



Rekenregels van de KringloopWijzer 2016

Achtergronden van BEX, BEA, BEN, BEP en BEC: actualisatie van de 2015-versie

J.J. Schröder, L.B. Šebek, J. Oenema, J.G. Conijn & J. de Boer



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Rekenregels van de KringloopWijzer 2016

Achtergronden van BEX, BEA, BEN, BEP en BEC: actualisatie van de 2015-versie

J.J. Schröder, L.B. Šebek, J. Oenema, J.G. Conijn & J. de Boer

Dit onderzoek is in opdracht van ZuiveINL en het Ministerie van Economische Zaken uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business units Wageningen Livestock Research en Wageningen Plant Research, in het kader van de publiek private samenwerking (PPS) DZK2 (duurzame zuivelketen) TKI-AF-12123.

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, september 2017

Rapport WPR-686

Schröder, J.J., L.B. Šebek, J. Oenema, J.G. Conijn & J. de Boer, 2017. *Rekenregels van de KringloopWijzer 2016; Achtergronden van BEX, BEA, BEN, BEP en BEC: actualisatie van de 2015-versie*. Wageningen Research, Rapport WPR-686. 98 blz.; 8 fig.; 37 tab.; 61 ref.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/419319>

Trefwoorden: Broeikasgassen, Excretie, Koolstof, Kringloopwijzer, Melkveehouderij, Stikstof, Fosfaat

© 2017 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Agrosystems Research, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapport WPR-686

Foto omslag: Melkkoeien in een kwetsbare omgeving

Inhoud

1	Inleiding	5
1.1	Waarom een KringloopWijzer?	5
1.2	De kringlopen in meer detail	7
1.3	Bronnen van N-verlies	10
1.4	Benuttingen	11
1.4.1	Algemeen	11
1.4.2	Benutting op bedrijfsniveau	11
1.4.3	Benutting op dierniveau	12
1.4.4	Benutting op mestniveau	12
1.4.5	Benutting op bodemniveau	12
1.4.6	Benutting op (ruwvoer)gewasniveau	12
1.5	Beperkingen van de KringloopWijzer	12
1.6	Leeswijzer	13
2	Kengetallen	14
2.1	BEX	14
2.1.1	Inleiding	14
2.1.2	Berekeningswijze	14
2.1.3	Mestproductie door een aanwezige 'staldier'-tak	24
2.1.4	Mestscheiding	27
2.1.5	Kanttekeningen bij BEX en de mestproductie van 'staldieren'	27
2.2	BEA	31
2.2.1	Inleiding	31
2.2.2	Berekeningswijze	31
2.2.3	Kanttekeningen bij BEA	44
2.3	BEN: bedrijfsspecifieke N stromen	47
2.3.1	Inleiding	47
2.3.2	Berekeningswijzen	47
2.3.3	Kanttekeningen bij BEN	64
2.4	BEP: bedrijfsspecifieke P-stromen	66
2.4.1	Inleiding	66
2.4.2	Berekeningswijze	67
2.4.3	Kanttekeningen bij BEP	69
2.5	BEC: bedrijfsspecifieke C stromen	70
2.5.1	Inleiding	70
2.5.2	Berekeningswijzen	72
2.5.3	Kanttekeningen bij BEC	84
	Literatuur	86
	Bijlage 1 Acronymenlijst	89

1 Inleiding

1.1 Waarom een KringloopWijzer?

In het pre-industriële tijdperk vonden de productie van gewassen, hun verwerking en consumptie in elkaars nabijheid plaats. Dat maakte het gemakkelijk om bijproducten die in de opeenvolgende stappen vrijkomen, te hergebruiken. Stikstof (N), fosfor (P) en koolstof (C) maken in dat geval een betrekkelijk korte kringloop vanuit mens en dier, via mest en bodem, naar gewas om uiteindelijk opnieuw door mens en dier gebruikt te worden. Onderweg kunnen N, P en C uit die kringloop verloren gaan naar de omgeving. Dat gebeurde vroeger net zo als nu. Verliezen zijn deels een logisch onderdeel van biologische processen. Zo wordt een groot deel van de C in voedsel niet vastgelegd in een dier (mens, vee, bodemleven) dat dat voedsel tot zich neemt, maar door dat dier verbrand en omgezet in warmte en beweging onder productie van koolzuur-C. De N die in de vorm van ammonium uit dode planten en dieren als meststof beschikbaar komt, wordt evenmin volledig door planten opgenomen. Een deel daarvan zal na omzetting in nitraat-N uiteindelijk in elementaire N worden omgezet. Deze vorm van N heeft voor de meeste planten geen bemestingswaarde en moet als zodanig als verloren worden aangemerkt. Verliezen in voornoemde zin zijn maar voor een deel een onvermijdelijk onderdeel van biologische processen. Verliezen zijn namelijk ook een gevolg van de manier waarop de mens N-, P- en C-stromen beheert. Dit is relevant omdat verliezen een schadelijk effect op de omgeving kunnen hebben. Zo verlagen verliezen van nitraat-N, ammoniak-N en fosfaat de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater en kunnen verliezen van lachgas-N, methaan en koolzuur een broeikas-effect hebben. Aanvankelijk werden deze verliezen met meer of minder succes gecompenseerd met biologische N-binding door vlinderbloemigen, met de aanvoer van N en P via begrazing overdag van 'woeste gronden' dan wel via de aanvoer van N en P met water en wind, via de verwerking van gesteenten waarbij onder meer P kan vrijkomen, en via de 'nieuwvorming' van organische C door fotosynthese. Tegenwoordig, echter, compenseren landbouwers verliezen met kunstmest of met kunstmest 'verpakt' in de vorm van geïmporteerd voer.

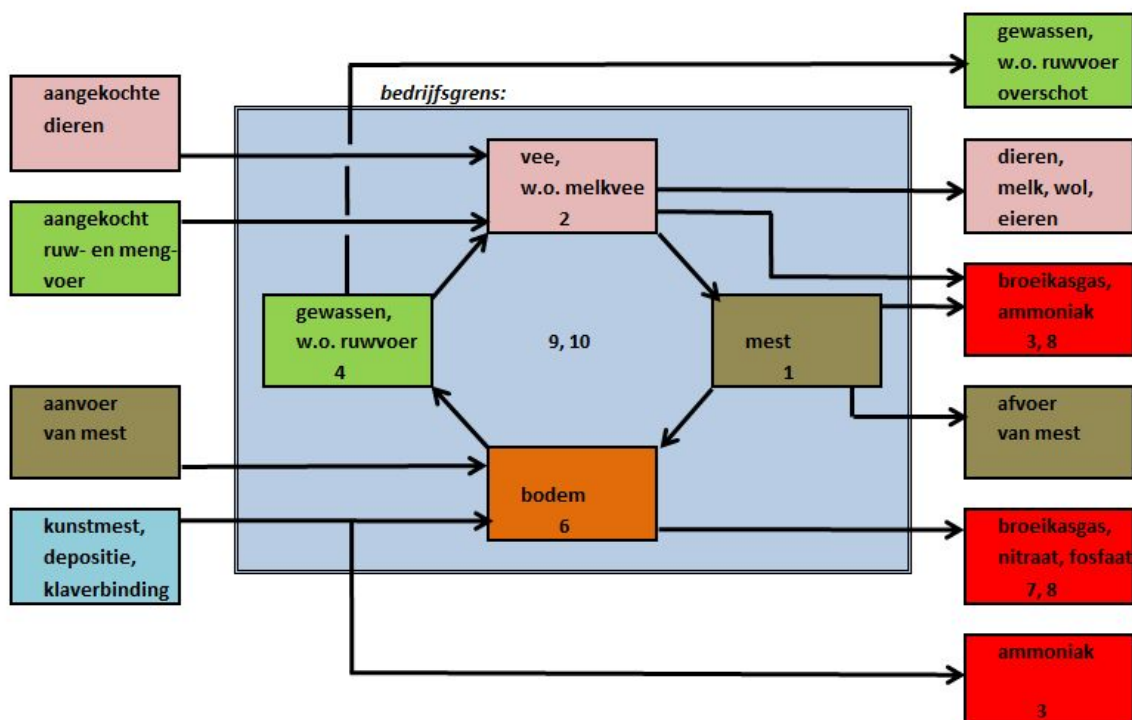
In tegenstelling tot akkerbouw- en 'staldier'-bedrijven (laatstgenoemd type bedrijven wordt in een andere context vaak 'hokdierbedrijven' of 'intensieve veehouderij' of 'bioindustrie' genoemd), komen we op melkveehouderijbedrijven de korte kringloop van N, P en C via dier, mest, bodem en gewas nog min of meer volledig tegen. Ook op melkveehouderijbedrijven zijn echter steeds meer relaties met de buitenwereld ontstaan en nemen kringlopen, voor zover nog bestaand, deels een grotere omweg. De verwerking van melk, jongvee en vlees, bijvoorbeeld, vindt veel sterker dan voorheen of thans zelfs volledig buiten het bedrijf plaats. Bovendien vinden de grondstoffen die nodig zijn voor de dierlijke productie en ter compensatie van verliezen (kunstmest, krachtvoer en andere voedermiddelen) hun oorsprong deels buiten het bedrijf of zijn die grondstoffen zelfs afkomstig uit voorraden die in het verleden zijn opgebouwd. Voorbeelden van dat laatste zijn fossiele brandstoffen, fosfaaterts en 'diep en oud' grondwater. Bij melkveehouders met een tak akkerbouw of een tak 'staldieren' zijn de relaties met de buitenwereld nog omvangrijker omdat sprake is van afgevoerde akkerbouwproducten, en/of omvangrijker voerimporten, en/of meer export van een teveel aan dierlijke mest.

Het project 'KringloopWijzer' heeft tot doel een instrument te ontwikkelen, te toetsen en de introduceren die de kringloop en de verliezen van N, P en C wetenschappelijk, integraal, eenduidig en betrouwbaar in beeld brengt. Aanvankelijk gebeurde dit alleen voor gespecialiseerde melkveehouderijbedrijven, in de huidige versie is de KringloopWijzer ook bruikbaar gemaakt voor bedrijven met een tak akkerbouw of een tak 'staldieren'. Gebruik van de KringloopWijzer resulteert in een aantal kengetallen waarmee agrarische ondernemers hun bedrijfsvoering kunnen verantwoorden naar overheden en verwerkers, en op basis waarvan zij ook hun management kunnen optimaliseren. Voor de overheid biedt de KringloopWijzer mogelijkheden om generieke wetgeving deels te vervangen door maatwerk. Voor de verwerkers van, bijvoorbeeld, melk is het bovendien mogelijk om het streven naar duurzaamheid meetbaar te maken ten behoeve van consumenten.

Het in beeld brengen van de kringlopen van het bedrijf gebeurt stap voor stap en leidt uiteindelijk tot onderstaande, berekende kengetallen op jaarbasis. In Figuur 1.1 is hun plek in de kringloop weergegeven.

1. Mestproductie: excretie stikstof (N) en fosfaat (P_2O_5), inclusief die door een eventuele tak 'staldieren' (geiten, varkens, kippen, vleeskalveren);
2. Efficiëntie van de veevoeding (= omzetting van voer in melk en vlees): benutting N en P_2O_5 ; (de berekening beperkt zich vooralsnog tot die van melkveestapel inclusief bijbehorend jongvee)
3. Emissie van ammoniak (NH_3), verdeeld over stal en mestopslag, beweiding, uitrijden dierlijke mest en gebruik kunstmest;
4. Opbrengst grasland, snijmaïsland en overige akkerbouwgewassen (ruwvoer en niet-ruwvoer): droge stof, kVEM, N en P_2O_5 ;
5. Efficiëntie van de bemesting (=omzetting van meststoffen in gewasopbrengst, inclusief die van de niet-ruwvoer akkerbouwgewassen): benutting N en P_2O_5 aanwezig in kunstmest en dierlijke mest;
6. Bodemoverschot van N en P_2O_5 en de toevoer van effectieve organische stof aan de bodem van het grasland, snijmaïsland en eventuele overige akkerbouwgewassen (ruwvoer en niet-ruwvoer);
7. Nitraat (NO_3) in grondwater; dit kengetal zal overigens pas in beeld gebracht worden na een toetsing aan een recente onafhankelijke dataset;
8. Emissie broeikasgassen methaan (CH_4), lachgas (N_2O) en kooldioxide (CO_2);
9. Bedrijfsoverschot N, P_2O_5 en C;
10. Efficiëntie van het bedrijf (=deel van aangevoerde mineralen dat in melk, vlees dan wel (af te voeren) niet-ruwvoer akkerbouwgewassen wordt omgezet): benutting N en P_2O_5 in aangekochte voer of aangekochte meststoffen.

Dit rapport heeft tot doel om te beschrijven hoe bovenstaande kengetallen berekend worden en op welke invoergegevens ze gebaseerd zijn.



Figuur 1.1 De plek van de kengetallen (zie nummers hierboven) in de stofstroom van bedrijven.

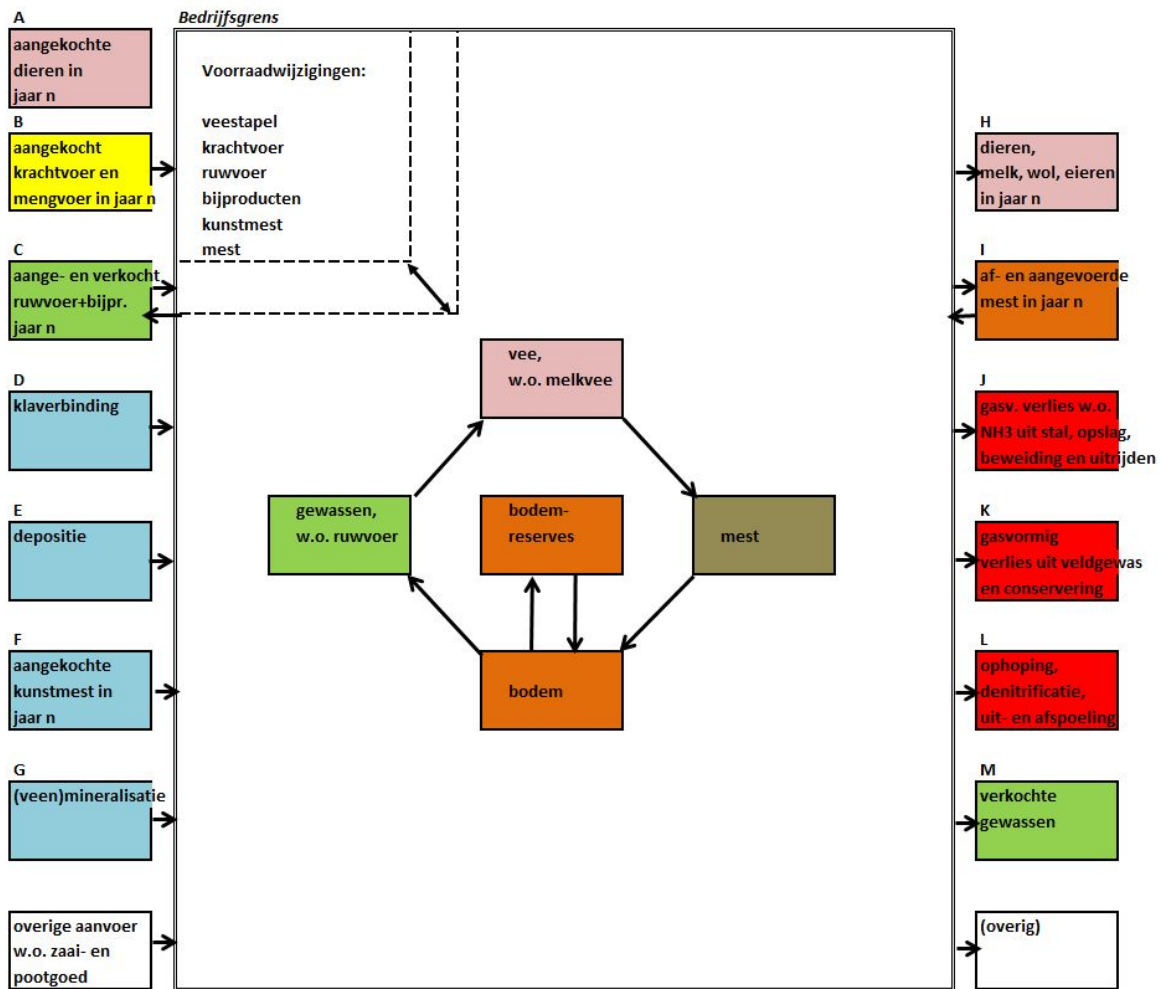
1.2 De kringlopen in meer detail

Om bedrijven onderling op basis van een kengetal te kunnen vergelijken zijn afspraken nodig over de berekeningswijze van het desbetreffende kengetal. Die berekeningswijze moet zo veel mogelijk recht doen aan het feit dat bedrijven van elkaar verschillen qua ingaande en uitgaande stromen. Figuur 1.2 geeft hiervan een eerste beeld. Uit die figuur wordt duidelijk dat de som van de posten waarmee N, P en C het bedrijf binnengaan (termen A t/m F) vanwege de wet van behoud van massa gelijk moet zijn aan de som van de posten die het bedrijf weer verlaten (termen G t/m M) en de eventuele voorraadwijzigingen binnen het bedrijf. Binnen het bedrijf blijken nog veel meer stromen te onderscheiden (Figuur 1.3). Nutriënten in de vorm van depositie, kunstmest, weidemest en 'stalmest' (inclusief voerresten) en eventueel biologische N binding en mineraliserend veen, stellen de bodem in staat om gewassen te laten groeien. Die groei leidt naast een oogstbaar product ook tot een hoeveelheid onoogstbaar gewas in de vorm van wortels en stoppels welke vroeg of laat afsterven, verteren en als nutriënt naar de bodem terugkeren. Maar ook van het oogstbare deel van de groei is niet alles benutbaar. Omdat enige maa-, oogst- en beweidingsverliezen onvermijdelijk zijn, zal namelijk steeds iets minder daadwerkelijk geoogst of tijdens beweiding gegeten worden dan er gegroeid is. Het verloren deel keert, net als de gewasresten, gedeeltes terug naar de bodem. Maar zelfs van het deel van de oogst dat het veld 'over de dam' verlaat, zal niet alles vervolgens ook volledig door het vee kunnen worden opgenomen. Tijdens de conservering van gewassen zal een deel verloren gaan en ook tussen uitkuilen en opname treden nog verliezen op, de zogenaamde voerverliezen. Tabel 1.1 geeft een overzicht van de diverse verliespercentages die vooralsnog in de KringloopWijzer worden aangehouden. Deze verschillen per product en, binnen een product, per inhoudsstof. In werkelijkheid hebben deze verliezen geen vaste waarde en zullen zij variëren als gevolg van onder meer het management. Het is echter onmogelijk om de waarden op een eenvoudige en betrouwbare manier per bedrijf te specificeren.

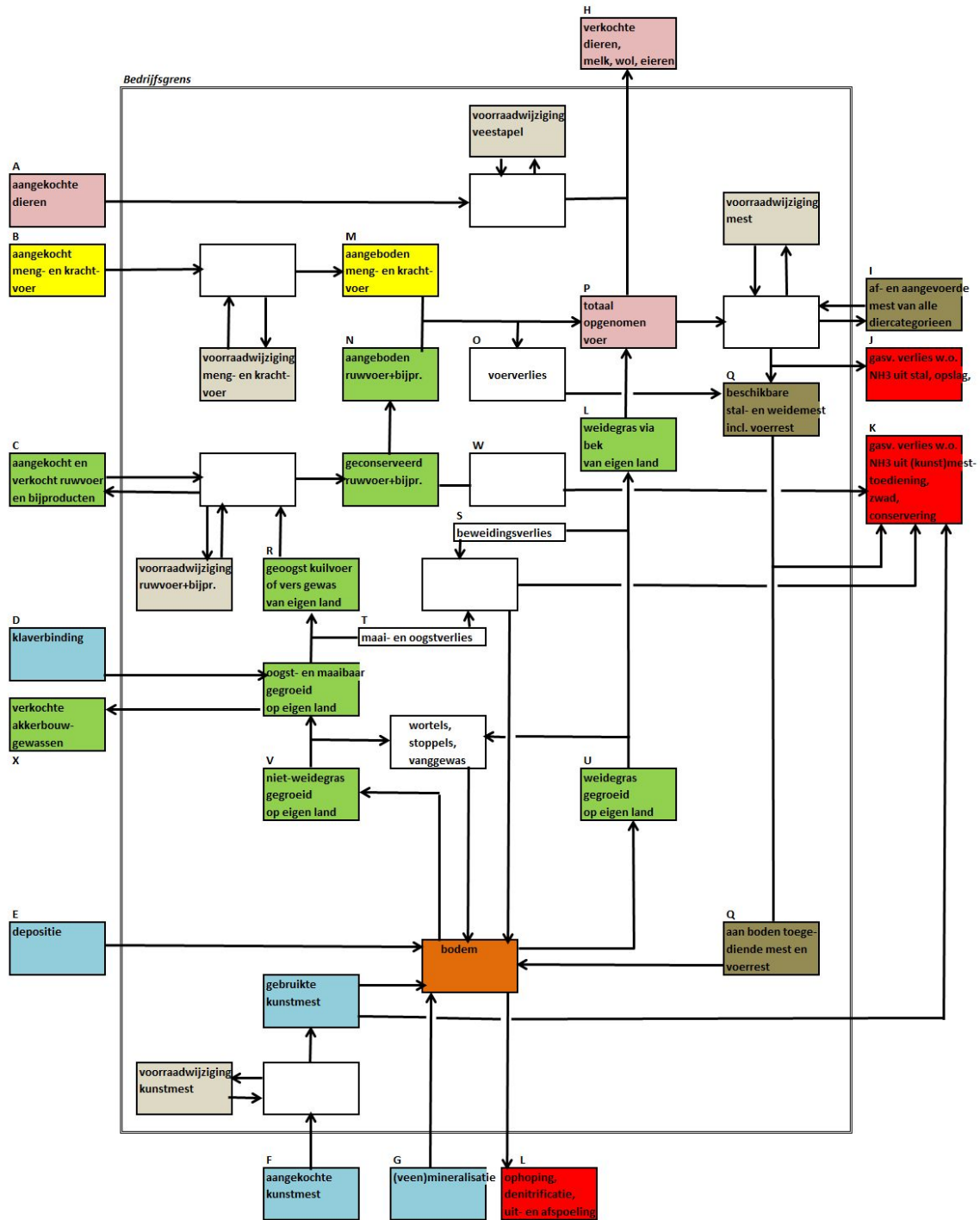
Tabel 1.1 Door de KringloopWijzer gehanteerde procentuele veldverliezen (beweidingsverliezen bij weidegras, maaiverliezen bij gemaaid gras, oogstverliezen bij maïs), conserveringsverliezen en vervoederingsverliezen.

	Veldverlies	Conserveringsverlies				Vervoederingsverlies
	DS, VEM, N, P	DS	VEM	N	P	DS, VEM, N, P
Weidegras, beperkt weiden	15	0	0	0	0	0
Weidegras, onbeperkt weiden	20	0	0	0	0	0
Weidegras, stalvoeding	5	0	0	0	0	0
Gemaaid gras, luzerne	5	10	15	3	0	5
Snijmaïs, MKS, CCM	2	4	4	1	0	5
Overig zelf geteeld ruwvoer	2	4	6	1.5	0	2
(aangevoerde) natte bijproducten	0*	4	6	1.5	0	2
Enkelvoudige krachtvoerders	0*	4	6	1.5	0	2
Mengvoer en melkproducten	0*	0	0	0	0	2
Mineralen (zouten)	0*	0	0	0	0	2

* Bij aanvoer van deze producten vinden eventuele veldverliezen namelijk elders plaats.



Figuur 1.2 In- en uitgaande stofstromen op een landbouwbedrijf: globaal.



Figuur 1.3 In- en uitgaande stofstromen op een landbouwbedrijf al dan niet met een tak akkerbouw of staldieren alsmede de interne stromen.

Naarmate bedrijven per grootvee-eenheid meer land beschikbaar hebben, ontstaat de mogelijkheid om binnen gebruiksnormen behalve de eigen mest ook mest van elders aan te wenden. In dat geval zijn gegevens nodig over de samenstelling over die geïmporteerde mest. Tabel 1.2 vermeldt de verstekwaarden die daarbij gehanteerd worden.

Tabel 1.2 Gemiddelde samenstelling (forfaits) organische mestsoorten.

	N (kg/ton)	P ₂ O ₅ (kg/ton)	TAN (%)	SG (ton/m ³)	OS/N -
Graasdieren drijfmest, mestcode 14	4,0 ¹	1,5 ¹	68 ²	1,005 ³	15,6 ⁴
Graasdieren vaste mest, mestcode 10	7,7 ¹	4,3 ¹	38 ²	0,9 ³	25,8 ⁴
Staldieren drijfmest, mestcode 50	7,0 ¹	3,9 ¹	64 ²	1,04 ³	6,1 ⁴
Staldieren vaste mest, mestcode 39	34,1 ¹	16,6 ¹	68 ²	0,6 ³	15,2 ⁴
Compost	12,8 ⁴	6,3 ⁴	9 ⁴	0,8 ³	18,9 ⁴
Graasdieren dunne fractie, mestcode 11	3,4 ¹	1,4 ¹	75 ⁴	1,03 ³	11,9 ⁴
Graasdieren dikke fractie, mestcode 13	16,9 ¹	9,8 ¹	27 ⁴	0,9 ³	24,1 ⁴
Mineralenconcentraat	6,4 ⁵	0,3 ⁵	90 ⁶	1,0 ⁷	1,7 ³
Spuiwater	40 ⁷	0 ⁷	90 ⁶	1,0 ⁷	0,0 ⁷
Digistaat	4,1 ³	1,5 ³	70 ⁴	1,005 ⁷	9,8 ³

¹ Anonymus, 2015a.

