderij aan de nationale economie is ruim 11 miljard euro per jaar (circa 6,5 procent van het bbp), en de bijdrage hieraan van de primaire sector (de veehouderij-bedrijven) is minder dan 20 procent (ruim 1 procent van het bbp). De voerkosten en in iets mindere mate de mestkosten (aankoop van kunstmest en afvoer van dierlijke mestkosten) zijn belangrijke onderdelen van de

Tabel 2.13

Resultaten QRS voor de economie in het referentiejaar 2008

	Totaal	Melkvee	Vleesvee	Varkens	Pluimvee	Akkerbouw
In miljard euro/jr						
Toegevoegde waarde agrocomplex	11,15	4,17	1,50	2,56	1,14	1,78
Toegevoegde waarde primaire sector	2,00	0,97	0,16	0,28	0,12	0,46
Externe kosten N	2,94	1,66	0,12	0,43	0,29	0,45
Emissiereductiekosten	0,21	0,08	0,01	0,05	0,03	0,03
Kunstmestkosten	0,26	0,19				0,07
Mestafzetkosten	0,25	0,00	0,03	0,18	0,04	
Mestafzetinkomsten	0,09	0,03				0,06
Mestkosten totaal	0,63	0,25	0,04	0,23	0,07	0,04
Mengvoerkosten	3,21	0,62	0,10	1,45	1,04	0,00
Economie (%)						
Mestkosten/toegevoegde waarde primair	32	25	22	82	55	8
Mestkosten/toegevoegde waarde agrocomplex	6	6	2	9	6	2
Externe N-kosten/toegevoegde waarde agrocomplex	26	40	8	17	25	25

Bron: PBL

productiekosten, samen bijna 4 miljard euro per jaar. De externe kosten, en dan alleen berekend voor stikstof, zijn bijna 3 miljard euro per jaar, met een bandbreedte van 1 tot 7 miljard (tabel 2.13).

Uit de cijfers blijkt onder andere dat:

- de winstmarges in de varkens- en pluimveehouderij voortdurend onder druk staan. Dit komt enerzijds door de hoge en variabele voerkosten, waar ieder jaar maar moet worden afgewacht of deze kunnen worden goedge maakt door inkomsten uit de verkoop van dieren en eieren. Anderzijds komt dit door de mestafzetkosten die vergelijkbaar zijn met de toegevoegde waarde die in de primaire sector wordt gegenereerd. Vooral op varkensbedrijven en leghenbedrijven wisselen jaren waarin er zeer lage inkomsten zijn, of zelfs grote verliezen, zich af met jaren waarin er hoge inkomsten zijn. Tussen 2004 en 2008 leden de 25 procent minst rendabele leghenbedrijven een verlies van 8.300 euro per jaar, en hadden de 25 procent minst rendabele vleesvarkensbedrijven een inkomen van 1.500 euro per jaar (Koelemeijer et al. 2010, bijlage 4).
- de (midden)waarde van de maatschappelijke schade door stikstof voor alle sectoren vergelijkbaar is met tot groter is dan de toegevoegde waarde die in de primaire sectoren wordt gegenereerd.

2.5 Modeltoetsing

2.5.1 Gewasproductie

De gewasopbrengsten worden berekend als een kwadratische functie van de beschikbare hoeveelheid werkzame stikstof. Voor gras zijn de opbrengsten en de stikstofrespons gebaseerd op Vellinga en André (1999) en de referentieopbrengsten op Aarts et al. (2008); voor snijmaïs is de stikstofrespons gebaseerd op Dijk et al. (2007) en zijn de referentieopbrengsten gebaseerd op Aarts et al. (2008). De gewasproductie wordt ook gereduceerd voor het effect van beweiding via een lineair verband met het aantal weide-uren, afgeleid van data van Aarts et al. (2008); dit met het oog op scenario's met meer of minder beweiding. Voor granen is de respons gebaseerd op een groot aantal Europese studies (zie Brink et al. 2011)¹, en zijn de praktijkopbrengsten gebaseerd op Dekkers (2002). Voor aardappelen en suikerbieten is de respons gebaseerd op Dijk et al. (2007) en zijn de praktijkopbrengsten gebaseerd op Dekkers (2002). Bij de berekening van de stikstofafvoer wordt rekening gehouden met een toename van het N-gehalte in het gewas lineair met de stikstofbemesting. De referentiegewasopbrengsten zijn de gemiddelden van opbrengstcijfers in de land- en tuinbouwcijfers voor de jaren 2007, 2008 en 2009 (tabel 2.14).

Tabel 2.14

Berekende drogestofopbrengsten, en parameters voor kwadratisch respons op bemesting

		Referentie gewasopbrengst	Stikstof- bemesting	Gewas- opbrengst	Parameters kwadratische N respons: $aN^2 + bN + cN$		
		ton/ha DS	kg/ha werkzaam N	ton/ha DS	$a \times 10^{-5}$	$b \times 10^{-2}$	c
Gras	Klei	10,8	325	10,8	-1,27	1,84	8,14
	Veen	10,8	265	11,0	-1,58	1,71	9,60
	Zand	10,8	275	10,4	-1,27	1,84	8,14
Sniijmaïs	Klei+veen	15,2	160	15,0	-9,79	3,76	10,4
	Zand	15,2	155	15,0	-9,79	3,76	10,4
Graan	Klei+veen	8,6	230	8,4	-9,20	3,83	4,54
	Zand	7,6	160	7,3	-8,13	3,38	4,01
Suikerbiet	Klei+veen	75,8	160	75,5	-119,	34,5	51,0
	Zand	67,5	145	67,6	-106,	30,6	45,4
Aardappel	Klei+veen	44,5	207	42,2	-21,3	13,7	23,0
	Zand - consumptie.+poot	53,1	250	52,8	-14,9	9,82	37,5
	Zand - zetmeel	44,2	230	44,2	-13,8	6,38	36,8

Bron: PBL

2.5.2 Mestverdeling QRS versus MAMBO

QRS berekent de verdeling van dierlijke mest globaal als volgt:

- de netto te plaatsen mest is de excretie na aftrek van weidemest (alleen graasvee), gasvormige verliezen (alleen stikstof) en afzet buiten de landbouw (aanname dat 100 procent van de kalvermest, 85 procent van de pluimveemest en 10 procent van de varkensdrijmest niet wordt aangeboden voor afzet op landbouwgrond);
- de graasdiermest wordt eerst geplaatst op het grasland- en snijmaïsareaal. Het restant wordt samen met de varkensmest afgezet op het resterende akkerbouwareaal, eventueel inclusief de resterende ruimte op het snijmaïsareaal;
- de verdeling over de beschikbare bodem-gewascombinaties gebeurt op basis van (gelumpte) acceptatiegraden (A) en weegfactoren (W). De beschikbare afzetruimte is gelijk aan:

$$\Sigma (\text{areaal} \times \text{GN} \times \text{A})$$

waar het areaal per bodem-gewascombinatie wordt vermenigvuldigd met de gebruiksnorm (GN) en de acceptatiegraad (A).

Bij een acceptatiegraad <1 wordt de gebruikruimte verkleind. Acceptatiegraden zijn gelijk genomen voor N en P_2O_5 , maar kunnen ook verschillend worden ingesteld; bijvoorbeeld om rekening te houden met de aanwending van N- of P_2O_5 -rijke mestscheidingsproducten. Weegfactoren worden gebruikt bij het daadwerkelijk verdelen van de mest over de totale gebruikruimte. Bij

een waarde van >1 ontvangt een bodem-gewascombinatie relatief meer en bij een waarde <1 relatief minder mest; op deze wijze wordt op zeer eenvoudige wijze rekening gehouden met verschillen in de regionale beschikbaarheid van mest (waarschijnlijk kan te zijner tijd worden volstaan met één factor). Met de instelling van de acceptatiegraden en weegfactoren wordt in feite de met QRS berekende, geaggregeerde bemesting gefit op de met MAMBO berekende bemesting. QRS rekent voor de referentiescenario (normstelling 2008) met de acceptatiegraden en weegfactoren zoals in tabel 2.15 weergegeven. De acceptatiegraad voor grasland is niet op 100 procent gezet om recht te doen aan graslandbedrijven die wel ruimte hebben, maar geen bedrijfsvreemde mest willen accepteren (bijvoorbeeld biologische bedrijven). De acceptatie voor bouwland op klei voor andere gewassen dan snijmaïs is op 70 procent gezet (globaal in lijn met de range van acceptatiegraden in MAMBO voor 2008 in tabel B2.1 van Luesink et al. (2010)). QRS onderscheidt geen regio's en maakt geen onderscheid tussen bedrijfseigen en -vreemde mest.

Met deze instellingen blijkt dat er jaarlijks via de mest 284 miljoen kilo N en 117 miljoen kilo P_2O_5 wordt aangeboden voor uitrijden op landbouwgrond, waarvan 91 miljoen kilo N en 46 miljoen kilo P_2O_5 afkomstig van varkens en (in beperkte mate) pluimvee. Van die mest kan uiteindelijk 21 miljoen kilo N (7 procent) en 10 miljoen kilo P_2O_5 (9 procent) niet op het beschouwde areaal worden afgezet. Deze mest komt samen met de vooraf opgelegde export van 65 miljoen kilo N en 35 miljoen kilo P_2O_5 of

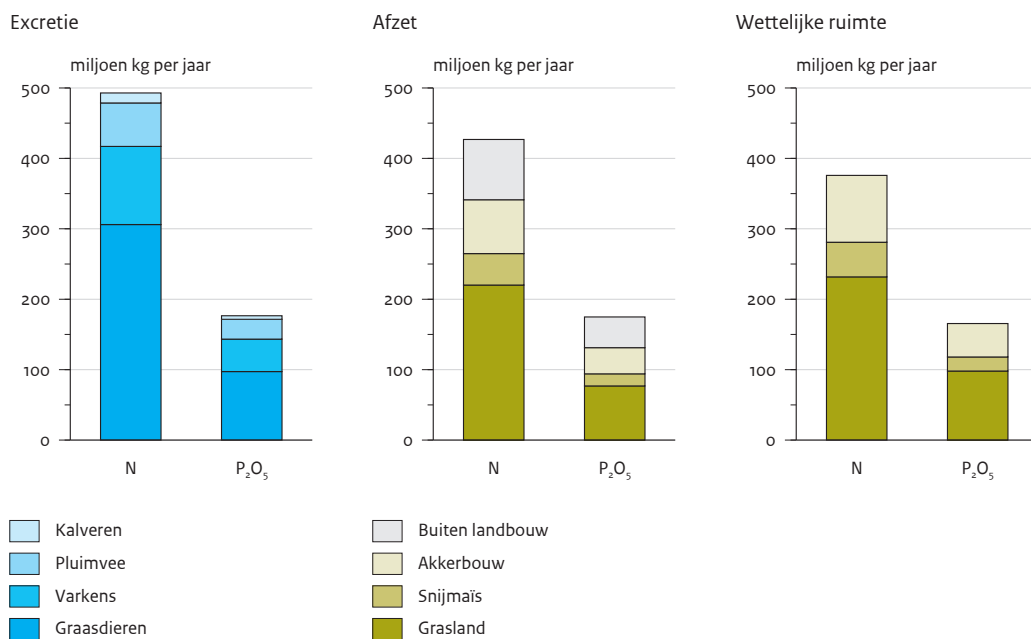
Tabel 2.15

Acceptatiegraden en weegfactoren voor de berekening van de mestverdeling in QRS

		Acceptatiegraad	Weegfactor
Gras	Klei	0,95	1,0
	Veen	0,95	1,0
	Zand	0,95	1,0
Snijmaïs	Klei+veen	0,95	1,0
	Zand	1	1,0
Graan	Klei+veen	0,7	0,6
	Zand	1	0,6
Suikerbiet	Klei+veen	0,7	0,4
	Zand	1	0,8
Aardappel	Klei+veen	0,7	0,6
	Zand - consumptie+poot	1	0,6
	Zand - zetmeel	1	1,0

Bron: PBL

Figuur 2.4

Nutriënten in dierlijke mest volgens QRS-model, 2008

Bron: PBL

buiten de landbouw terecht, of op het in QRS niet beschouwde areaal (circa 100.000 hectare). Van de graasdiermest kan 95 procent (292 miljoen kilo N en 92 miljoen kilo P₂O₅) op het gras- en snijmaïsareaal worden afgezet (figuur 2.4). QRS berekent ook een afzet van 7 miljoen kilo N en 3 miljoen kilo P₂O₅ varkensmest op snijmaïsareaal.

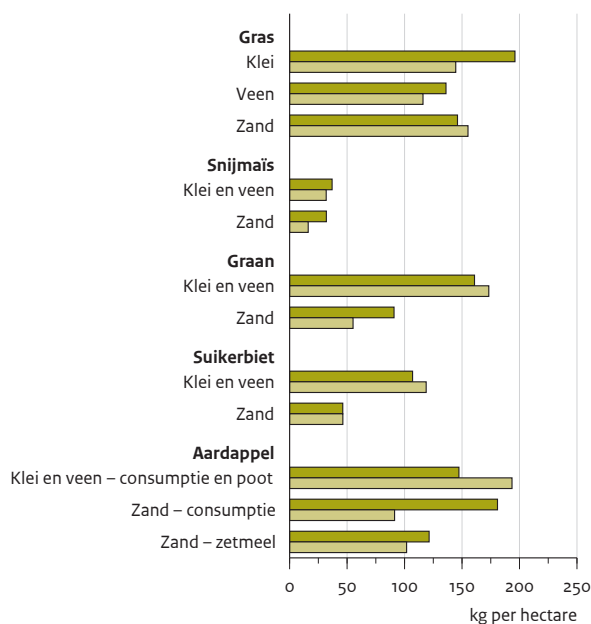
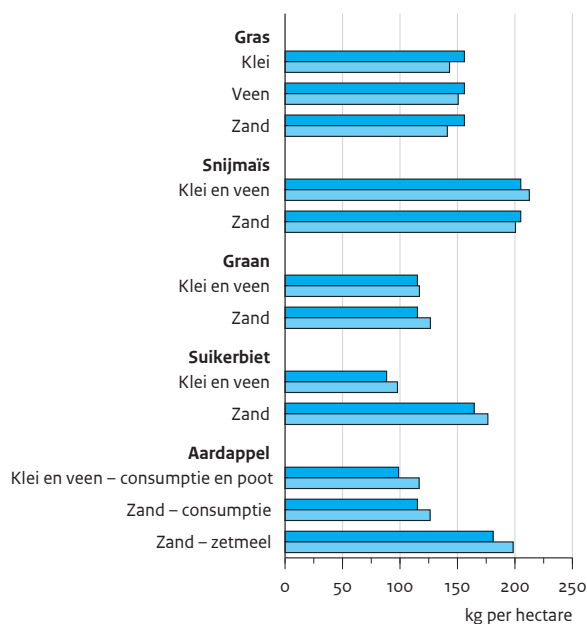
Vervolgens is de met QRS berekende mestverdeling vergeleken met resultaten van MAMBO (figuur 2.5). Hierbij is aangenomen dat 83 procent van het areaal grasland en snijmaïs op graasdierbedrijven een derogatie heeft van 250 kg/ha N.² In QRS wordt geen onderscheid gemaakt tussen acceptatie van N en P₂O₅.

Figuur 2.5

Vergelijking meststoffengebruik QRS-model en MAMBO-model

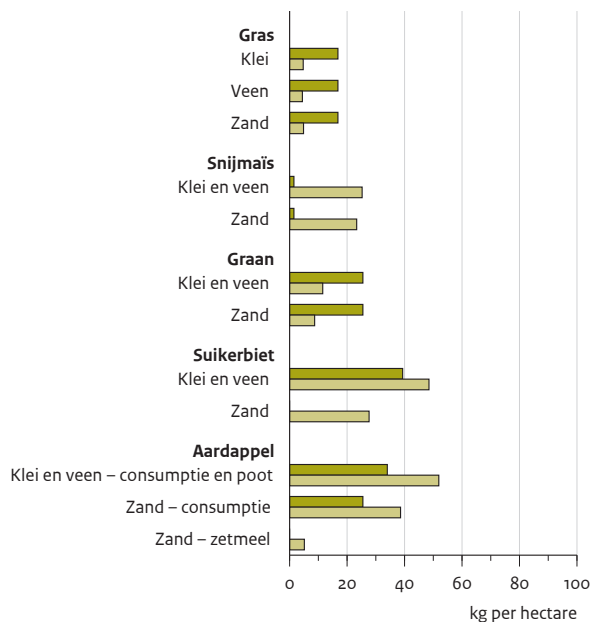
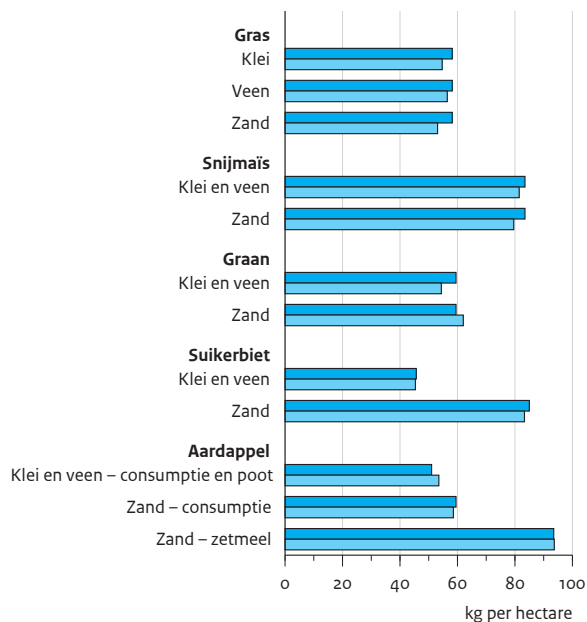
Stikstof in dierlijke mest

Stikstof in kunstmest



Fosfaat in dierlijke mest

Fosfaat in kunstmest



QRS-model
MAMBO-model

QRS-model (wettelijke ruimte kunstmest)
MAMBO-model

Bron: PBL, LEI

Tabel 2.16

Uitspoelfractie N-overschot in QRS

Grondsoort		Uitspoelfractie N-overschot
Gras	Klei	0,11
	Veen	0,04
	Zand	0,27
Snijmaïs	Klei+veen	0,31
	Zand	0,78
Graan	Klei+veen	0,31
	Zand	0,82
Suikerbiet	Klei+veen	0,31
	Zand	0,82
Aardappel	Klei+veen consumptie+poot	0,31
	Zand - consumptie	0,82
	Zand - zetmeel	0,82

Bron: Schröder et al. (2006); bewerking PBL

In QRS wordt geen onderscheid gemaakt tussen acceptatie van N en P_2O_5 . QRS berekent de resterende kunstmestruimte binnen de wettelijke normen na aftrek van het gebruik van dierlijke mest. Deze kunstmestgebruiksruimte is doorgaans hoger dan het kunstmestgebruik berekend met MAMBO.

Het berekende gebruik van dierlijke mest met QRS komt doorgaans goed overeen met de MAMBO-resultaten voor 2008 (Luesink et al. 2008, bewerking data naar bodemgewasschematisering van QRS door PBL). De gemiddelde afwijking van QRS met MAMBO voor stikstof is -1 kg/ha (-1 procent: range -15 – 15 kg/ha; -16 - 15 procent) voor fosfaat 1 kg/ha (2 procent: range -3 – 5 kg/ha; -5 - 9 procent).

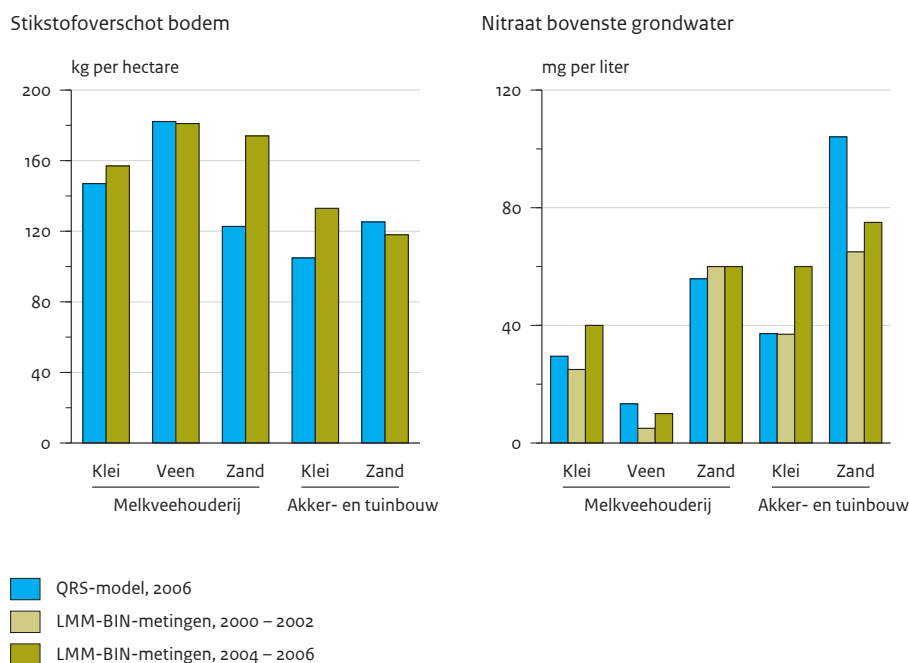
De afwijkingen voor de gift van kunstmest zijn groter dan voor dierlijke mest, vooral voor fosfaatkunstmest (figuur 2.5). Doordat in QRS met 100 procent kunstmestopvulling is gerekend, is het stikstof-kunstmestgebruik gemiddeld 11 kg/ha (21 procent) hoger (range -48 – 87 kg/ha; -13 – 96 procent). Voor het fosfaatkunstmestgebruik is het verschil tussen QRS en MAMBO gemiddeld 4 kg/ha (54%: range -28 – 17 kg/ha; -100% – 287%). Vanzelfsprekend is het mogelijk om met specifieke kunstmestopvulfactoren het kunstmestgebruik in 2008 exact te fitten, maar dit is nagelaten. Of boeren de kunstmestruimte opvullen is een resultante van de scherpste van de normering, gedrag en kunstmestprijzen; deze zijn niet constant over een langere periode. In de opties is de kunstmestopvulling wel generiek gevarieerd.

2.5.3 Vergelijking stikstofoverschot en nitraatuitspoeling met het LMM

In deze paragraaf worden de resultaten van QRS vergeleken met resultaten uit het Landelijk Meetnet Mestbeleid (LMM). In QRS wordt de nitraatuitspoeling berekend op basis van uitspoelfracties en neerslag-overschotten zoals gebruikt in het zogenaamde mest-ABC (Schröder et al. 2005; tabel 2.16); hierin wordt rekening gehouden met verschillen in uitspoeling tussen natte en droge gronden, waarbij in QRS areaalgewogen uitspoelfracties worden gebruikt op basis van de arealen in Kekem et al. (2005).

De geaggregeerde resultaten voor nitraatuitspoeling uit het LMM voor de jaren 2004-2006 (Zwart et al. 2008) zijn vergeleken met resultaten van QRS voor 2006. De resultaten zijn niet meer dan indicatief vanwege de verschillen in beschouwde jaren en de verschillende wijze van schematisering (LMM-BIN middelt meetresultaten voor bemonsterde bedrijven en daardoor ook over grondsoorten). Het effect van de discrepantie in de tijd valt waarschijnlijk mee, omdat er sinds 2000 geen duidelijke trend wordt waargenomen in de nitraatconcentraties. Voor de resultaten voor grasland op veen is gerekend met een netto mineralisatie van 75 kg/ha (Zwart et al. 2010) en niet, zoals voorheen in LMM, met een waarde van 160 kg/ha. Het verklaart het grote verschil in het N-bodemoverschot volgens QRS en volgens LMM. Uit figuur 2.6 blijkt dat de overschotten en de nitraatconcentraties uit het LMM-BIN redelijk worden gereproduceerd. Het verschil voor nitraat is het grootst voor akker- en tuinbouw op zand. Dit is verklaarbaar omdat de data uit LMM voor akker- en tuinbouw op zand

Figuur 2.6
Vergelijking QRS-resultaten met LMM-BIN-resultaten op milieubelasting



Bron: PBL, Zwart et al. (2008)

De verschillen zijn deels een gevolg van het vergelijken van de resultaten van LMM-BIN op bedrijfsniveau – waar naast de dominante grondsoort ook andere grondsoorten voorkomen – met resultaten van QRS voor zuivere grondsoorten. Daarom zijn de verschillen tussen akkerbouw op klei en zand bij QRS groter dan bij LMM-BIN.

ook bedrijven bevat met een aanzienlijk areaal kleigronden die het gemiddelde naar beneden trekken.

Voor de volledigheid wordt ook de vergelijking van de bemestingsresultaten gegeven (figuur 2.7). De verschillen zijn relatief klein voor dierlijke mest, wat aangeeft dat de totale bemesting met dierlijke mest tussen 2004 en 2008 weinig is veranderd. Vanwege de aanname van kunstmestopvulling is de bemesting met kunstmest in QRS hoger dan de opgegeven bemesting op de LMM-bedrijven.

2.5.4 Ammoniakemissie uit dierlijke mest

De ammoniakemissies volgens QRS zijn vergeleken met MAMBO (Hoogeveen et al. 2010) en NEMA (Van Bruggen et al. 2011). De uitgangspunten en uitkomsten voor de ammoniakmodule in het QRS model (tabel 2.17) wijken op onderdelen behoorlijk af van zowel MAMBO als NEMA. QRS neemt een tussenpositie in; zie ook figuur 2.8.

De uitgangspunten voor emissies uit stal, opslag en weide zijn gebaseerd op MAMBO, die voor aanwending op NEMA. De gebruikte implementatiegraden en emissiefactoren bij aanwending zijn gegeven in tabel 2.18.

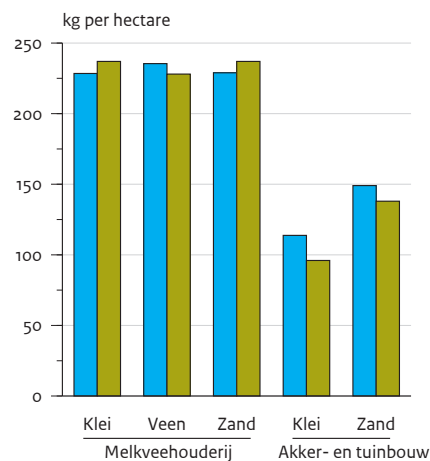
Het verbod op onderwerken in twee werkgangen per 2008 is meegenomen.

De totale $\text{NH}_3\text{-N}$ -emissie uit dierlijke mest in 2008 berekend met MAMBO is 84 miljoen kilo, met NEMA 81 miljoen kilo en met QRS 91 miljoen kilo. NEMA (Van Bruggen et al. 2011) gebruikt andere uitgangspunten dan MAMBO. Het netto-effect is dat de emissies uit stal en weide lager zijn dan in MAMBO, maar de aanwendings-emissies hoger. De totale emissies uit NEMA en MAMBO voor 2008 zijn vergelijkbaar. QRS zit dus duidelijk hoger dan NEMA en MAMBO. Dit is een gevolg van een hogere berekening van emissies uit stal en opslag dan in MAMBO (3,4 miljoen kilo), en van gebruik van de NEMA-uitgangspunten voor aanwendingsemissies die leiden tot een hogere berekening dan in MAMBO (4,1 miljoen kilo). Het verschil met MAMBO is mogelijk terug te voeren op de vereenvoudiging naar drie staltypes met bijbehorende implementatiegraden en emissiefactoren. Het verschil zit vooral bij melkvee. NEMA gebruikt nieuwe inzichten voor beweidingsemissies, aanwendingsemissies en stal-emissies van melkvee (Velthof et al. 2009). Op termijn lijkt het beter om QRS volledig op NEMA te baseren. De verschillen zijn niet dusdanig dat QRS ongeschikt is voor

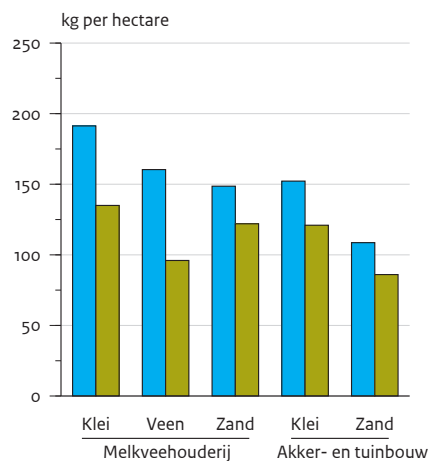
Figuur 2.7

Vergelijking QRS-resultaten met LMM-BIN-resultaten op meststoffengebruik

Dierlijke mest



Kunstmest



QRS-model, 2006

LMM-BIN-metingen, 2004 – 2006

QRS-model berekent wettelijke gebruiksruimte kunstmest

Bron: PBL, Zwart et al. (2008)

Tabel 2.17

Implementatiegraden (IMP) en emissiefactoren (EF) voor ammoniak en overige stikstofgassen in QRS

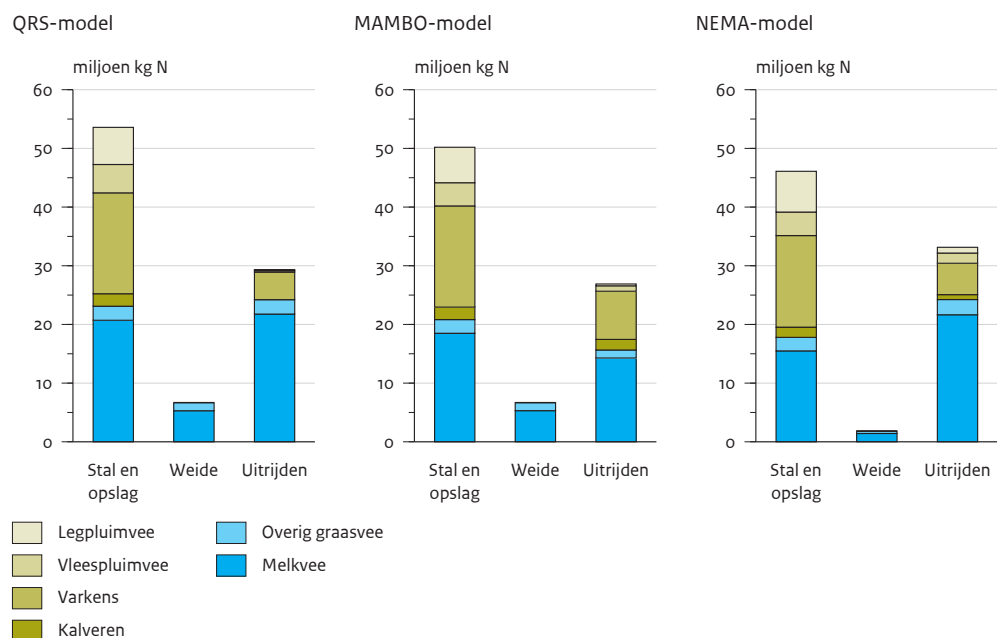
	Stal								Overig N		
	Traditioneel				Emissiearm		Zeer emissiearm	Opslag		Weide	
	z		w	z		w	IMP %	EF %		EF %	EF %
	IMP %	EF %	EF %	IMP %	EF %	EF %		IMP %	EF %		
Melkvee	66	90	6,6	16,9	10	2,8	7,2			0,96	8
Vleesvee	11	95	6,6	16,9	5	2,8	7,2			2,45	8
Kalveren		100	15								
Varkens		61,5	20		25	10	13,5	5		1,66	
Vleespluimvee		80	14		15	6	5	2		2,7	
Legpluimvee		10	25		50	10	40	3		13	
Schapen en geiten	3	95	6,6	16,9	5	2,8	7,2			2,45	8
Paarden en pony's	4	95	17	16,9	5	2,8	7,2			2,45	8

Bron: Van Bruggen et al. (2011) voor overig N-verliezen; Hoogeveen et al. (2010)

Voor stalemissies van graasvee wordt onderscheid gemaakt tussen waarden voor de zomer (z) en winter (w).

Figuur 2.8

Vergelijking ammoniakemissies volgens QRS-, MAMBO- en NEMA-model, 2008



Bron: Bruggen et al. (2011); Hoogeveen et al. (2010); PBL

Tabel 2.18

Toepassing van aanwendingstechnieken bij aanwending van mest en bijbehorende emissiefactoren

Grasland	IMP %	EF %
Zodenbemester	0,56	0,19
Sleufkouter	0,12	0,23
Sleepvoeten en sleepslangen	0,23	0,26
Bovengronds	0,09	0,74
Gewogen EF		0,26
Bouwland		
Mestinjectie	0,61	0,02
Zodenbemester	0,08	0,19
Sleepvoeten en sleepslangen	0,06	0,26
Sleufkouter	0,07	0,23
Onderwerken in 1 werkgangen	0,14	0,22
Onderwerken in 2 werkgangen	0,00	0,46
Bovengronds	0,04	0,69
Gewogen EF		0,14

Bron: Van Bruggen et al. (2011)

scenariovergelijking, maar gebruik voor berekening van de absolute ammoniakreductieopgave bij verschillende doelstellingen is nog wat prematuur.

2.5.5 Conclusies representativiteit en validatiestatus QRS-model

QRS beschrijft de hoofdcategorieën voor bodem en gewas en daarmee 91 procent van het landbouwareaal. QRS beschrijft ook alleen maar de hoofdcategorieën van de veestapel (vrijwel 100 procent van de excretie) maar schaaft bovendien de berekende excretie naar het nationale totaal volgens de CBS-statistieken. QRS beschrijft daarmee vrijwel volledig de Nederlandse akkerbouw en veehouderij, maar niet de tuinbouwsector. De verschillen tussen de QRS-berekeningen en de geaggregeerde resultaten van MAMBO voor de verdeling van bemesting (over de in QRS onderscheiden grond-gewascombinaties) zijn minder dan 5 procent. De hieruit met QRS berekende stikstofoverschotten en nitraatuitspoelingsconcentraties wijken minder dan 20 procent af van geaggregeerde waarnemingen in het LMM. Verschillen zijn deels verklaarbaar doordat LMM resultaten uitmiddelt over grondsoorten. De met QRS berekende totale nationale ammoniakemissies, en ook deelemissies per broncategorie en veecategorie, wijken minder dan 10 procent af van MAMBO en NEMA. Afwijkingen zijn groter voor de relatief kleine post van beweidingsemisies en de uitrijemissies van varkensdrijfmest. Op termijn zou QRS helemaal in overeenstemming gebracht kunnen worden met het consensusmodel NEMA. De met QRS berekende absolute toegevoegde waarde van de primaire veehouderijsectoren is wat lager dan gerapporteerd in het Landbouw-Economische Bericht van het LEI, maar wel consistent met de LEI-rapportage door van Leeuwen et al. (2009). De met QRS berekende veranderingen van de toegevoegde waarde ten opzichte van een referentie zijn wel robuust. De met QRS berekende kosten voor emissiereductie en mestafzet liggen binnen 20 procent van eveneens onzekere schattingen uit andere bronnen. De berekende maatschappelijke kosten betreffen nog alleen effecten van stikstofemissies, en de onzekerheid hierin zijn groot, in de orde van circa 80 procent.

In de hierna volgende bespreking van de scenario-resultaten van QRS worden absolute uitkomsten van QRS voor milieu of economie vaak voorafgegaan door 'circa' of 'ongeveer' om recht te doen aan bovengenoemde verschillen met andere studies, modellen of statistieken. Als vuistregel staat 'circa' voor een verschil van +/- 10 procent voor milieuresultaten en van +/- 20 procent voor economische resultaten.