² Velthof *et al.*, 2009.

³ CBGV, 2016.

⁴ Den Boer *et al.*, 2012.

⁵ Anonymus, 2016.

⁶ Naar Velthof, 2015.

⁷ Schatting o.b.v. vergelijkbare producten.

1.3 Bronnen van N-verlies

Met name N kan in vele vormen en uit meerdere bronnen, al dan niet definitief, verloren gaan uit de kringloop. De belangrijkste vormen van verlies zijn ammoniak (NH₃-N), lachgas (N₂O-N), nitraat (NO₃-N), elementaire stikstof (N₂), stikstofoxiden (NO_x-N) en organische N (Norg-N) die in de bodem wordt opgeslagen. Het bedrijfsoverschot wordt gelijkgesteld aan het totaal van de verliezen in één van de voornoemde vormen (de termen J, K en L in Figuur 1.2 en 1.3). Tabel 1.3 toont de bronnen van waaruit deze N-verbindingen voornamelijk verloren gaan en de KringloopWijzer-module waarmee het verlies getalsmatig berekend wordt. In het kader van de KringloopWijzer valt het totale berekende N-verlies (het bedrijfsoverschot volgens Figuur 1.2) daarmee uiteen in de posten:

- NH₃-N verlies uit (kunst)mest en afstervend gewas,
- N₂O-N verlies uit (kunst)mest, klaver, mineralisatie, bodem en kuil,
- NO₃-N verlies uit de bodem,
- de berekende overige gasvormige N-verliezen (N₂, NO_x) uit mestopslag en kuil,
- de niet-berekende overige N-verliezen bestaande uit ophoping van Norg in de bodem en/of fouten in de voorgaande berekeningen, volgens:

Niet-berekende overige N-verliezen =
N-bedrijfsoverschot – NH₃-N – N₂O-N – NO₃-N – berekende overige gasvormige N-verliezen.

Hierbij moet worden opgemerkt dat gemakshalve is aangenomen dat uit kuil en mestopslag geen uitspoelingsverliezen optreden maar slechts gasvormige verliezen. Dit zal niet geheel volgens de werkelijkheid zijn.

Tabel 1.3 Vormen van N-verlies en hun bron, alsmede de module (zie superscript) waarmee het verlies berekend wordt.

Vorm	Bron:							
	Stal en opslag	Mesttoediening en beweiding	Kunstmest	Klaver	Mineralisatie	Bodem	Gewas (zaad)	Kuil
NH ₃ -N	X ¹	X ¹	X ¹				X ²	
N ₂ O-N	X ⁴	X ⁴	X ⁴	X ⁴	X ⁴	X ⁴		
NO ₃ -N						X ⁵		
N ₂ , NO _x	X ³							X ³
Norg						X ⁶		

¹ BEA basis.

² BEA plus.

³ BEN: niet-NH₃ gasvormige verliezen uit stal en mestopslag en kuilen.

⁴ BEN: lachgasemissie uit (kunst)mest, klaver, mineralisatie en bodem.

⁵ BEN: nitraatuitspoeling.

⁶ BEC: N ophoping als afgeleide uit BEC.

1.4 Benuttingen

1.4.1 Algemeen

Verliezen van nutriënten worden vaak niet alleen uitgedrukt als absolute hoeveelheid (kg) per eenheid oppervlakte (hectare) of per eenheid product (bijvoorbeeld per liter melk voor gespecialiseerde melkveehouderijbedrijven, per kg stikstof in de vorm van afgevoerde producten voor gemengde bedrijven, per kg graan-equivalent voor gespecialiseerde akkerbouwbedrijven), maar ook als het complement van de fractie van een ingaande nutriëntenstroom die niet nuttig gebruikt wordt, ofwel 1 minus de benutting. Benuttingen kunnen gedefinieerd worden op het niveau van het bedrijf als geheel en op het niveau van de onderliggende, interne (sub)stromen. Daarbij zij opgemerkt dat elke definitie enigszins arbitrair is. Zo verandert de waarde van breuk van afvoer en aanvoer onder invloed van keuze of teller en noemer als bruto-stromen dan wel als netto-stromen worden uitgedrukt. De breuk 100/200 levert immers een ander getal op dan, bijvoorbeeld, de breuk (100+10)/(200+10).

De volgende benuttingspercentages worden in de KringloopWijzer berekend.

1.4.2 Benutting op bedrijfsniveau

De benutting op bedrijfsniveau wordt gedefinieerd als:

Geproduceerde 'nuttige' producten (melk, vlees, af te voeren akkerbouwproducten) als fractie van gebruikte krachtvoer, ruwvoer, bijproducten, klaverbinding, depositie, kunstmest, mest en (veen)mineralisatie, ofwel (vergelijk Figuur 1.3):

$$(H - (A - \text{gecorrigeerd voor een gewijzigde omvang van veestapel}) + X) / ((B - \text{gecorrigeerd voor een gewijzigde voorraad krachtvoer}) + (C - \text{gecorrigeerd voor een gewijzigde voorraad ruwvoer}) + D + E + (F - \text{gecorrigeerd voor een gewijzigde voorraad kunstmest}) + (-I - \text{gecorrigeerd voor een gewijzigde voorraad mest}) + G)$$
, met een positief getal voor de correcties als de voorraad is toegenomen.

1.4.3 Benutting op dierniveau

De benutting op dierniveau wordt gedefinieerd als:

Geproduceerde melk en vlees, als fractie van opgenomen krachtvoer, kuilvoer, bijproducten en weidegras (= aangeboden voer na aftrek van voerresten), ofwel (vergelijk Figuur 1.3):

$$(H - (A - \text{gecorrigeerd voor een gewijzigde omvang van de veestapel})) / (M+N+L - O)$$

1.4.4 Benutting op mestniveau

De benutting op mestniveau wordt gedefinieerd als:

Mest en voerrest die 'in' de bodem terechtkomt, als fractie van de excretie plus voerrest (= aangeboden voer - melk en vlees gecorrigeerd voor mutatie veestapel) verminderd met mutatie van mestvoorraad (bij toename van voorraad), vermeerderd met de (op een stalbalans gebaseerde) mestproductie van een eventuele intensieve veehouderijtak ('staldieren'), en verminderd met afgevoerde/vermeerderd met aangevoerde mest, ofwel (vergelijk Figuur 1.3):

$$(Q) / ((M + N + L) - (H - (A - \text{gecorrigeerd voor een gewijzigde omvang van de veestapel})) - \text{gecorrigeerd voor een gewijzigde voorraad mest} - I)$$

1.4.5 Benutting op bodemniveau

De benutting op bodemniveau wordt berekend als:

Geproduceerde nutriënten in gewas van eigen bodem inclusief weide-, maai- en oogstverliezen en inclusief af te voeren niet-ruwvoer akkerbouwgewassen, als fractie van klaverbinding, depositie, kunstmest (na verrekening van voorraadwijzigingen), (veen)mineralisatie en beschikbare weide- en 'stalmest' (inclusief voerrest na aftrek van gasvormige verliezen uit mest), ofwel (vergelijk Figuur 1.3):

$$((R+T+X) + (L+S)) / (Q+D+E+(F - \text{gecorrigeerd voor een gewijzigde voorraad kunstmest}) + G)$$

1.4.6 Benutting op (ruwvoer)gewasniveau

De benutting op (ruwvoer)gewasniveau, dat wil zeggen de benutting van ruwvoer tot de opname, wordt gedefinieerd als:

Opgenomen voer uit eigen geteelde (niet verkochte) en aangekochte ruwvoedergewassen (dus opname gecorrigeerd voor de opname uit meng- en krachtvoer), als fractie van het geteelde en aangekochte ruwvoer inclusief de weide-, oogst- en maaiverliezen, ofwel (vergelijk Figuur 1.3):

$$(P - ((B - \text{gecorrigeerd voor een gewijzigde voorraad meng- en krachtvoer}) - O_{\text{meng- en krachtvoer}})) / ((C - \text{gecorrigeerd voor een gewijzigde voorraad ruwvoer}) + (R + T) + (L + S))$$

1.5 Beperkingen van de KringloopWijzer

De voorliggende versie van de KringloopWijzer kent meerdere beperkingen. De huidige versie houdt anders dan voorheen bij de berekening van de benuttingen op bedrijfsniveau en bodemniveau ook rekening met de nuttige output in de vorm van eventuele af te voeren akkerbouwproducten en dieren uit neventakken ('staldieren'), maar houdt bij de benutting op dierniveau alleen rekening met de melkveetak en overige graasdieren (onder verrekening van dat deel van het voer dat voor andere takken is ingezet dan de melkveestapel inclusief het melk-jongvee). Waar voor berekeningen getallen met betrekking tot het gebruik van mest nodig zijn, wordt de mestproductie van de eventuele intensieve veehouderijtak wel verrekend maar wordt deze niet, zoals bij melkvee, berekend als het

verschil tussen de hoeveelheid mineralen in ruwvoer, krachtvoer en bijproducten en de hoeveelheid mineralen in vlees (en bij melkvee vanzelfsprekend de melk), maar volgens een stalbalans geschat op basis van de aanwezige aantallen dieren. Voor wat betreft broeikasgassen, houdt de huidige versie van de KringloopWijzer overigens ook rekening met de broeikasgasproductie die het gevolg is van het energieverbruik en de aan de spijsvertering verbonden methaanproductie van een eventuele tak intensieve veehouderij.

Ook de huidige KringloopWijzer-versie is geënt op bedrijven die hoofdzakelijk drijfmest produceren. De huidige versie van de KringloopWijzer kan geen nauwkeurige berekening maken van de gasvormige N emissies (NH_3 , N_2O , N_2 , NO_x) voor bedrijven met een zodanig ruim gebruik van strooisel dat overwegend vaste mest geproduceerd wordt. Ook biedt de KringloopWijzer vooralsnog geen mogelijkheid om de conserveringsverliezen van mengkuilen van ruwvoer en een droog bijproduct nauwkeurig te berekenen. Voor zover emissies van ammoniak en broeikasgassen worden berekend per ton geproduceerde melk, hebben deze emissies ook betrekking op het deel dat door de staldieren wordt veroorzaakt.

1.6 Leeswijzer

Dit rapport behandelt achtereenvolgens de BEX (Bedrijfsspecifieke excretie, hoofdstuk 2.1), de BEA (Bedrijfsspecifieke emissie van ammoniak, hoofdstuk 2.2), de BEN (Bedrijfsspecifieke emissie van nitraat en lachgas, hoofdstuk 2.3), de BEP (Bedrijfsspecifieke fosfaatstromen, hoofdstuk 2.4) en de BEC (Bedrijfsspecifieke koolstofstromen, hoofdstuk 2.5). Elk hoofdstuk begint met een inleiding waarna de berekeningswijze van de kengetallen wordt uitgelegd. Aan het eind van elk hoofdstuk volgt een paragraaf met kanttekeningen. Daarin wordt ingegaan op randvoorwaarden, beperkingen en aspecten die verfijning of nader onderzoek behoeven. Omdat de stromen van N, P en C alles met elkaar van doen hebben, valt niet te voorkomen dat het ene hoofdstuk teruggrijpt of vooruitloopt op een volgend hoofdstuk. Om het spoor niet bijster te raken is in Bijlage 1 een thematische en een alfabetische lijst van afkortingen opgenomen. In het rapport komen op diverse plaatsen de woorden 'stalmest' en 'staldieren' voor. 'Stalmest' heeft betrekking op alle mest die binnenshuis door een veestapel uitgescheiden (opgevangen, bewaard) wordt, zulks in tegenstelling tot weidemest. Het gaat hierbij dus niet noodzakelijkerwijs om stalmest in de zin van vaste mest: 'stalmest' kan zowel drijfmest als vaste mest zijn. Het is anderzijds niet zo dat het begrip 'staldieren' betrekking heeft op alle dieren die op de één of andere manier (deels) binnen gehouden worden. In het kader van dit rapport zijn 'staldieren' namelijk alleen die dieren die deel uitmaken van een tak 'intensieve veehouderij' (varkens, kippen, vleeskalveren). Een melkveestapel zonder weidegang behoort in die zin niet tot de 'staldieren'.

2 Kengetallen

2.1 BEX

2.1.1 Inleiding

De BEX berekent voor een individueel melkveebedrijf de hoeveelheid stikstof (N) en fosfor (P) in de geproduceerde mest. De berekening is ontwikkeld voor bedrijven met overwegend melkvee en heeft betrekking op een kalenderjaar. 'Overwegend melkvee' houdt in dat naast de N en P excretie van de melkveestapel (melkvee plus jongvee), ook de excretie van eventueel aanwezige andere categorieën graasdieren (vleesstieren, weide- en zoogkoeien, schapen, paarden, pony's en ezels) wordt berekend. Echter, de excretie van de melkveestapel wordt bedrijfsspecifiek berekend en de excretie van 'overige graasdieren' wordt berekend met behulp van excretieforfaits. De BEX berekent niet de hoeveelheid mest die geproduceerd wordt door eventueel aanwezige niet-graasdieren zoals kippen of varkens. Op de bijdrage van deze diercategorieën wordt in paragraaf 2.1.3 ingegaan.

De N en P opname van de melkveestapel wordt berekend als de optelsom van de opname uit alle gevoerde voedermiddelen. De VEM-behoefte van de aanwezige dieren, gecorrigeerd voor een veronderstelde overschrijding van die dekking met 2%, vormt voor de opname het uitgangspunt. Daarom verplicht de BEX de deelnemende bedrijven om van alle voedermiddelen zowel het VEM, N en P gehalte te analyseren alsmede de aanwezige hoeveelheid vast te leggen. De aanwezige hoeveelheden zijn voor aangekochte voedermiddelen via de bon van de leverancier beschikbaar en voor zelf geteeld ruwvoer wordt de hoeveelheid, voor zover ingekuild, vastgesteld via meting van de kuilinhoud (door een geaccrediteerde monsternemer) en een aanname van een constante dichtheid in kg per m³ op basis van onderzoek van Van Schooten & van Dongen (2007). Uit voornoemd onderzoek is gebleken dat deze 'best practice' voor de schatting van de hoeveelheid kuilvoer een grote variatie in resultaat kent. Daarmee is de geschatte hoeveelheid kuilvoer onvoldoende nauwkeurig om het verbruik van kuilvoer gelijk te stellen aan de voeropname ervan. In BEX is er daarom voor gekozen om de voeropname van (zelfgeteelde) ruwvoerders te berekenen op basis van de VEM-behoefte (zie paragraaf 2.1.2.12), waarbij de benodigde VEM naar rato van de verhouding van de aangelegde voorraden (zoals vastgesteld door een geaccrediteerd laboratorium) wordt verdeeld over de verschillende voedermiddelen.

2.1.2 Berekeningswijze

2.1.2.1 Algemeen

De BEX berekent de hoeveelheid N en P in de geproduceerde mest. Voor N moet daarbij rekening gehouden worden met vervluchtiging. Daarom is in de BEX onderscheid gemaakt tussen bruto en netto excretie van N en P. De bruto excretie betreft de excretie 'onder de staart' en de netto excretie is de bruto excretie verminderd met de vervluchtiging. Voor P speelt vervluchtiging geen rol en is de bruto excretie gelijk aan de netto excretie.

2.1.2.2 Berekening bruto N en P excretie

De bruto of 'onder de staart' excretie van N en P wordt in de BEX met de balansmethode berekend:

$$\text{Excretie N (of P)} = \text{opname N (of P)} - \text{vastlegging N (of P)}$$

2.1.2.3 Berekening opname N en P

Opname N = VEM-opname x N/VEM

Opname P = VEM-opname x P/VEM

Waarin:

VEM-opname = VEM-behoefte x 102%. Dit betreft de totale VEM-behoefte van de melkveestapel, op basis van de samenstelling van de melkveestapel en de melkproductie.

N (of P)/VEM : VEM, N en P betreft het gewogen gemiddelde van de geanalyseerde gemiddelde VEM-, N- en P gehalten in ieder bestanddeel van het rantsoen.

2.1.2.4 Berekening vastlegging N en P

Het betreft vastlegging van N en P in melk en groeiende dieren (foetus + adnexa, kalf, pink, 1^e kalfskoe en 2^e kalfskoe).

Vastlegging N (of P) = kg dierlijk product x N (of P) gehalte van het dierlijk product

De benodigde informatie bestaat uit een mix van bedrijfsspecifieke informatie en forfaits.

Bedrijfsspecifieke informatie is beschikbaar voor:

Geproduceerde melk, N gehalte in melk, aantallen dieren in de categorieën jongvee jonger dan 1 jaar (kalf), jongvee ouder dan 1 jaar (pink) en melkvee.

Forfaits worden gebruikt voor:

P gehalte in melk, vastlegging N en P in respectievelijk foetus + adnexa, kalf, pink, 1^e kalfskoe en 2^e kalfskoe. Daarnaast worden constanten gebruikt voor het percentage drachtige dieren (op jaarbasis) in de veestapel om de vastlegging in foetus + adnexa te kunnen berekenen en voor de leeftijdsopbouw van de melkveestapel om het aantal 1^e kalfskoeien, 2^e kalfskoeien en oudere koeien te kunnen berekenen.

2.1.2.5 Berekening netto N excretie

De berekende bruto N excretie moet gecorrigeerd worden voor de bedrijfsspecifieke gasvormige N-verliezen.

Netto N excretie = bruto N excretie – gasvormige N verliezen

De benodigde informatie bestaat uit een mix van bedrijfsspecifieke informatie en forfaits.

Bedrijfsspecifieke informatie is beschikbaar voor:

Bruto N excretie voor de veestapel en voor het aantal dieren in de categorieën jongvee jonger dan 1 jaar, jongvee ouder dan 1 jaar en melkvee. De dieraantallen worden gebruikt om het N emissiepercentage te berekenen.

Forfaits worden gebruikt voor het emissiepercentage voor N uit de mest van de veestapel:

Het emissiepercentage voor N uit de mest van de veestapel wordt berekend uit de verhouding jongvee/melkvee en de emissiepercentages voor deze diercategorieën. Deze emissiepercentages worden voor zowel drijfmest als vaste mest berekend uit de forfaits voor bruto en netto N excretie van die diercategorieën (dat wil zeggen: afzonderlijk voor jongvee jonger dan 1 jaar, jongvee ouder dan 1 jaar en melkvee). Het melkveeforfeit betreft de gemiddelde Nederlandse melkkoe. Vervolgens worden deze emissiepercentages gewogen naar het relatieve aandeel bruto N excretie (op basis van de bruto N forfaits) van die diercategorieën in de totale forfaitaire N excretie van de veestapel.

2.1.2.6 Opbouw veestapel

De melkveestapel is opgebouwd uit diercategorieën. Per categorie worden de aantallen bepaald: melkkoeien, droogstaande koeien, stuks jongvee ouder dan 1 jaar (pinken), stuks jongvee jonger dan 1 jaar (kalveren). Het betreft de diercategorieën en telling zoals vastgesteld in het Uitvoeringsbesluit en de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet. Voor alle genoemde diercategorieën wordt het aantal berekend door het totaal van de dagtellingen te delen door 365. Voor zover van toepassing wordt onderscheid gemaakt tussen HF, Jersey, overige rassen en kruislingen. Een Jersey is een dier met minimaal 87,5 procent Jersey-bloed. Een kruisling heeft tussen de 50 en 87,5 procent Jersey-bloed.

2.1.2.7 Melkproductie en melksamenstelling

De melkproductie is gelijk aan de geproduceerde melk in kg per jaar zoals aangegeven in Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet, artikel 33, in Uitvoeringsregeling Meststoffenwet, artikel 42 (lid 3) en hoofdstuk 9 (artikelen 73 t/m 75e) en in Regeling dierlijke producten, paragraaf 2 (artikelen 2.10 t/m 2.59).

Het percentage vet en eiwit in de melk is het voortschrijdend gemiddelde zoals vastgesteld door zuivelindustrie, berekend per kalenderjaar.

2.1.2.8 Gewicht melkkoeien

Het gemiddelde gewicht van uw volwassen melkkoeien is bepalend voor de VEM-onderhoudsbehoefte van de melkkoeien, en ook van die met een afwijkend gewicht en van het bijbehorende jongvee. Daarvoor is in Tabel 2.1.1 een rasfactor opgenomen. Deze is gebaseerd op de VEM-onderhoudsbehoefte bij volwassen gewicht.

Tabel 2.1.1 Gemiddeld gewicht volwassen melkkoe en de ras-factor.

Veeslag	Volwassen gewicht melkkoe (kg)	Rasfactor
Jersey	400	0,7
Overige rassen	600	1,0
Kruislingen	500	0,85

2.1.2.9 Beweiding

Onbeperkt weiden wil zeggen dat de koeien zowel overdag als 's nachts weiden. Beperkt weiden houdt in dat de melkkoeien alleen overdag of alleen 's nachts in de weide zijn. Voor de melkkoeien moet het gemiddeld aantal weidemaanden per jaar worden opgegeven door de melkveehouder en het gemiddeld aantal uren beweiding per etmaal. Als zowel beperkt als onbeperkt weiden is toegepast, dan wordt voor beide systemen het gemiddelde aantal weidemaanden en het gemiddelde aantal weide-uren per etmaal genomen.

Als de melkkoeien vers weidegras op stal krijgen is er sprake van zomerstalvoeding. Ook dan moet worden vastgelegd om hoeveel maanden het gaat en hoe vaak er per etmaal vers gemaaid gras voor de koeien wordt gebracht, zowel overdag als 's nachts ('onbeperkt') of alleen overdag dan wel alleen 's nachts ('beperkt').

Voor jongvee wordt uitgegaan van onbeperkt weiden waarbij het aantal dagen beweiding wordt geregistreerd.

In de BEX wordt niet geregistreerd of droge koeien geweid worden. Droge koeien worden qua beweiding gelijk gesteld aan melkkoeien.

2.1.2.10 Berekening VEM-opname en VEM-behoefte van de melkveestapel

De VEM-opname ligt twee procent hoger dan de berekende VEM-behoefte, omdat aangenomen wordt dat de VEM-dekking 102% bedraagt. Deze aanname komt overeen met de grondslag van de forfaitaire excretie van melkvee (Tamminga *et al.*, 2004).

De VEM-behoefte wordt berekend volgens de algemene rekenregels van het CVB. Deze zijn ook gebruikt voor de onderbouwing van de excretieforfaits in de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet. In de berekening van de VEM-behoefte wordt rekening gehouden met de opbouw van de veestapel, het productieniveau van de koeien, het volwassen gewicht van de melkkoeien en beweiding van de melkkoeien. De VEM-behoefte berekening voor melkvee is gebaseerd op dieren die aangebonden staan. Vrij lopende dieren in een ligboxenstal of tijdens beweiding hebben door de bewegingsactiviteit een hogere VEM-behoefte. Daarnaast is extra energie nodig voor eventuele jeugdgroei, voor dracht en voor compensatie van de Negatieve Energie Balans (NEB) in het begin van de lactatie. Deze extra energiebehoeften worden in de vorm van energietoelagen (zie Tabel 2.1.2) in de VEM-behoefte meegerekend.

De VEM-behoefte van melkvee wordt berekend als de optelsom van de VEM-behoefte voor melkproductie en voor onderhoud. Bij onderhoud wordt onderscheid gemaakt tussen 'tijdens lactatie' en 'tijdens droogstand'. De berekening gaat uit van een lactatie van 307 dagen per kalenderjaar en 58 dagen droogstand. Een koe gebruikt naast energie voor onderhoud en melkproductie ook energie voor beweging, groei, dracht en mobilisatie van lichaamsreserves (zie Tabel 2.1.2). De VEM-behoefte van de totale melkveestapel (in kVEM/jaar) is de optelsom van de VEM-behoefte van de melkkoeien, de pinken en de kalveren (zie Tabel 2.1.1).

Tabel 2.1.2 *Energietoelagen per melk- en kalfkoe in kVEM voor melkkoeien met een volwassengewicht van 600 kg**.

Toeslag		kVEM / jaar	kVEM / maand
Beweging**	Niet weiden	189	
	Extra bij Beperkt weiden		12
	Extra bij Onbeperkt weiden		16
Jeugd***	Jersey	92	
	Overige rassen	131	
	Kruislingen	111	
Dracht en NEB****	Jersey	136	
	Overige rassen	194	
	Kruislingen	165	

* Bij een ras met een ander volwassen gewicht dient de toeslag in deze tabel te worden vermenigvuldigd met de rasfactor die in Tabel 2.1.1 bij het betreffende gewicht hoort.

** De bewegingstoeslag voor 'Niet weiden' geldt altijd voor niet-aangebonden dieren en bedraagt 10% van onderhoudsbehoefte (=1893 kVEM/jaar, Tamminga *et al.* (2004). De extra bewegingstoeslag boven 'Niet weiden' voor 'Onbeperkt weiden' bedraagt 10% en voor 'Beperkt weiden' 7,5% van onderhoudsbehoefte.

*** De jeugdtoeslag per koe is gebaseerd op een vervangingspercentage van 36,25%.

**** NEB = Negatieve Energie Balans.

Overzicht rekenregels VEM behoefte

kVEM-behoefte jongvee per jaar

Jonger dan 1 jaar (kalveren (ka)) (per dier per kalenderjaar): $(1.381 + 0,421 \times \text{aantal weidedagen}) \times \text{aantal ka} \times \text{rasfactor} \times 1,02$ (kVEM).

Ouder dan 1 jaar (pinken (pi)) (per dier per kalenderjaar): $(2.472 + 0,879 \times \text{aantal weidedagen}) \times \text{aantal pi} \times \text{rasfactor} \times 1,02$ (kVEM).

kVEM-behoefte melkkoeien per jaar: melkproductie

Melkgift/koe = totaal geproduceerde melk (kg) / het aantal melkkoeien.

FPCM/dag = $(\text{melkgift/koe (kg)} \times (0,337 + 0,116 \times \% \text{vet} + 0,06 \times \% \text{eiwit})) / 307$ (dagen).

VEM melkproductie = $(442 \times \text{FPCM/dag} \times (1 + (\text{FPCM/dag} - 15) \times 0,00165)) \times 307$ (dagen).

kVEM melkproductie = VEM melkproductie/1000.

kVEM-behoefte melkkoeien per jaar: onderhoud

GEW (kg) = levend gewicht afhankelijk van type koe (zie forfait Tabel 2.1.1).

VEMonh tijdens lactatie = $(42,4 \times \text{GEW}^{0,75} \times (1 + (\text{FPCM/dag} - 15) \times 0,00165)) \times 307$ (dagen).

VEMonh tijdens droogstand = $42,4 \times \text{GEW}^{0,75} \times (1 + (-15 \times 0,00165)) \times 58$ (dagen).

VEM onderhoud melkvee = VEMonh tijdens lactatie + VEMonh tijdens droogstand.

kVEM onderhoud = VEM onderhoud melkvee/1000.

Toelagen VEM-behoefte melkkoeien per jaar

kVEM-toeslag per koe = (bewegingstoeslag 'Niet weiden' uit Tabel 2.1.1 + (aantal maanden weiden x extra bewegingstoeslag voor 'Beperkt weiden' of 'Onbeperkt weiden' uit Tabel 2.1.2)) + jeugdtoeslag uit Tabel 2.1.2 + dracht- en NEB-toeslag uit Tabel 2.1.2.

kVEM-behoefte melkveestapel per jaar

kVEM-behoefte van melkveestapel = ((kVEM melkproductie + kVEM onderhoud + kVEM toeslag) x aantal melkkoeien) + (kVEM jongvee < 1 jaar x aantal jongvee < 1 jaar) + (kVEM jongvee > 1 jaar x aantal jongvee > 1 jaar).

2.1.2.11 Bepaling van N- en P-opname door melkveestapel

De N en P opname wordt berekend door per voedermiddel de VEM-opname te vermenigvuldigen met respectievelijk de geanalyseerde N/VEM en P/VEM (zie paragraaf 2.1.2.3). Vervolgens wordt de totale VEM-opname berekend door het resultaat van alle voedermiddelen bij elkaar op te tellen. Echter, op praktijkbedrijven is niet van alle voedermiddelen bekend hoe groot de VEM-opname is. Van de aangekochte voedermiddelen wordt de opname berekend als aankoop minus voorraadswijziging, maar van zelf geteeld ruwvoer ontbreken met name betrouwbare gegevens over het aandeel dat weidegras in de ruwvoervoorziening heeft gehad. In eerste instantie wordt de totale hoeveelheid energie uit zelf geteeld ruwvoer uit maïskuil, graskuil en vers (weide) gras bepaald als:

VEM-opname uit snijmaïskuil, graskuil en vers (weide)gras = berekende VEM opname veestapel – VEM opname uit aangekochte voedermiddelen, met:

berekende VEM-opname veestapel = VEM behoefte veestapel x 102%.

2.1.2.12 Bepaling VEM-opname uit snijmaïskuil, graskuil en vers gras

De verdeling van de berekende VEM opname uit snijmaïskuil, graskuil en vers (weide)gras over de afzonderlijke producten gebeurt niet door de VEM uit weidegras te berekenen als het verschil tussen totale VEM opname uit kuilen en weidgras en de VEM opname uit kuilen, maar op basis van de onderlinge verhoudingen in kuilhoeveelheden. De hoeveelheid vervoederde snijmaïskuil en graskuil wordt berekend op basis van de op het bedrijf vastgestelde verhouding tussen de vervoederde VEM- hoeveelheden van graskuil en snijmaïskuil. Voor vers (weide)gras ontbreken zowel opnames als geanalyseerde gehalten. Voor de VEM-opname uit vers (weide)gras wordt, afhankelijk van het beweidingssysteem, een vaste verhouding tussen graskuil en vers (weide)gras aangehouden (zie 2.1.2.15: Overzicht rekenregels N en P opname). De beweidingssystemen die worden onderscheiden zijn: niet weiden, beperkt weiden, onbeperkt weiden, zomerstalvoeding beperkt vers gras en zomerstalvoeding onbeperkt vers gras. Deze rekenregels stellen vast hoeveel procent van de totale grasopname bestaat uit graskuil, dus als de vervoederde hoeveelheid snijmaïskuil 1500 kVEM is en graskuil 1000 kVEM bij een percentage graskuil van 80% dan is de vers grasopname $(1000/0,8) \times 0,2 = 250$ kVEM en wordt de verhouding snijmaïs/graskuil/vers gras = 1500/1000/250. Met deze verhouding wordt de 'VEM-opname uit snijmaïskuil, graskuil en vers (weide)gras' uit 2.1.2.11 verdeeld over de afzonderlijke voedermiddelen.

Er kunnen zich situaties voordoen waarbij bovenstaande berekening voor de vers grasopname te veel afwijkt van de werkelijke vers gras opname. Daarom wordt een controleberekening uitgevoerd, waarbij het resultaat van de controleberekening wordt gebruikt indien de aldus berekende opname van vers gras hoger is dan van de oorspronkelijke berekening. Bij de controleberekening worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De variatie in beweidingduur bij onbeperkt weiden bedraagt 10 tot 20 uren per etmaal. Die variatie bedraagt bij beperkt weiden 2 tot 9 uren per etmaal.
- In de praktijk krijgen weidende melkkoeien minstens twee uren weidegang. Bij 2 uur weidegang neemt een melkkoe 2 kg droge stof weidegras op (type 'Overige rassen' - zie Tabellen 2.1.1 en 2.1.2 - en bij een melkproductie van 9.500 kg FPCM/jaar). Per uur extra weiden komt daar 0,75 kg droge stof bij, met een maximum van 18 uren extra weiden (20 totaal) per etmaal. Voor elke 500 kg FPCM meer of minder moet de drogestofopname uit weidegras met 2% worden verhoogd respectievelijk verlaagd.
- Bij zomerstalvoeding wordt ervan uitgegaan dat de drogestofopname van een melkkoe bij 'onbeperkt' vers gras op stal 87% bedraagt van de opname bij onbeperkt weiden gedurende 20 uren per etmaal. Voor een melkkoe met 'beperkt' vers gras op stal wordt de drogestofopname van vers gras gelijk gesteld aan 87% van de opname bij 9 uren weiden per etmaal.
- De drogestofopname van Jerseys en van kruislingen bedraagt respectievelijk 70% en 85% van die van koeien van de overige rassen. Dezelfde percentages gelden ook voor het referentieniveau van de meetmelkproductie om de drogestofopname te berekenen (respectievelijk 6650 en 8075 kg FPCM/jaar).

2.1.2.13 Bepaling van de N/VEM en P/VEM verhouding in vers gras

De samenstelling van vers weidegras (droge stof, VEM, N en P) bij weiden en bij zomerstalvoeding is niet bekend. Voor de BEX is alleen de verhouding van de gehalten VEM met N en P van belang (resp. N/VEM en P/VEM). Deze verhoudingen worden voor vers gras afgeleid van de N/VEM en P/VEM van de aangelegde graskuilen (gebaseerd op praktijkinformatie uit het project Koeien&Kansen). Daarbij moet de kwaliteit van de graskuil(en) representatief zijn voor de kwaliteit van het verse gras dat de melkkoeien via weiden of zomerstalvoeding krijgen. Daarom vormt de verhouding tussen het VEM, N- en P-gehalte in graskuilen, niet zijnde beheersgrasland, het uitgangspunt voor de geschatte samenstelling van het verse gras.

Tabel 2.1.3 Forfaitaire kVEM-opname per jaar voor een aantal categorieën 'overig graasvee'.

Diercategorie	Voer							
	Kunst- melk	Kracht- voer	Ruwvoer				Overige	Totaal ruwvoer en overige
			Hooi	Graskuil	Snijmais	Totaal		
104 Fokstieren (2 jaar en ouder)	0	348	0	733	1.314	2.047	576	2.623
115 Startkalveren (<3 mnd)	208	438	0	0	234	234	0	234
116 Rosékalveren (ca. 3 mnd tot ca. 8 mnd)	0	1.122	0	0	655	655	355*	1.010
117 Rosékalveren (ca. 14 dgn tot 8 mnd)	89	880	0	0	485	485	233*	718
120 Weide- en zoogkoeien	0	56	0	1.582	0	1.582	0	1.582
122 Vleesstieren (>3 mnd tot slacht)	0	970	0	0	1.652	1.652	68	1.720
550 Schapen	0	56**	15	50	0	65	0	65
552 Overige schapen	0	11***	6	16	0	22	0	22
600 Melkgeiten	6	419	0	149	279	428	0	428
601 Vleesgeiten	136	0	0	0	0	0	0	0
602 Overige geiten	0	124	0	74	137	211	0	211
941 Pony's	0	247	673	0	0	673	0	673
943 Paarden	0	437	906	0	0	906	125	1.031

* Eventuele vochtrijke krachtvoerders zijn hierin begrepen.

** 32 uit schapenbrok + 24 uit lammerenkorrel.

*** 2 uit schapenbrok + 9 uit lammerenkorrel.

2.1.2.14 Correctie voor voeropname door overige graasdieren

Als op het bedrijf naast het melkvee ook overige graasdieren aanwezig zijn en het voer voor deze graasdieren is niet duidelijk gescheiden van dat voor melkvee, dan wordt een forfaitaire hoeveelheid afgetrokken van de hoeveelheid die volgens de berekening op uw bedrijf wordt gevoerd (Tabel 2.1.3).

2.1.2.15 Overzicht rekenregels N en P opname

N/VEM en P/VEM vers gras:

N/VEM weidegras = 1,1 x N/VEM ingekuuld gras

P/VEM weidegras = 1,05 x P/VEM ingekuuld gras

N/VEM zomerstalvoeding = 1,05 x N/VEM ingekuuld gras

P/VEM zomerstalvoeding = 1,03 x P/VEM ingekuuld gras

VEM-opname uit kuilgras

Niet weiden (100% van de grasopname is graskuil)

VEM-opname graskuil = VEM- opname gras melkveestapel x C

Waarbij C = 1

Beperkt weiden gedurende 182,5 dagen (80% van de grasopname is graskuil)

VEM-opname graskuil = VEM- opname gras melkveestapel x Ca

Waarbij Ca = 0,8 bij 182,5 dagen weiden. Als het aantal dagen anders is, moet Ca worden aangepast:

$$Ca1 = Ca + (182,5 - \text{aantal weidedagen})/182,5 \times (1 - Ca)$$

Onbeperkt weiden gedurende 182,5 dagen (60% van de grasopname is graskuil)

VEM-opname graskuil = VEM- opname gras melkveestapel x Cb

Waarbij Cb = 0,6 bij 182,5 dagen weiden. Als het aantal dagen anders is, moet Cb worden aangepast:

$$Cb1 = Cb + (182,5 - \text{aantal weidedagen})/182,5 \times (1 - Cb)$$

Zomerstalvoeding beperkt gedurende 182,5 dagen (82,5% van de grasopname is graskuil)

VEM-opname graskuil = VEM-opname gras melkveestapel x Cc

Waarbij Cc = 0,825 bij 182,5 dagen zomerstalvoeding. Als het aantal dagen anders is, moet Cc

worden aangepast: $Cc1 = Cc + (182,5 - \text{aantal weidedagen})/182,5 \times (1 - Cc)$

Zomerstalvoeding onbeperkt gedurende 182,5 dagen (65% van de grasopname is graskuil)

VEM-opname graskuil = VEM-opname gras melkveestapel x Cd

Waarbij Cd = 0,65 bij 182,5 dagen zomerstalvoeding. Als het aantal dagen anders is, moet Cd

worden aangepast: $Cd1 = Cd + (182,5 - \text{aantal weidedagen})/182,5 \times (1 - Cd)$

Controleberekening hoeveelheid opname uit weidegras

VEM-waarde weidegras = 960 VEM/kg DS

Bij weiden:

kVEM-opname melkveestapel uit vers gras =

$(\text{aantal weidedagen van melkkoeien}) \times ((2 + 0,75 \times (\text{weide-uren/dag} - 2)) \times (1 + (\text{meetmelkproductie} - 9.500) / 500 \times 0,02)) \times \text{aantal melkkoeien} \times \text{VEM-waarde weidegras} / 1.000$

hiervoor geldt: aantal weide-uren/dag \leq 20

Bij zomerstalvoeding:

kVEM-opname melkveestapel uit vers gras =

kVEM-opname melkveestapel uit vers gras bij weiden x 0,87 =

$(\text{aantal dagen zomerstalvoeding van melkkoeien}) \times ((2 + 0,75 \times (\text{weide-uren/dag} - 2)) \times (1 + (\text{meetmelkproductie/koe/jaar} - 9.500) / 500 \times 0,02)) \times 0,87 \times \text{aantal melkkoeien} \times \text{VEM-waarde weidegras} / 1.000$

Hiervoor geldt:

- Aantal weide-uren/dag = 20 bij 'onbeperkt' vers gras op stal.
- Aantal weide-uren/dag = 9 bij 'beperkt' vers gras op stal.

Vastlegging van N en P

De vastlegging van N en P wordt voor de hele melkveestapel berekend: alle melkgevende en droogstaande koeien, plus het jongvee. Voor de berekening van de vastlegging zijn geen extra gegevens nodig. Er wordt vrijwel volledig gewerkt met forfaits met uitzondering van de N vastlegging in melk en de aantallen dieren (Tabellen 2.1.4 en 2.1.5).

Tabel 2.1.4 *Uitgangspunten voor vastlegging van N en P in melkveestapel.*

Gewichten van categorieën melkveestapel			Afkorting
Gewicht volwassen melkkoe*	=	GEW	GEW
Gewicht kalf (kg)**	=	GEW x 44/600	GEWkalf
Gewicht pink (kg)**	=	GEW x 320/600	GEWpink
Gewicht vaars (kg)**	=	GEW x 530/600	GEWvaars
Vastlegging in melkkoeien			
<i>Melkproductie</i>			
Stikstof (N) gehalte in de melk (g/kg)	=	eiwit% in melk x 10/6,38	
Fosfor (P) gehalte in de melk (g/kg)	=	0,97	
<i>Dracht</i>			
Aantal geboren kalveren per koe per kalenderjaar	=	0,65	aantalkalf
Stikstof (N) gehalte kalf (g/kg)	=	29,4	Ngehkalf
Fosfor (P) gehalte kalf (g/kg)	=	8,0	Pgehkalf
De gehalten voor het kalf betreffen de samenstelling bij de geboorte			
<i>In groei van (melkgevende) vaarzen (vervanging)</i>			
Aandeel vervanging per melkkoe	=	0,3625	aandervang
Stikstof (N) gehalte vaars (g/kg)	=	23,1	Ngehvaars
Fosfor (P) gehalte vaars (g/kg)	=	7,4	Pgehvaars
Stikstof (N) gehalte koe (g/kg)	=	22,5	Ngehkoe
Fosfor (P) gehalte koe (g/kg)	=	7,4	Pgehkoe
Gehalten van vaarzen betreffen de samenstelling bij de eerste keer afkalven			
Vastlegging in jongvee			
<i>Jongvee jonger dan een jaar</i>			
Stikstof (N) gehalte kalf (g/kg)	=	29,4	Ngehkalf
Fosfor (P) gehalte kalf (g/kg)	=	8,0	Pgehkalf
Stikstof (N) gehalte pink (g/kg)	=	24,1	Ngehpink
Fosfor (P) gehalte pink (g/kg)	=	7,4	Pgehpink
Gehalten van pink betreffen de samenstelling op een leeftijd van 12 maanden			
<i>Jongvee ouder dan een jaar</i>			
Aantal geboren kalveren uit jongvee per kalenderjaar	=	0,63	aantalkalf1
Stikstof (N) gehalte kalf (g/kg)	=	29,4	Ngehkalf
Fosfor (P) gehalte kalf (g/kg)	=	8,0	Pgehkalf
Stikstof (N) gehalte pink (g/kg)	=	24,1	Ngehpink
Fosfor (P) gehalte pink (g/kg)	=	7,4	Pgehpink
Stikstof (N) gehalte vaars (g/kg)	=	23,1	Ngehvaars
Fosfor (P) gehalte vaars (g/kg)	=	7,4	Pgehvaars

* Het gemiddelde lichaamsgewicht van een volwassen melkkoe is afhankelijk van het ras: zie Tabel 2.1.1. Voor 'overige rassen' is dat 600 kg.

** Voor 'overige rassen' (Tabel 2.1.1) is het gemiddelde gewicht van een kalf (bij geboorte) 44 kg, van een pink (op eenjarige leeftijd) 320 kg en van een vaars (pink bij afkalven op leeftijd van circa 26 maanden) 530 kg.

Tabel 2.1.5 Berekening vastlegging van N en P (in kg per jaar)*.

Vastlegging in melkkoeien		
<i>Tijdens melkproductie</i>		
Nmelk	=	(totaal geleverde melk x (eiwitpercentage x 10/6,38)) / 1.000
Pmelk	=	(totaal geleverde melk x 0,97) / 1.000
<i>Tijdens dracht</i>		
GEWkalf	=	GEW x 44/600
Nkalf	=	((GEWkalf x aantalkalf** x Ngehkalf) / 1.000) x aantal melkkoeien
Pkalf	=	((GEWkalf x aantalkalf** x Pgehkalf) / 1.000) x aantal melkkoeien
<i>In groei van (melkgevende) vaarzen (vervanging)</i>		
GEWvaars	=	GEW x 530/600
Nvaars	=	(GEWvaars x aandvervang x Ngehvaars**) / 1.000
Pvaars	=	(GEWvaars x aandvervang x Pgehvaars**) / 1.000
Nkoe	=	(GEW x aandvervang x Ngehkoe**) / 1.000
Pkoe	=	(GEW x aandvervang x Pgehkoe**) / 1.000
Nvervanging	=	(Nkoe – Nvaars) x aantal melkkoeien
Pvervanging	=	(Pkoe – Pvaars) x aantal melkkoeien
Vastlegging in jongvee		
<i>Jonger dan 1 jaar</i>		
GEWpink	=	GEW x 320/600
Nkalf1	=	(GEWkalf x Ngehkalf***) / 1.000
Pkalf1	=	(GEWkalf x Pgehkalf***) / 1.000
Npink	=	(GEWpink x Ngehpink***) / 1.000
Ppink	=	(GEWpink x Pgehpink***) / 1.000
Njv<1	=	(Npink – Nkalf1) x gem. aantal stuks jongvee < 1jr
Pjv<1	=	(Ppink – Pkalf1) x gem. aantal stuks jongvee < 1jr
<i>Ouder dan 1 jaar</i>		
Nkalf2	=	(GEWkalf x aantalkalf1** x Ngehkalf***) / 1.000
Pkalf2	=	(GEWkalf x aantalkalf1** x Pgehkalf***) / 1.000
Nvaars1	=	(GEWvaars x Ngehvaars***) / 1.000
Pvaars1	=	(GEWvaars x Pgehvaars***) / 1.000
Njv>1	=	(Nkalf2 + Nvaars1 – Npink) x gem. aantal stuks jongvee > 1jr.
Pjv>1	=	(Pkalf2 + Pvaars1 – Ppink) x gem. aantal stuks jongvee > 1jr

* In Tabel 2.1.4 staan de uitgangspunten voor de formules.

** Zie voor aantalkalf en aantalkalf1 Tabel 2.1.4; aantalkalf = gemiddeld aantal geboren kalveren per jaar bij koeien; aantalkalf1 = gemiddeld aantal geboren kalveren per jaar uit jongvee.

*** Zie voor N- en P-gehalten van koe, vaars, pink en kalf Tabel 2.1.4.

2.1.2.16 Gasvormige N-verliezen

Een deel van de stikstofexcretie van de melkveestapel verdwijnt uit stal en opslag door vervluchtiging. Bij de berekening van de hoeveelheid te plaatsen mest moet met deze gasvormige stikstofverliezen rekening worden gehouden. Dit gebeurt in de BEX op basis van forfaits (Tabel 2.1.6). Met deze stikstofverliezen wordt rekening gehouden bij het bepalen van de al dan niet resterende N-gebruiksruimte. Voor het bepalen van het N-bodemoverschot wordt echter uitgegaan van de bruto N-excretie die vervolgens wordt vermeerderd met de N in voerresten en wordt verminderd met de gasvormige verliezen op basis van BEA-module binnen de KringloopWijzer (paragraaf 2.2).

Tabel 2.1.6 Forfaitaire bruto stikstofexcretie en forfaitaire netto hoeveelheid stikstof in de mest van melkveecategorieën (in kg per dier per jaar).

(bron: <https://www.drloket.nl/xmlpages/page/Invloket/actueel/document/fileitem/49062>).

Diercategorie	Bruto N-excretie (kg/dier/jaar)	Netto N in de mest (kg/dier/jaar)	
		Drijfmest	Vaste mest
Melk- en kalfkoeien (inclusief nuchtere kalveren)	136,7	120,6	109,5
Vrouwelijk jongvee, fokstieren en overig vleesvee jonger dan 1 jaar	36,8	34,5	29,4
Vrouwelijk jongvee en overig vleesvee ouder dan 1 jaar en fokstieren van 1 tot 2 jaar	78,9	73,9	63,1

Op basis van Tabel 2.1.6 zijn de volgende N vervluchtigingspercentages per diercategorie berekend:

- Melkvee: drijfmest 11,8% en vaste mest 19,9%
- jongvee jonger dan 1 jaar: drijfmest 6,25% en vaste mest 20,1%
- jongvee ouder dan 1 jaar: drijfmest 6,34% en vaste mest 20,0%

Voor de berekening van het gemiddelde N vervluchtigingspercentage van de bedrijfsspecifieke veestapel wordt het gewogen gemiddelde over diersoorten berekend. Hiervoor wordt eerst per diercategorie de geproduceerde hoeveelheid stikstof vermenigvuldigd met het betreffende vervluchtigingspercentage. Dit product wordt vervolgens gedeeld door de totale hoeveelheid geproduceerde stikstof.

Overzicht rekenregels gasvormige verliezen

Algemeen

Aantal melkkoeien = n_{mk}

Aantal jongvee jonger dan 1 jaar = $n_{jv<1}$

Aantal jongvee ouder dan 1 jaar = $n_{jv>1}$

Bruto N excretie melkkoeien, $jv<1$ en $jv>1$ = resp. BN_{mk} , $BN_{jv<1}$ en $BN_{jv>1}$ (uit Tabel 2.1.6)

Netto N excretie melkkoeien, $jv<1$ en $jv>1$ = resp. NN_{mk} , $NN_{jv<1}$ en $NN_{jv>1}$ (uit Tabel 2.1.6)

N vervluchtiging drijfmest (N_{gas} drijfmest)

Aantal melkkoeien drijfmest = n_{mkd} = n_{mk} x drijfmest%_{mk} (invoer BEX)

Aantal jongvee jonger dan 1 jaar drijfmest = $n_{jv<1}$ x $n_{jv<1d}$ x drijfmest%_{jv<1} (invoer BEX)

Aantal jongvee ouder dan 1 jaar drijfmest = $n_{jv>1}$ x $n_{jv>1d}$ x drijfmest%_{jv>1} (invoer BEX)

Bruto N excr drijfmest melkkoeien, $jv<1$ en $jv>1$ = resp. BN_{mkd} , $BN_{jv<1d}$ en $BN_{jv>1d}$ (uit Tabel 2.1.6)

Netto N excr drijfmest melkkoeien, $jv<1$ en $jv>1$ = resp. NN_{mkd} , $NN_{jv<1d}$ en $NN_{jv>1d}$ (uit Tabel 2.1.6)

N_{gas} drijfmest bedrijfsspecifieke veestapel (%) = $100 \times (1 - ((n_{mkd} \times NN_{mkd} + n_{jv<1d} \times NN_{jv<1d} + n_{jv>1d} \times NN_{jv>1d}) / (n_{mkd} \times BN_{mkd} + n_{jv<1d} \times BN_{jv<1d} + n_{jv>1d} \times BN_{jv>1d})))$

N vervluchtiging vaste mest (N_{gas} vaste mest)

Aantal melkkoeien vaste mest = n_{mkv} = $n_{mk} - n_{mkd}$

Aantal jongvee jonger dan 1 jaar vaste mest = $n_{jv<1v}$ = $n_{jv<1} - n_{jv<1d}$

Aantal jongvee ouder dan 1 jaar vaste mest = $n_{jv>1v}$ = $n_{jv>1} - n_{jv>1d}$

Bruto N excr vaste mest melkkoeien, $jv<1$ en $jv>1$ = resp. BN_{mkv} , $BN_{jv<1v}$ en $BN_{jv>1v}$ (uit Tabel 2.1.6)

Netto N excr vaste mest melkkoeien, $jv<1$ en $jv>1$ = resp. NN_{mkv} , $NN_{jv<1v}$ en $NN_{jv>1v}$ (uit Tabel 2.1.6)

$N_{\text{gas}} \text{ vaste mest bedrijfsspecifieke veestapel (\%)} = 100 \times (1 - ((n_{\text{mkv}} \times NN_{\text{mkv}} + n_{\text{JV}<1\text{v}} \times NN_{\text{JV}<1\text{v}} + n_{\text{JV}>1\text{v}} \times NN_{\text{JV}>1\text{v}}) / (n_{\text{mkv}} \times BN_{\text{mkv}} + n_{\text{JV}<1\text{v}} \times BN_{\text{JV}<1\text{v}} + n_{\text{JV}>1\text{v}} \times BN_{\text{JV}>1\text{v}})))$

N vervluchtiging totale mestproductie (drijfmest + vaste mest)

$N_{\text{gas}} \text{ bedrijfsspecifieke veestapel (\%)} = 100 \times (1 - (Ad + Av / Bd + Bv))$

Waarin: $Ad = n_{\text{mkd}} \times NN_{\text{mkd}} + n_{\text{JV}<1\text{d}} \times NN_{\text{JV}<1\text{d}} + n_{\text{JV}>1\text{d}} \times NN_{\text{JV}>1\text{d}}$

$Av = n_{\text{mk}} \times NN_{\text{mkv}} + n_{\text{JV}<1\text{v}} \times NN_{\text{JV}<1\text{v}} + n_{\text{JV}>1\text{v}} \times NN_{\text{JV}>1\text{v}}$

$Bd = n_{\text{mk}} \times BN_{\text{mkd}} + n_{\text{JV}<1\text{d}} \times BN_{\text{JV}<1\text{d}} + n_{\text{JV}>1\text{d}} \times BN_{\text{JV}>1\text{d}}$

$Bv = n_{\text{mk}} \times BN_{\text{mkv}} + n_{\text{JV}<1\text{v}} \times BN_{\text{JV}<1\text{v}} + n_{\text{JV}>1\text{v}} \times BN_{\text{JV}>1\text{v}}$

2.1.3 Mestproductie door een aanwezige 'staldier'-tak

Omdat de KringloopWijzer bij de berekening van enkele kengetallen rekening houdt met de aanwezigheid van een eventuele neventak 'staldieren', zijn gegevens nodig van de bijdrage van deze 'staldieren' aan de productie, de afvoer en het eventuele gebruik van N en P in deze vorm van dierlijke mest. Deze worden niet berekend door het opvragen van gegevens in de KringloopWijzer van de hoeveelheden en samenstelling van aangekocht voer en uitgangsmateriaal en de hoeveelheden en samenstelling van de afgevoerde dieren en/of producten, maar door het direct opvragen van gegevens uit de stalbalans(en) die in andere kaders beschikbaar zijn. Daarbij wordt uitgegaan van netto N-producties, dat wil zeggen ná aftrek van gasvormige N-verliezen uit stal en opslag. Het schadelijke deel van de N-emissies (ammoniak-N, lachgas-N) door 'staldieren' wordt wel toegevoegd aan de emissie van de rest van het bedrijf. Dat geldt voor de methaan-emissies alleen voor de methaan uit de stallen en mestopslagen van 'staldieren' maar niet voor de methaan die bij de spijsvertering vrijkomt. Genoemde emissies worden bepaald op basis van coëfficiënten en gehouden dieraantallen (Mosquera & Hol, 2012; Anonymus, 2015b).