Tot slot wordt nog opgemerkt dat spreadsheetmodellen, zoals QRS, geschikt zijn voor het ontwerpen van eenvoudige modellen, maar in de toepassing relatief kwetsbaar zijn voor invoerfouten.

Noten

- 1 Zie supporting material 22S2; http://www.nine-esf.org/sites/nine-esf.org/files/ena_doc/ENA_supp/ENA_supp_c22.pdf.
- 2 Deze 83 procent is gebaseerd op een analyse van data uit de Landbouwtelling en wijkt af van het door LEI gerapporteerde aandeel van 70 procent; dit verdient nadere analyse. Er is ook een QRS-calibratie en berekening met een derogatieareaal van 70 procent uitgevoerd. De berekende bemesting wijkt nauwelijks af van de referentie, maar dit is alleen mogelijk met hogere acceptatiegraden, voor snijmaïs boven de 100 procent.

Resultaten scenarioanalyse

3.1 Resultaten op hoofdlijnen

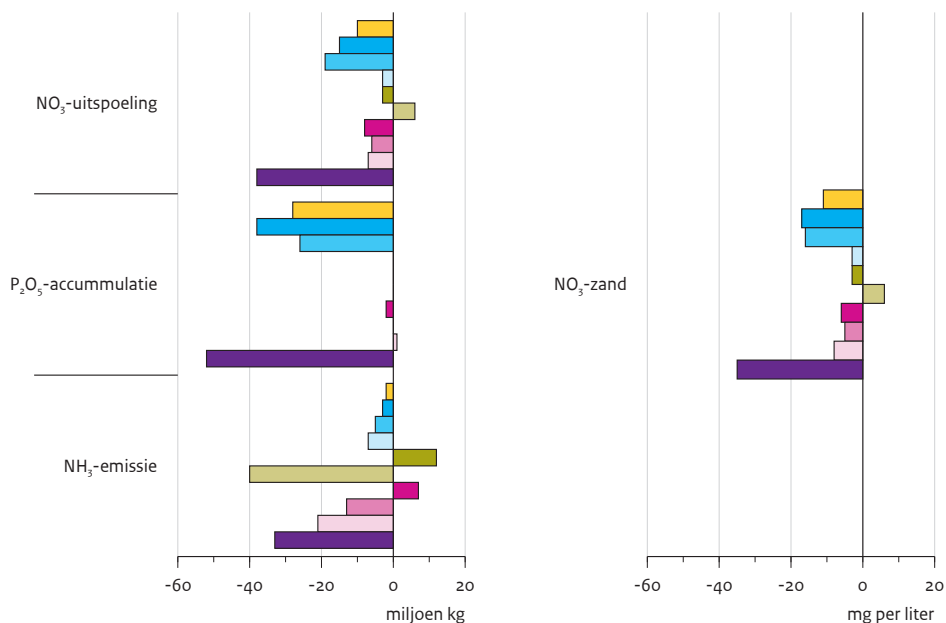
- De resultaten van QRS voor mestproductie, mestafzetruimte, gebruik van dierlijke mest en kunstmest, nitraatuitspoeling, fosfaataccumulatie en ammoniakemissies laten zich, geaggregeerd naar het Nederlandse landbouwareaal en de belangrijkste bodem-gewascombinaties, goed vergelijken met metingen en de referentiemodellen.
- De belangrijkste gevolgen van de voorgenomen aanscherping van (vooral) de fosfaatgebruiksnormen in 2015 zijn dat:
 - De fosfaatsnorm limiterend wordt op de meeste akkerbouwgewassen.
 - De fosfaataccumulatie in de bodem vrijwel tot stilstand komt.
 - De nitraatuitspoeling met 15 procent afneemt. Hierdoor wordt de nitraatsnorm in het uitspoelende grondwater onder zandgronden, gemiddeld genomen, tot op enkele milligrammen per liter benaderd. Oorzaak is de afname van het stikstofoverschot in vooral de akkerbouw, doordat de fosfaatgebruiksnorm het gebruik van dierlijke mest beperkt, en het aandeel stikstofkunstmest in de bemesting toeneemt. QRS houdt overigens geen rekening met mestscheiding. Een grotere inzet van een N-rijk mestscheidingsproduct, met een lagere (wettelijke) werking dan 100 procent, zou dit effect deels tenietdoen.
 - Het volume niet-plaatsbare mest toeneemt met 36 miljoen kilo stikstof en 16 miljoen kilo fosfaat per jaar, waardoor de bemestingskosten toenemen met circa 80 miljoen euro per jaar.
- Verregaande vermindering van het kunstmestgebruik is een effectieve route om ruimte voor afzet van dierlijke mest te behouden, en het nitraatdoel te halen. Een afname van het gebruik van stikstofkunstmest met 50 procent en stopzetting van de fosfaatbemesting verlagen de productiekosten met 140 miljoen euro per jaar en het nitraatdoel wordt gemiddeld genomen op zand gehaald. De keerzijde is dat de ruwvoerproductie (gras en snijmaïs) met circa 10 procent daalt. Nationaal gezien wordt de ruwvoerbehoefte dan nog steeds gedekt. In het algemeen zullen de huidige voeder verliezen (10-15 procent) wel verminderd moeten worden en kunnen regionaal wel ruwvoertekorten optreden.
- Verlaging van N- en P-gehalten in voer met 10 (N) en 20 (P) procent, verlaagt de excretie met respectievelijk 15 en 30 procent. Hierdoor neemt de afzet van mest buiten de Nederlandse landbouw (exclusief tuinbouw) af met 30-40 procent en wordt er 40 miljoen euro per jaar op mestkosten bespaard. Deze maatregel heeft nauwelijks gevolgen voor de toegevoegde waarde. Deze maatregel is inmiddels voorgenomen beleid, waarbij de verantwoordelijkheid bij de veevoer- en de zuivelindustrie is gelegd.
- Maximale inzet op NH_3 -emissiereductie kost de primaire sector ruim een 0,5 miljard euro per jaar, maar levert een ammoniakreductie op van 40 miljoen kilo N. Een onverwacht neveneffect is dat de nitraatuitspoeling met 6 miljoen kilo N toeneemt.

Figuur 3.1

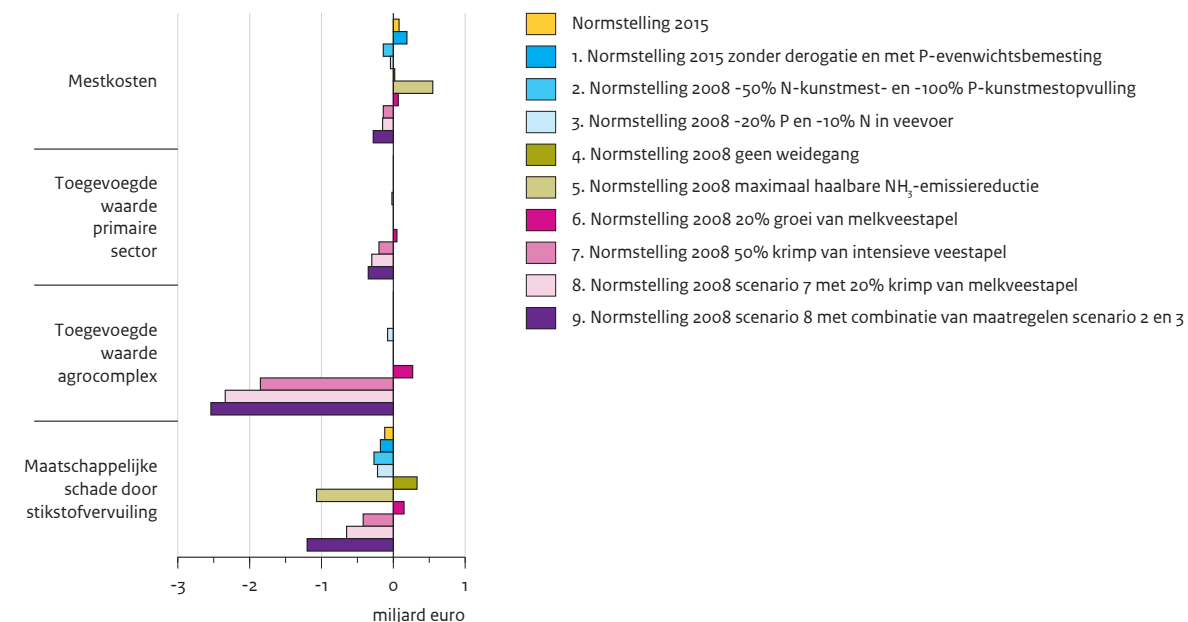
Effecten van scenario's relatief ten opzichte van situatie in 2008

Milieubelasting

Nitraatconcentratie



Economische effecten



Bron: PBL

Tabel 3.1

Enkele wettelijke gebruiksnormen voor fosfaat en stikstof

	2006 kg/ha	2008 kg/ha	2015 kg/ha
Fosfaat grasland	110	100	90
Fosfaat bouwland	95	85	60
Totaal stikstof			
Grasland klei	345	325	310
Grasland zand	300	275	250
Snijmaïs zand	155	155	140

Bron: LNV (2009)

Oorzaak hiervan is verdringing van N-kunstmest, doordat het N-gehalte van dierlijke mest toeneemt. Hierdoor verdringt dierlijke mest, met een lagere N-werking, een deel van de kunstmest en neemt het N-overschot toe. De netto maatschappelijk N-baten zijn echter positief en liggen rond de 1 miljard euro per jaar; weliswaar met een bandbreedte van 0,2-1,7 miljard jaarlijks vanwege de grote onzekerheid over de gezondheidsschade door ammoniak.

- Een verwachte groei van de melkveestapel, of correcter van de melkproductie, met 20 procent bij afschaffing van het melkquotum zal waarschijnlijk gepaard gaan met een toename van het gras- en snijmaïsareaal ten koste van het akkerbouwareaal. Het eerste-orde-effect is een toename van de ammoniakemissie met 7 miljoen kilo, en een afname van de nitraatuitspoeling met 8 miljoen kilo. Onder gras spoelt namelijk minder uit dan onder bouwland. Netto neemt de maatschappelijke N-schade toe door de hogere marginale schade van $\text{NH}_3\text{-N}$ ten opzichte van $\text{NO}_3\text{-N}$, maar er is nog ruimte voor kosteneffectieve reductie van vooral aanwendingsammoniakemissie in de melkveehouderij. Door het grotere aanbod van rundermest in de toekomst bij een kleinere afzetruimte zullen de mestafzetkosten toenemen, met als mogelijk gevolg een kleinere intensieve veehouderij; dit effect is niet meegenomen.
- Een krimp van de intensieve veehouderij met 50 procent en van de melkveehouderij met 20 procent leidt ertoe dat de ammoniakemissie met 20 miljoen kilo N en de nitraatuitspoeling met 7 miljoen kilo N afneemt, terwijl de fosfaataccumulatie niet afneemt. Dit extreme scenario lost het nitraat-, fosfaat- en ammoniakprobleem dus niet op. Er wordt weliswaar 30 procent minder mest geproduceerd, waardoor vrijwel alle mest op Nederlandse landbouwgrond kan worden afgezet, maar de vrijgevalen ruimte in de bemestingsnormen wordt in dit scenario weer aangevuld met stikstof en fosfaatkunstmest. In dit scenario wordt het vrijgevalen grasland- en snijmaïs-areaal gebruikt voor voerproductie voor varkens en pluimvee, waardoor ook de grondgebondenheid van de veehouderij toeneemt.

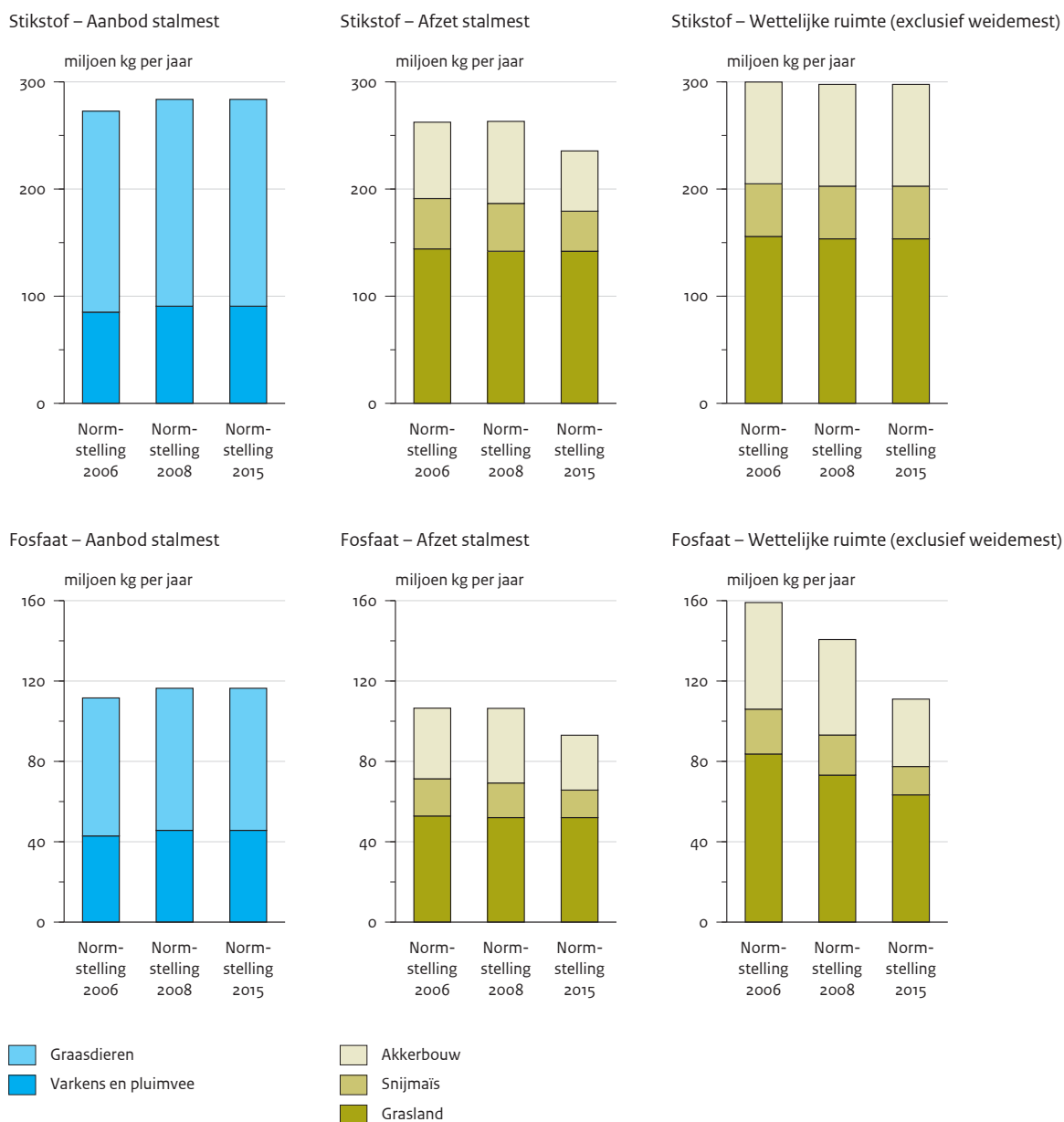
Een kleinere veehouderij draagt minder bij aan de Nederlandse economie. De afname van de bijdrage van de primaire sector (0,30 miljard euro per jaar) wordt wel gecompenseerd door de afname van de maatschappelijke N-schade (met 0,65 miljard euro per jaar, maar met een grote onzekerheid van circa 80 procent), de afname van de bijdrage van het agrocomplex (2,34 miljard euro per jaar) niet. Wanneer dit scenario wordt gecombineerd met vermindering van stikstof en fosfaat in veevoer en een inkrimping van de kunstmestruimte voor stikstof en fosfaat met 50 procent, zijn de milieueffecten veel groter; en stijgen de stikstofbaten met ruim een half miljard euro per jaar. De gemiddelde nitraatconcentratie onder zand daalt tot circa 30 mg/L en is er sprake van fosfaat-uitmijning met 18 miljoen kilo per jaar. De keerzijde van aanscherping van de stikstofgebruiksnormen in dit scenario is een daling van de ruwvoerproductie met 1 Mton. Aanscherping van de fosfaatgebruiksnormen die leiden tot negatieve fosfaatoverschotten (fosfaat-uitmijning), hebben op langere termijn (tientallen jaren) een risico voor verlies aan bodemvruchtbaarheid en opbrengstderving (Van Dijk et al. 2007).