De berekening van de productie van mest-N en -P door 'staldieren' verloopt op basis van de volgende opgevraagde informatie:

- Totale netto stalbalansen stikstof en fosfaat (Bemestingsplan)
- Gemiddeld aantal aanwezige dieren (gad)
- Soort mest (drijfmest of vaste mest)
- Huisvestingsstelsel (RAV-stal)
- De totale hoeveelheden stikstof en fosfaat uit de netto stalbalansen worden verdeeld over de verschillende diergroepen via een gewogen gemiddelde aan normatieve stikstof- en fosfaatproducties berekend met de mestproducties en mestgehalten uit Tabel 2.1.7:
- Normatieve productie stikstof = $gad \times \text{mestproductie per gad} \times \text{N-gehalte mest}$
- Normatieve productie fosfaat = $gad \times \text{mestproductie per gad} \times \text{P2O5-gehalte mest}$
- De hoeveelheid mest in tonnen die geproduceerd wordt kan berekend worden met Tabel 2.1.7:
- Normatieve mestproductie = $gad \times \text{mestproductie per gad}$
- In de KringloopWijzer worden twee soorten 'stalmest' onderscheiden: drijfmest en vaste mest. Bij de invoer dient daarom te worden aangegeven of de betreffende diercategorie drijfmest of vaste mest produceert. De totale productie aan stikstof en fosfaat in drijfmest en vaste mest kan worden bepaald door de over de staldieren verdeelde netto stalbalansen op te tellen.
- Het gehalte wordt tenslotte bepaald door de hoeveelheden stikstof en fosfaat te delen door de geproduceerde hoeveelheden mest.

Tabel 2.1.7 Normatieve netto mestproducties en mestgehalten voor verschillende soorten staldieren en huisvestingsystemen.

Diersoort	Rav-code stal	Mestproductie (ton per gad)	Stikstof gehalte (kg N / ton)	Fosfaat gehalte (kg P ₂ O ₅ / ton)	
Leghennen	E 2.5.6	20	28.3	18.8	
	E 2.7	21	21.8	24.2	
	E 2.8	21	29.8	24.2	
	E 2.9.1	21	29.3	24.2	
	E 2.9.2	21	28.3	24.2	
	E 2.9.3	21	28.3	24.2	
	E 2.10	21	32.9	24.2	
	E 2.11.1	21	30.6	24.2	
	E 2.11.2	21	32.0	24.2	
	E 2.11.3	21	33.2	24.2	
	E 2.11.4	21	32.7	24.2	
	E 2.12.1	21	31.5	24.2	
	E 2.12.2	21	30.0	24.2	
	E 2.13	21	30.4	24.2	
	E 2.14	21	30.4	24.2	
	E 2.15	21	30.4	24.2	
	E 2.100	21	21.8	24.2	
	Vleeskuikens	E 5.1	10.9	44.8	16.8
E 5.2		10.9	44.1	16.8	
E 5.3		10.9	44.8	16.8	
E 5.4		10.9	44.5	16.8	
E 5.5		10.9	41.7	16.8	
E 5.6		10.9	42.3	16.8	
E 5.7		10.9	43.3	16.8	
E 5.8		10.9	43.6	16.8	
E 5.9.1.2.2		10.9	42.6	16.8	
E 5.9.1.2.4		10.9	42.9	16.8	
E 5.10		10.9	42.5	16.8	
E 5.11		11.9	43.6	16.8	
E 5.12		12.9	43.3	16.8	
E 5.13		13.9	43.3	16.8	
E 5.14		14.9	42.5	16.8	
E 5.100		10.9	39.1	16.8	
Kraamzeugen		D 1.2.1	5800	5.8	3.5
		D 1.2.2	5800	5.8	3.5
	D 1.2.3	5800	5.7	3.5	
	D 1.2.4	5800	5.9	3.5	
	D 1.2.5	5800	5.9	3.5	
	D 1.2.6	5800	5.7	3.5	
	D 1.2.7	5800	5.6	3.5	
	D 1.2.8	5800	5.9	3.5	
	D 1.2.9	5800	6.0	3.5	
	D 1.2.10	5800	6.0	3.5	
	D 1.2.11	5800	6.0	3.5	
	D 1.2.12	5800	6.0	3.5	
	D 1.2.13	5800	5.9	3.5	
	D 1.2.14	5800	5.9	3.5	
	D 1.2.15	5800	6.2	3.5	
	D 1.2.16	5800	5.9	3.5	
	D 1.2.17.3	5800	6.1	3.5	
	D 1.2.17.4	5800	6.1	3.5	
	D 1.2.18	5800	6.1	3.5	
	D 1.2.19	5800	6.2	3.5	
	D 4.1	5800	5.5	3.5	
D 1.2.100	5800	5.1	3.5		

Diersoort	Rav-code stal	Mestproductie (ton per gad)	Stikstof gehalte (kg N / ton)	Fosfaat gehalte (kg P ₂ O ₅ / ton)
Overige zeugen	D 1.3.1	2800	5.7	3.5
	D 1.3.2	2800	5.8	3.5
	D 1.3.3	2800	5.6	3.5
	D 1.3.4	2800	5.8	3.5
	D 1.3.5	2800	5.7	3.5
	D 1.3.6	2800	6.0	3.5
	D 1.3.7	2800	6.0	3.5
	D 1.3.8	2800	5.7	3.5
	D 1.3.9	2800	5.7	3.5
	D 1.3.10	2800	5.6	3.5
	D 1.3.11	2800	6.3	3.5
	D 1.3.12.3	2800	6.2	3.5
	D 1.3.12.4	2800	6.2	3.5
	D 1.3.13	2800	6.2	3.5
	D 1.3.14	2800	6.2	3.5
	D 4.1	2800	5.5	3.5
	D 1.3.100	2800	5.1	3.5
Gesp. biggen	D 1.1.1	600	5.4	2.0
	D 1.1.2	600	5.3	2.0
	D 1.1.3	600	5.5	2.0
	D 1.1.4	600	5.3	2.0
	D 1.1.5	600	5.1	2.0
	D 1.1.6	600	5.4	2.0
	D 1.1.7	600	5.3	2.0
	D 1.1.8	600	5.3	2.0
	D 1.1.9	600	5.4	2.0
	D 1.1.10	600	5.4	2.0
	D 1.1.11	600	5.4	2.0
	D 1.1.12	600	5.4	2.0
	D 1.1.13	600	5.4	2.0
	D 1.1.14	600	5.6	2.0
	D 1.1.15.3	600	5.5	2.0
	D 1.1.15.4	600	5.5	2.0
	D 1.1.16	600	5.5	2.0
D 1.1.17	600	5.6	2.0	
D 4.1	600	5.0	2.0	
D 1.1.100	600	4.7	2.0	
Vleesvarkens	D 3.1	1200	6.0	3.8
	D 3.2.1	1200	6.0	3.8
	D 3.2.2	1200	8.0	3.8
	D 3.2.3	1200	7.9	3.8
	D 3.2.4	1200	8.4	3.8
	D 3.2.5	1200	8.2	3.8
	D 3.2.6	1200	8.0	3.8
	D 3.2.7.1	1200	8.4	3.8
	D 3.2.7.2	1200	8.0	3.8
	D 3.2.8	1200	8.5	3.8
	D 3.2.9	1200	8.5	3.8
	D 3.2.10	1200	8.1	3.8
	D 3.2.11	1200	7.9	3.8
	D 3.2.12	1200	8.3	3.8
	D 3.2.13	1200	7.9	3.8
	D 3.2.14	1200	9.0	3.8
	D 3.2.15.3	1200	8.8	3.8
D 3.2.15.4	1200	8.8	3.8	
D 3.2.16	1200	8.3	3.8	
D 3.2.17	1200	8.8	3.8	

Diersoort	Rav-code stal	Mestproductie (ton per gad)	Stikstof gehalte (kg N / ton)	Fosfaat gehalte (kg P ₂ O ₅ / ton)
	D 3.2.18	1200	8.9	3.8
	D 4.1	1200	7.6	3.8
	D 3.2.100	1200	7.0	3.8
Witveeskalveren	A 4.1	2740	3.7	1.4
	A 4.2	2740	3.5	1.4
	A 4.3	2740	3.5	1.4
	A 4.4	2740	3.8	1.4
	A 4.5.1	2740	3.7	1.4
	A 4.5.2	2740	3.5	1.4
	A 4.5.3	2740	3.7	1.4
	A 4.5.4	2740	3.7	1.4
	A 4.5.5	2740	3.7	1.4
	A 4.5.6	2740	3.7	1.4
	A 4.6	2740	3.7	1.4
	A 4.7	2740	3.1	1.4
	A 4.100	2740	2.8	1.4

2.1.4 Mestscheiding

Bij mestscheiding worden ter berekening van de samenstelling de uitgangspunten en principes gehanteerd volgens Den Boer *et al.* (2012) en Schröder *et al.* (2009). Daarbij wordt aangenomen dat organisch gebonden N (Norg) en fosfor (P) met organische stof geassocieerd zijn en ammonium-N (NH₄-N, Nmin) met water. Het 'scheidingsrendement' bepaalt in welke mate een element in de ingaande mest uiteindelijk in de dikke fractie terecht komt. Uitgaande van dit principe bestaat het scheidingsrendement uit twee kengetallen:

1. Percentage van droge stof (DS) dat achterblijft in de dunne fractie
2. Het DS-gehalte in de dikke fractie (kg/ton)

Het scheidingsrendement van P varieert bij eenvoudige methoden van 30 tot 60% (Schröder *et al.*, 2009). Een scheidingsrendement van P van 60% betekent dat 40% van de P (als verondersteld onderdeel van de DS) achterblijft in de dunne fractie (kengetal 1). De dikke fractie bevat doorgaans niet meer dan 200-350 kg DS/ton (kengetal 2).

De verhouding N/P in de eigen mest op het bedrijf wordt bepaald op basis van de N/P verhouding in de netto excretie volgens de BEX, dat wil zeggen na aftrek van de gasvormige verliezen. De hoeveelheid en samenstelling van de (eigen) mest op het bedrijf (volume en gehalten aan DS, Norg, Nmin, P) wordt vervolgens afgeleid op basis van de TAN-excretie (BEA), gecorrigeerd voor de hoeveelheid afgevoerde mest in termen van N en P, gecombineerd met forfaitaire volumeproductie per mestsoort (drijfmest en vaste mest (<http://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mest-en-grond/mest/tabellen-en-publicaties/tabellen-en-normen>; Tabel 6) Deze berekende samenstelling is vervolgens de basis voor de ingaande mest bij mestscheiding. Op basis van de twee kengetallen kan vervolgens een schatting gemaakt worden van de gehalten van de gehalten aan TAN, organische N (N-totaal – TAN) en P in de geproduceerde dunne en dikke fracties.

2.1.5 Kanttekeningen bij BEX en de mestproductie van 'staldieren'

BEX is een rekenprogramma voor praktijkbedrijven om de 'Handreiking bedrijfsspecifieke excretie melkvee' te kunnen toepassen. De BEX doet echter meer dan alleen de rekenregels van de Handreiking toegankelijk maken, namelijk ook het verstrekken van bedrijfsspecifieke informatie ter ondersteuning van het bedrijfsmanagement. De informatie is gericht op het verhogen van de N- en P-efficiëntie van het bedrijf en helpt bij het verminderen van de bedrijfsspecifieke N- en P-excretie.

Constante invoer parameters BEX

Invoer parameters voor BEX die in de praktijk nauwelijks te bepalen zijn, zijn binnen de rekenmethodiek van de BEX als constante ingevoerd (een gemiddelde waarde voor Nederland). Het gezamenlijke effect van alle constante invoerparameters is medebepalend voor de nauwkeurigheid van de berekening in BEX. In een wetenschappelijke toets door de Commissie van Deskundigen Meststoffenwet (CDM) is vastgesteld dat de BEX voldoende nauwkeurig is om voor beleidsdoelinden te worden gebruikt (Šebek, 2008). Dat betekent dat de nu ingestelde waarden voor de constante invoerparameters gezamenlijk resulteren in een goede schatting van de N- en P-excretie. Aanpassing van afzonderlijke constante parameters zonder rekening te houden met onderlinge samenhang zal de nauwkeurigheid van BEX beïnvloeden.

Zo is er, bijvoorbeeld, discussie over de in BEX constant veronderstelde VEM-dekking (102% van de behoefte). In de KringloopWijzer wordt een VEM-dekkingspercentage van 102% gehanteerd waardoor uniformiteit met andere wet- en regelgeving ('Handreiking') wordt gewaarborgd. Echter, in proeven wordt VEM-dekking in een brede range waargenomen (grofweg tussen de 98% en 108%) en bij massale ziekte (b.v. veel mastitis) of slecht verteerbare rantsoenen zelfs boven de 110%. In de praktijk leeft de veronderstelling dat een VEM-dekking van 105% beter aansluit bij de werkelijkheid (zeker bij maïsrantsoenen), maar het vaststellen van de VEM-dekking is in de praktijk zelden mogelijk. Vanwege verknoppingen met andere aannames kan een eventuele wijziging van de veronderstelde VEM-dekking alleen plaatsvinden als dat samengaat met consistentie-checks op andere constanten. Voorbeelden van dergelijke constanten staan in onderstaande lijst:

Lijst constante invoer parameters in BEX

1. Gemiddelde VEM-dekking veestapel (102%).
2. TussenKalfTijd (TKT) van 411 dagen in 2005, bron: 'NRS jaarstatistieken 2007'.
3. Percentage droogstaande dieren (op jaarbasis) in de veestapel (15,7%). Volgens de 'NRS jaarstatistieken 2007' bedroeg de TKT in 2005 411 dagen waarvan 65 dagen droogstand. Teruggerekend naar kalenderjaar is dat 307 dagen lactatie en 58 dagen droogstand en daar gaat de BEX van uit.
4. Levend gewicht volwassen koe (klein, middel, groot respectievelijk 400, 500, 600 kg).
5. VEM-behoefte jongvee jonger en ouder dan 1 jaar (zie Tabel 2.1.1).
6. Extra behoefte aan energie (VEM) voor arbeid en groei (zie Tabel 2.1.2).
7. Gewicht, N en P gehalte in dieren (foetus + adnexa, kalf, pink, vaars, koe ; zie Tabel 2.1.4). Met deze aangenomen gewichten en gehalten wordt de vastlegging van N en P in de veestapel berekend.
8. Percentage vervanging melkveestapel (36,25%) om leeftijdsopbouw veestapel en vastlegging in groei 1^e en 2^e kalfskoeien te kunnen berekenen.
9. Het aantal geboren kalveren per koe per kalender jaar (=0,65) om de vastlegging in foetus + adnexa bij melkvee te kunnen berekenen.
10. Het aantal geboren kalveren per pink per kalender jaar (=0,63) om de vastlegging in foetus + adnexa bij jongvee te kunnen berekenen.
11. Emissiepercentage voor N uit mest van jongvee jonger dan 1 jaar, jongvee ouder dan 1 jaar en van melkvee (voor drijfmest respectievelijk 6,25%, 6,34% en 11,77% en voor vaste mest respectievelijk 20,11%, 20,03% en 19,90%).
12. P gehalte in melk = 1 g/kg melk. Binnen K&K is een variatie vastgesteld van ongeveer 0,86 tot 1,12 g P/kg melk.
13. VEM-waarde weidegras = 960 VEM/kg DS.

Opmerkingen

- Voor kuilen die bestaan uit verschillende voeders (mengkuilen) is geen goede vaststelling van de gemiddelde samenstelling (VEM, N en P gehalte) mogelijk. Bedrijven met dergelijke kuilen kunnen niet deelnemen aan de BEX. Er worden drie uitzonderingen gemaakt. Deze gelden als:
 - Het gemengde ruwvoerkuilen betreft van het eigen bedrijf of als één van de producten aangekochte snijmaïs is, mits van de afzonderlijke kuilen en de aangekochte snijmaïs de voederwaardeanalyse en hoeveelheid bepaald zijn. Ook moeten inkuilverliezen door overkuilen worden ingerekend.
 - 90% van de DS in de kuil uit eenzelfde ruwvoeder bestaat en het overige uit niet terug te vinden aangekocht (vochtrijke) ruwvoeders bestaat.
 - 80% van de DS in de kuil uit eenzelfde ruwvoeder bestaat en het overige uit een wel terug te vinden aangekocht (vochtrijke) ruwvoeder bestaat.
- In de berekening van de vers grasopname wordt verondersteld dat de droogstaande melkkoeien ook vers gras krijgen. In de praktijk zal dat meestal niet zo zijn. De hoeveelheid weidegras die deze dieren krijgen is gelijk verondersteld aan de hoeveelheid vers weidegras die het jongvee in de praktijk opneemt. Omdat in deze berekening de weidegrasopname van jongvee niet is meegenomen wordt deze ook in de controleberekening voor de weidegrasopname (paragraaf 2.1.2.12) niet meegenomen. Bij bedrijven met (zeer) veel jongvee leidt dit tot niet-plausibele combinaties van de hoeveelheden opgenomen weidegras en de hoeveelheden uitgescheiden weidemest.
- Bij de berekening van BEX wordt aangenomen dat alle aangelegde graskuil eenzelfde N/VEM en P/VEM verhouding heeft, te weten die van de graskuil van eigen land. In werkelijkheid kan en zal de verhouding van aangekochte graskuil anders zijn. De fout die hieronder ontstaat is vanzelfsprekend groter naarmate het aandeel aangekochte graskuil groter is.
- Bij het opgeven van grote hoeveelheden mestscheiding op het bedrijf bestaat de mogelijkheid dat volgens de KringloopWijzer het volume aan die mest niet beschikbaar is. Het mestvolume op een bedrijf is namelijk moeilijk te bepalen en daardoor kan het berekende mestvolume afwijken van wat werkelijk op een bedrijf aanwezig is ten gevolg van spoelwater, regenwater, etc. Het specifieker maken van verschillende meststromen en –soorten maakt het lastiger om de mestbalans sluitend te krijgen (in volume en gehalten), zonder dat daarbij niet-plausibele uitkomsten zichtbaar worden. Om die reden heeft het de voorkeur om de hoeveelheid aan mestscheiding op het bedrijf als een percentage van de totale mestproductie op stal op te vragen. Om dezelfde reden is er evenmin voor gekozen om bij mestscheiding de samenstelling van mestscheidingsproducten op te vragen, maar deze door het model te laten berekenen op basis van het scheidingrendement. Door het kiezen van deze werkwijze worden de te verwachten probleem ('mest niet beschikbaar') nog niet opgelost maar wel geminimaliseerd.
- Niet alleen bij het scheiden van mest kunnen problemen ontstaan, maar ook bij de 'bestemming' van de verschillende mestsoorten (aan- en afvoer, voorraden, toediening). Een nauwkeurige invoer/administratie is hierbij een vereiste. Maar ondanks een goede invoer kan het toch tot situaties leiden waarbij de uitkomst van het rekenmodel teveel afwijkt van realisaties in de praktijk.

De hoeveelheid afvoer van mest is een voorbeeld waarbij de uitkomst van het rekenmodel kan afwijken van de werkelijkheid. Vooral bij boer-boer afvoer waarbij hoofdzakelijk forfaitaire gehalten gebruikt worden, wordt in werkelijkheid soms minder mest afgevoerd dan op papier berekend is. Andersom geldt ook dat bij een onderschatting van de hoeveelheid mestafvoer (bij gebruik van lagere gehalten dan de forfaits) op het bedrijf minder mest resteert dan berekend. Ook de invoer van mestvoorraden vormen vaak een 'zwakke schakel' en dit kan leiden tot onverwachte uitkomsten van het rekenmodel.

Voor wat betreft de mestproductie door 'staldieren' moet het volgende worden opgemerkt. Omdat vleesvarkens, zeugen, leghennen, vleeskuikens en witvleeskalveren het meest voorkomend zijn als intensieve neventak op melkveebedrijven, zijn alleen deze uitgewerkt als intensieve neventakken. Maar hiermee zijn nog niet alle neventakken met 'staldieren' gedekt door de KringloopWijzer. Voor een

meer volledige KringloopWijzer, zouden meer soorten staldieren meegenomen moeten worden. Dit geldt bijvoorbeeld voor andere typen varkens dan vleesvarkens en fokzeugen.

Om de invoerbehoefte van de KringloopWijzer beperkt te houden, wordt de (netto) mestproductie van de staldieren (in N en P₂O₅) opgevraagd, samen met de afvoer van staldierenmest en het voorraadsaldo van staldierenmest. Al deze parameters komen uit de stalbalans en het (wettelijke) Bemestingsplan. Op deze manier worden de juiste hoeveelheden stikstof en fosfaat in de kringloop gebracht, met een beperkt aantal invoerparameters. Aanvoer van stikstof en fosfaat met voer en dieren én afvoer van stikstof en fosfaat met dieren zijn op deze manier niet nodig. Dit brengt echter wel met zich mee dat de benutting van stikstof en fosfaat van de intensieve tak, en als gevolg daarvan die van dit soort bedrijven als geheel, door de KringloopWijzer niet berekend kunnen worden.

2.2 BEA

2.2.1 Inleiding

De BEA is een rekentool om de 'Bedrijfsspecifieke Emissie van Ammoniak' op een landbouwbedrijf te berekenen. Ammoniakemissie is een ongewenst verlies van stikstof (N) naar de omgeving. Stikstof wordt gebruikt omdat het een onmisbaar nutriënt is om de bodemvruchtbaarheid en gewasopbrengsten op peil te houden. De berekende verliezen hebben betrekking op de ammoniak-N ($\text{NH}_3\text{-N}$) die vrijkomt uit stallen, uit mestopslagen, uit mest en urine die tijdens beweiding worden uitgescheiden, uit machinaal uitgereden dierlijke (drijf)mest op grasland en bouwland (akkerbouwmatige ruwvoerteelten zoals snijmaïs en af te voeren akkerbouwgewassen) en uit sommige vormen van kunstmest. Daarnaast komen nog enkele andere NH_3 emissiebronnen voor (staande, beweide en geogoste gewassen), die ook in dit onderdeel van de KringloopWijzer-rekenregels worden besproken. Bij de verrekeringen inclusief laatstgenoemde posten, wordt gesproken over 'BEA plus' in plaats van 'BEA basis'.

Voor de berekening van de NH_3 emissie wordt in de BEA aangesloten bij het Nationaal Emissie Model voor Ammoniak (NEMA, Velthof *et al.*, 2009). Deze methodiek baseert de berekening op de hoeveelheid Totaal Ammoniakale stikstof (TAN) en volgt, althans voor wat betreft het melkvee, de weg die de TAN aflegt, te weten achtereenvolgens: uitscheiding door de veestapel, stalvloer, stalopslag, opslag buiten de stal en aanwending. Bij iedere stap van die weg wordt via emissiefactoren (EF) berekend hoeveel TAN als ammoniak ($\text{NH}_3\text{-N}$) vervluchtigt. De EF's zijn gebaseerd op de resultaten van wetenschappelijk onderzoek en beschreven door Velthof *et al.* (2009) en sluiten waar mogelijk aan bij bestaande Nederlandse wet- en regelgeving. Zo zijn de EF voor de stal (vloer en opslag) gebaseerd op de NH_3 emissie metingen die ten grondslag liggen aan de Regeling ammoniak en Veehouderij (RAV, http://wetten.overheid.nl/BWBR0013629/geldigheidsdatum_09-12-2013). Daarmee is ook de BEA in principe conform de RAV¹.

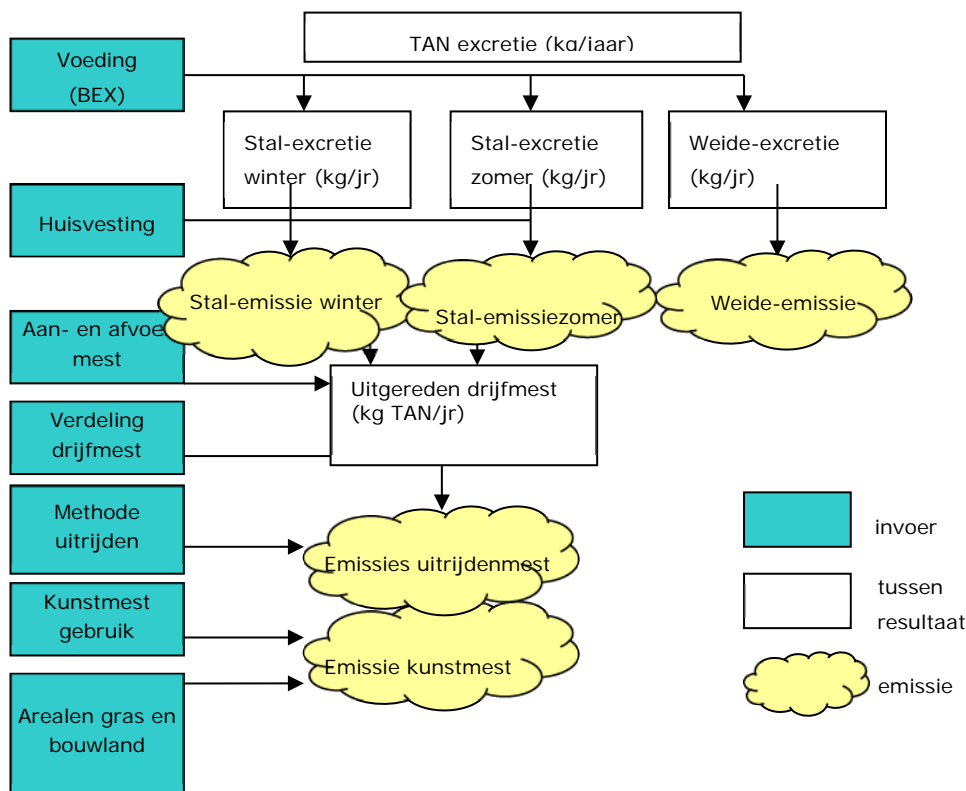
Voor de berekening van de uitgescheiden TAN (de bron van ammoniakemissie) door het melkvee maakt de BEA gebruik van de BEX. Er zijn echter extra rekenregels in de BEA en die hebben betrekking op de omrekening van N-excretie (=output BEX) naar TAN-excretie. Het betreft een relatief kleine aanvulling op de BEX en die aanvulling wordt in paragraaf 2.2.2 (Berekeningswijze) beschreven.

2.2.2 Berekeningswijze

2.2.2.1 Algemeen

De TAN excretie (de emissiebron) is afhankelijk van de samenstelling, productie en voeding van de veestapel en de vervluchtiging van die TAN (ammoniakverliezen) is, voor wat betreft de emissie uit de huisvesting, afhankelijk van de inrichting van stallen en mestopslag. Ten aanzien van de melkveestapel wordt met deze factoren in de KringloopWijzer rekening gehouden. Ten aanzien van de emissie vanuit de huisvesting van 'staldieren' gaat de KringloopWijzer echter van forfaitaire rantsoen-onafhankelijke waarden per dierplaats uit (zie paragraaf 2.2.2.4). Ammoniakemissie vindt ook plaats bij toediening van mest. Dit onderdeel van de emissie is afhankelijk van het grondgebruik en van de manier waarop dierlijke mest wordt uitgereden. Daarnaast spelen ook de keuze van de kunstmestsoort en de gebruikte hoeveelheden op bouw- en grasland een rol. De rekenprocedure voor de BEA voor wat betreft gespecialiseerde melkveebedrijven is in Figuur 2.2.1 schematisch weergegeven.

¹ In principe, want ze zijn verschillend in uitgangspunten en resultaatweergave. De RAV gaat uit van de relatie tussen NH_3 emissie en de concentratie van ammonium in mest en urine (NEMA en BEA gaan uit van de relatie tussen NH_3 emissie en de kwantitatieve TAN excretie) en de RAV drukt de emissie uit in kg NH_3 per dierplaats per jaar (BEA drukt de ammoniakemissie kwantitatief uit in kg NH_3 per jaar per bedrijf).



Figuur 2.2.1 Schematische weergave van de berekening van de ammoniakemissies (kg NH₃ per jaar) van een melkveebedrijf.

De BEA heeft informatie nodig over:

Voor wat betreft melkvee

- De hoeveelheid TAN die door de veestapel wordt geproduceerd (TAN-excretie in kg/jaar).
- De verdeling van de TAN-excretie (kg/jaar) over de stalperiode (in de zomer en in de winter) en de weideperiode.
- De hoeveelheid TAN (kg/jaar) die gevormd wordt door mineralisatie in de mestopslag.
- De hoeveelheid TAN (kg/jaar) die met mest wordt af- dan wel aangevoerd.

Voor wat betreft 'staldieren'

- De aantallen gemiddeld bezette dierplaatsen per diercategorie
- Het aard van de dierlijke mest (drijfmest of vaste mest)
- Gegevens die direct ontleend kunnen worden aan de stalbalans(en)

Voor wat betreft melkvee en 'staldieren' tezamen

- De verdeling van TAN (de hoeveelheid in kg TAN/jaar wordt uitgerekend) bij aanwending op gras- dan wel bouwland, inclusief de manier van aanwenden.
- De hoeveelheid gebruikte kunstmest op gras- dan wel bouwland.

Emissiefactoren (EF, in procenten van TAN) en mineralisatiecoëfficiënt, afkomstig uit NEMA

- EF stal en opslag van melkvee in de zomerperiode.
- EF stal en opslag van melkvee in de winterperiode.
- EF van weidemest door melkvee.
- Mineralisatiecoëfficiënt voor organisch gebonden N in de mestopslag van melkvee.
- EF aanwending mest voor gras- en bouwland en voor mestaanwendingstechniek.
- EF aanwending kunstmest, per kunstmestsoort.

De volgende paragrafen beschrijven hoe de informatie met betrekking tot de hierboven benoemde hoeveelheden TAN worden berekend.

2.2.2.2 TAN-excretie van melkveestapel

De BEA berekent de ammoniakemissie op basis van de hoeveelheid TAN in de mest. Daarom is een juiste inschatting van de TAN-excretie nodig. Dat vereist informatie over de gebruikte voedermiddelen en over de verteringscoëfficiënt van het ruw eiwit (VC_re) in die voedermiddelen. De VC_re wordt gebruikt om te kunnen berekenen welk deel van de N-excretie met de urine wordt uitgescheiden. Het urine-deel van de N-excretie is in principe vluchtig (TAN). De overige N wordt met feces uitgescheiden en wordt alleen TAN wanneer er sprake is van mineralisatie (in de mestopslag).

De informatie over soort en hoeveelheid van de gebruikte voedermiddelen en de N-excretie van de melkveestapel levert BEX (paragraaf 2.1).

De BEX berekent de N-excretie als:

$$N\text{-excretie 'onder de staart' (kg)} = N\text{-opname (kg)} - N\text{-vastlegging (kg)}$$

De N-excretie 'onder de staart' bestaat uit feces en urine. Om de verdeling van de N-excretie over de feces en de urine te kunnen berekenen is, in aanvulling op de informatie uit BEX, ook informatie over de VC_re van de gebruikte voedermiddelen nodig (zie paragraaf 2.2.2.2).

De verdeling van de N-excretie over feces en urine wordt door BEA berekend als:

$$N\text{-excretie}_{\text{feces}} \text{ (kg)} = N\text{-opname (kg)} \times [1 - VC_{\text{re}} \text{ (g vre/g re)}]$$

$$N\text{-excretie}_{\text{urine}} \text{ (kg)} = [N\text{-opname (kg)} \times VC_{\text{re}} \text{ (g vre/g re)}] - N\text{-vastlegging (kg)}$$

De berekende N-excretie_urine wordt gelijk gesteld aan TAN-excretie (conform NEMA).

$$TAN\text{-excretie (kg)} = N\text{-excretie}_{\text{urine}} \text{ (kg)}$$

Een extra bron voor TAN is mineralisatie van organisch gebonden N. Conform NEMA wordt aangenomen dat, voor gemiddelde Nederlandse omstandigheden (klimaat en stalinrichting), van de niet-ammoniakale N (= organische N) in stal en opslag 10% per jaar wordt omgezet in TAN.

$$TAN \text{ uit mineralisatie (kg)} = [N\text{-excretie onder de staart (kg)} - TAN\text{-excretie (kg)}] \times 0,1$$

$$TAN \text{ in stal en mestopslag (kg)} = TAN\text{-excretie (kg)} + TAN \text{ uit mineralisatie (kg)}$$

Berekening verteerbaarheid ruw eiwit

De VC_re van voedermiddelen is voor de melkveehouder niet bekend, maar wordt berekend via regressieformules van het Centraal Veevoederbureau (CVB, 2006). Deze formules schatten het verteerbare eiwit op basis van de chemische samenstelling (totaal ruw eiwit, ruw as en, in geval van maïskolvenschroot (MKS) ook ruwe celstof). Voor producten met weinig variatie wordt met een gemiddelde VC_re uit de Veevoedertabel gerekend (CVB, 2004). In BEA worden de volgende categorieën voedermiddelen onderscheiden:

1. Categorie 'graskuil+grashooi'

$$VRE = 0,895 \times RE + 0,04 \times RAS - 40 + (8 - 0,7 \times NH_3 \text{ fractie})$$

met VRE, RE en RAS in g per 1000 g DS en NH₃ fractie in g per 100 g vers product

De formule is voor praktisch gebruik desgewenst te vereenvoudigen door de NH₃-fractie vast te leggen op 8,9% (BLGG gemiddelde periode 2003-2007), zodat de uiteindelijke formule wordt (CVB, 2011):

$$VRE \text{ grasbrok} = 0,63 \times RE$$

$$VRE \text{ grashooi} = 0,868 \times RE + 0,040 \times RAS - 40$$

$$VRE \text{ graskuil} = 0,970 \times RE + 0,044 \times RAS - 40$$

2. Categorie 'maïskuil'

$$VRE = 0,969 \times RE + 0,04 \times RAS - 40$$

3. Categorie 'vers gras'

De samenstelling van vers gras is niet bekend voor praktijkbedrijven. In de BEX wordt wel de N/VEM verhouding in vers gras berekend. Op basis van de gemiddelde CVB gegevens van vers gras per oogsttijdstip (CVB, 2010) zijn zowel relaties vastgesteld tussen het RE gehalte en de N/VEM verhouding als tussen de VC_re en het RE gehalte:

$$RE_{\text{vers gras}} = 6315 (\pm 35) \times N/VEM \quad \text{Adj } R^2=0,83 \text{ en } se = 3,5$$

$$VC_{\text{re vers gras}} = 71,14 (\pm 0,6) + 0,0588 (\pm 0,003) \times RE_{\text{vers gras}} \quad \text{Adj } R^2=0,84 \text{ en } se = 0,6$$

4. Categorie 'krachtvoerders'

Voor krachtvoerders zijn op praktijkbedrijven onvoldoende gegevens bekend om de VC_re vast te stellen. Wel is voor een brede range krachtvoerders de relatie vastgesteld tussen de VC_re en het RE gehalte:

$$VC_{\text{re}} = 54,66 (\pm 0,1) + 0,084 (\pm 0,001) \times RE_{\text{krachtvoer}} \quad \text{Adj } R^2=0,99 \text{ en } se = 0,1$$

5. Categorie 'melkpoeder'

$$VC_{\text{re}} = 86\% \text{ (CVB)}$$

6. Categorie 'overige ruwvoerders en natte producten'

Niet voor alle producten zijn schattingsformules beschikbaar. Wanneer een schattingsformule ontbreekt wordt een vaste VC_re gebruikt (Tabel 2.2.1).

Tabel 2.2.1 Vaststelling VC_re voor de groep 'Overige ruwvoerders en bijproducten' (bron: CVB 2004, CVB 2006, CVB 2011 en <http://www.cvbdiervoeding.nl/pagina/10081/downloads.aspx>).

Product	VC_re (%)	CVB Schattingsformule (indien aanwezig)	Samenstelling (g/kg DS)			
			re	ras	rc	vre
1 GPS granen	53	vre = 0,932 + 0,04 ras -40	91	79		52
2 Graszaadhooi	66	vre = 0,868 re + 0,04 ras -40	170	109		112
3 Luzernekuil	72	vre = 0,9 re + 0,04 ras - 40	193	147		140
4 Maïsstro	23					
5 Bonenstro	46					
6 Gerstestro	17					
7 Tarwestro	23					
8 Veldbonen	68					
9 Voeraardappelen	54	vre = 1,042 re + 0,0224 ras - 52,4	102	63		55
10 Voederbieten	62	vre = 1,0 re - 30	80			50
11 Aardappelpersvezel	38					
12 Aardappelsnippers	43					
13 Aardappelstoomschillen	71					
14 Bierbostel	80					
15 Bietenperspulp	65					
16 Bietenblad	58					
17 CCM	58					
18 DDG (distillers drier grain)	74					
19 Maïsglutenvoer	72					
20 MKS	58	vre = 0,972 re - 0,056 rc - 30	87		81	50
21 Overig	60					

2.2.2.3 TAN-excretie in stal en weide door melkveestapel

Voor de TAN-excretie berekening wordt onderscheid gemaakt in een zomer- en een winterperiode. Daar zijn verschillende redenen voor:

- De EF voor mest in stal en opslag zijn fors hoger dan de EF voor mest in de weide. Dit hangt samen met het effect van gezamenlijk (stal) dan wel gescheiden (weide) opvang van mest en urine.
- De EF voor mest in stal en opslag verschillen tussen de zomer en winter. Dit hangt samen met het effect van klimaat (temperatuur).
- De TAN-excretie per dier per dag verschilt tussen de zomer- en winterperiode. Dit hangt samen met verschillen in rantsoen.

De verdeling van de TAN-excretie (kg/jaar) over de stal en weide in de zomer gebeurt op basis van de uren die de dieren doorbrengen in de weide. Hierbij wordt verondersteld dat tijdens een uur beweiding evenveel mest wordt geproduceerd als tijdens een uur op stal en dat de hoeveelheid TAN in de mest niet varieert gedurende de dag. Dit betekent dat wanneer de melkveestapel 10 uur weidegang per dag krijgt, dat de TAN-excretie van de gehele veestapel gedurende de periode van weidegang voor 10/24 deel in de weide plaatsvindt en voor 14/24 op stal. Dit wijkt af van zowel de NEMA als de RAV, waarin voor beweiden uitsluitend onderscheid wordt gemaakt in permanent opstallen, beperkt weiden en onbeperkt weiden.

2.2.2.4 Ammoniakverlies uit stal en opslag door melkveestapel en 'staldieren'

2.2.2.4.1 Melkveestapel

De NEMA geeft een gecombineerde EF voor de ammoniakemissie uit de stal (van vloeren en opgeslagen mest in de kelder) en de mestopslag buiten de stal. Deze EF wordt dan ook N-verliezen uit stal en opslag genoemd en de BEA rekent met deze EF. De EF voor TAN in stal en opslag geven het percentage vervluchtiging weer van de totale hoeveelheid TAN die gedurende een kalenderjaar in de stal en opslag is terechtgekomen. Daarbij wordt de TAN- en N-excretie in de weide niet meegenomen. De TAN in stal en opslag betreft de optelsom van:

- TAN-excretie melkveestapel op stal in de winterperiode (=100% van de TAN-excretie in die periode).

- TAN-excretie melkveestapel op stal in de zomerperiode (% van de TAN-excretie in die periode is afhankelijk van eventuele weidegang).
- Mineralisatie van de organisch gebonden N in de opslag (=10% van de N-excretie van de melkveestapel op stal in de periode met volledig opstallen + de periode met weidegang).

Van de hoeveelheid geproduceerde TAN gaat een deel verloren door vervluchtiging als ammoniak en overige N. De overige N betreft stikstofoxiden (N₂O en NO) of stikstof (N₂). De EF geeft aan welk deel van de TAN verloren gaat en de grootte van dat deel is afhankelijk van de stal- of weideperiode, het type mest (vaste mest of drijfmest) en het type stal. De NEMA (Velthof *et al.*, 2009) maakt bij staltype onderscheid tussen stallen met roostervloer en emissiearme stallen (Tabel 2.2.2 en 2.2.3). In de KringloopWijzer wordt voor wat betreft de zomerperiode aangenomen dat bij beperkt weiden altijd sprake is van drijfmest (en vice versa) en bij onbeperkt weiden van vaste mest (en vice versa).

Tabel 2.2.2 De emissie tijdens de winterperiode van N via NH₃ en overige N (% van de in de desbetreffende periode geproduceerde TAN) uit melkveestapel plus mestopslag volgens NEMA (Velthof *et al.*, 2009).

Staltype	Bij permanent opstallen en mestsoort	
	Drijfmest	Vaste mest
	EF(%)	EF(%)
<i>Roostervloer</i>		
NH ₃ -N	11,5	13,6
Overige N	2,9	38,5
<i>Emissiearm</i>		
NH ₃ -N	6,6	n.v.t.
Overige N	2,9	n.v.t.

Tabel 2.2.3a De emissie tijdens de zomerperiode van N via NH₃ en overige N (% van de in de desbetreffende periode geproduceerde TAN) uit melkveestapel plus mestopslag volgens NEMA (Velthof *et al.*, 2009).

Staltype	Bij permanent opstallen en mestsoort		Bij weiden en mestsoort			
	Drijfmest EF(%)	Vaste mest EF(%)	Beperkt beweiden		Onbeperkt beweiden	
			Drijfmest EF(%)	Vaste mest EF(%)	Drijfmest* EF(%)	Vaste mest EF(%)
<i>Roostervloer</i>						
NH ₃ -N	12,9	n.v.t.	zie Tabel 2.2.3b+0.7	n.v.t.	zie Tabel 2.2.3b+0.7	45,2
Overige N	2,5	n.v.t.	2,5	n.v.t.	2,3	28,8
<i>Emissiearm</i>						
NH ₃ -N	10,6	n.v.t.	9,1	n.v.t.	23,7	n.v.t.
Overige N	2,5	n.v.t.	2,5	n.v.t.	2,5	n.v.t.

* Niet toegepast in KringloopWijzer.

Tabel 2.2.3b De emissie tijdens de zomerperiode van N via NH₃ afhankelijk van aantal uren weidegang.

Uren weidegang per dag	Emissiefactor (kg NH ₃ per 100 kg uitgescheiden ammonium-N)
0	11.94
1	12.13
2	12.34
3	12.58
4	12.83
5	13.11
6	13.44
7	13.78
8	14.16
9	14.63
10	15.13
11	15.71
12	16.39
13	17.23
14	18.19
15	19.36
16	20.89
17	22.79
18	25.31
19	28.85
20	34.47

De EF in Tabel 2.2.2 en 2.2.3ab kunnen voor praktijkbedrijven gebruikt worden, maar de beide staltypes zijn slechts voor een deel van de praktijk van toepassing. In de Regeling Ammoniak Veehouderij (RAV) worden 30 staltypen voor de categorie melkvee onderscheiden (Tabel 2.2.5), elk met hun specifieke emissiefactoren. De RAV-emissies worden uitgedrukt in kg NH₃ per dierplaats per jaar en zijn daarom niet zonder meer toepasbaar in BEA (zie paragraaf 2.2.1) waar emissiefactoren worden uitgedrukt als een fractie van de geproduceerde ammoniakale N. Dit betekent dat er voor de BEA-berekeningen van de stalemissie van de RAV-staltypen een emissiefactor per staltype nodig is. Deze emissiefactoren zijn niet beschikbaar en worden daarom in de BEA gegenereerd door de emissie van ieder RAV staltype te relateren aan de emissie van de standaard RAV stal 'A 1.100- overige huisvestingssystemen'. Daarbij wordt aangenomen dat de emissie volgens RAV-stal A1.100 overeenkomt met de emissie zoals berekend volgens de NEMA methodiek van de 'niet emissiearme stal'. Voor de andere RAV-staltypen wordt vervolgens de berekende stalemissie vermenigvuldigd met een correctiefactor voor staltype (zie Tabel 2.2.5), die overeen komt met de verhouding tussen de RAV-emissie per dierplaats van het betreffende staltype en de RAV-emissie per dierplaats van staltype 'A 1.100- overige huisvestingssystemen'. Tabel 2.2.4 geeft hiervan een voorbeeld.

Tabel 2.2.4 Voorbeeld vergelijking RAV stal A1.5 ten opzichte van het referentie RAV stal A 1.100.

RAV-Stal	Emissiefactor (kg NH ₃ per dierplaats per jaar)	Correctiefactor t.o.v. stal A1.100
A 1.100 (standaard)	13	
A 1.5	11,8	11,8/13 = 0.91

BEA berekent de NH₃ emissie uit de stal en opslag eerst alsof sprake is van het standaard staltype A1.100. Indien er een ander staltype wordt gekozen (b.v. A1.5), dan wordt de standaard berekende NH₃ emissie uit de stal en opslag met de correctiefactor voor staltype vermenigvuldigd (voor staltype A1.5 dus met 0,81 bij beweiden en met 0,84 bij opstallen).

Tabel 2.2.5 Correctiefactoren voor de berekende emissie van NH₃-N in afhankelijkheid van het aanwezige type melkveestal (bron staltypen: Kenniscentrum Infomil).

Code	Categorie	NH ₃ ¹⁾	Factor ²⁾
A 1	Diercategorie melk- en kalfkoeien ouder dan 2 jaar		
A 1.100	Standaard stal	13	1
A 1.1	Grupstal met drijfmest	5.7	0.44
A 1.2	Loopstal - roostervloer, spoelsysteem of hellende vloer, giergoot, spoelsysteem	10.2	0.78
A 1.3	Loopstal - hellende vloer, giergoot	10.2	0.78
A 1.4	Loopstal - hellende vloer, spoelsysteem	9.2	0.71
A 1.5	Loopstal - sleufvloer, mestschuif	11.8	0.91
A 1.6	Ligboxenstal - dichte hellende vloer, profiel, mestschuif	11	0.85
A 1.7	Ligboxenstal - dichte hellende vloer, rubber toplaag, mestschuif	11	0.85
A 1.8	Ligboxenstal - sleufvloer, noppen, mestschuif	11.8	0.91
A 1.9	Ligboxenstal - roostervloer, bolle rubber toplaag, afdichtlappen in roosterspleten	6	0.46
A 1.10	Ligboxenstal - roostervloer, bolle rubber toplaag	9.5	0.73
A 1.11	Ligboxenstal - vlakke vloer, profiel, hellende gleuven, vingerschuif	11.8	0.91
A 1.12	Ligboxenstal - vlakke vloer, profiel, hellende gleuven, mestschuif	12.2	0.94
A 1.13	Ligboxenstal - roostervloer, cassettes in roosterspleten	7.7	0.59
A 1.14	Ligboxenstal - vlakke vloer, profiel, hellende gleuven, mestschuif, dakisolatie	10.4	0.8
A 1.15	Ligboxenstal - vlakke vloer, profiel, hellende gleuven, vingerschuif	10.3	0.79
A 1.16	Ligboxenstal - V-vloer van gietasfalt, gierafvoerbuis	11.7	0.9
A 1.17	Mechanisch geventileerde stal, chemisch luchtwassysteem	5.1	0.39
A 1.18	Ligboxenstal - V-vloer, profiel, gierafvoerbuis	9.9	0.76
A 1.19	Ligboxenstal - roostervloer, hellende groeven, afdichtkleppen in roosterspleten	11	0.85
A 1.20	Ligboxenstal - vloer, perforaties en hellende profilering, mestschuif	10.1	0.78
A 1.21	Ligboxenstal - vloer, hellende langsgroeven, V-vormige dwarsgroeven, mestschuif	10.4	0.8
A 1.22	Ligboxenstal - sleufvloer, roostervloer, rubber toplaag en afdichtflappen in wachtruimte en doorlopen	11	0.85
A 1.23	Ligboxenstal - vloerplaten, profiel, hellende langssleuven, dwarsgroeven, mestschuif	9.1	0.7
A 1.24	Ligboxenstal - vloer, hellende langssleuven, perforaties, mestschuif	9.1	0.7
A 1.25	Ligboxenstal - vlakke vloer, rubber matten, hellend profiel	10.3	0.79
A 1.26	Ligboxenstal - V-vloer, rubber matten, profiel, giergoot, mestschuif	9.6	0.74
A 1.27	Ligboxenstal - roostervloer, afdichtkleppen, hellende groeven, mestschuif, vernevelsysteem	10.3	0.79
A 1.28	Ligboxenstal - roostervloer, rubber matten, composiet nokken, afdichtkleppen in roosterspleten, mestschuif	7.7	0.59
A 1.29	Ligboxenstal - geprofileerde hellende vloer, holtes, mestschuif	9.9	0.76
A 1.100	Overige stalsystemen	13	1

¹⁾ Emissie in kg NH₃ per dierplaats per jaar volgens de RAV (Regeling ammoniak en veehouderij).

²⁾ Correctiefactor voor staltype voor de berekende emissie van NH₃-N ten opzichte van staltype A1.100.