3.2 Afzetruimte dierlijke mest bij aanscherping gebruiksnormen

3.2.1 Voorgenomen aanscherping

Het QRS berekent bij de normstelling voor 2008 (tabel 3.1) meer afzet van stikstof en fosfaat dan MAMBO voor 2009 (tabel 3.2). De hoofdoorzaak is dat QRS rekent met een landbouwareaal voor afzet van 1,77 miljoen ha (onder andere exclusief ruim 100.000 ha tuinbouw en handelsgewassen) terwijl MAMBO met 1,86 miljoen ha rekent. Dit verschil in areaal correspondeert met een afzetruimte voor dierlijke mest van maximaal 17 miljoen kilo N en circa 10 miljoen kilo fosfaat; maximaal omdat de acceptatie van dierlijke mest in de vollegrondsgroente laag is; minder dan 50 procent van de wettelijke ruimte wordt benut. Bijgevolg is ook de met QRS berekende

Figuur 3.2

Aanbod, afzet en wettelijke ruimte voor dierlijke mest volgens QRS-model

Bron: PBL

Aanbod, afzet en wettelijke ruimte voor dierlijke mest volgens QRS in 2006, 2008 en 2015 (exclusief weidemest en voor 1,77 miljoen ha). Voor 2006 is gerekend met de toen aanwezige (kleinere) veestapel en mestproductie.

afzet buiten de landbouw (of strikt genomen het beschouwde landbouwareaal) hoger dan is berekend met MAMBO. Het verschil voor stikstof is groter dan verklaarbaar door het kleinere in QRS beschouwde areaal; hier is het niet beschouwen van mestscheiding mogelijk een verklaring. Door toepassing van eenvoudige mestscheiding, kan in de praktijk en in MAMBO een deel

van de mest via een stikstofrijke dunne scheidingsfractie op akkerbouwgrond worden toegepast, zonder dat de fosfaatafzetruimte wordt overschreden (en verlies van ruimte voor fosfaatkunstmest). Bij de voorgenomen normstelling voor 2015 (tabel 3.1) neemt de afzetruimte volgens QRS voor stikstof met 20 miljoen kilo af (4 procent) af ten opzichte van 2008 en

Tabel 3.2

Productie en afzet van stikstof en fosfaat volgens QRS (afzet inclusief weidemest)

	Excretie		Wettelijke ruimte Totaal		Wettelijke ruimte diermest 100%		Afzet op NL landbouwgrond		Afzet buiten beschouwd areaal	
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
Normstelling 2006	474	170	465	183	376	183	338	131	73	37
Normstelling 2008	493	177	435	166	376	166	341	131	85	44
70% derogatieareaal	493	177	435	166	364	166	344	133	83	42
Normstelling 2015	493	177	416	144	376	136	314	118	113	57
MAMBO 2009	491	180					330	135	54	33

Bron: Leusink et al. (2009); PBL

Tabel 3.3

Verwachte totale plaatsingsruimte voor fosfaat uit dierlijke mest en kunstmest in de periode 2006-2015

	Areaal mln ha	2006 mln kg	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Berekening QRS	1,77	183		166							136
Berekening CBS	1,92	184	179	175	172	154					
Berekening EL&I	1,86				160	157	153	148	147	139	139

Bron: CBS (2010); PBL

voor fosfaat met 18 miljoen kilo (14 procent) en zou er respectievelijk 113 miljoen kilo N en 57 miljoen kilo P₂O₅ buiten de beschouwde 1,77 miljoen ha moeten worden afgezet (figuur 3.2). De berekeningen met QRS houden geen rekening met differentiatie van de fosfaat-gebruiksnorm naar P-toestand van de bodem en met een hogere fosfaatgebruiksnorm op fosfaatfixerende gronden (areaal 73.000 ha). Dit leidt samen met het lagere uitgangsareaal tot aanzienlijke verschillen in de berekening van de mestafzetruimte in vergelijking tot berekeningen door CBS en het ministerie van EL&I (tabel 3.3).

Berekeningen EL&I (persoonlijke mededeling) voor 2006-2009 (3^e Actieprogramma) inclusief de fosfaatgift voor reparatiebemesting (160 kg/ha op 73.000 ha) en 2010-2015 (4^e Actieprogramma) inclusief de fosfaatgift voor reparatiebemesting (120 kg/ha op 73.000 ha), uitgaande van de oude en de nieuwe gedifferentieerde gebruiksnormen voor fosfaat. De waarden voor 2014 en 2015 zijn indicatief (miljoen kilo P₂O₅). Berekening EL&I met fosfaatsnorm voor niet-derogatie grasland van 70 kg/ha. CBS-berekening voor 2010 is met inbegrip van gedifferentieerde fosfaatsnormering, maar met toekenning van de laagste (strengste) norm, omdat in 2010 de meeste boeren geen hogere norm bij Dienstregelingen hebben aangevraagd.

Enkele belangrijke verschillen tussen de doorrekening met QRS voor 2008 en 2015 zijn samengevat in tabel 3.4.

De post mestkosten is de som voor de kosten van de boer voor de aankoop van kunstmest, de afzet van dierlijke mest en de reductie van ammoniakemissies. De maatschappelijke schade wordt alleen beschouwd voor effecten van ammoniak en nitraat.

Zoals verwacht, neemt het gebruik van dierlijke mest in 2015 af door aanscherping van vooral de fosfaat-gebruiksnormen. Terwijl voor grasland de N-gebruiksnorm limiterend blijft voor het gebruik van dierlijke mest, wordt voor bouwland in 2015 de fosfaatsnorm overwegend limiterend. Het gecombineerde effect van een lichte aanscherping van de gebruiksnorm voor totaal N voor grasland op klei en zand en van snijmaïs op zand en van de fosfaatgebruiksnormen voor alle bodem-gewascombinaties is dat het stikstof-kunstmestgebruik op grasland en snijmaïs afneemt en op bouwland toeneemt. Netto blijft het stikstof-kunstmestgebruik ongeveer gelijk. Door de verdringing op bouwland van stikstof uit dierlijke mest (met een lage werking) door kunstmeststikstof, neemt de nitraat-uitspoeling sterk af en is de gemiddelde overschrijding van de nitraatsnorm in 2015 op zand 3 mg/L, tegen 13 mg/L in 2008. De fosfaat-accumulatie komt vrijwel tot stilstand. Een eerste benadering van de maatschappelijke kosten en baten laat zien dat de aanscherping van de fosfaatsnormen netto baten oplevert: de mestafzetkosten nemen toe met circa 80 miljoen euro/jaar, wat vergelijkbaar is met de afname van de maatschappelijke kosten met 120 miljoen euro/jaar door minder nitraat-uitspoeling. Als er op grote

Tabel 3.4

Productie, afzetruimte en afzet van stikstof en fosfaat bij de normstelling voor 2008 en 2015

	2008-scenario	2015-scenario	Vershil 2015-2008
Excretie (miljoen kilo)			
Stikstof	493	493	0
Fosfaat	177	177	0
Gebruiksruimte (miljoen kilo)			
Totaal N	435	416	-19
Waarvan gras+snijmaïs	326	304	-22
Dierlijke mest stikstof	376	376	0
Dierlijke mest fosfaat	166	136	-30
Gebruik dierlijke mest			
Stikstof (miljoen kilo)	342	305	-37
Fosfaat (miljoen kilo)	131	114	-17
Gebruik kunstmest			
Stikstof (miljoen kilo), waarvan	242	244	+2
Akkerbouw	76	89	+13
Grasland	166	156	-10
Fosfaat (miljoen kilo)	34	18	-16
Afzet buiten landbouw			
Stikstof (miljoen kilo)	86	122	36
Fosfaat	44	60	16
Ruwvoerproductie (Mton)	16,4	16,2	-0,2
Nitraat			
Uitspoeling (miljoen kilo N)	66	56	-10
Overschrijding zand (mg/L)	14	3	-11
Fosfaataccumulatie (miljoen kilo)	31	3	-28
Ammoniakemissie (miljoen kilo N)	89	87	-2
Mestkosten (miljoen euro)	630	710	80
Maatschappelijke N-schade (miljoen euro)	2.940	2.820	-120

Bron: PBL

schaal mestscheiding wordt toegepast en de stikstofrijke fractie op grote schaal wordt aangewend op akkerbouw, dan zal aanscherping van de fosfaatsnorm een veel kleiner effect hebben op de nitraatuitspoeling.

3.2.2 Verdere aanscherping van stikstof en fosfaatsnormen

In deze paragraaf worden de gevolgen van verdere aanscherping van de gebruiksnormen met het QRS-model geanalyseerd. In het eerste scenario is boven op de 2015-normstelling en in de geest van de Nitraatrichtlijn de (tijdelijke) stikstofderogatie vervallen en de fosfaatbemesting gelijkgesteld aan de minimale gewasbehoefte (dus zonder onvermijdelijk verlies). In een tweede scenario is de normstelling van 2008 gehandhaafd, maar is het effect van een sterke vermindering van de opvulling van de kunstmestruimte opgelegd, namelijk geen gebruik van fosfaatkunstmest en halvering van het gebruik van stikstofkunstmest. In een derde scenario wordt het voerspoor ingezet, met een reductie van de fosfaat-aanvoer met 20 procent en van de (eiwit-)stikstofaanvoer met 10 procent. In het eerste scenario neemt de afzetruimte op grasland en maïsland sterk af en kan ongeveer de helft van de rundveemest niet meer op eigen grond

worden afgezet. Maximale inzet op het voerspoor in het derde scenario zorgt ervoor dat alle mest op landbouwgrond binnen Nederland kan worden afgezet (figuur 3.3).

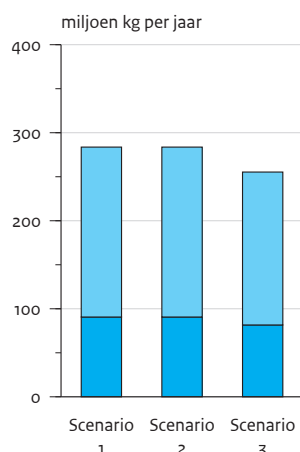
Uit de analyse blijkt dat verregaande vermindering van het kunstmestgebruik de beste route is om ruimte voor afzet van dierlijke mest te behouden en het nitraatdoel te halen (tabel 3.5). Het belangrijkste effect is een afname van de ruwvoerproductie met bijna 1 miljoen ton, maar dit zou voor gras en snijmaïs geen probleem hoeven te zijn, omdat hier de bruto nationale productie circa 20 procent boven de behoefte ligt (tabel 3.5). De akkerbouw-opbrengsten dalen gemiddeld met 3-4 procent door de daling van de stikstofaanvoer. De aanname in QRS is, conform resultaten van veld-experimenten (Van Dijk et al. 2007a), dat daling van de fosfaatbemesting geen effect heeft op de opbrengsten. Over de effecten op lange termijn (>20 jaar), als de bodemvruchtbaarheid wel gaat afnemen, kunnen met QRS geen uitspraken worden gedaan.

De scenario's 1 en 2 lossen beide het nitraatprobleem op zand op, en brengen de fosfaatophoping tot stilstand. Scenario 1 zal de bemestingskosten (afzet dierlijke mest + aankoop meststoffen) met bijna 200 miljoen euro per jaar

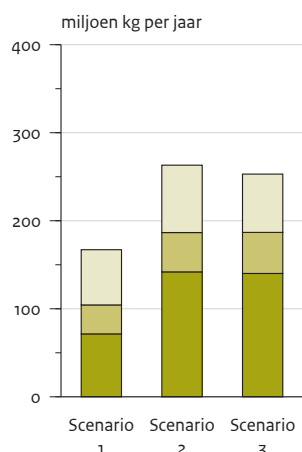
Figuur 3.3

Aanbod, afzet en wettelijke ruimte voor dierlijke mest per scenario

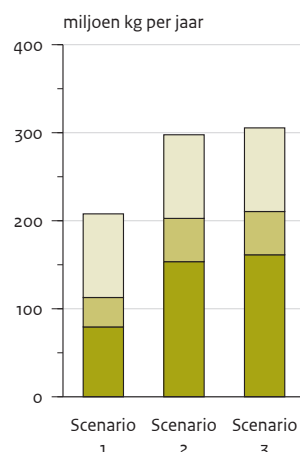
Stikstof – Aanbod stalmest



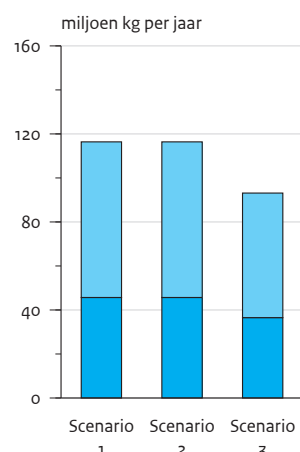
Stikstof – Afzet stalmest



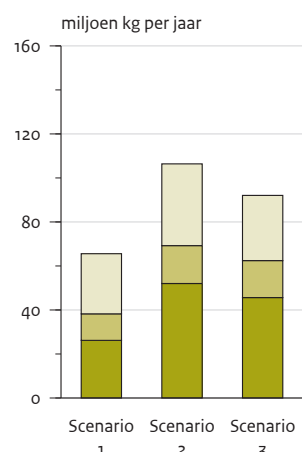
Stikstof – Wettelijke ruimte (exclusief weidemest)



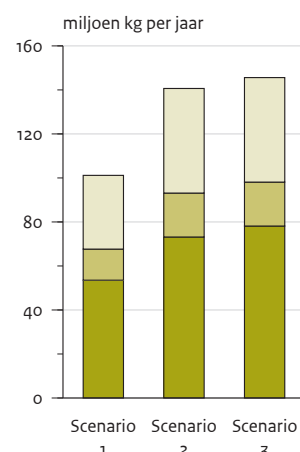
Fosfaat – Aanbod stalmest



Fosfaat – Afzet stalmest



Fosfaat – Wettelijke ruimte (exclusief weidemest)



Graasdieren

Varkens en pluimvee

Akkerbouw

Snijmaïs

Grasland

Scenario 1

Normstelling 2015 zonder derogatie en met P-evenwichtsbemesting

Scenario 2

Normstelling 2008 -50% N-kunstmest- en -100% P-kunstmestopvulling

Scenario 3

Normstelling 2008 -20% P en -10% N in veevoer

Bron: PBL

verhogen, terwijl scenario 2 de bemestingskosten met meer dan 150 miljoen euro verlaagt. De externe kosten in scenario 2 nemen bovendien met 270 miljoen euro af terwijl de toegevoegde waarde nauwelijks afneemt. Scenario 3 biedt beperkt milieuvoordeel; met name de ammoniakemissie neemt af. Het grootste voordeel van scenario 3 is dat de mestafzetkosten afnemen met ca 50 miljoen euro (20 procent) terwijl de toegevoegde waarde van de veehouderij niet afneemt.

In scenario 4 (tabel 3.6) wordt de beweiding van melkvee en vleesrundvee gestopt en worden de dieren permanent in stallen gehuisvest, verdeeld over de momenteel gebruikte staltypen (dus geen gelijktijdige overstap naar meer emissiearme stallen). Hierdoor neemt de ammoniakemissie toe met 12 miljoen kilo N. Stalemissies zijn hoger door onder andere de hogere temperatuur in de stallen en het groter emitterend oppervlak. Hierdoor is het N-gehalte in de mest effectief iets lager dan in de referentie en kan er meer dierlijke mest, en daarmee ook meer fosfaat, op grasland en snijmaïs worden toegepast.

Tabel 3.5

Productie, afzetruimte en afzet van stikstof en fosfaat bij drie scenario's voor verlaging van de N- en P-gebruiksruimte

	2008	Scenario 1 2015-normen geen derogatie ¹	Scenario 2 2008-normen minder kunstmest ²	Scenario 3 2008-normen voerspoor ³
Excretie (miljoen kilo)				
Stikstof	493	493	493	444
Fosfaat	177	177	177	141
Gebruiksruimte (miljoen kilo)				
Totaal N	435	416	435	435
Waarvan gras+snijmaïs	326	304	326	326
Dierlijke mest stikstof	376	278	364	364
Dierlijke mest fosfaat	166	126	166	166
Gebruik dierlijke mest				
Stikstof (miljoen kilo)	342	238	341	323
Fosfaat (miljoen kilo)	131	88	131	112
Gebruik kunstmest				
Stikstof (miljoen kilo), waarvan	242	285	121	252
Akkerbouw	76	89	38	81
Grasland	166	196	83	171
Fosfaat (miljoen kilo)	34	18	0	54
Afzet buiten landbouw				
Stikstof (miljoen kilo)	86	189	86	61
Fosfaat	44	87	44	28
Ruwvoerproductie (Mton)	16,4	16,2	15,5	16,4
Nitraat				
Uitspoeling (miljoen kilo N)	66	51	47	63
Overschrijding zand (mg/L)	14	-3	-2	11
Fosfaataccumulatie (miljoen kilo)	31	-7	5	31
Ammoniakemissie (miljoen kilo N)	89	86	84	82
Mestkosten (miljoen euro)	630	820	490	590
Maatschappelijke N-schade (miljoen euro)	2.940	2.760	2.670	2.720

Bron: PBL

¹ P-evenwichtsbemesting en geen derogatie; ² Geen fosfaatkunstmest, 50% opvulling N-kunstmestruimte; ³ -20% fosfaat en -10% stikstof in veevoer. De belangrijkste verschillen met het 2008-referentiescenario zijn in blauw weergegeven.

De mestkosten nemen enigszins toe, omdat emissie-reductie in stallen duurder is. De maatschappelijke schade neemt ook toe, en wel met ruim 300 miljoen euro per jaar. Dit scenario is dus niet aantrekkelijk vanuit milieuoogpunt en economisch oogpunt, en botst met de maatschappelijke wens tot behoud van beweiding voor dierenwelzijn en landschap.

In scenario 5 wordt de maximale reductie van de ammoniakemissie doorgerekend door implementatie van de meest emissiearme techniek. Het effect is een afname van de ammoniakemissie met 40 miljoen kilo N, maar ook een aantal verrassende resultaten. Door de stalmaatregelen om ammoniakemissie te reduceren, neemt het stikstofgehalte in de mest toe; met in totaal 24 miljoen kilo. In 2008 is op grasland (en vaak ook op akkerbouw) de stikstofgebruiksnorm in dierlijke mest beperkend. Dit betekent dat er minder dierlijke mest kan worden afgezet, waardoor de afzet van fosfaat op landbouwgrond afneemt en de export toeneemt. De

uitspoeling van nitraat neemt toe, omdat in het scenario wordt aangenomen dat ook kunstmestsoorten worden gebruikt met lagere emissieverliezen (bijvoorbeeld KAS), waardoor de effectieve ammoniakemissie uit kunstmest afneemt van 4,2 naar 2,5 procent. Hierdoor neemt de ammoniakemissie uit kunstmest met 5 miljoen kilo af. Idealiter zou het kunstmestgebruik dan verminderd kunnen worden. Een belangrijk effect is dat de totale nutriëntkosten voor de sector met ruim een half miljard euro per jaar toenemen, door de toename van kosten voor ammoniakemissiereductie (duurdere stallen en aanwending). Daartegenover staat een afname van de maatschappelijke schade met 1,5 miljard euro per jaar, maar wel met grote onzekerheid omkleed; de bijdrage van ammoniak aan voor de volksgezondheid schadelijk fijn stof is omstreden.