De emissie van NH₃-N uit stal en mestopslag (kg N) wordt daarmee gelijk aan:

$$NH_3-N_{stal+opslag} = RAV_{correctie} \times$$

$$((TAN \text{ in stal en mestopslag}_{winter} \times \text{emissiefactor stal met roostervloer}_{winter}) +$$

$$(TAN \text{ in stal en mestopslag}_{zomer} \times \text{emissiefactor stal met roostervloer}_{zomer}))$$

Indien het jongvee in dezelfde stal is gehuisvest als het melkvee dan wordt de emissie van jongvee met dezelfde factor verlaagd als bij het melkvee.

2.2.2.4.2 'Staldieren'

Voor 'staldieren' worden forfaitaire, niet van rantsoensamenstelling afhankelijke ammoniakemissies aangehouden. Deze zijn afhankelijk van de diersoort en het staltype, volgens:

$$\text{Emissie ammoniak (kg NH}_3\text{)} = \text{gad} / (\text{stalbezetting}/100) \times \text{ammoniak (kg NH}_3\text{/dpl)}$$

waarbij:

gad = gemiddeld aantal aanwezige dieren (afkomstig uit de invoergegevens)

stalbezetting = normatieve stalbezettingsgraad (Tabel 2.2.6)

dpl = dierplaats

ammoniak = emissie per dpl (Tabel 2.2.7)

Tabel 2.2.6 Normatieve stalbezettingen voor staldieren.

Diersoort	Stalbezetting (%)
Kraamzeugen	90
Guste en dragende zeugen	95
Gespeende biggen	90
Vleesvarkens	90
Leghennen	95
Vleeskuikens	81
Witvleeskalveren	90

Tabel 2.2.7 Ammoniak emissies per dierplaats voor verschillende soorten staldieren en huisvestingsystemen.

Diersoort	Rav-code stal	Omschrijving stal	Ammoniak (kg NH ₃ / dpl)
Leghennen	E 2.5.6	Koloniehuisvesting - beluchting via mestband	0.030
	E 2.7	Grondhuisvesting - ca 1/3 strooiselvloer + 2/3 roostervloer	0.315
	E 2.8	Grondhuisvesting - beluchting via Perfosysteem	0.110
	E 2.9.1	Grondhuisvesting - beluchting onder de beun	0.125
	E 2.9.2	Grondhuisvesting - beluchting via buis aan weerszijden legnest	0.150
	E 2.9.3	Grondhuisvesting - beluchting via verticale ventilatiekokers	0.150
	E 2.10	Huisvesting - chemische luchtwasser, 90% NH ₃ -reductie	0.032
	E 2.11.1	Volierehuisvesting - 50% rooster en 1x per week afdraaien	0.090
	E 2.11.2	Volierehuisvesting - 50% rooster en 2 x per week afdraaien	0.055
	E 2.11.3	Volierehuisvesting - 30-45% rooster en beluchting via mestband	0.025
E 2.11.4	Volierehuisvesting - 55-60% rooster en beluchting via mestband	0.037	
E 2.12.1	Scharrelhuisvesting - 2 verdiepingen	0.068	
E 2.12.2	Scharrelhuisvesting - frequente mest/strooiselverwijdering	0.106	
E 2.13	Huisvesting - biologische luchtwasser, 70% NH ₃ -reductie	0.095	
E 2.14	Huisvesting - biofilter, 70% NH ₃ -reductie	0.095	
E 2.15	Huisvesting - chemische luchtwasser, 70% NH ₃ -reductie	0.095	

Diersoort	Rav-code stal	Omschrijving stal	Ammoniak (kg NH ₃ / dpl)
	E 2.100	Overige huisvestingssystemen	0.315
Vleeskuikens	E 5.1	Zwevende vloer	0.005
	E 5.2	Geperforeerde vloer	0.014
	E 5.3	Etagesysteem roostervloer	0.005
	E 5.4	Chemische luchtwasser - 90% NH ₃ -reductie	0.008
	E 5.5	Vloerverwarming en koeling	0.045
	E 5.6	Mixluchtventilatie	0.037
	E 5.7	Biologische luchtwasser - 70% NH ₃ -reductie	0.024
	E 5.8	Etagesysteem - mestband	0.020
	E 5.9.1.2.2	Aparte vervolghuisvesting - mixluchtventilatie	0.033
	E 5.9.1.2.4	Aparte vervolghuisvesting - warmwaterheaters en ventilatoren	0.030
	E 5.10	Verwarming obv warmteheaters en ventilatoren	0.035
	E 5.11	Luchtmengsysteem icm warmtewisselaar	0.021
	E 5.12	Biofilter - 70% NH ₃ -reductie	0.024
	E 5.13	Chemische luchtwasser - 70% NH ₃ -reductie	0.024
	E 5.14	Warmteheaters - luchtmengsysteem	0.035
	E 5.100	Overige huisvestingssystemen	0.080
Kraamzeugen	D 1.2.1	Spoelgotensysteem	3.300
	D 1.2.2	Kunststof schijnvloer	3.700
	D 1.2.3	Gecoate vloer met tandheugelschuif	4.000
	D 1.2.4	Mestschuif	3.100
	D 1.2.5	Mestgoot	3.200
	D 1.2.6	Mestkanaal en waterkanaal	4.000
	D 1.2.7	Hellende plaat	5.000
	D 1.2.8	Mestopvang in aangezuurde vloeistof	3.100
	D 1.2.9	Schuiven in mestgoot	2.500
	D 1.2.10	Biologische luchtwasser - 70% NH ₃ -reductie	2.500
	D 1.2.11	Chemische luchtwasser - 70% NH ₃ -reductie	2.500
	D 1.2.12	Koeldeksysteem	2.400
	D 1.2.13	Mestpan	2.900
	D 1.2.14	Mestpan met waterkanaal en mestkanaal	2.900
	D 1.2.15	Chemische luchtwasser - 95% NH ₃ -reductie	0.420
	D 1.2.16	Waterkanaal	2.900
	D 1.2.17.3	Combiwasser (chemisch) - 85% NH ₃ -reductie	1.250
	D 1.2.17.4	Combiwasser (biologisch) - 85% NH ₃ -reductie	1.250
	D 1.2.18	Biologische luchtwasser - 80% NH ₃ -reductie	1.660
	D 1.2.19	Chemische luchtwasser - 90% NH ₃ -reductie	0.830
Overige zeugen	D 4.1	Drijvende ballen in de mest	5.890
	D 1.2.100	Overige huisvestingssystemen	8.300
	D 1.3.1	Metalen driekantrooster	2.400
	D 1.3.2	Mestgoot combinatierooster	1.800
	D 1.3.3	Spoelgoten	2.500
	D 1.3.4	Mestopvang in aangezuurde vloeistof	1.800
	D 1.3.5	Mestschuif	2.200
	D 1.3.6	Biologische luchtwasser - 70% NH ₃ -reductie	1.300
	D 1.3.7	Chemische luchtwasser - 70% NH ₃ -reductie	1.300
	D 1.3.8	Koeldeksysteem	2.200
	D 1.3.9	Voerligbox of zeugenvoerstation	2.300
	D 1.3.10	Rondloopstal	2.600
	D 1.3.11	Chemische luchtwasser - 95% NH ₃ -reductie	0.210
	D 1.3.12.3	Combiwasser (chemisch) - 85% NH ₃ -reductie	0.630
	D 1.3.12.4	Combiwasser (biologisch) - 85% NH ₃ -reductie	0.630
	D 1.3.13	Biologische luchtwasser - 80% NH ₃ -reductie	0.630
	D 1.3.14	Chemische luchtwasser - 90% NH ₃ -reductie	0.420
	D 4.1	Drijvende ballen in de mest	3.000
	D 1.3.100	Overige huisvestingssystemen	4.200
Gesp. Biggen	D 1.1.1	Gecoate vloer met tandheugelschuif	0.200
	D 1.1.2	Spoelgotensysteem	0.250

Diersoort	Rav-code stal	Omschrijving stal	Ammoniak (kg NH ₃ / dpl)
	D 1.1.3	Mestopvang in water	0.150
	D 1.1.4	Water- en mestkanaal	0.260
	D 1.1.5	Halfrooster, max 60% rooster	0.390
	D 1.1.6	Mestopvang in aangezuurde vloeistof, vol rooster	0.180
	D 1.1.7	Mestopvang in aangezuurde vloeistof, deel rooster	0.250
	D 1.1.8	Hellende mestband	0.230
	D 1.1.9	Biologische luchtwasser - 70% NH3-reductie	0.210
	D 1.1.10	Chemische luchtwasser - 70% NH3-reductie	0.210
	D 1.1.11	Koeldeksysteem, deel rooster	0.170
	D 1.1.11	Koeldeksysteem, vol rooster	0.170
	D 1.1.12	Schuine putwand	0.170
	D 1.1.13	Vol rooster, water- en mestkanalen	0.200
	D 1.1.14	Chemische luchtwasser - 95% NH3-reductie	0.030
	D 1.1.15.3	Combiwasser (chemisch) - 85% NH3-reductie	0.100
	D 1.1.15.4	Combiwasser (biologisch) - 85% NH3-reductie	0.100
	D 1.1.16	Biologische luchtwasser - 80% NH3-reductie	0.100
	D 1.1.17	Chemische luchtwasser - 90% NH3-reductie	0.070
	D 4.1	Drijvende ballen in de mest	0.490
	D 1.1.100	Overige huisvestingssystemen	0.690
Vleesvarkens	D 3.1	Volledig rooster	4.500
	D 3.2.1	Deel rooster	4.500
	D 3.2.2	Mestopvang en spoelen	1.600
	D 3.2.3	Koeldeksysteem, 170%	1.700
	D 3.2.4	Mestopvang in formaldehyde	1.000
	D 3.2.5	Mestopvang in water	1.300
	D 3.2.6	Koeldeksysteem, 200%	1.500
	D 3.2.7.1	Mestkelder, metalen driekanrooster	1.000
	D 3.2.7.2	Mestkelder, overige rooster	1.500
	D 3.2.8	Biologische luchtwasser - 70% NH3-reductie	0.900
	D 3.2.9	Chemische luchtwasser - 70% NH3-reductie	0.900
	D 3.2.10	Bollevloerhok	1.400
	D 3.2.11	Gescheiden mestkanalen	1.700
	D 3.2.12	Spoelgoten, metalen driekanroosters	1.200
	D 3.2.13	Spoelgoten met roosters	1.700
	D 3.2.14	Chemische luchtwasser - 95% NH3-reductie	0.150
	D 3.2.15.3	Combiwasser (chemisch) - 85% NH3-reductie	0.450
	D 3.2.15.4	Combiwasser (biologisch) - 85% NH3-reductie	0.450
	D 3.2.16	V-vormige mestband	1.100
	D 3.2.17	Biologische luchtwasser - 80% NH3-reductie	0.450
	D 3.2.18	Chemische luchtwasser - 90% NH3-reductie	0.300
	D 4.1	Drijvende ballen in de mest	2.130
	D 3.2.100	Overige huisvestingssystemen	3.000
Witveeskalveren	A 4.1	Chemische luchtwasser - 90% NH3-reductie	0.35
	A 4.2	Biologische luchtwasser - 70% NH3-reductie	1.1
	A 4.3	Chemische luchtwasser - 70% NH3-reductie	1.1
	A 4.4	Chemische luchtwasser - 95% NH3-reductie	0.18
	A 4.5.1	Combiwasser - 85% NH3-reductie	0.53
	A 4.5.2	Combiwasser - 70% NH3-reductie	1.1
	A 4.5.3	Combiwasser (waterwasser, chemisch) - 85% NH3-reductie	0.53
	A 4.5.4	Combiwasser (watergordijn, biologisch) - 85% NH3-reductie	0.53
	A 4.5.5	Combiwasser (waterwasser, biologisch) - 85% NH3-reductie	0.53
	A 4.5.6	Combiwasser (biologisch en chemisch) - 90% NH3-reductie	0.35
	A 4.6	Biologische luchtwasser - 85% NH3-reductie	0.53
	A 4.7	Hellende roostervloer icm hellende schijnvloer onder de roostervloer	2.5
	A 4.100	Overige huisvestingssystemen	3.5

2.2.2.5 Ammoniakverlies bij beweiding

Bij beweiding gaat minder N via NH₃ emissie verloren dan op stal. Er vindt in de weide immers minder contact plaats tussen urine en feces. De EF van de TAN-excretie bij beweiding is dan ook laag en wordt in NEMA voor de Nederlandse omstandigheden in 2013 berekend als constante waarde van 2,6% (Velthof *et al.*, 2009). Het ammoniakverlies uit TAN-excretie tijdens beweiding wordt berekend als:

$$NH_3-N_{\text{beweiding}} \text{ (kg)} = TAN_{\text{beweiding}} \text{ (kg)} \times EF_{\text{beweiding}} \text{ (\%)},$$

$$\text{waarin } EF_{\text{beweiding}} = 2,6\%$$

2.2.2.6 Ammoniakverlies bij mestaanwending

Het ammoniakverlies bij mestaanwending wordt berekend op basis van de aangewende TAN in combinatie met de EF voor de verschillende aanwendingstechnieken.

De aangewende TAN (kg N) in de vorm van melkveemest wordt binnen BEA berekend door de TAN in mestopslag (TAN-stalmest) te corrigeren voor eventuele mest aan- en afvoer. De mest aan- en/of afvoer wordt in BEA opgegeven in kg N. Hierbij wordt verondersteld dat zowel de aan- als afgevoerde mest dezelfde hoeveelheid TAN per kg N bevatten als de mest in de opslag van het bedrijf.

De hoeveelheid TAN (kg N) die wordt aangewend wordt berekend als percentage van de aangewende kg N:

$$TAN\text{-aanwending (kg)} = \%TAN\text{-mest} \times \text{kg N mestaanwending},$$

$$\text{waarin: } \%TAN\text{-mest} = TAN\text{'stalmest'} / N\text{-excretie}_{\text{stal+opslag}}$$

$$Kg\ N\ \text{mestaanwending} = N\text{-excretie}_{\text{stal+opslag}} + N\text{-mestaanvoer} - N\text{-mestafvoer}$$

$$TAN\text{'stalmest'} = TAN\text{-excretie}_{\text{stal+opslag}} - \text{totale gasvormige N-emissie}_{\text{stal+opslag}}$$

De aangewende TAN (kg N) in de vorm van mest van 'staldieren' ('intensieve tak') wordt binnen BEA berekend als:

$$TAN\text{-aanwending (kg)} = \%TAN\text{-mest} \times \text{kg N mestaanwending, met:}$$

$$Kg\ N\ \text{mestaanwending} = \text{Netto stalbalans} + N\text{-mestaanvoer} - N\text{-mestafvoer} + N\text{-beginvoorraad} - N\text{-eindvoorraad, en}$$

$$\% \text{ TAN-mest volgens forfaitaire aandelen zoals vermeld in Tabel 2.2.8}$$

Tabel 2.2.8 Normatieve TAN-gehalte in mest voor staldieren.

Diersoort	TAN-mest (%)
Kraamzeugen	60
Guste en dragende zeugen	60
Gespeende biggen	60
Vleesvarkens	64
Leghennen	68
Vleeskuikens	65
Witvleeskalveren	81

Vervolgens wordt de totale TAN-aanwending uit melkveemest en 'staldier'-mest verdeeld over het uitrijden op bouwland en het uitrijden op grasland. Dit gebeurt volgens opgave van het bedrijf in BEA waarbij de kg N mestaanwending op grasland en bouwland zijn opgegeven. Ten slotte wordt ook de wijze van aanwending (zie Tabel 2.2.9) opgegeven, waarmee de EF bij aanwending wordt vastgesteld. In de BEA-module van de KringloopWijzer moet worden aangegeven welk percentage van de mest met een bepaalde methode is aangewend. Daarbij worden zowel op grasland als op bouwland drie aanwendingsmethodes onderscheiden.

Tabel 2.2.9 Gemiddelde emissiefactoren per toedieningsmethode voor grasland en bouwland (Velthof et al., 2009; naar Velthof, 2015).

Grondgebruik	Methode bemesting drijfmest	EF vervluchtiging TAN (%) drijfmest	EF vervluchtiging TAN (%) mineralenconcentraat en spuiwater
Grasland	Bovengronds drijfmest /vaste mest en dikke fractie	74 / 100	74
	Sleepvoet	26	10
	Sleufkouter ¹⁾	23	10
	Zodebemester	19	8
Bouwland	Bovengronds drijfmest /vaste mest en dikke fractie	69 / 100	69
	In één werkgang onderwerken	22	22
	Sleepvoet	26	12
	Injectie	2	3

¹⁾ Voor de emissiefactor van een sleufkouter wordt het gemiddelde aangehouden van de emissiefactor voor sleepvoeten en zodenbemester.

Uit de combinatie van de aangewende kg TAN en de EF uit Tabel 2.2.9 wordt de ammoniakemissie berekend:

$$NH_3-N \text{ mestaanwending (kg)} = TAN\text{-aanwending}_{1...n} \times EF\text{-aanwending}_{1...n}$$

Waarbij 1...n = aanwendingsmethoden uit Tabel 2.2.9

2.2.2.7 Ammoniakverlies bij kunstmesttoediening

Ook uit kunstmest kan ammoniak vervluchtigen. Daarom wordt in BEA opgegeven hoeveel kg N kunstmest is aangewend. Analoog aan NEMA wordt bij de berekening van ammoniakemissie als gevolg van de aanwending van kunstmest bij niet-ureumhoudende meststoffen onderscheid gemaakt tussen grasland en bouwland. Geen onderscheid is gemaakt tussen aanwending op verschillende grondsoorten (Tabel 2.2.10).

Tabel 2.2.10 Emissiefactoren voor kunstmest ($EF_{NH_3-N_{kunstmest}}$, kg N per 100 kg N-totaal toegediend).

Kunstmestsoort	Grondgebruik	Emissiefactor
Alle N-meststoffen anders dan ureumhoudende	Grasland	2,0*
	Bouwland	0,9*
Ureum, gekorrelde, zonder remmer of zuur	Grasland en bouwland	14,3
Ureum, gekorrelde, met remmer of zuur	Grasland en bouwland	5,9
Vloeibaar ureum zonder nitrificatieremmer	Grasland en bouwland	7,5
Vloeibaar ureum met nitrificatieremmer	Grasland en bouwland	3,1
Vloeibaar ureum toegediend via injectie	Grasland en bouwland	1,5

* Aangegeven is hoe de KringloopWijzer 2016 rekent. Op basis van Van Bruggen et al. (2017) zal met ingang van volgende versies van de KringloopWijzer, in eerste instantie nog slechts onderscheid gemaakt worden tussen ureumhoudende kunstmesten (voor emissiefactoren zie Tabel 2.2.10) en niet-ureumhoudende (EF: 3,4%) mogelijk op termijn gevolgd door verdere uitsplitsing ; het onderscheid tussen bouwland en grasland zal worden verlaten.

Uit de combinatie van de aangewende kg aangewende kunstmest-N en de EF uit Tabel 2.2.10 wordt de ammoniakemissie berekend:

$$NH_3\text{-N kunstmestaanwending (kg)} = \text{kg kunstmest-N aanwending}_{1\dots n} \times EF\text{-aanwending}_{1\dots n},$$

waarbij $1\dots n$ = kunstmestsoort en grondgebruik uit Tabel 2.2.10

2.2.2.8 Ammoniakverlies uit gewassen

In Figuur 1.3 zijn de op eigen land geproduceerde gewassen opgenomen als de 'oogst- en maaibare hoeveelheid voer gegroeid' (dat wil zeggen: akkerbouwmatige ruwvoedergewassen zoals maïs (snijmaïs, MKS, CCM), kuilgras en vers gras ten behoeve van stalvoeding, steeds exclusief wortels, stoppels en vanggewassen maar inclusief de oogst- en maaiverliezen), en de 'gegroeide hoeveelheid weidegras' (inclusief beweidingsverliezen). Op bedrijven met een neventak akkerbouw komen daar nog bij de af te voeren niet-ruwvoergewassen. In onderdeel BEN (paragraaf 2.3.2.1) wordt de berekening van deze posten beschreven onder $Af1_{\text{maïs}}$, $Af3_{\text{maïs}}$, $Af1_{\text{maaigras}}$, $Af3_{\text{maaigras}}$, $Af1_{\text{weidegras}}$, $Af3_{\text{weidegras}}$, $Af1_{\text{overigruwvoer}}$, $Af3_{\text{overigruwvoer}}$, $Af1_{\text{marktakkerbouw}}$ en $Af3_{\text{marktakkerbouw}}$ (kg N per ha). $Af1$ termen slaan steeds op de netto afvoer (via dam of bek) ingeval van ruwvoerders (maïs, 'maaigras', 'weidegras' en 'overig ruwvoer') en de afvoer van hoofdproducten van marktbaar akkerbouwgewassen ('marktakkerbouw'). $Af3$ termen slaan op de oogst-, maai- en beweidingsverliezen van ruwvoerders (maïs, 'maaigras', 'weidegras' en 'overigruwvoer') en de (eventueel af te voeren) bijproducten van marktbaar akkerbouwgewassen ('marktakkerbouw'), zoals stro. Ammoniakverliezen (kg N) uit al deze gewasvormen worden gecijferd op 3% (Vertregt & Rutgers, 1987) van:

$$\begin{aligned} & (GO \times (Af1_{\text{maaigras}} + Af3_{\text{maaigras}} + Af1_{\text{weidegras}} + Af3_{\text{weidegras}}) + \\ & SO \times (Af1_{\text{maïs}} + Af3_{\text{maïs}}) + \\ & ORO \times (Af1_{\text{overigruwvoer}} + Af3_{\text{overigruwvoer}}) + \\ & AMO \times (Af1_{\text{marktakkerbouw}} + Af3_{\text{marktakkerbouw}}), \end{aligned}$$

met GO, SO, ORO en AMO zijnde, respectievelijk, de oppervlakten (ha) grasland, maïsland, overige ruwvoerders en marktbaar akkerbouwgewassen.

Voor wat betreft $Af1_{\text{marktakkerbouw}}$ en $Af3_{\text{marktakkerbouw}}$ worden de areaalgewogen gemiddelde N-afvoeren gebruikt. Ingeval het bijproduct van laatstgenoemde gewassen ($Af3_{\text{marktakkerbouw}}$) op het land achterblijft, wordt voor de N-opbrengst van het bijproduct een verstekwaarde aangehouden. Ongeacht of bijproducten worden afgevoerd, wordt aangenomen dat hoofd- en bijproducten ammoniak al voor de oogst verliezen.

2.2.3 Kanttekeningen bij BEA

- TAN excretie beweiding: er wordt alleen informatie opgevraagd over de beweiding van het melkvee. In de berekening wordt aangenomen dat het overige vee (droge koeien en jongvee) dezelfde dagen en hetzelfde aantal uren per dag weidegang krijgt. De reden daarvoor is pragmatisch, de BEA moet eenvoudig blijven voor praktische bruikbaarheid. De controleerbaarheid en handhaafbaarheid van weidegang is (zeker voor het overige vee) een lastig punt. Bovendien worden droge koeien dikwijls niet echt geweid (staan binnen of hebben wat uitloop op een schrale weide), staat het jonge jongvee binnen en staat ook het oudere jongvee binnen of wordt dat onbeperkt geweid. BEA neemt dus impliciet aan dat er geen grote fout wordt gemaakt wanneer de beweiding van het melkvee op de hele veestapel wordt toegepast. Deze aanname is echter niet onderbouwd.
- Er is geen definitie gegeven van de zomer- en winterperiode. BEA gaat daarom uit van een winterperiode van 6 maanden en een zomerperiode van 6 maanden. Bij permanent opstallen (jaarrond) wordt daarom voor 6 maanden met de EF-stalperiode gerekend en ook 6 maanden met de EF-weideperiode/permanent opstallen. Voor weidende bedrijven ligt dat lastiger (zie volgende opmerking).
- Er worden voor zomer- en winterperiode verschillende EF's voor de stalemissie gebruikt. Daarvoor zijn twee redenen: klimaatverschillen en verschillen in emitterend besmeurd oppervlak. Bij summer feeding gaat het alleen om klimaatverschillen. Pas wanneer de stal enige uren per dag leeg staat (beweiding), gaan ook de verschillen in emitterend besmeurd oppervlak meetellen. Daardoor is bij onbeperkt weiden de EF zeer hoog (42,1%) in vergelijking met beperkt weiden (15,4%) en summer

feeding (12,2%). De NH₃ emissie is echter laag voor onbeperkt weiden namelijk 2,8 kg N ten opzichte van 4,1 en 5,4 kg N voor respectievelijk beperkt weiden en summer feeding. De reden ligt in de lagere N-excretie op stal. In BEA gaat dat echter fout, omdat de uren beweiding worden gevraagd en dan toegedeeld aan beperkt of onbeperkt weiden. De grens ligt daarbij op 10 uren weiden. BEA berekent voor een bedrijf dat 12 uur weidt een N-excretie op stal die $12/24=50\%$ van de totale N-excretie is. Dat geeft een geringer emitterend oppervlak dan bij 20 uur weiden en dus is de EF van 42,1% te hoog. Voorlopig wordt daarom alleen gerekend met de EF voor beperkt weiden. Hierover moeten nog afspraken gemaakt worden. In de BEA wordt vooralsnog geen aparte EF voor onbeperkt weiden gebruikt.

- Ook moeten afspraken gemaakt worden hoe wordt omgegaan met bedrijven die langer dan 6 maanden weiden. Stel dat er zeven maanden geweid wordt, dient dan die zevende maand met de EF voor de zomerperiode of met de EF voor de winterperiode te worden berekend? Voor wat betreft klimaat met EF winter, maar voor wat betreft emitterend besmeurd oppervlak met zomer. Deze combi worden niet aangereikt door NEMA.
- Er wordt aangenomen dat de emissie volgens RAV-stal A1.100 gelijk is aan de emissie zoals berekend volgens de NEMA methodiek van de 'niet emissiearme stal' binnen BEA. Deze aanname is correct als het gaat om de onderlinge vergelijking met dan wel afleiding van de EF voor de andere RAV staltypes. Deze aanname is echter discutabel voor een kwantitatieve vergelijking (op basis van kg ammoniak) van de emissieberekening volgens BEA dan wel RAV. Er zijn namelijk indicaties dat de RAV emissiefactor voor rundvee te laag is (Velthof *et al.*, 2009). Velthof *et al.* melden dat berekeningen van Smits *et al.* (2007) aangeven dat de RAV-emissiefactor voor melkvee tot ca. 20% hoger kan liggen.
- De emissie uit stal en opslag wordt bepaald door de hoeveelheid TAN-excretie, de periode (zomer en winter), soort mest en een emissiefactor (EF; % over geproduceerde hoeveelheid mest) (Schröder *et al.*, 2015). Bij mestscheiding op het bedrijf zal voor de dunne fractie de EF van drijfmest worden gebruikt en voor de dikke fractie die van vaste mest. Van de aangevoerde hoeveelheid 'kunstmestvervangers' (dunne fractie van gescheiden mest, digestaat, mineralenconcentraat, spuiwater) wordt veronderstelt dat deze mestsoorten na aankoop zo snel mogelijk worden toegediend op het land. Zodoende zal aan deze mestsoorten geen emissie uit stal en opslag worden ingerekend.
- Bij het toedienen van mineralenconcentraat en spuitwater worden andere emissiefactoren gehanteerd (Tabel 2.2.9) dan bij het toedienen van drijfmest. Bij het toedienen van mengsels van mineralenconcentraat (of spuiwater) en drijfmest wordt in de KringloopWijzer gerekend met de emissiefactoren van de afzonderlijke mestsoorten.
- De hoeveelheid aangewende N wordt door het melkveebedrijf in BEA opgegeven door aan te geven hoeveel N naar bouwland gaat. De overig aanwezige N gaat naar grasland. Hier zitten potentiële fouten:
 1. De N naar bouwland wordt in de praktijk meestal berekend als kubieke meters mest maal *forfaitair* N gehalte,
 2. De berekende N in mest en opslag heeft als basis de N-excretie van de veestapel voor het lopende kalenderjaar. Echter, er kunnen voorraadmutaties zijn geweest (niet in beeld) en er kan meer N in opslag zitten dan berekend b.v. door N uit voerverliezen.
- NEMA geeft emissiepercentages voor de stal en voor de opslag. Deze worden in NEMA opgeteld tot de emissie uit 'stal en opslag'. Dat doet BEA ook. Een BEA-berekening is bedrijfsspecifieker te maken door precies te bepalen welk deel van de mest daadwerkelijk (snel) in een afgesloten opslag terecht komt waaruit tenslotte nauwelijks NH₃ vrijkomt en waarvoor, gegeven andere temperaturen, ook de veronderstelde 10% extra mineralisatie van organische N niet langer geldt.
- De berekeningen in BEA zijn sterk geënt op drijfmestsystemen met een minimaal gebruik van strooisel of andere toevoegmiddelen. Bij een ruim gebruik van koolstofrijk strooisel ('vaste mest' ofwel stalmest in engere zin) kan een groot deel van de uitgescheiden TAN microbieel worden omgezet in organische gebonden N zodat ammoniakverliezen vanuit de stal beperkt worden. Hoewel de correctiefactoren voor het stalsysteem dit beogen te verdisconteren kan in dit stadium niet met zekerheid bepaald worden of dit correct plaatsvindt. Daarbij zij ook gewezen op het feit dat strooiselgebruik de ammoniakverliezen vanuit stallen kan beperken, maar dat de bewaring van vaste mest buiten de stal, al dan niet in combinatie met het mechanisch omzetten van deze mest, alsnog tot aanzienlijke stikstofverliezen waaronder ammoniakverliezen kan leiden (Dewes, 1995; Thomsen, 2001; Berry *et al.*, 2002; Rotz, 2004).

-
- Zoals aangegeven maakt BEA geen onderscheid tussen de stalsystemen voor melkvee en jongvee. Door aan te nemen dat jongvee in hetzelfde staltype gehuisvest wordt als melkvee, wordt een fout geïntroduceerd. Deze fout is beperkt om dat de aantallen jongvee en de TAN-excretie per eenheid jongvee klein is ten opzichte van melkvee.
 - De gehanteerde emissiefactoren, hoewel gespecificeerd voor stalsystemen en toedieningstechnieken, berusten op gemiddelden. Uit onderzoek is bekend dat de spreiding rondom dit gemiddelde groot kan zijn onder invloed van stalklimaat, ventilatiedebieten, drink- en spoelwatergebruik (resp. het droge stofgehalte in mest), bewuste verdunning van mest met water, aanzuren, toevoegmiddelen, grondsoort, weersomstandigheden (neerslag, temperatuur, wind) gewastype en –hoogte, mestgift, volume van mest, verdeling van mest over een jaar. Daarnaast kunnen ook de be- en verwerking van mest (vergisten, scheiden) nog een rol spelen bij de uiteindelijke ammoniakverliezen.
 - BEA berekent de ammoniakverliezen uit stal en opslag als een fractie van de geproduceerde mest, ongeacht of deze mest eventueel en, zo ja, op welk moment na productie, wordt afgevoerd. In overeenstemming daarmee worden geen ammoniakverliezen uit stal en opslag toegekend aan mest die wordt aangevoerd, ook al verblijft die mest enige tijd op het bedrijf alvorens te worden aangewend. De ammoniakverliezen na toediening van deze mest wordt uiteraard wel verrekend. Daarbij wordt aangenomen dat de aangevoerde mest eenzelfde TAN-aandeel heeft als de mest die op het bedrijf zelf geproduceerd wordt. Dit is in werkelijkheid niet het geval.
 - De bijdrage van 'staldieren' aan de ammoniak-emissie wordt, anders dan bij melkvee, niet verbijzonderd op basis van de rantsoensamenstelling.
 - De berekening van het kengetal 'ammoniak-N emissie per ton melk' is gebaseerd op alle ammoniak, inclusief die veroorzaakt door staldieren of een tak akkerbouw. Bij aanwezigheid van andere takken dan melkvee, laat dit kengetal zich vooralsnog dus slecht vergelijken met dat van een puur melkveebedrijf.

2.3 BEN: bedrijfsspecifieke N stromen

2.3.1 Inleiding

De inzet van stikstof (N) is nodig om de bodemvruchtbaarheid en gewasopbrengsten op peil te houden. Het gebruik van N in de landbouw leidt echter ook tot ongewenste verliezen naar de omgeving. De kwaliteit van de omgeving wordt onder meer bepaald door de N concentratie van grond- en oppervlaktewater (voornamelijk nitraat-N onder zandgronden, en nitraat-, ammonium- en opgelost organisch N vanuit klei- en veengronden) en de emissie van het broeikasgas N₂O (lachgas). Dit deel van de KringloopWijzer-berekeningen heeft primair tot doel om a) de N-concentratie van het bovenste grondwater onder het bedrijf (zandgronden) of oppervlaktewater binnen het bedrijf (veen- en kleigronden) te schatten en de emissie van het broeikasgas N₂O uit b) de bodem en c) de mestopslagen te schatten.

2.3.2 Berekeningswijzen

2.3.2.1 N-concentratie in water

Om N-concentraties in water te schatten dient het zogenaamde N-bodemoverschot berekend te worden. Dit N-bodemoverschot wordt omgerekend naar een N-concentratie op basis van relaties zoals die tussen beide gevonden wordt bij deelnemers aan het LMM, het Landelijke Meetnet effecten Mestbeleid, van RIVM en WEcR-Wageningen UR (http://www.rivm.nl/Onderwerpen/L/Landelijk_Meetnet_effecten_Mestbeleid).

De factor die die het N-bodemoverschot (kg N/ha) met de N-concentratie (mg N/l) verbindt, is opgebouwd uit een zogenaamde uitspoelfractie (UF (kg N/kg N), het deel van het N-bodemoverschot dat daadwerkelijk uitspoelt en niet 'onderweg' wordt omgezet in gasvormige verbindingen zoals N₂, N₂O en NO_x) en het neerslagoverschot (NO (mm = 10000 x liter/ha), dat wil zeggen de hoeveelheid water waarin de uitgespoelde N wordt opgelost), volgens:

$$\text{N-concentratie (mg N/l)} = \text{N-bodemoverschot (kg N/ha)} \times \text{UF (kg N/kg N)} / (100 \times \text{NO (mm)})$$

Uit het LMM blijkt dat UF en NO afhankelijk zijn van het grondgebruik (grasland, bouwland) en van de grondsoort (Tabel 2.3.1). Voorts geeft de desbetreffende tabel aan dat er tussen jaren aanmerkelijke verschillen bestaan in de waarden van de uitspoelfractie en het neerslagoverschot.

Ten behoeve van BEN worden de N-bodemoverschotten van al het grasland, het maïsland, het land waarop overige ruwvoerders geteeld worden en het land waarop marktbaar akkerbouwgewassen geteeld worden, in eerste instantie afzonderlijk berekend. Op basis van de procentuele verdeling over de diverse grondsoorten van het grasland en bouwland (maïsland, overige ruwvoerders, marktbaar akkerbouwgewassen) worden de gewogen gemiddelde grondsoortspecifieke UF en het NO van het grasland en het bouwlandland afzonderlijk berekend en vervolgens de bijbehorende N-concentratie. Tenslotte wordt de areaal-gewogen gemiddelde N-concentratie van het bedrijf als geheel berekend.

Tabel 2.3.1 Uitspoelfractie UF en neerslagoverschot NO (Fraters et al., 2012).

Grondsoort	Uitspoelfractie (95% b.t.b.h.i)		Neerslagoverschot (10% en 90% percentiel)	
	Grasland	Bouwland	Grasland	Bouwland**
Veen	0,05 (0,04-0,06)	0,12 (0,09-0,14)*	320 (264-379)	381 (314-432)*
Klei	0,11 (0,09-0,13)	0,34 (0,25-0,43)	311 (247-375)	353 (294-420)
Nat zand (Gt IV)	0,19 (0,16-0,22)	0,39 (0,35-0,42)	274 (221-319)	358 (304-405)
Matig droog zand (Gt VI)	0,29 (0,25-0,33)	0,59 (0,53-0,64)	280 (226-346)	332 (297-387)
Droog zand (Gt VII)	0,37 (0,32-0,42)	0,75 (0,68-0,81)	298 (245-362)	332 (295-392)

* Niet opgegeven in Fraters et al. (2012) maar geschat vanuit de verhouding van de waarden voor bouwland en gras bij de andere grondsoorten.

** Volgens Schröder et al. (2007) is het neerslagoverschot van snijmaïsland, afhankelijk van de grondsoort, maximaal 5% groter of kleiner dan dat van het overige bouwland; dit onderscheid is in de KringloopWijzer niet langer gemaakt.

Aanvoerposten

Het N-bodemoverschot wordt berekend op basis van de termen zoals aangegeven in Tabel 2.3.2. Hierbij is volledige aansluiting gezocht bij werkwijzen die ten grondslag liggen aan het LMM en aan de onderbouwing van goedgekeurde Nederlandse Actieprogramma's in het kader van de Europese Nitraatrichtlijn (Schröder *et al.*, 2007). Op dit moment worden aan gebruikers van de KringloopWijzer nog geen vragen gesteld over verschillen in aanvoerposten tussen het deel van het grasland en het bouwland dat in wisselbouw wordt geteeld en het deel dat in continueelt wordt geteeld. Tabel 2.3.2. doet dit al wel. De gedachten daarachter is dat de door BEN geschatte N-concentraties, indien gewenst, in de toekomst getoetst moeten kunnen worden aan waarnemingen van het deelnemende bedrijf en deze waarnemingen beïnvloed kunnen zijn door de keuze voor wisselbouw dan wel continueelt. Het betreft de aanvoertermen Aan2, Aan3 en Aan10 en de afvoerterm Af6. Een dergelijk onderscheid, gericht op toetsen, heeft alleen zin als naast een onderscheid in aanvoerposten, ook onderscheid wordt gemaakt in de afgevoerde hoeveelheid N (Af1). De opbrengsten (en N en P afvoer) van gewassen in wisselbouw kunnen immers verschillen van die in continueelt. Bijgevolg kunnen bodemoverschotten behalve vanwege aanvoerverschillen ook vanwege afvoerverschillen anders zijn voor een teelt in wisselbouw dan voor diezelfde teelt in continueelt.

Aan de termen Aan0 (minerale bodem N bij aanvang van het jaar) en Af0 (minerale bodem N twaalf maanden daarna) wordt een verstekwaarde van 30 kg N per ha toegekend. Deze termen zijn conform wensen vanuit de Europese Commissie opgenomen maar fungeren boekhoudkundig als kruisposten die tegen elkaar worden weggestreept. Deelnemers van de KringloopWijzer wordt dan ook niet naar een bedrijfsspecifieke waarde gevraagd.

De term Aan1 (weidemest) wordt uitgedrukt als kg totaal N per ha totaal grasland. De termen Aan2 ('stalmest', dat wil zeggen binnenshuis uitgescheiden en opgeslagen mest, meestal drijfmest) en Aan3 (kunstmest) worden uitgedrukt als kg N per ha grasland en per ha bouwland. Aan1 en Aan3 worden opgegeven door KringloopWijzer-deelnemers. Aan2 wordt afgeleid uit de gegevens over de bruto N-excretie in het kader van BEX (paragraaf 2.1) na verrekening van alle gasvormige verliezen uit stal en opslag volgens BEA (paragraaf 2.2), vermeerderd met de netto-mestproductie van een eventuele tak 'staldieren' onder verrekening van aan- en afgevoerde mest, vermeerderd met voerresten maar nog niet gecorrigeerd voor de NH₃-N verliezen die bij beweiding en bij toediening van 'stalmest' optreden. Bovendien vindt een correctie plaats voor voorraadswijzigingen: als aan het eind van het jaar minder mest in opslag is dan aan het begin, wordt het verschil (kg N/ha) aan Aan2 toegevoegd, als meer mest in opslag is dan aan het begin, wordt het verschil op de totaal aan 'stalmest' uit te rijden mest-N in mindering gebracht: :

Uit te rijden mest-N = uitgescheiden mest + voerrest-N – (NH₃-N_{stal+opslag} + afgevoerde mest) ± voorraadswijziging.

Daarbij wordt de voerrest-N (kg N /ha) becijferd op 2 tot 5%, afhankelijk van de voersoort (Tabel 1.1), van de totale hoeveelheid voer-N (kg N / ha) die aan het vee is aangeboden, volgens:

Voyerrest-N = 0.05 x (N-opname in de vorm van geconserveerde ruwvoerders / (1- 0.05)) + 0.02 x (N-opname in de vorm van krachtvoerders / (1- 0.02)),

met N-opname uit de diverse voedermiddelen op basis van gegevens van het onderdeel BEX (paragraaf 2.1).

KringloopWijzer-deelnemers geven vervolgens aan wat de 'stalmest' gift (kg N/ha) op grasland (Aan2_{grasland}), op maïsland (Aan2_{maïs}), op het land met overige ruwvoerders (Aan2_{overigruwvoer}) en op het bouwland met marktbaar akkerbouwgewassen (Aan2_{marktakkerbouw}) is, en wel zodanig dat:

Uit te rijden mest-N (kg) = ((GO x Aan2_{grasland}) + (SO x Aan2_{maïs}) + (ORO x Aan2_{overigruwvoer}) + (AMO x Aan2_{marktakkerbouw})), met

GO = totale oppervlakte grasland (ha), SO = totale oppervlakte maïsland, ORO = totale oppervlakte overige ruwvoerders en AMO = totale oppervlakte marktbaar akkerbouwgewassen. In plaats van

specifieke opgaven van de bovengenoemde vier bestemmingen van mestvrachten ('oppervlakten x giften per ha') kan vanzelfsprekend vanuit de op het bedrijf uit te rijden hoeveelheid mest-N en drie van de vier opgegeven vrachten, ook de vierde vracht berekend worden. Door die vierde vracht door de bijbehorende oppervlakte te delen, kan ook de gift op die vierde bestemming berekend worden.

De huidige versie van de KringloopWijzer maakt voor de berekening van het N-bodemoverschot geen onderscheid tussen het deel van het grasland en het bouwland in continueelt en het deel in wisselbouw. Als daarvoor in toekomstige versie wel gekozen wordt, zijn aanvullende gegevens nodig:

- Het verschil in 'stalmest' gift (kg N/ha grasland) tussen grasland in continueelt en wisselbouw (ESG, positief als gift bij wisselbouw > gift bij continueelt),
- Het verschil in 'stalmest' gift (kg N/ha bouwland) tussen bouwland in continueelt en wisselbouw (ESB, positief als gift op continueelt > gift bij wisselbouw),
- Het verschil in kunstmestgift (kg N/ha grasland) tussen grasland in continueelt en wisselbouw (EKG, positief als gift bij wisselbouw > gift bij continueelt),
- Het verschil in kunstmestgift (kg N/ha bouwland) tussen bouwland in continueelt en wisselbouw (EKB, positief als gift op continueelt > gift bij wisselbouw),
- Totale bedrijfsoppervlakte (TO, ha), de totale oppervlakte grasland (GO, ha), de oppervlakte grasland in wisselbouw (WGO, ha) en de oppervlakte bouwland in wisselbouw (WBO, ha), kunnen de totale oppervlakte bouwland (BO, ha) en de 'stalmest'- en kunstmestgift worden uitgerekend op continu grasland, continu bouwland, grasland in wisselbouw en bouwland in wisselbouw volgens:

$$\text{Aan2 op gras in wisselbouw} = ((\text{GO} \times \text{Aan2}_{\text{grasland}}) + ((\text{GO}-\text{WGO}) \times \text{ESG}))/\text{GO}$$

$$\text{Aan2 op gras in continueelt} = \text{Aan2 op gras in wisselbouw} - \text{ESG}$$

$$\text{Aan2 op bouwland in wisselbouw} = ((\text{BO} \times \text{Aan2}_{\text{bouwland}}) - ((\text{BO} - \text{WBO}) \times \text{ESB}))/\text{BO}$$

$$\text{Aan2 op bouwland in continueelt} = \text{Aan2 op bouwland in wisselbouw} + \text{ESB},$$

waarbij $\text{BO} = \text{TO} - \text{GO}$ en

$$\text{Aan2}_{\text{bouwland}} = ((\text{SO} \times \text{Aan2}_{\text{maïs}}) + (\text{ORO} \times \text{Aan2}_{\text{overigruwvoer}}) + (\text{AMO} \times \text{Aan2}_{\text{marktakkerbouw}})) / (\text{SO} + \text{ORO} + \text{AMO}),$$

Verder geldt:

$$\text{Aan3 op gras in wisselbouw} = ((\text{GO} \times \text{Aan3}_{\text{grasland}}) + ((\text{GO}-\text{WGO}) \times \text{EKG}))/\text{GO}$$

$$\text{Aan3 op gras in continueelt} = \text{Aan3 op gras in wisselbouw} - \text{EKG}$$

$$\text{Aan3 op bouwland in wisselbouw} = ((\text{BO} \times \text{Aan3}_{\text{bouwland}}) - ((\text{BO} - \text{WBO}) \times \text{EKB}))/\text{BO}$$

$$\text{Aan3 op bouwland in continueelt} = \text{Aan3 op bouwland in wisselbouw} + \text{EKB}$$

waarbij $\text{BO} = \text{TO} - \text{GO}$ en

$$\text{Aan3}_{\text{bouwland}} = ((\text{SO} \times \text{Aan3}_{\text{maïs}}) + (\text{ORO} \times \text{Aan3}_{\text{overigruwvoer}}) + (\text{AMO} \times \text{Aan3}_{\text{marktakkerbouw}})) / (\text{SO} + \text{ORO} + \text{AMO})$$

In het bovenstaande lijkt te worden aangenomen dat er binnen het bouwland niet meer dan drie 'soorten' bestemmingen zijn (maïs, overig ruwvoer en marktbaar akkerbouwgewassen) en dat de KringloopWijzer dus slechts gegevens over de mestgift, de kunstmestgift en de oppervlakte van die drie bestemmingen nodig heeft. In werkelijkheid bestaat er in de huidige versie van de KringloopWijzer echter de mogelijkheid om de genoemde gegevens te verstrekken voor drie soorten maïsteelt (snijmaïs, MKS, CCM), drie soorten overige ruwvoergewassen (GPS van graan, luzerne, veldbonen, GPS) en ruim tien soorten marktbaar akkerbouwgewassen (zie Tabel 2.3.3). Op basis hiervan wordt een areaalgewogen gemiddelde berekend.

De term Aan4 (N-binding door vlinderbloemigen, kg N per ha) wordt voor wat betreft de bijdrage van klaver in grasland geschat als het product van de geschatte hoeveelheid gegroeide drogestof (voor aftrek van veldverliezen) in de vorm van klaver (als % klaveraandeel in geogoste hoeveelheid gras plus klaver) en een veronderstelde binding van 45 kg N per ton drogestof in de vorm van klaver (Elgersma & Hassink, 1997; Schils, 2002). De hoeveelheid gegroeide drogestof in de vorm van grasklaver wordt gedefinieerd als het product van de kg DS per kg N in het gewas en de som van dat

wat netto geoogst wordt en dat wat als veldverlies achtergebleven is: ton DS/ kg N x (Af1_{maigras} + Af1_{weide} + Af3_{maigras} + Af3_{weide}). Hierbij moet nog wel worden opgemerkt dat het hiervoor genoemde 'klaveraandeel' niet gelijk staat aan de visueel geschatte 'klaverbezetting' (percentage bedekking) in gras-klaverbestanden. De relatie tussen beide bedraagt globaal: klaveraandeel/klaverbezetting = 0,82 (Schils *et al.*, 2001).

Voor wat betreft veldbonen en luzerne wordt de bijdrage aan de N-binding geschat op, respectievelijk, 100 en 300 kg N per hectare per jaar. Voor vlinderbloemige groenbemesters wordt een forfaitaire bijdrage van 60 kg N per hectare per jaar aangehouden, aannemende dat vlinderbloemigen 20 kg N per ton drogestof binden en vlinderbloemige groenbemesters 3 ton drogestof per hectare produceren (Schröder *et al.*, 1997; Schröder *et al.*, 2003).

De term Aan5 (N depositie) bedraagt gemiddeld circa 30 kg N per ha per jaar (Anonymus, 2009) maar varieert van minder dan 20 (delen van noord en noordwest Nederland) tot meer dan 50 (delen van oost en zuid Nederland) kg N per ha per jaar. Regionale specificering vindt plaats op basis van gebiedspecifieke gegevens over N-depositie (Anonymus, 2013).

De term Aan6 (cumulatieve nalevering van beweidings-, maai- en oogstverliezen van voorgaande jaren) wordt voor het grasland (Aan6_{grasland}, kg N/ha) gedefinieerd als de som van de beweidings- en maaiverliezen (Af3_{maigras} + Af3_{weide}, kg N/ha), voor maïsland (Aan6_{maïsland}, kg N/ha) en overig ruwvoerland (Aan6_{overigruwvoer}, kg N/ha) als de oogstverliezen. De beweidingsverliezen worden gesteld op 15-20% van de N-opbrengst van weidesnedes (zie Tabel 1.1) en de maaiverliezen van gras en luzerne ('maaien, schudden, wiersen, laden') op 5% van de N-opbrengst van maaisnedes. De oogstverliezen van maïsland ('hakselen, laden') worden gesteld op 2% van de N-opbrengst. Voor andere ruwvoergewassen dan gras, luzerne en maïs, en voor marktbaar akkerbouwgewassen worden vooralsnog geen oogstverliezen verondersteld.

Elders in deze paragraaf wordt toegelicht hoe bovenstaande N-opbrengsten worden afgeleid. Formeel is het bovenstaande uitgangspunt dat Aan6 gelijk is aan de oogst-, maai- en beweidingsverliezen niet correct omdat in het kader van BEA plus (paragraaf 2.2.2.8) wordt aangenomen dat een deel van genoemde verliezen plaatsvindt in de vorm van ammoniak. In theorie moeten deze ammoniakverliezen in mindering gebracht worden op Aan6. Omdat het een kruispost betreft en de term geen deel uitmaakt van de teller en noemer van benuttingsberekeningen, is het effect op KringloopWijzer-uitkomsten nihil.

De term Aan7 (gewasresten) worden voor grasland (Aan7_{grasland}) gesteld op 75 kg N/ha (Velthof & Oenema, 2001). Aangenomen wordt dat tegenover deze aanvoerpost in blijvend grasland jaarlijks een evengrote afvoer staat (zie term afvoerterm Af4, later in deze paragraaf). Voor maïsland (snijmaïs, MKS en CCM) (Aan7_{maïsland}) wordt de waarde van deze jaarlijkse aanvoerpost, voor zover het wortels en stoppels betreft, op 15 kg N/ha gesteld (Schröder *et al.*, 2016). Overigens staat tegenover deze aanvoerpost, ongeacht de waarde, bij continue teelt van maïs een even grote afvoerpost (Af4). Bij de nalevering vanuit beweidings-, maai- en oogstverliezen (Aan6) en gewasresten (Aan7) wordt bij grasland en maïsland (snijmaïs, MKS en CCM) aangenomen dat deze N-aanvoerposten ten goede komen aan de gewassen van waaruit ze afkomstig zijn. Dat dat in een wisselbouwsituatie niet in iedere fase van de rotatie het geval is, wordt hier genegeerd.