Tabel 3.6

Effecten van de scenario's stoppen met beweiding en maximale inzet van ammoniakemissiereductie

	2008	Scenario 4 Geen beweiding	Scenario 5 Max. ammoniakreductie
Excretie (miljoen kilo)			
Stikstof	493	493	493
Fosfaat	177	177	177
Gebruiksruimte (miljoen kilo)			
Totaal N	435	435	435
Waarvan gras+snijmaïs	326	326	326
Dierlijke mest stikstof	376	376	376
Dierlijke mest fosfaat	166	166	166
Gebruik dierlijke mest			
Stikstof (miljoen kilo)	342	335	344
Fosfaat (miljoen kilo)	131	134	126
Gebruik kunstmest			
Stikstof (miljoen kilo), waarvan	242	242	241
Akkerbouw	76	76	74
Grasland	166	166	166
Fosfaat (miljoen kilo)	34	34	39
Afzet buiten landbouw			
Stikstof (miljoen kilo)	86	83	107
Fosfaat	44	42	49
Ruwvoerproductie (Mton)	16,4	16,4	16,4
Nitraat			
Uitspoeling (miljoen kilo N)	66	63	72
Overschrijding zand (mg/L)	14	11	20
Fosfaataccumulatie (miljoen kilo)	31	31	31
Ammoniakemissie (miljoen kilo N)	89	101	49
Mestkosten (miljoen euro)	630	650	1180
Maatschappelijke N-schade (miljoen euro)	2.940	3.270	1.870

Bron: PBL

De belangrijkste verschillen met het 2008-referentiescenario zijn in blauw weergegeven.

3.2.3 Gevolgen van aanpassing omvang van de veestapel

Er zijn vier scenario's doorgerekend (tabel 3.7). Scenario 6 is een uitwerking van een scenario waarin de melkveestapel met 20 procent groeit in 2020 als in 2015 het melkquotum zou worden afgeschaft (Silvis et al. 2010). Strikt genomen gaat het hier om een toename van de melkproductie met 20 procent, waarvan een deel van de productietoename gerealiseerd wordt door een toename van de melkproductie per koe. In dit scenario is ook het landgebruik aangepast. Het grasareaal is uitgebreid met 126.000 ha en het snijmaïsareaal met 35.000 ha om de ruwvoerproductie in overeenstemming te brengen met de voerbehoefte. Dit areaal is in mindering gebracht op het akkerbouwareaal. Een andere mogelijke uitwerking kan zijn dat de extra voerbehoefte deels wordt gedekt door meer gebruik van krachtvoer uit geïmporteerde veevoergrondstoffen.

Scenario 7 lijkt op het voorstel van het Burgerinitiatief 'Boeren met toekomst', zonder echter de productiewijze aan te passen (Stolwijk et al. 2007). In Stolwijk et al.

(2007) werd de intensieve veestapel ook met 50 procent gekrompen, maar de resterende veestapel werd diervriendelijk gehouden, met meer oppervlak per dier en gelegenheid voor uitloop.

Scenario 8 is een scenario waarin zowel de melkveestapel (met 20 procent) als de intensieve veestapel (met 50 procent) wordt gekrompen, met het doel om de vleesveehouderij meer grondgebonden te maken zoals momenteel in Denemarken. In dit scenario ontstaat door krimp van de melkveestapel een surplus aan areaal gras (200.000 ha) en snijmaïs (50.000 ha) dat wordt ingezet voor de productie van graan. Meer realistisch zou zijn om ook areaal in te zetten voor teelt van eiwitvervangers, maar het ontbrak aan opbrengstrelaties voor dit gewas. In scenario 8 is de zelfvoorzieningsgraad voor veevoergraan 120 procent ten opzichte van circa 40 procent in het referentiescenario. Het overschot aan Nederlandse graanproductie kan worden ingezet voor bijvoorbeeld de voedingsindustrie: momenteel wordt circa 85 procent van de Nederlandse graanproductie als grondstof voor veevoer gebruikt.

Tabel 3.7

Productie, afzetruimte en afzet van stikstof en fosfaat bij drie scenario's voor de omvang van de veestapel

	2008	Scenario 6 ¹ +20% melkvee	Scenario 7 ² -50% vleesvee	Scenario 8 ³ als scenario 7 -20% melkvee	Scenario 9 ⁴ Combi-scenario
Excretie (miljoen kilo)					
Stikstof	493	546	407	354	318
Fosfaat	177	193	139	123	98
Gebruiksruimte (miljoen kilo)					
Totaal N	435	435	435	435	435
Waarvan gras+snijmaïs	326	326	326	326	326
Dierlijke mest stikstof	376	376	376	376	376
Dierlijke mest fosfaat	166	166	166	166	166
Gebruik dierlijke mest					
Stikstof (miljoen kilo)	342	352	316	269	242
Fosfaat (miljoen kilo)	131	131	118	102	81
Gebruik kunstmest					
Stikstof (miljoen kilo), waarvan	242	247	257	262	139
Akkerbouw	76	57	91	130	73
Grasland	166	189	166	133	66
Fosfaat (miljoen kilo)	34	36	47	61	41
Afzet buiten landbouw					
Stikstof (miljoen kilo)	86	122	39	39	35
Fosfaat	44	61	20	19	16
Ruwvoerproductie (Mton)	16,4	17,5	16,4	15,5	14,4
Nitraat					
Uitspoeling (miljoen kilo N)	66	58	60	59	28
Overschrijding zand (mg/L)	14	8	9	6	-21
Fosfaataccumulatie (miljoen kilo)	31	29	31	32	-18
Ammoniakemissie (miljoen kilo N)	89	96	76	68	56
Economie (miljoen euro)					
Mestkosten	630	700	490	480	350
Maatschappelijke N-schade	2.940	3.090	2.520	2.290	1.740
Toegevoegde Waarde					
Primaire sector	2.000	2.050	1.800	1.700	1.650
Agrocomplex	11.150	11.420	9.300	8.810	8.610

Bron: PBL

¹ +20% groei melkveestapel, meer ruwvoer; ² -50% varkens en pluimvee; ³ -20% melkvee, -50% IVH, meer eigen veevoerproductie; ⁴ -20% melkvee, -50% IVH, meer veevoer, -50% P-Kmest en N-Kmest, -10% N- en -20% P-veevoer.

De belangrijkste verschillen met het 2008-referentiescenario zijn in blauw weergegeven.

Een groei van de melkveestapel leidt tot een toename van de nationale mestproductie met 10 procent en zou dus leiden tot een overschrijding van het met de EU-commissie afgesproken plafond op het niveau van mestproductie in 2002. De toename van de melkveestapel en het grasareaal leidt tot een toename van de ammoniakemissie, maar een afname van de nitraatuitspoeling. Er zouden dus aanvullende maatregelen nodig zijn om te voldoen aan het NEC-plafond: de extra opgave voor 2010 bedraagt circa 3,5 miljoen kilo NH₃-N.

Omdat ammoniakemissie meer maatschappelijke schade veroorzaakt dan nitraatuitspoeling (vergelijk tabel 2.12), neemt de maatschappelijke schade toe met circa 150

miljoen euro, maar deze schade kan kosteneffectief worden vermeden door het nemen van ammoniak-emissie maatregelen, waarbij er nog voldoende potentieel is bij de aanwending van runderdrijfmest. Tegenover de extra maatschappelijke schade staat een toename van de toegevoegde waarde met 270 miljoen euro per jaar (waarvan 50 in de primaire sector). De mestkosten nemen toe met 70 miljoen euro, omdat er meer mest tegen hogere afzetprijzen moet worden afgezet. De algehele conclusie lijkt dat een groei van de melkveestapel ten koste gaat van de akkerbouw en de graanzelfvoorziening van de intensieve veehouderij (welke daalt van 40 naar 25 procent), en niet ten koste van het milieu of de Nederlandse welvaart, zeker

wanneer de melkveehouderij extra ammoniakmaatregelen neemt.

Halvering van de intensieve veestapel (varkens en pluimvee) in scenario 7 verlaagt de mestproductie met ongeveer 20 procent en lost het mestafzetprobleem in belangrijke mate op. De afzet van dierlijk stikstof en fosfaat buiten de landbouw, of preciezer de in QRS beschouwde 1,77 miljoen ha, daalt met meer dan 50 procent en het restant kan voor een belangrijk deel in de niet-beschouwde 100.000-200.000 ha landbouw worden afgezet.

De ammoniakemissie neemt af met 13 miljoen kilo per jaar, maar de nitraatuitspoeling neemt veel minder af omdat de afname van het gebruik van dierlijke mest (circa 10 procent) wordt vervangen door stikstofkunstmest. Vooral het kunstmestgebruik in de akkerbouw neemt sterk toe. De mestkosten nemen met 140 miljoen euro/jaar af, de besparing op mestafzet (150.000 euro) is groter dan de extra uitgaven voor kunstmest (circa 25.000 euro). De maatschappelijke N-schade daalt met bijna 400 miljoen euro per jaar, maar de afname van de toegevoegde waarde is bijna 2 miljard euro per jaar en veel groter. De afname van toegevoegde waarde in de primaire sector is 200 miljoen euro per jaar en dus circa de helft van de welvaartswinst door minder stikstofschade. Dit roept de vraag op in hoeverre de terugval in toegevoegde waarde in het agrocomplex in dit scenario kan worden verlaagd door meer toevoer, verwerking en distributie naar of van veehouderijproducten uit het buitenland.

In scenario 8 is ook de melkveestapel gekrompen om de afhankelijkheid van veevoerimport voor de intensieve veehouderij te verkleinen en daarmee de nationale voermestkringloop beter te sluiten. In dit scenario hoeft geen voergraan te worden geïmporteerd en kan ook vrijwel alle mest op Nederlandse landbouwgrond worden afgezet. Milieukundig scoort dit scenario beter dan scenario 7. In scenario 8 is de afname van de maatschappelijke N-schade ruim tweemaal zo groot als de afname van de toegevoegde waarde door de primaire sector (in scenario 7 is dat 1,6 maal zo groot), maar weegt ook hier niet op tegen de afname van de totale toegevoegde waarde.

In scenario 9, ten slotte, wordt scenario 8 gecombineerd met een beperking van de kunstmestruimte uit scenario 2 (maar 50 procent in plaats van 100 procent reductie voor fosfaat) en de voermaatregelen van scenario 3. Dit scenario leidt tot fosfaatuitmijning en een gemiddelde nitraatconcentratie onder zandgronden van ruim 30 mg/L, terwijl ook de ammoniakemissie nog eens met 12 miljoen kilo extra daalt. De keerzijde is een verdere daling van de ruwvoerproductie met ruim 1 tot 14,4 Mton (87 procent van referentie), maar nationaal net afdoende voor een sluitende voerbalans. Verder is er sprake van

een negatief fosfaatoverschot van 18 miljoen kilo P_2O_5 per jaar, en dus van uitmijning van de bodem. Uit enkele langetermijnproeven (10-20 jaar) waarbij gekeken is naar het effect van geen fosfaatbemesting op de gewasopbrengsten van akkerbouwgewassen, blijkt dat deze gemiddeld tot 10 procent lager kunnen zijn dan bij een gangbare bemesting van 70-80 kg/ha P_2O_5 (Van Dijk et al. 2007).

De bemestingskosten nemen ten opzichte van scenario 8 met 130 miljoen euro af, terwijl de toegevoegde waarde van de primaire sector met 50 miljoen euro afneemt, en voor het agrocomplex met 200 miljoen euro per jaar. De grote winst in dit scenario is dat de maatschappelijke N-schade met 550 miljoen euro afneemt, waardoor de baten-kostenverhouding veel gunstiger is dan in scenario 8. De maatschappelijke N-baten wegen ruimschoots op tegen het verlies aan toegevoegde waarde in de primaire sector, maar niet tegen het verlies in het agrocomplex. Dus dit scenario is alleen gunstig als er extra maatschappelijke baten kunnen worden gegeneerd, of als verlies aan toegevoegde waarde kan worden gecompenseerd. Extra maatschappelijke baten kunnen er zijn op het vlak van bijvoorbeeld dierenwelzijn, volksgezondheid of leefomgevingskwaliteit (Van Grinsven et al. 2011). Compensatie van het verlies aan toegevoegde waarde is mogelijk door meer export van producten uit de toeleverende industrieën (vooral veevoer), meer import van veehouderijproducten door de verwerkende industrie, of inzet van vrijgevallen productiemiddelen in andere economische sectoren (vooral arbeid; zie ook Stolwijk et al. 2007).

Vergelijking met eerdere ‘krimpstudies’

In dit hoofdstuk worden kort enkele recente studies besproken naar de gevolgen van krimp of groei van de veestapel. Het gaat om de volgende studies:

1. Vrolijk et al. (2010), *Economische gevolgen van een beperking van de veestapel. Quick scan naar winnaars en verliezers*. In deze studie wordt een krimp van de veestapel met 19,5 procent doorgerekend, die voldoende is om een verwacht niet-plaatsbaar fosfaatoverschot van 21 miljoen kilo P_2O_5 op te vangen (zie paragraaf 4.1).
2. Rougoor et al. (2008), *Afschaffing zuivelquotering. Analyse van milieueffecten*. In deze studie worden de milieu-gevolgen onderzocht van een toename van de melkproductie in 2020 in de range van 10-30 procent in 2020 (zie paragraaf 4.2).
3. Vrolijk et al. (2008), *Nationale emissieplafonds 2020. Impact op de Nederlandse landbouw en visserij*. In deze studie worden de gevolgen onderzocht van een krimp van de veestapel met 10, 25 of 50 procent voor de ammoniak-emissie en de economie (sectorsaldo) van de verschillende veehouderijsectoren (zie paragraaf 4.3).
4. Stolwijk et al. (2007), *Analyse van het burgerinitiatief ‘Boeren met toekomst. Effecten van een andere intensieve veehouderij*. In deze studie wordt een krimp van de intensieve veehouderij met 50 procent doorgerekend, in combinatie met meer dierenwelzijn (zie paragraaf 4.4).
5. Van Bruchem (2007), *Verkenning economische aspecten van een kleinere en meer extensieve veehouderij*. In deze studie wordt het effect geanalyseerd van een krimp van de

melkveehouderij met 40 procent en van de intensieve veehouderij met 70 procent (zie paragraaf 4.5).

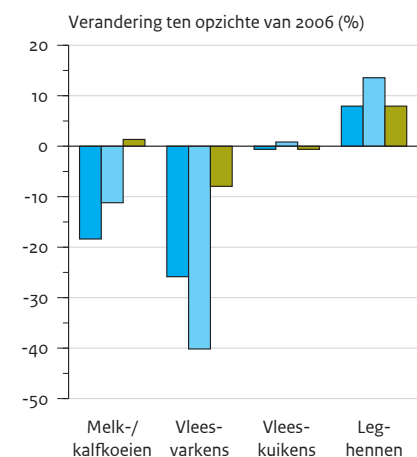
4.1 Economische gevolgen van een beperking van de veestapel

Het doel van deze studie van Vrolijk et al (2010) is om in beeld te brengen wat de economische gevolgen zijn van een beperking van het productievolume van de veehouderij tot een niveau dat er in 2020 evenwicht is op de mestmarkt. Op basis van de voorgenomen normstelling wordt ervan uitgegaan dat in 2015-2020 geen afzetruimte is voor 50 miljoen kilo stikstof en 21 miljoen kilo fosfaat uit rundvee- en varkensmest. In de studie worden twee krimpscenario's vergeleken om de mestproductie in overeenstemming te brengen met de beschikbare afzetruimte. Scenario A legt een generieke krimp op van 19,5 procent voor zowel de melkvee- als varkenshouderij. Scenario B differentieert krimp per sector gericht op minimalisatie van economische schade. Beide krimpscenario's leiden tot een kleinere veestapel dan in de raming voor 2020 van Silvis et al. (2009) (figuur 4.1). Scenario B leidt tot een kleinere krimp (<12 procent) van de melkveestapel, meer groei van de pluimveestapel (>10 procent) en een sterke krimp van de varkensstapel (<35 procent). Door krimp van de veestapel nemen de mestafzetkosten af, maar dit weegt niet op tegen de afname van het sectorsaldo door de krimp van de veestapel; in

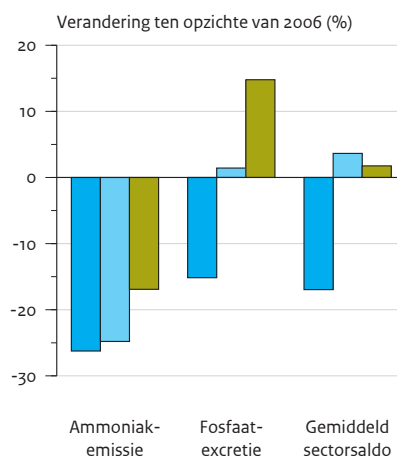
Figuur 4.1

Effecten van kleinere veestapel voor evenwicht op de mestmarkt, 2006 – 2020

Omvang veestapel per sector



Milieu en economie



- Scenario A (19,5% krimp op melkveehouderij en varkenshouderij)
- Scenario B (economische optimalisatie van krimp)
- Raming (Silvis, 2009)

Bron: Vrolijk et al. (2010); bewerking PBL

scenario A neemt het saldo af met 5 procent (0,25 miljard euro) in scenario B met 2 procent (0,08 miljard euro). Als tevens rekening wordt gehouden met schaalvergroting waarbij groeiende bedrijven fosfaatafzetrechten moeten opkopen van stoppende bedrijven, wordt er geld aan de sector onttrokken. Dan daalt het saldo met 15 procent (0,73 miljard euro) in scenario A en met 8 procent (0,37 miljard euro) in scenario B. QRS berekende een daling van de bruto toegevoegde waarde van de primaire landbouwsector van 10 procent bij een krimp van varkens en pluimveestapel met 50 procent (scenario 7), en van 15 procent bij een aanvullende krimp van de melkveestapel met 20 procent (scenario 8; zie tabel 3.7). Dit lijkt redelijk consistent, omdat in het QRS-scenario met een 2,5 maal zo grote krimp van de varkens- en pluimveestapel wordt gerekend. De daling van de netto toegevoegde waarde van het agrocomplex wordt berekend op 1,9-2,3 miljard euro. QRS berekent voor scenario 7 en 8 een vergelijkbare daling van 1,9, respectievelijk 2,3 miljard euro.¹

4.2 Afschaffing zuivelquotering: analyse van milieueffecten

In deze studie van Rougoor et al. (2008) wordt de melkquotering geleidelijk richting 2015 verruimd en daarna afgeschaft. Deze studie is uitgevoerd op verzoek

van de Tweede Kamer en het voormalige ministerie van VROM vanwege zorgen over de consequenties van deze verruiming voor het milieu. De studie kijkt vooral naar de gevolgen voor de uitstoot van ammoniak en broeikasgassen, waar de bijdrage van de melkveehouderij groot is (circa 50 procent).

De studie concludeert dat in 2020, ondanks extra maatregelen, een verwachte verlaging van het EU NEC-emissieplafond voor ammoniak in 2020 en de in een sectorconvenant (i.k.v. Schoon en Zuinig) afgesproken reductie van de emissie van broeikasgassen met 30% ten opzichte van 1990 niet kunnen worden gehaald. De studie beveelt aan om de productieruimte voor melk na 2015 niet uit te breiden en om extra milieugelden te nemen. Voor de langere termijn suggereert het rapport ook de invoering van verhandelbare ammoniak- en broeikasgasemissierechten (zie ook tabel 4.1).

De door Rougoor et al. berekende excretie van N en P ligt aanzienlijk lager dan de cijfers in QRS, welke gebaseerd zijn op CBS (2010), mogelijk omdat niet de volledige veehouderij wordt beschouwd. De N-productie (na aftrek van gasvormig verliezen) volgens QRS/CBS in 2008 is 432 miljoen kilo, in deze studie 377 miljoen kilo; de productie van fosfaat in QRS/CBS is 177 miljoen kilo, in deze 166 miljoen kilo (figuur 4.2). De met QRS berekende emissie van ammoniak uit de landbouwsector ligt 11 miljoen kilo lager dan in deze studie, en dit verschil is gelijk aan het

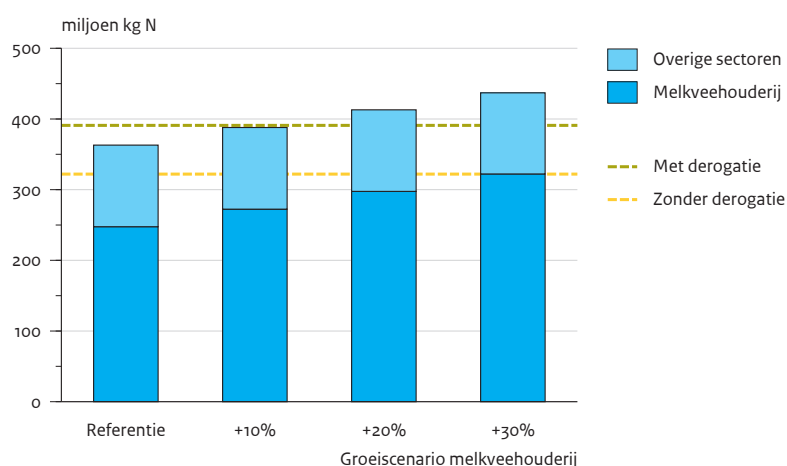
Tabel 4.1

Overzicht van milieueffecten van verruiming en afschaffing van de zuivelquotering in Nederland

	2007/2008	2015					2020
		ref	8%	ref	10%	20%	30%
Plaatsingsruimte N (miljoen kg)	391			(322-391)			
N-productie (miljoen kg)	377	366	386	363	388	413	437
Plaatsingsruimte P ₂ O ₅ (miljoen kg)	176	143	143	143	143	143	143
P ₂ O ₅ -productie (miljoen kg)	166	162	169	160	169	179	188
Ammoniakemissie (miljoen kg NH ₃)	121	111	115	110	115	121	127
Broeikasgasemissie melkvee (Mton)	13,3	12,5	13,4	12,0	13,1	14,3	15,4

Bron: Rougoor et al. (2008)

Figuur 4.2

Stikstofproductie van melkveehouderij, 2020

Bron: Rougoor et al. (2008)

verschil tussen QRS en MAMBO (zie ook paragraaf 1.5.4).

4.3 Nationale emissieplafonds 2020

Dit rapport van Vrolijk et al. (2008) concentreert zich op effecten van nieuwe emissieplafonds, opgelegd door de EU voor het jaar 2020, op de productie en inkomensmogelijkheden in de Nederlandse landbouwsector. Deze studie voorspelt, in overeenstemming met Rougoor et al. (2008), een groei van de melkproductie in 2020, vooral door een groei van de melkproductie per koe. De verwachting is dat maatregelen in de sector, in reactie op een aanscherping van het mest- en ammoniakbeleid, voorkomen dat de ammoniakemissie stijgt, maar dat niet voorkomen kan worden dat de emissies van fijn stof en broeikasgassen zullen stijgen (zie tabel 4.2). Scenario B

gaat uit van afschaffing van het EU-melkquotum; beperking van EU-importheffingen; aanscherping van de stikstofderogatie tot 230 kg/ha; aanscherping van de gebruiksnormen conform de voornemens in het 4^e Actieprogramma voor de Nitraatrichtlijn, een aanscherping van 30 procent van de (totale) stikstofgebruiksnormen ten opzichte van 2006. In scenario B wordt uitgegaan van een groei van de melkproductie per koe met 1 procent per jaar en zou de melkproductie in 2020 circa 15 procent hoger zijn dan in 2006. Vrolijk et al. (2008) voorspellen een ammoniakemissie in 2020 van 88 miljoen kilo (zie ook tabel 4.3). QRS berekent een waarde van 96 miljoen kilo, zonder extra emissiereductie-maatregelen.

Scenario B laat zich redelijk goed vergelijken met de QRS-berekening voor de Normstelling 2008, met 20 procent groei van de veestapel. De excretie in Vrolijk et al. (2008)

Tabel 4.2

Overzicht van de emissies en het sectorsaldo in de basis en in scenario B

Stof	Basis 2006	Scenario B - 2020
Ammoniak (miljoen kg NH ₃)	117	107
Fijn stof (miljoen kg PM ₁₀)	8,2	9,3
Methaan (miljoen kg CH ₄)	415	429
Lachgas (miljoen kg N ₂ O)	30,4	28,1
Sectorsaldo (miljard euro) ¹	5,2	3,9

Bron: Vrolijk et al. (2008)

¹ Opbrengst minus toegerekende variabele kosten; prijzen 2006

Tabel 4.3

Emissie van ammoniak, lachgas en methaan en het sectorsaldo in 2020 in scenario B en voor twee typen volumemaatregelen

	-10%		-20%		-30%	
	Scen B	NP	AantD	NP	AantD	NP
Ammoniak (miljoen kg NH ₃)	106,9	99,9	100,3	89,9	90,5	67,9
Fijn stof (miljoen kg PM ₁₀)	9,3	8,1	8,3	6,2	7,0	3,3
Methaan (miljoen kg CH ₄)	429	390	380	332	322	239
Lachgas (miljoen kg N ₂ O)	28,1	27,0	26,9	25,5	25,6	21,2
Sectorsaldo (miljard euro) ¹	3,9	3,8	3,6	3,4	3,3	2,5

Bron: Vrolijk et al. (2008)

¹ Opbrengst minus toegerekende variabele kosten; prijzen 2006.

NP is een scenario waarbij de mineralenproductie wordt gereduceerd, AantD is een scenario waarin het aantal dieren wordt gereduceerd. Scenario B correspondeert macro-economisch met het Global Economy-scenario van de WLO in combinatie met streng milieubeleid.

ligt voor N 81 miljoen kilo lager, en voor P₂O₅ 25 miljoen kilo lager, omdat QRS nog geen rekening houdt met extra voermaatregelen. Het dierlijke mestgebruik in scenario B is lager dan in QRS omdat scenario B rekent met de voorgenomen normstelling voor 2015 en een verlaging van de derogatie.

Uit figuur 4.3 blijkt dat in Vrolijk et al. (2008) de milieueffecten (ammoniakemissie en fosfaatexcretie) en het totale saldo in de veehouderij proportioneel afnemen met de omvang van de krimp van de veestapel. Wanneer we kijken naar het effect van krimp op het saldo per deelsector, valt op dat voor de varkenshouderij het sectorsaldo toeneemt terwijl de varkensstapel sterker krimpt, namelijk met 25 procent ten opzichte van 10 procent. Dat wil zeggen dat de derving aan bedrijfsinkomsten door 15 procent minder varkens meer dan gecompenseerd wordt door een afname van de mestafzetkosten. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de ontwikkeling van de mestafzetprijzen bij dit soort grote ingrepen in de sector erg onzeker is. Voor scenario A wordt aangenomen dat de mestafzetkosten voor varkensdrijfmest stijgen, van ruim 8 euro/ton in 2006, naar 23 euro/ton in 2020 volgens scenario B. In Vrolijk et

al. (2008) wordt voor 2020 aangenomen dat de mestafzetprijs bij een generieke krimp van de veestapel met 19,5 procent daalt naar 7,5 euro/ton. In 2010 varieerde de afzetprijs voor varkensmest tussen de 15 en 25 euro/ton.

4.4 Analyse van het burgerinitiatief

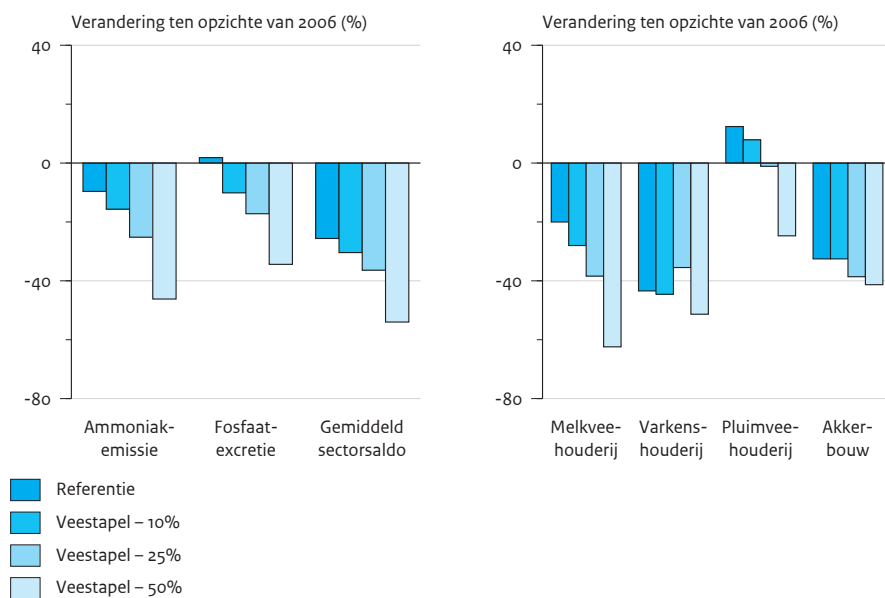
In deze studie van Stolwijk et al. (2007) is een voorstel doorgerekend van Milieudefensie en Jongeren Milieu Actief, dat onderdeel was van het burgerinitiatief uit 2007. De essentie van dit scenario, met zichtjaar 2018, is een halvering van de intensieve veestapel en een omschakeling naar meer diervriendelijke huisvestingssystemen die voldoen aan de normen voor biologische veehouderij. Daarbovenop stelt het scenario een bovengrens aan de bedrijfsgrootte, een beperking op de invoer en/of gebruik van onduurzaam geproduceerde soja, een heffing op vlees en structurele inkomenssteun voor omgeschakelde boeren (zie ook figuur 4.4 en 4.5).

Figuur 4.3

Effecten van kleinere veestapel voor realisatie NEC-plafonds, 2006 – 2020

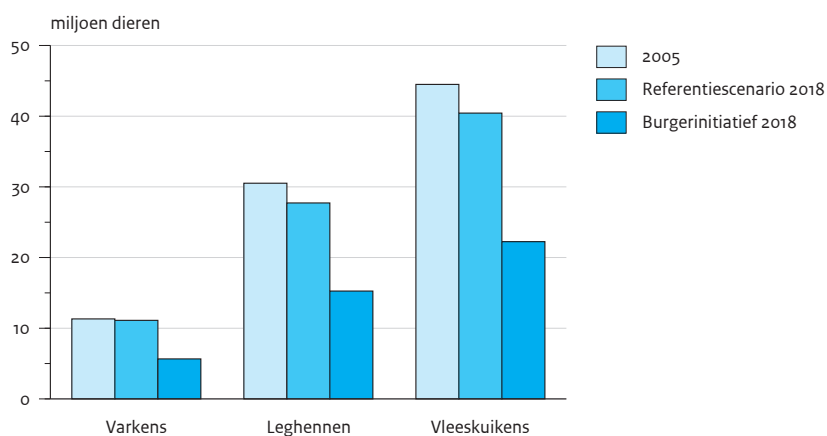
Milieu en economie

Sectorsaldo



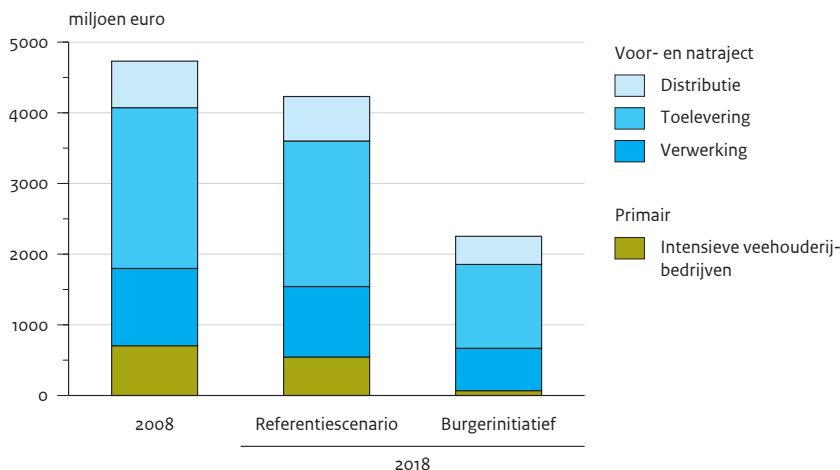
Bron: Vrolijk et al. (2008)

Figuur 4.4

Omvang veestapel

Bron: Stolwijk et al. (2007); bewerking PBL

Figuur 4.5
Bruto toegevoegde waarde intensieve veehouderijcomplex



Bron: Stolwijk et al. (2007); bewerking PBL

Tabel 4.4
Ammoniakemissie per dierplaats in de referentie en voor de biologische veehouderij

	Referentie 2018	Biologisch kg/dier
Vleesvarkens	1,4	3,2
Fokvarkens	2,8	3,8
Leghennen	0,111	0,284
Vleeskuikens	0,045	0,072

Bron: Stolwijk et al. (2007)

In deze studie wordt verondersteld dat de stalemissie van ammoniak per dier voor biologische stalsystemen ongeveer tweemaal zo hoog is als in het referentie-scenario voor 2018 met emissiearme huisvesting (zie tabel 4.4). De toename is het gevolg van diervriendelijke huisvesting, met meer oppervlak per dier en gelegenheid voor uitloop. Hierdoor wordt de afname van de ammoniakemissie door een krimp van de intensieve veehouderij met 50 procent bijna geheel tenietgedaan door de toename van de emissie per dier.

Het economische effect van het burgerinitiatiefscenario is een daling van de toegevoegde waarde met 2 miljard euro ten opzichte van het referentiescenario in 2018. Deze afname is vergelijkbaar met het verschil van 1,9 miljard euro tussen scenario 7 (50 procent reductie van varkens en pluimvee) en het basisjaar 2008. In deze studie worden verder ook de extra kosten beschouwd voor de overheid voor sanering en inkomenssteun van de

veehouderijsector. Deze kosten zijn aanzienlijk en structureel na 2018 en worden op 600 miljoen euro geschat; deze kosten worden gecompenseerd door een vleestaks van 0,85 euro/kg, die jaarlijks 660 miljoen euro oplevert.

4.5 Verkenning van een kleinere en meer extensieve veehouderij

Deze studie van Van Bruchem (2007) is verricht op verzoek van Milieudefensie en is sterk gelieerd aan de doorrekening van het burgerinitiatief in Stolwijk et al. (2007). Uitgangspunt voor de passende omvang van de veestapel was dat conform het 4^e Nationale Milieubeleidsplan (2001) de ammoniakemissie zou moeten dalen tot 50 miljoen kilo NH_3 . Dit is in deze studie

Tabel 4.5

Vergelijking van de doorrekening van het burgerinitiatiefsценario

Afname t.o.v. referentie	Stolwijk et al. (2007)	Van Bruchem (2007)
Werkgelegenheid (arbeidsjaren)	-15.000	-50.000
Bruto toegevoegde waarde agrocomplex (euro/jaar)	-2 miljard	-6 miljard
Structurele saneringskosten (euro/jaar)	600 miljoen	820 miljoen
Krimp intensieve veehouderij	-50%	-70%
Krimp melkveehouderij	0%	-40%
Ammoniak (kg/jaar NH ₃)	96 miljoen	55 miljoen

Tabel 4.6

Overzicht van krimpscenario's voor de veestapel

Krimpscenario	Bron	NH ₃ -emissie (miljoen kilo) (afname t.o.v. referentiejaar)	Afname bruto toegevoegde waarde (miljard euro)
20% veestapel	Vrolijk et al. 2010	86 (-20)	2,0
25% veestapel	Vrolijk et al. 2008	90 (-17)	1,8
50% varkens, pluimvee	Stolwijk et al. 2007	116 (-19)	2
70% vleesvee, 40% melkvee	Van Bruchem, 2007	55 (-65)	6
50% varkens, pluimvee	Deze studie	89 (-15)	1,9
50% vleesvee, 20% melkvee	Deze studie	66 (-27)	2,5

In Vrolijk et al. (2008, 2010) hebben de cijfers betrekking op het sectorsaldo. De referentiejaar variëren van 2005 tot 2008, zichtjaren van 2018 tot 2020 (2030 in Van Bruchem).

vertaald naar een krimp van de melkveestapel met een derde (melkproductie met 40 procent) en van de intensieve veestapel met 70 procent. Bij dit laatste wordt uitgegaan van de biologische veehouderij met hogere emissies per dier. Het zichtjaar is 2020. De studie verwacht dat in 2020 het aantal bedrijven in de melkvee-, varkens- en pluimveesector in het krimpscenario vergelijkbaar is met de referentie; het zijn dus kleinere bedrijven met minder dieren. De veehouderij wordt dan meer grondgebonden, waardoor de productiekosten stijgen. Van Bruchem schat in dat de melkprijs in het krimpscenario 15-20 procent hoger is en de vleesprijs ongeveer 55 procent hoger. Als de producten in Nederland worden afgezet, zou de consument 4 procent, of 200 euro per huishouden, per jaar meer kwijt zijn voor voedseluitgaven. Opvallend is dat Van Bruchem (2007) de gevolgen voor de nationale werkgelegenheid en economie veel ernstiger inschat dan Stolwijk et al. (2007) (zie tabel 4.5). Oorzaak is dat Van Bruchem geen rekening houdt met de waarschijnlijkheid dat een groot deel van de vrijgevallende arbeidskrachten uit de veehouderijkolom op termijn emplooi zal vinden in andere economische sectoren en daar ook toegevoegde waarde zal creëren (Stolwijk et al. 2007).

In het krimpscenario zoals gedefinieerd door Van Bruchem, is het mest- en ammoniakprobleem opgelost.

In dit scenario is Nederland bijna zelfvoorzienend wat betreft zuivel, vlees en eieren.

4.6 Conclusies en positionering QRS-model

De uitgangspunten van de hiervoor beschreven krimpstudies laten zich goed vergelijken, en de berekende milieuresultaten ten opzichte van de referentie zijn consistent wat betreft de productie en het gebruik van mest en de emissie van ammoniak. Dit ondanks dat er wel verschillen zijn in de uitgangspunten wat betreft implementatie van milieumaatregelen en welzijnsmaatregelen (tabel 4.6).

In een deel van de studies zijn ook de effecten berekend op de emissies van broeikasgassen en fijn stof, maar het valt op dat in geen van de studies wordt gekeken naar de effecten op het grond- en oppervlaktewater. De uitgangspunten en resultaten voor de economische effecten zijn minder goed vergelijkbaar. Bij de berekening van de gevolgen van economische resultaten worden verschillende kentallen en uitgangspunten gebruikt. Zo wordt soms het sectorsaldo, soms de toegevoegde

waarde gebruikt, wordt soms wel, soms geen rekening gehouden met saneringskosten. Een ander punt van verschil tussen de studies is het al dan niet meenemen van mestafzetkosten, van kosten voor de aanschaf of het verdwijnen van productierechten en saneringskosten van een krimp. Een ander punt van verschil is het gebruik van de semistatische benadering voor effecten op de nationale economie, versus een benadering die ook kijkt naar *rebound*-effecten. De semistatische benadering wordt het meest toegepast en vertaalt een krimp van de veestapel proportioneel naar een effect op de toegevoegde waarde.

De uitgangspunten en resultaten van de doorrekeningen van krimpscenario's met het QRS-model sluiten goed aan bij de behandelde krimpstudies. QRS is meer integraal en beschouwt als enige model de uitspoeling van nitraat, de accumulatie van fosfaat en de maatschappelijke schade door stikstofemissies. QRS is ook het enige model waarin het bodemgebruik kan worden aangepast bij extremere krimp- of groeiscenario's, bijvoorbeeld om de ruwvoerbilans te bewaren.

Noot

- 1 Dit is toch consistent, omdat de veestapelkrimp in de QRS-scenario's groter is. Een oorzaak is dat QRS de toegevoegde waarde van het veehouderij- en akkerbouwcomplex mogelijk te laag berekent (factor 1,5)

Opties voor een betere sluiting van de nutriëntenkringlopen

5.1 Mogelijke indicatoren, kwantificering en onderlinge samenhang

De ambities voor een vermindering van de overschotten, het verhogen van de bronefficiënties, een sluiting van de voer-mestkringlopen en een sluiting van nutriëntenkringlopen zijn sterk gekoppeld. Bovendien is de kwantificering sterk afhankelijk van het schaalniveau van de analyse. Dat schaalniveau loopt voor Nederland op van perceel tot landbouwbedrijf, van de landbouwsector (eventueel deelsectoren of alleen de bodembalans voor de sector) tot een analyse voor de nationale economie (tabel 5.1).

Dit maakt het moeilijk om beleidsdoelen voor kringloopsluiting te definiëren. In de *Argumentenkaart voer-mestkringloop* van het ministerie van LNV uit 2010 wordt een gesloten voer-mestkringloop gedefinieerd als 'een productieketen die de mineralen in de bodem in evenwicht houdt doordat er evenveel mineralen aan de grond worden onttrokken (door voederproductie) als aangevoerd (door bemesting). Voederproductie maakt hierbij optimaal gebruik van dierlijk mest'. Deze definitie lijkt sterk op die van evenwichtsbemesting en is het best bruikbaar voor fosfaat, omdat bij fosfaat geen gasvormige verliezen optreden. De *Toekomstvisie Duurzame Veehouderij* (LNV 2008) wil de reikwijdte van voer-mestkringlopen grotendeels beperken tot bedrijfsniveau, nationaal of Noordwest-Europees niveau. Wanneer we de resultaten van enkele van de met QRS doorerekende scenario's gebruiken om de kringloop-

sluiting volgens bovenstaande definities te analyseren, ontstaat het volgende beeld (tabel 5.2).

5.1.1 Voer-mestkringloop

De verhouding tussen de bruto nutriëntenstromen in de Nederlandse productie van veevoer en van mest is een maat voor de sluiting van de voer-mestkringloop. Als deze waarde kleiner dan 1 is, is de Nederlandse voer-mestkringloop niet gesloten. Dan worden er meer nutriënten door de veehouderij uitgescheiden dan er weer worden teruggevoerd via de Nederlandse binnenlandse veevoerproductie (figuur 2.2). Dan zijn er extra ingrepen nodig om voertekorten aan te vullen met voerimport, of mestoverschotten af te voeren via export. Deze ingrepen zijn kenmerken van de Nederlandse veehouderij en economisch en logistiek gezien verregaand geoptimaliseerd. Maar ze geven wel een risico voor afwenteling, omdat Nederland geen controle heeft op de wijze van veevoerproductie en aanwending van Nederlandse mest elders. Alleen in scenario 9 en (bij benadering) 7 is er voor fosfaat sprake van een gesloten voer-mestkringloop. Dit betekent dat er in scenario 7 in principe geen import van mineraal fosfaat (kunstmest) meer nodig is voor voeding voor de veehouderij. De kringloopsluiting voor N is iets beter dan voor P, door de hoge zelfvoorziening van relatief N-rijk ruwvoer in de melkveehouderij. Scenario 2, waarin het kunstmestgebruik wordt beperkt, leidt tot een minder goede sluiting, omdat de nutriëntenafvoer door het lagere kunstmestgebruik via het veevoer relatief meer daalt dan de excretie.

Tabel 5.1

Overzicht van mogelijke definities van kringloopsluiting en enkele overwegingen daarbij

Definitie	Overwegingen
1. Sluiting voer-mest(nutriënten)kringloop: <i>Precies:</i> de term 'voer-mest' impliceert het terugvoeren van nutriënten naar de plek van herkomst: bijvoorbeeld dierlijke mest naar de akker waar het veevoer vandaan komt, humaan afval terug naar de landbouw, kunstmestindustrie, veevoerindustrie. Bijvoorbeeld terugvoer als percentage van de aanvoer. <i>Rekkelijk:</i> het compenseren van maatschappelijk onwenselijke ophoping of uitputting van nutriënten elders als gevolg van de productie van veevoer of de aanwending van mest.	- Het risico van onbeheersbare afwenteling (zowel ophoping als uitputting) vermindert. - De herkomst en de bestemming van nutriëntenstromen over grote afstand zijn moeilijk te monitoren. - Efficiënt omgaan met nutriënten is niet altijd energie-efficiënt of kostenefficiënt voor de producent: lokaal veevoer is duurder dan geïmporteerd veevoer, en verwerkte mest (bijvoorbeeld) terugschepen naar Zuid-Amerika is minder energie- en kostenefficiënt dan betaling voor de lokale aankoop van kunstmest.
2. Verminderen overschot: Streven naar een situatie waarin de aanvoer gelijk is aan de afvoer (plus een onvermijdelijk verlies). De hoogte van het overschot is sterk afhankelijk van de schaal en/of systeembegrenzing. Voorbeelden van operationalisering: - de aanvoer van P in kunstmest en diermest op een landbouwperceel is gelijk aan de afvoer via gewassen; - de aanvoer van kunstmest en veevoer op een landbouwbedrijf of aan de landbouwsector is gelijk aan de afvoer via nuttige producten.	- Als ophoping en uitputting nadelig zijn, is het langetermijnstreven om een overschot van nul te realiseren. Echter, bij grote ophoping/schaarste kan tijdelijk ook worden gestreefd naar een negatief overschot voor landbouwgrond (uitmijnen); bij onvermijdelijke verliezen of een suboptimale bodemtoestand wordt gestreefd naar een positief P-overschot. - Extra prikkels als grondstoffen, nutriënten en energie schaars zijn en dus duur. N is anders dan P, omdat een groot deel van N uiteindelijk als N₂ verdwijnt (wat gunstig is voor het milieu, en ongunstig voor de energie-efficiëntie).
3. Verhogen efficiëntie: Efficiëntie is de verhouding tussen de aanvoer van nutriënten in grondstoffen en de afvoer en nutriënten in nuttige producten (dus bijvoorbeeld de verhouding tussen P in gewas en P in de som van kunstmest en diermest; tussen P in karkas en P in veevoer. Relatie met bronefficiëntie.	- Kan economisch ongunstig zijn: afhankelijk van de prijzen van grondstoffen voor kunstmest, en specifiek voor veevoer voor grondstoffen met de juiste N- en P-gehalten. - Er zijn 'biofysische' bovengrenzen aan de efficiëntie door de onvermijdelijkheid van verliezen.
4. Verlagen milieuemissies: Het verlies van nutriënten naar lucht, water en bodem als oorzaak van het verlies aan natuur, gezondheid en klimaatstabiliteit. Verliezen zijn uit te drukken als fractie van het overschot of van de aanvoer.	Omdat landbouwnutriënten in meerdere vormen naar meerdere compartimenten emitteren, is er het risico dat een afname van de ene lekstroom gepaard met een toename van de andere (probleem van <i>pollution swapping</i>, of <i>hole in the pipe</i>). Het gaat om het netto-effect van de maatregel.

Tabel 5.2

Kwantificering van enkele indicatoren voor sluiting van nutriëntenkringlopen voor scenarioberekeningen met het QRS-model

Scenario	Voer / mest P	N	Over- schot P ₂ O ₅	N	Effic. grond P	N	Effic. dier P	N	Effic. sector P	N	N- emissie
	%	%	mln kg	mln kg	%	%	%	%	%	%	mln kg
2008	67	80	30	281	73	59	32	28	57	39	155
2015	65	77	0	250	88	60	32	28	63	39	143
2	62	70	-1	166	87	63	31	25	70	47	131
7	85	94	36	251	73	60	31	26	59	39	136
9	105	95	2	95	89	68	45	33	85	61	84

Bron: PBL

5.1.2 Nutriëntenoverschotten

Voor fosfor is deze indicator het meest inzichtelijk, omdat er hier nauwelijks onvermijdbare fosfaatverliezen zijn en omdat de landbouwkundige werking van fosfaat gelijk wordt verondersteld aan die van kunstmest. Voor fosfor is een overschot van nul daarom een realistisch beleidsdoel. In de normstelling 2015 en in de scenario's 2 en 9 (bij normstelling 2008) is er geen fosfaatoverschot en wordt dit doel dus vrijwel gehaald. Voor stikstof ligt het complexer vanwege de deels onvermijdbare gasvormige verliezen en de lagere landbouwkundige werking van dierlijke mest ten opzichte van stikstofkunstmest. Voor stikstof is volledige sluiting van de voer-mestkringloop geen realistisch doel. Maar het overschot kan aanzienlijk verlaagd worden tot wel 40 procent van het huidige overschot, vooral door beperking van het stikstofkunstmestgebruik (scenario 2 en 9).

5.1.3 Efficiënties en emissies

De nutriëntenefficiënties voor dierlijke productie zijn meer dan tweemaal zo laag als die van de plantaardige productie. De belangrijkste manier om de efficiënties voor de dierlijke productie te verhogen, is verlaging van N- en P-gehalten in voer. De belangrijkste manier om de efficiënties voor de veevoerproductie te verhogen, is verlaging van de gebruiksnormen en daarbinnen prikkels om de kunstmestruimte minder op te vullen. De efficiënties voor scenario 7, waarin alleen de intensieve veehouderij krimpt, zijn nauwelijks hoger dan in de 2008-referentie, omdat de afname van het gebruik van dierlijke mest wordt gecompenseerd door meer kunstmestgebruik. Omdat QRS vaste (kwadratische) opbrengstrelaties voor stikstof gebruikt, is verhoging van de efficiëntie van de plantaardige productie alleen mogelijk door minder N toe te dienen, en daarbij enig verlies aan drogestofopbrengst te accepteren. Omdat in QRS geen gewasrepons op de P-bemesting wordt beschouwd, zijn de effecten in tabel 5.2, het gevolg van de N-respons. De resultaten voor scenario 9 laten zien dat relatief kleine verschillen in nutriëntenefficiënties grotere gevolgen kunnen hebben voor milieuemissies. Milieuemissies zijn gerelateerd aan het complement van de landbouwkundige efficiëntie. Scenario 7 heeft wel lagere milieuverliezen, omdat 1 kilo N in de vorm van kunstmest tot minder ammoniakemissies en een lager N-overschot leidt, en dus tot lagere nitraatuitspoeling, dan 1 kilo N uit dierlijke mest.

5.1.4 Conclusies

Bovenstaande illustreert dat er wel een relatie is tussen de indicatoren (1) sluiting voer-mestkringloop, (2) nutriëntenoverschot, (3) nutriëntenefficiënties en (4) nutriëntenemissies, maar dat deze relatie niet eenduidig is. Een verbetering voor de ene indicator betekent niet altijd een verbetering van de andere indicatoren. Neem

bijvoorbeeld een scenario met een grotere veestapel en schaalvergroting, in combinatie met technische innovaties op het gebied van ammoniakemissiereductie en mestverwerking:

- de sluiting van de voer-mestkringloop wordt minder door een toename van de veevoerimport en de excretie;
- er zijn risico's op een toename van vooral het stikstofoverschot (door de onvermijdelijke gasvormige verliezen), maar ook op een toename van het fosfaatoverschot als de export van mestproducten niet gegarandeerd of kostbaar blijkt;
- de efficiëntie voor dierlijke en plantaardige productie binnen de sector zal neigen naar een toename, omdat schaalvergroting investeringen mogelijk maakt in technische maatregelen (bijvoorbeeld voerspoor, precisiebemesting);
- er is een risico dat emissies die gekoppeld zijn aan de mestproductie (ammoniak, methaan, lachgas) zullen toenemen als technische maatregelen onvoldoende effectief blijken, zowel door problemen bij de techniek als bij de naleving.

De meeste kansen voor een betere sluiting in de Nederlandse landbouwsector liggen in een combinatie van een kleinere veestapel en een vermindering van het kunstmestgebruik. Een beperking van de gebruikruimte voor fosfaat en stikstof is een sterke prikkel om de landbouwkundige werking van het gebruik van dierlijke mest en kunstmest te verbeteren. Een dergelijke prikkel is er ook bij hoge prijzen voor kunstmest (zoals sinds 2008) of dierlijke mest (de afgelopen 25 jaar was dat niet het geval).

Zoals eerder betoogd, zijn de opties voor sluiting van voer-mestkringlopen afhankelijk van het schaalniveau (systeemafbakening), evenals van de waarde van de bovengenoemde indicatoren. Als er goede redenen zijn om te veronderstellen dat de efficiëntie en milieueffecten van veevoerproductie en mestaanwending buiten Nederland even goed zijn als in Nederland, dan zouden veevoerimport en mestexport niet tot afwenteling leiden. Dan resteert alleen het nadeel dat de aan de veehouderij verbonden nadelige lokale leefomgevingseffecten (onder andere door emissies van nitraat, ammoniak en fijn stof) zich concentreren in Nederland. In feite wentelt in deze situatie de buitenlandse consument van de Nederlandse exportproducten de externe schade af op Nederland (footprint). Gezien de hoge efficiënties van de moderne Nederlandse landbouw ten opzichte van het buitenland, ligt het in de rede dat de Nederlandse veehouderij externe kosten afwentelt door import van veevoer en export van mest, maar hierover is weinig kwantitatieve informatie.

Tabel 5.3

Aanvoer en afvoer van fosfor in de Nederlandse economie

	Aanvoer	Afvoer
	miljoen kilo P	
Veevoerders	62	19
Levensmiddelen	74	81
(An)organische verbindingen	327	283
Totaal	463	383

Bron: CBS-statline

Tabel 5.4

Overzicht van de aard en omvang van fosforrestromen (in miljoen kilo P) en het percentage hergebruik in 2006

Reststroom	Deelstroom	Fosforinhoud en percentage hergebruik
Dierlijke mest		62 (88%)
	Export	7
	Asrest pluimveemest	3,5 ³ (onbekend)
Gewasresten		4 (99%)
Afvalwater, -slib en -as		30 (23%)
	Huishoudelijk	20 (15% ¹)
	Industrie	10 (30% ²)
	(waarvan RWZI-as)	5 ³ (0%)
Industrie		16
	Veevoer	2,5 (0%)
	Voeding	13,5 (45%)

Bron: Smit et al. 2011

¹ Cementindustrie en compost; ² cementindustrie; ³ Postma et al. 2011; onduidelijk is welke fractie wordt hergebruikt: DEP claimt hergebruik bij kunstmestindustrie België en BRD. DEP verwerkt 400 miljoen kilo: dit correspondeert met circa 3,5 miljoen kilo P.

5.2 Opties voor beter hergebruik van reststromen

Een ander schaalniveau voor een betere sluiting van kringlopen is dat van de gehele Nederlandse economie. Het streven is dan meer hergebruik van reststromen uit andere sectoren van de Nederlandse economie, zoals industrie en afval. In 2005 werd er in Nederland netto 44 miljoen kilo anorganisch P aangevoerd (CBS-statline). Het grootste deel (83 procent) van de bruto aanvoer van fosfaat wordt weer geëxporteerd: waarvan 45 miljoen kilo als aan landbouw en voedsel gerelateerde producten. Van die 44 miljoen kilo netto fosfaataanvoer in 2005 werd 21 miljoen kilo gebruikt als kunstmest, 7 miljoen kilo als additief in veevoer (Smit et al. 2011; vooral pluimveevoer) en de rest voor andere producten (tabel 5.3). Met het oog op verbetering van de efficiëntie van het gebruik van grondstoffen (*resource efficiency*), de verwachte toename van fosfaatschaarste en de ongewenste effecten van te veel fosfaat in het watermilieu, is verhoging van de fosfaatefficiëntie van de Nederlandse economie, met

daarbinnen als belangrijkste sector de landbouw, een belangrijk aspect van verduurzaming.

Als we ons focussen op de landbouwsector, zijn er de volgende oplossingsrichtingen:

1. het verminderen van de aanvoer (kunstmest en veevoer additief);
2. het verhogen van de afvoer (duurzame afzet/export van mest(-producten), het verhogen van de plantaardige en dierlijke productie);
3. het verminderen van de diffuse verliezen naar milieu en van afval (stort en verbranding).

Richting 1 en 2 impliceren een verhoging van de fosfaatefficiëntie; wat betreft 1. door behoud van de productie bij gelijke aanvoer, wat betreft 2. door verhoging van de productie bij gelijke aanvoer. Zowel in de plantaardige als de dierlijke sector is hier nog veel perspectief (zie Van Dijk et al. 2007a; Enk et al. 2011; Krimpen et al. 2010). Wat betreft vermindering van verliezen door beter hergebruik van reststromen zijn er drie opties (tabel 5.4):

1. hergebruik RWZI-slib (30 miljoen kilo) via struviet of RWZI-as (momenteel 5 miljoen kilo) als grondstof voor kunstmest;
2. hergebruik van bewerkte dierlijke mest als kunstmestvervanger (14 miljoen kilo in 2009); hiervan komt circa 3,5 miljoen kilo beschikbaar als as van verbranding van pluimveemest (Postma et al., 2011);¹ het lot van de pluimveeas is niet duidelijk;
3. meer hergebruik van reststoffen uit de voedingsindustrie als grondstof voor veevoer of kunstmest; inclusief reststoffen uit de veevoerindustrie gaat het om maximaal 10 miljoen kilo P.

Totaal gaat het om 54 miljoen kilo P, waarvan 9 miljoen kilo als verbrandingsassen. Die 9 miljoen kilo is technisch gezien het meest eenvoudig te verwerken en voldoende om de huidige import van nog slechts 6 miljoen kilo anorganisch fosfaat (2010: CBS-statline) in de landbouw te vervangen. Hierbij moet wel vermeld worden dat het gebruik van P in de landbouw sinds 2007/2008 vrij abrupt is afgenomen, van circa 15 miljoen kilo P naar 6 miljoen kilo in 2010. Dit hangt deels samen met een verdubbeling van de wereldmarktprijzen in 2008, en het is onduidelijk of deze prijzen op langere termijn gehandhaafd blijven.² Hergebruik van verbrandingsassen als grondstof voor kunstmest wordt momenteel belemmerd door Europese regelgeving, evenals de verdringing van kunstmest door dierlijke mest boven de Europees vastgestelde gebruiksnorm voor stikstof uit dierlijke mest. Tot slot dient te worden vermeld dat meer hergebruik van P uit huishoudelijke en industriële reststromen in de landbouw concurreert met de afzetruimte van P uit dierlijke mest.

Noten

- 1 Zie ook DEP (http://www.cooperatiedep.nl/static/files/documenten/Versie_280211.pdf).
- 2 Voorlopige cijfers voor 2010 wijzen weer op een toename richting het P-gebruik in 2007/2008.

Literatuur

- Aarts, H.F.M., C.H.G. Daatselaar & G. Holshof, (2008), *Bemesting, mestofbenutting en opbrengst van productiegrasland en snijmaïs op melkveebedrijven*, Wageningen: Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V..
- Alfa consultants (2011). *Cijfers die spreken*.
- Bijkerk, P., B.M. Roede, E.A. van Lier & M.E.E. Kretzschmar (2010), *Staat van Infectieziekten in Nederland 2009*, Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.
- Boone J.A. & M.A. Dolman (red). (2010), *Duurzame landbouw in beeld 2010*, Den Haag: Landbouweconomisch Instituut.
- Brink C., H. van Grinsven, B.H. Jacobsen, A. Rabl, I.-M. Gren, M. Holland, Z. Klimont, K. Hicks, R. Brouwer, R. Dickens, J. Willems, M. Termansen, G. Velthof, R. Alkemade, M. van Oorschot & J. Webb (2011), 'Costs and benefits of nitrogen in the environment', p. 513-541 in M.A. Sutton, C.M. Howard et al. (eds), *The European Nitrogen Assessment; sources effects and policy perspectives*, Cambridge University Press.
- Broek J.A. van den, G. van Hofwegen, W. Beekman & M. Woittiez (2007), *Options for increasing nutrient use efficiency in Dutch dairy and arable farming towards 2030: an exploration of cost-effective measures at farm and regional levels*, Wageningen: WUR Wettelijke Onderzoekstaken.
- Bruchem, C. van (2007), *Verkenning economische aspecten van een kleinere en meer extensieve veehouderij*, Den Haag: Landbouweconomisch Instituut.
- Bruggen C. van, C.M. Groenestein, B.J. de Haan, M.W. Hoogeveen, J.F.M. Huijsmans. S.M. van der Sluis, G.L. Velthof, (2011). Ammoniakemissie uit dierlijke mest en kunstmest, 1990-2008. Werkgroep NEMA. WOT-werkdocument 250. Wageningen..
- CBS (2010), *Gestandaardiseerde berekeningsmethoden voor dierlijke mest en mineralen: Standaardcijfers 1990-2008*, Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- Dekkers W.A. (ed), (2002) *Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt*, Wageningen: Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V..
- Dijk, W. van, P.H.M. Dekker, H.F.M. ten Berge, A.L. Smit & J.R. van der Schoot (2007a), *Aanscherping van fosfaatgebruiksnormen op bouwland bij akker- en tuinbouwgewassen. Verkenning van noodzaak en mogelijkheden tot differentiatie*, Wageningen: Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V..
- Dijk W. van, H. Prins, M.H.A. de Haan, A.G. Evers, A.L. Smit, J.F.F.P. Bos, J.R. van der Schoot, R. Schreuder, J.W. van der Wekken, A.M. van Dam, H. van Reuler & R. van der Maas (2007b), *Economische consequenties op bedrijfsniveau van gebruiksnormenstelsel 2006/2009 voor melkveehouderij en akker- en tuinbouw*, Wageningen: Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V..
- Grinsven H. van, J.W. Erismann, O. Oenema, L. Bouwman, W. de Vries, H. Westhoek & A. Bleeker (2011), *The European Nitrogen assessment: Bevindingen en lessen uit eerste Europese stikstofanalyse*, Milieu 2011-3: 17-22.
- Grinsven H. van, J. Willems, J. van Dam, H. van Zeijts, H. Westhoek & S. van der Sluis (2011), *Welke veestapel past in Nederland? Inbreng voor de maatschappelijke discussie over begrenzing en sturing van de omvang van de veestapel*, Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Heederik & IJzermans (red). (2011), *Mogelijke effecten van intensieve veehouderij op de gezondheid van omwonenden: onderzoek naar potentiële blootstelling en gezondheidsproblemen*, Utrecht: Interfaculty Institute for Risk Assessment Sciences (IRAS).
- Hoogeveen M.W., H.H. Luesink & P.W. Blokland (2010), *Ammoniakemissie uit de landbouw in 2020: Raming en onzekerheden*, Den Haag: Landbouweconomisch Instituut.
- Boosten G.G.M. & J. de Wilt (2011), *Markt voor nest: ontwikkeling van vraaggestuurde ketens voor grondstoffen uit mest*, Utrecht: Innovatienetwerk.
- Kamp, J., S. van Berkum, H. van W. Sukkel, R. Timmer & M. van der Voort (2008), *Perspectieven van sojavererving in voer: Op zoek naar Europese alternatieven voor soja*, Wageningen: Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V..
- Kekem, A.J. van, T. Hoogland en J.B.F. van der Horst, (2005), *Uitspoelingsgevoelige gronden op de kaart; werkwijze en resultaten*, Wageningen: Alterra.
- Koelemeijer R., D. van der Hoek, B. de Haan, E. Noordijk, E. Buijsman, J. Aben, H. van Jaarsveld, P. Hammingh, S. van Tol, G. Velders, W. de Vries, K. Wieringa, S. Reinhard, V. Linderhof, R. Michels, J. Helming, D. Oudendag & A. Schouten, L. van Staalduinen (2010), *Verkenning van aanvullende maatregelen in het kader van de Programmatische Aanpak Stikstof: Een verkenning van de gevolgen voor milieu en economie*: Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving.

- Krimpen, M. van, J. van Middelkoop, L. Sebek, A. Jongbloed, W. de Hoop (2010), *Effect van fosforverlaging in melkveeëntoelagen en varkensvoerders op fosfaatexcretie via de mest*, Wageningen: Livestock Research.
- Leenstra F., R. Berrevoets, T. Kimman & P. Vriesekoop. (2010). *Diergezondheid in de veehouderij, op weg naar duurzaamheid*, Wageningen: WUR Livestock Research.
- Lesschen J.P., I. Staritsky & G.L. Velthof (2011), *Verkenning grootschalige toepassing van mineralenconcentraten in Nederland. Effecten op nutriëntenstromen*. Wageningen: Alterra B.V.
- Leeuwen, M.G.A. van, A.J. de Kleijn en A. Pronk (2009), *Het Nederlandse agrocomplex 2009*. Den Haag: Landbouweconomisch Instituut.
- Luesink H.H., P.W. Blokland, J.N. Bosma & Hoogveen M.W. (2009). *Monitoring mestmarkt 2008: achtergronddocumentatie*, Den Haag: Landbouweconomisch Instituut.
- LVN (2008), *Toekomstvisie duurzame veehouderij*, Den Haag: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.
- LVN (2009), *Vierde Nederlandse Actieprogramma betreffende de Nitraatrichtlijn (2010-2013)*, Den Haag: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.
- Meulen H., K. de Bont, H. Agricola, P. van Horne, R. Hoste, A. van der Knijff, F. Leenstra, R. van der Meer & A. de Smet (2011). *Schaalvergroting in de land- en tuinbouw. Effecten bij veehouderij en glastuinbouw*, Den Haag: Landbouweconomisch Instituut.
- MNP, RIVM, RLG & RDA (2008), *Megadrijven in de intensieve veehouderij*. Bilthoven: Milieu- en Natuurplanbureau.
- Planbureau voor de Leefomgeving (2009), *Milieubalans 2009, Hoofdstuk 6: Vlees, vis, zuivel: verduurzamen of vervangen*, Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Postma R, T.A. van Dijk, L van Schöll (2011), *Mogelijkheden van fosfaathergebruik door inzet van biomassa-assen als meststof*, Wageningen: Nutriënten management instituut.
- Productschap Diervoeder (2008), *Veevoedertabel*. Den Haag.
- Productschappen Vee, Vlees en Eieren (2010), *Vee, vlees en eieren in Nederland*, Zoetermeer.
- Productschap Zuivel (2010), *Jaaroverzicht 2009*. Zoetermeer.
- Rougoor C.W., E.A.P. van Well, E.V. Elferink & F.C. van der Schans (2008), *Afschaffing zuivelquotering. Analyse van milieueffecten*, Culemborg: CLM Onderzoek en Advies BV.
- Rougoor C.W. (2007), 'Economic effects of invasive animal diseases in the Netherlands', pp-193-199 In: W. van der Weijden, R. Leewis & P. Bol (eds), *Biological globalization: Bio-invasions and their impacts on nature, the economy and public health*. KNNV Publishing.
- Schröder J.J., H.F.M. Aarts, J.C. van Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof, B. Fraters & W.J. Willems (2005), *Limits to the use of manure and mineral fertilizer in grass and silage maize production in The Netherlands, with special reference to the EU Nitrates Directive*, Wageningen: Plant Research International B.V.
- Enk R.J. van. G. van der Vee, L.K. Acera, R. Schuiling & P. Ehlert (2011), *The phosphate balance: Current developments and future outlook*, Utrecht: Innovation Network.
- Smit, A.L., J.C. van Middelkoop, W. van Dijk, H. van Reuler, A.J. de Buck & P.A.C.M. van de Sanden (2011), *A quantification of phosphorus flows in the Netherlands through agricultural production, industrial production and households*, Wageningen: Plant Research International B.V.
- Silvis, H.J., C.J.A.M. de Bont, J.F.M. Helming, M.G.A. van Leeuwen, F.H.J. Bunte & J.C.M. van Meijl (2009), *De agrarische sector in Nederland naar 2020: perspectieven en onzekerheden*, Den Haag: Landbouweconomisch Instituut.
- Stolwijk H., H. Westhoek & J. van Dam (2007), *Analyse van het burgerinitiatief 'Boeren met toekomst' - Effecten van een andere intensieve veehouderij*, Bilthoven: Milieu- en Natuurplanbureau.
- Vellinga, T.V., G. Andre (1999), *Sixty years of Dutch nitrogen fertilizer experiments, an overview of the effects of soil type, fertilizer input, management and of developments in time*, Neth J Agric Sciences 47 (3/4): 215-241.
- Vellinga, T.V, H. van Laar, M. Thomassen, I. de Boer, P. Berkhout & H. Aiking (2009), *Milieueffecten van diervoeders*, Wageningen: Animal Sciences Group
- Velthof G.L., G.L. Velthof, C. van Bruggen, C.M. Groenestein, B.J. de Haan M.W. Hoogveen & J.F.M. Huijsmans (2009), *Methodiek voor berekening van ammoniakemissie uit de landbouw in Nederland*, Wageningen: WUR WOt.
- Vroljik, H., J. Helming, H. Luesink, P. Blokland, D. Oudendag, M. Hoogveen, H. van Oostenbrugge en J. Smit (2008), *Nationale emissieplafonds 2020; Impact op de Nederlandse landbouw en visserij*, Den Haag: Landbouweconomisch Instituut.
- Vroljik, H. Blokland, P.W., Helming J., Prins H (2010), *Economische gevolgen van een beperking van de veestapel; quick scan naar winnaars en verliezers*, Den Haag: Landbouweconomisch Instituut.
- Wagner Fabian, Markus Amann, Imrich Bertok, Janusz Cofala, Chris Heyes, Zbigniew Klimont, Peter Rafaj & Wolfgang Schöpp (2010), *Baseline Emission Projections and Further Cost-effective Reductions of Air Pollution Impacts in Europe - A 2010 Perspective*, Laxenbur: International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)
- Willems W.J. & H. van Grinsven. (2011), *Productierechten in de veehouderij: gevolgen van afschaffen in 2015 voor veehouderij en leefomgeving*, Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving.

- Zeijts H. van, M.M. van Eerdt, W.J. Willems, G.A. Rood, A.C. den Boer & D.S. Nijdam. (2010), *Op weg naar een duurzame veehouderij. Ontwikkelingen tussen 2000 en 2010*, Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Zwart M.H., A.E.J. Hooijboer, B. Fraters, M. Kotte, R.N.M. Duin, C.H.G. Daatselaar, C.S.M. Olsthoorn, J.N. Bosma (2008), *Agricultural practice and water quality in the Netherlands in the 1992-2006 period*, Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.
- Zwart M.H., Daatselaar C.H.G., Boumans L.J.M., Doornewaard G.J. (2010), *Agricultural practice and water quality on farms registered for derogation : Results for 2008 in the derogation monitoring network*, Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.



Planbureau voor de Leefomgeving

Postadres
Postbus 30314
2500 GH Den Haag

Bezoekadres
Oranjevuitensingel 6
2511 VE Den Haag
T +31 (0)70 3288700

www.pbl.nl

Mei 2012