Als het restplant-materiaal van MKS of CCM niet wordt afgevoerd van het veld, bestaat de gewasrest uit meer dan alleen wortels en stoppels. Daarvoor worden (verstek)waarden aangenomen zoals vermeld in Tabel 2.3.3. De gewasresten van de niet-maïs ruwvoedergewassen en marktbaar akkerbouwgewassen (waarvan, zoals aangegeven, wordt aangenomen dat ze geen oogstverliezen kennen en alleen gewasresten in de vorm van wortels en stoppels en eventueel achtergelaten bijproducten, worden gecijferd zoals aangegeven in Tabel 2.3.3. Ook bij deze gewassen geldt dat tegenover de aanvoer een even grote afvoer staat. In de KringloopWijzer wordt in eerste instantie niet de grootte van de aanvoerterm (Aan7) gewasspecifiek berekend maar de afvoerterm (Af4). De afvoer is namelijk gewasspecifiek te maken terwijl de aanvoerterm niet bepaald wordt door het gewas zelf maar door het (de) gewas(sen) die er aan voorafgaan. Omdat niet bekend is wat de gewasopvolging precies is, wordt een areaalgewogen gemiddelde waarde van Af4 berekend waarna de waarde van Aan7 vervolgens voor alle niet-maïs ruwvoedergewassen en marktbaar akkerbouwgewassen tezamen aan die gemiddelde waarde van Af4 gelijkgesteld wordt.

Tabel 2.3.3 Gehalten in hoofdproduct en bijproduct bij gegeven drogestofgehalte (kg per ton vers) van diverse akkerbouwmatige ruwvoedergewassen en marktbaar akkerbouwgewassen, alsmede de geschatte hoeveelheden N als gewasresten achterblijven in de vorm van (niet-afgevoerde en daarom ongewogen) bijproducten (kg per ha) en in de vorm van (o.b.v. hoofdopbrengst geschatte) wortel- en stoppelresten (kg N per ha). (Schröder et al., 2015).

Gewas	Hoofdproduct:			Bijproduct:			Gewasrest		
	DS	N	P ₂ O ₅	DS	N	P ₂ O ₅	Bij-product	Wortels en stoppels* Min, Max	Factor
Snijmaïs	330	4.3	1.5	-	-	-	-	(10, 30	0.62)**
MKS, CCM	550	9.9	3.8	400	2.8	0.7	53	(10, 30	0.84)
Luzerne	200	6.2	1.4	-	-	-	-	10, 225	0.55
Veldboon	280	13.3	4.4	840	10.9	2.8	65	10, 30	0.17
GPS van tarwe en gerst	360	6.0	2.6	-	-	-	-	10, 30	0.26
Korrelmaïs	750	13.5	5.2	400	2.8	0.7	53	10, 30	0.84
Wintertarwe	840	20.0	7.8	840	5.8	1.6	41	10, 30	0.19
Zomertarwe	840	19.0	7.8	840	5.8	1.6	29	10, 30	0.25
Wintergerst	840	17.0	8.0	840	5.4	2.1	38	10, 30	0.30
Zomergerst	840	15.0	8.0	840	5.4	2.1	27	0, 25	0.28
Haver	840	17.9	7.6	840	5.0	2.1	30	10, 30	0.31
Rogge/triticale	840	14.9	7.3	840	3.8	1.8	23	10, 30	0.37
Bieten	150	1.8	0.9	120	3.4	0.7	102	10, 30	1.06
Zaaiuien	150	2.2	0.7	-	-	-	-	10, 20	0.17
Consumptieaardappel	200	3.3	1.1	-	-	-	-	10, 60	0.36
Fabrieksaardappel	200	3.7	0.9	-	-	-	-	10, 60	0.36
Pootaardappel	200	3.0	1.1	-	-	-	-	10, 100	1.60
Onbemest vanggewas							40		
Niet-vlinderbloemige groenbemester							50		
Vlinderbloemige groenbemester							60		

* Volgens: N in wortels en stoppels = MIN(Max, (MAX(Min, (factor x N in hoofdproduct)))).

** In de huidige versie van de KringloopWijzer wordt bij snijmaïs niet uitgegaan van een range (Min=10, Max=30) maar van een vaste opbrengst-onafhankelijke waarde van 15 kg N per ha; dit getal was aanvankelijk 25 kg N per ha maar verlaagd op basis van nieuwere inzichten zoals verwoord in Schröder et al. (2016).

De waarde die aan de term Aan8 (vanggewassen en groenbemesters) wordt toegekend bedraagt 40 kg N/ha voor (onbemeste) vanggewassen (met name geteeld na maïs), 50 kg N/ha voor niet-vlinderbloemige (bemeste) groenbemesters en 60 kg N/ha voor (onbemeste) vlinderbloemige groenbemesters.

De waarde die aan de term Aan9 (veenmineralisatie) wordt toegekend bedraagt 235 kg N per ha (Kuikman et al., 2005) voor. Als slechts een deel van het bedrijf uit veengrond bestaat, wordt de veenmineralisatie evenredig gereduceerd.

De term Aan10 heeft betrekking op de aanvoer van N op bouwland uit gescheurd grasland. Dat betekent dat Aan10 = 0 bij grasland in continueelt, grasland in wisselbouw en bouwland in continueelt. Bij bouwland in wisselbouw wordt Aan10 gelijk gesteld aan het product van de duur van voorafgaande graslandfase en een jaarlijkse zodeopbouw van 75 kg N per ha (Velthof & Oenema, 2001) met een maximum van 300 kg N per ha, gedeeld door de duur van de bouwlandfase:

$$\text{Aan10 bij wisselbouw van bouwland} = (\text{MIN}(300, (75 \times \text{duur graslandfase})) / (\text{duur bouwlandfase}))$$

Tabel 2.3.2 Aan- en afvoertermen ter bepaling van het N-bodemoverschot (kg N/ha) met aanwijzing ('X') of de invoergegevens betrekking hebben op het bedrijf als geheel, op gewassen (grasland, bouwland), dan wel op gewassen met daarbij een onderscheid tussen het deel dat in wisselbouw en het deel dat in continueelt geteeld wordt.

Aan- /afvoer	Code	Term	Schaal invoer		
			Bedrijf	Gewas	Gewas & wel/niet wisselbouw
Aanvoer	Aan0	Nmin voorjaar, in jaar x	X		
	Aan1	weidemest		X	
	Aan2	'stalmest', incl voerresten ruwvoer			X
	Aan3	kunstmest			X
	Aan4	klaver		X	
	Aan5	depositie	X		
	Aan6	beweidings-, maai- en oogstverliezen		X	
	Aan7	gewasresten		X	
	Aan8	Vanggewassen en groenbemesters		X	
	Aan9	veenmineralisatie		X	
	Aan10	uit scheuren grasland			X
	Aan	SUBTOTAAL			
Afvoer	Af0	Nmin voorjaar, jaar x+1	X		
	Af1	geogst van eigen land		X	(X)**
	Af2	ammoniak verliezen bij beweiding, (kunst)mesttoediening en uit staand gewas*		X	
	Af3	beweidings-, maai- en oogstverliezen		X	
	Af4	gewasresten		X	
	Af5	Vanggewassen en groenbemesters		X	
	Af6	opbouw kunstweide			X
	Af	SUBTOTAAL			
Bodem- overschot	Aan-Af	TOTAAL			X

* N-verlies bij veroudering of tijdens voordrogen.

** Ten behoeve van een zo nauwkeurig mogelijke schatting van N-overschotten in wisselbouw dan wel in continueelt, zou ook de hoeveelheid afgevoerde N verbijzonderd moeten worden voor wisselbouw- dan wel continueeltsituaties.

Afvoerposten

Elders in deze paragraaf wordt toegelicht hoe de term Af1 (geogst van eigen land) wordt berekend. De term Af2 (ammoniakverliezen bij beweiding, uit mest en kunstmest, uit gewassen te velde) wordt ontleend aan het onderdeel BEA (paragraaf 2.2). De term Af3 (beweidings-, maai- en oogstverliezen) is een kruispost die gelijk is aan term Aan6. Het is een kruispost in de zin dat de waarde van Aan6 gebaseerd is op de berekende waarde van Af3. De redenering hierbij is dat de aanvoerpost alleen in stand gehouden kan worden door een vergelijkbare (jaarlijkse) investering in de bodemvoorraad, vergelijkbaar met de kruisposten Aan0 en Af0. Vanuit dezelfde gedachtegang geldt dat de term Af4 (gewasresten) gelijk is aan Aan7. De term Af5 (vanggewassen) is, zoals hierboven uitgewerkt, gesteld op 40-60 kg N per ha en is alleen aan de orde bij bouwland.

De term Af6 (opbouw kunstweide) heeft betrekking op de vorming van een nieuwe zode onder grasland in wisselbouw (een zogenaamde kunstweide) dat na een bouwlandperiode wordt ingezaaid. Deze term bedraagt 75 kg N per ha per jaar voor de gehele duur van de graslandfase met een maximum van 300 kg N per ha. Dat betekent dat als de graslandfase langer duurt dan 4 jaar, aangenomen wordt dat daarna jaarlijks evenveel N uit wortels en stoppels wordt afgebroken als jaarlijks aan wortels en stoppels worden toegevoegd.

Geogst van eigen land

De term Af1 (geogst van eigen land via 'bek' of 'over de dam' (dus na aftrek van beweidings-, maai- en oogstverliezen maar voor aftrek van conserverings- en vervoederingsverliezen), of geogst om het bedrijf via het erf te verlaten als een te verkopen bouwlandgewas, kg N/ha), wordt als volgt berekend. Voor de gewassen die op het bedrijf zelf gebruikt worden ('ruwvoer') wordt Af1 berekend op basis van de bij het onderdeel BEP opgegeven hoeveelheid opgenomen ruwvoer (na omrekening op basis van N/P verhoudingen) in de vorm van weidegras (NOP_{weide} , kg N), kuilgras of via stalvoeding vers vervoerd gras ($NOP_{maigras}$, kg N) en maiskuil ($NOP_{maiskuil}$, kg N). Hierbij geldt voor de afvoer in de vorm van weidegras ($Af1_{weide}$) en de beweidingsverliezen ($Af3_{weide}$):

$$Af1_{weide} = (NOP_{weide}) / GO,$$

met GO (ha) = totale graslandoppervlakte.

De gegroeide (bovengronds, exclusief stoppel) hoeveelheid gras in de vorm van weidegras (kg N/ha) ($Af1_{weide} + Af3_{weide}$), is gelijk aan:

$$Af1_{weide} + Af3_{weide} = Af1_{weide} \times (100/(100-\text{beweidingsverlies}))$$

met beweidingsverliezen in procenten, volgens Tabel 1.1.

Bij vervoeding van vers gras en kuilgras is de berekening van wat gegroeid is op basis van wat geacht wordt te zijn opgenomen, ingewikkelder omdat dan naast veldverliezen ook vervoederingsverliezen en, eventueel, conserveringsverliezen zullen optreden. Bovendien moet de aankoop en voorraadvorming van ruwvoer verrekend worden.

Voor de opgenomen hoeveelheid gemaaid gras (stalvoeding en kuil) (kg N) van eigen land ($NOP_{maigras_eigenland}$) geldt:

$$NOP_{maigras_eigenland} = (NOP_{maigras} - NOP_{maigras_aangekocht})$$

waarbij $NOP_{maigras}$ de totale hoeveelheid opgenomen vers gevoerd en ingekuild gras is van zowel aangekocht als op eigen land geteeld gras, en $NOP_{maigras_aangekocht}$ de in het desbetreffende jaar opgenomen gras (stalvoeding en kuil) uit aankocht gras is (na correctie voor voorraadwijzigingen en vervoederingsverliezen van dat aangekochte gras):

$$NOP_{maigras_aangekocht} = (((\text{aangekochte vers gras N en kuilgras N} \times (100 - \text{conserveringsverlies})/100) - \Delta N_{\text{graskuil}}) \times (100 - \text{vervoederingsverlies})/100)$$

Het conserveringsverlies (in procenten volgens Tabel 1.1) verrekent dat ook aangekochte graskuil aan conserveringsverliezen blootstaat. De term $\Delta N_{\text{graskuil}}$ duidt op wijzigingen in de voorraad graskuil (positieve waarden wijzen op toename) in de voorbije 12 maanden. Het vervoederingsverlies (in procenten volgens Tabel 1.1) verrekent dat ook bij aangekocht vers gras of kuilgras vervoederingsverliezen optreden.

Uit $NOP_{maigras_eigenland}$ wordt vervolgens de aangeboden hoeveelheid vers gras en kuilgras (kg N) van eigen land ($NAAN_{maigras_eigenland}$) berekend:

$$NAAN_{maigras_eigenland} = NOP_{maigras_eigenland} / (100 - \text{vervoederingsverlies})/100$$

Vervolgens geldt voor de geogste hoeveelheid gemaaid gras N (kg N) van eigen land ($NDAM_{maigras}$):

$$NDAM_{maigras} = NAAN_{maigras_eigenland} / ((100 - \text{conserveringsverlies})/100), \text{ waarbij verrekend dient dat niet alle gras dat gemaaid wordt noodzakelijkerwijs ook geconserveerd hoeft te zijn geweest (nl. ingeval van stalvoeding).}$$

Hieruit valt $Af1_{\text{maai gras}}$ af te leiden als:

$$Af1_{\text{maai gras}} = NDAM_{\text{maai gras}} / GO$$

Tenslotte is de (bovengronds, exclusief stoppel) gegroeide hoeveelheid gras in de vorm van vers gras (t.b.v. stalvoeding) of kuilgras (kg N/ha) van eigen land ($Af1_{\text{maai gras}} + Af3_{\text{maai gras}}$), gelijk aan:

$$Af1_{\text{maai gras}} + Af3_{\text{maai gras}} = Af1_{\text{maai gras}} \times (100 / (100 - \text{maai verlies}))$$

De bovenstaande berekening van AF1 voor grasland wordt afzonderlijk uitgevoerd voor productiegrasland en beheersgrasland.

Op vergelijkbare wijze geldt voor de maïskuil:

Voor de opgenomen hoeveelheid maïs (kg N) van eigen land ($NOP_{\text{maïs eigenland}}$) geldt:

$$NOP_{\text{maïs eigenland}} = (NOP_{\text{maïs}} - NOP_{\text{maïs aangekocht}})$$

waarbij $NOP_{\text{maïs}}$ de totale hoeveelheid opgenomen maïs is van zowel aangekocht als op eigen land geteelde maïs (snijmaïs, MKS en CCM), en $NOP_{\text{maïs aangekocht}}$ de in het desbetreffende jaar opgenomen maïs uit aangekochte maïs is (na correctie voor voorraadwijzigingen en vervoederingsverliezen van die aangekochte maïs):

$$NOP_{\text{maïs aangekocht}} = (((\text{aangekochte maïs N} \times (100 - \text{conserveringsverlies}) / 100) - \Delta N_{\text{maïskuil}}) \times (100 - \text{vervoederingsverlies}) / 100)$$

Het conserveringsverlies (in procenten volgens Tabel 1.1) verrekent dat ook aangekochte maïskuil aan conserveringsverliezen blootstaat. De term $\Delta N_{\text{maïskuil}}$ duidt op wijzigingen in de voorraad maïskuil (positieve waarden wijzen op toename) in de voorbije 12 maanden. Het vervoederingsverlies (in procenten volgens Tabel 1.1) verrekent dat ook bij aangekochte maïs vervoederingsverliezen optreden.

Uit $NOP_{\text{maïs eigenland}}$ wordt vervolgens de aangeboden hoeveelheid maïs (kg N) van eigen land ($NAAN_{\text{maïs eigenland}}$) berekend:

$$NAAN_{\text{maïs eigenland}} = NOP_{\text{maïs eigenland}} / (100 - \text{vervoederingsverlies}) / 100$$

Vervolgens geldt voor de geoogste hoeveelheid maïs N (kg N) van eigen land ($NDAM_{\text{maïs}}$):

$$NDAM_{\text{maïs}} = NAAN_{\text{maïs eigenland}} / ((100 - \text{conserveringsverlies}) / 100).$$

Hieruit valt $Af1_{\text{maïs}}$ af te leiden als:

$$Af1_{\text{maïs}} = NDAM_{\text{maïs}} / SO,$$

met SO = totale oppervlakte (ha) maisland (snijmaïs, MKS en CCM). Tenslotte is de (bovengronds, exclusief stoppel) gegroeide hoeveelheid maïs (kg N/ha) van eigen land ($Af1_{\text{maïs}} + Af3_{\text{maïs}}$), gelijk aan:

$$Af1_{\text{maïs}} + Af3_{\text{maïs}} = Af1_{\text{maïs}} \times (100 / (100 - \text{oogstverlies})) \text{ met oogstverlies (\%)} \text{ als vermeld in Tabel 1.1.}$$

Op vergelijkbare wijze geldt voor het overige ruwvoer:

Voor de opgenomen hoeveelheid overig ruwvoer (kg N) van eigen land ($NOP_{\text{overigruwvoer eigenland}}$) geldt:

$$NOP_{\text{overigruwvoer eigenland}} = (NOP_{\text{overigruwvoer}} - NOP_{\text{overigruwvoer aangekocht}})$$

waarbij $NOP_{\text{overigruwvoer}}$ de totale hoeveelheid opgenomen ruwvoer is van zowel aangekocht als op eigen land geteeld ruwvoer, en $NOP_{\text{overigruwvoer aangekocht}}$ de in het desbetreffende jaar opgenomen ruwvoer uit aangekochte ruwvoer is (na correctie voor voorraadwijzigingen en vervoederingsverliezen van dat aangekochte ruwvoer):

$$NOP_{\text{overigruwvoer aangekocht}} = (((N \text{ in aangekocht overig ruwvoer} \times (100 - \text{conserveringsverlies})/100) - \Delta N_{\text{kuil van overig ruwvoer}}) \times (100 - \text{vervoederingsverlies})/100)$$

Het conserveringsverlies (in procenten volgens Tabel 1.1) verrekent dat ook aangekocht overig ruwvoer aan conserveringsverliezen blootstaat. De term ΔN kuil van overig ruwvoer duidt op wijzigingen in de voorraad van dit soort kuilvoer (positieve waarden wijzen op toename) in de voorbije 12 maanden. Het vervoederingsverlies (in procenten volgens Tabel 1.1) verrekent dat ook bij aangekocht ruwvoer vervoederingsverliezen optreden.

Uit $NOP_{\text{overigruwvoer eigenland}}$ wordt vervolgens de aangeboden hoeveelheid overig ruwvoer (kg N) van eigen land ($NAAN_{\text{overigruwvoer eigenland}}$) berekend:

$$NAAN_{\text{overigruwvoer eigenland}} = NOP_{\text{overigruwvoer eigenland}} / (100 - \text{vervoederingsverlies})/100$$

Vervolgens geldt voor de geoogste hoeveelheid overig ruwvoer N (kg N) van eigen land ($NDAM_{\text{overigruwvoer}}$):

$$NDAM_{\text{overigruwvoer}} = NAAN_{\text{overigruwvoer eigenland}} / ((100 - \text{conserveringsverlies})/100).$$

Hieruit valt $Af1_{\text{overigruwvoer}}$ af te leiden als:

$$Af1_{\text{overigruwvoer}} = NDAM_{\text{overigruwvoer}} / \text{ORO},$$

Tenslotte is de (bovengronds, exclusief stoppel) gegroeide hoeveelheid overig ruwvoer (kg N/ha) van eigen land ($Af1_{\text{overruwvoer}} + Af3_{\text{overruwvoer}}$), gelijk aan:

$$Af1_{\text{overruwvoer}} + Af3_{\text{overruwvoer}} = Af1_{\text{overruwvoer}} \times (100/(100 - \text{oogstverlies})) \text{ met oogstverlies (\%)} \text{ als vermeld in Tabel 1.1.}$$

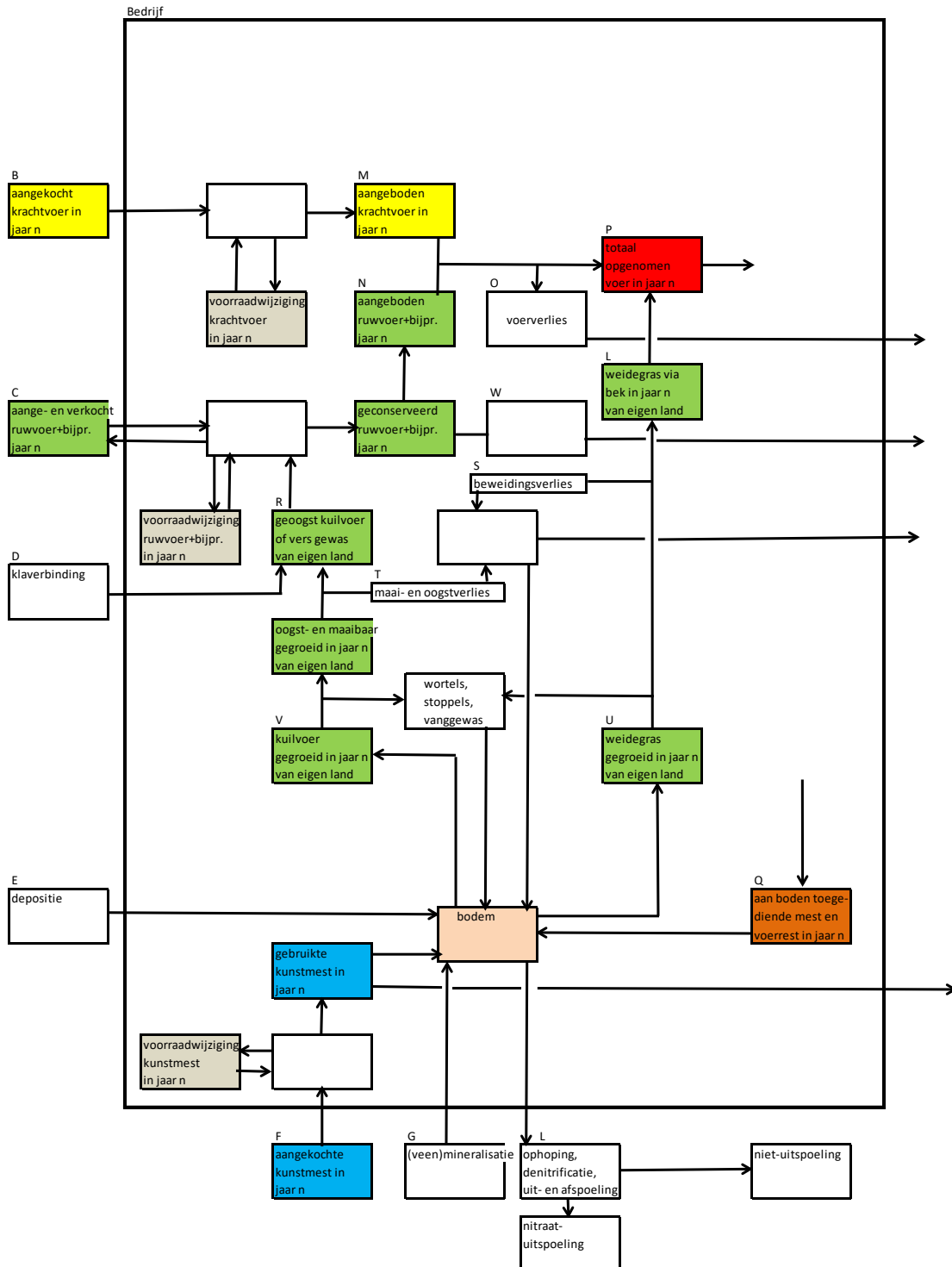
De huidige KringloopWijzer kan ook omgaan met melkveebedrijven die een tak akkerbouw hebben waarvan de oogst vermarkt wordt. Daartoe moet de N-afvoer van marktbaar producten ($Af1_{\text{marktakkerbouw}}$, kg N/ha) berekend worden. Dit gebeurt door het opvragen van het aantal hectares van de in Tabel 2.3.3 genoemde akkerbouwgewassen en de gemiddelde opbrengst van die gewassen in het desbetreffende jaar. Tenslotte wordt de N-afvoer berekend door de opbrengsten te vermenigvuldigen met gewasspecifieke verstekwaarden zoals vermeld in Tabel 2.3.3. Voor akkerbouwgewassen die niet in de tabel voorkomen, wordt aangenomen dat deze een verstekafvoer van 150 kg N/ha hebben. Dit cijfer is gebaseerd op de gemiddelde forfaitaire afvoer van een bouwplan dat bestaat uit 25% wintertarwe, 25% consumptieaardappelen, 25% suikerbieten en vijf maal 5% van de gewassen zomergerst, zomertarwe, graszaad, korrelmaïs en zaaiuien, elk met veronderstelde gemiddelde opbrengsten zoals vermeld door het CBS voor de periode 2009-2013 waarbij alleen de hoofdproducten geacht worden te zijn afgevoerd. Aldus:

$$Af1_{\text{marktakkerbouw}} \text{ (kg N/ha)} = (\sum_1^n BOn \times ((YHn \times CNHn) + (YBn \times CNBn)))/AM0,$$

Met BOn = oppervlakte bouwland met gewas n (ha), YHn = opbrengst van hoofdproduct van gewas n (ton vers/ha), YBn = opbrengst van afgevoerd bijproduct van gewas n (ton vers/ha), $CNHn$ = N

gehalte van hoofproduct (kg N/ton vers), CNBn = N gehalte van bijproduct (kg N/ton vers) en AMO = totale oppervlakte (ha) aan oppervlakte van marktbaar akkerbouwgewassen.

Figuur 2.3.1 geeft een samenvattend stroomschema. Dit stroomschema beperkt zich tot de teelten die op het bedrijf zelf worden verwerkt door het vee ('weidegras, kuilgras, maïs en overig ruwvoer). De volledige afvoer (Af1) dient op sommige bedrijven ook nog aangevuld te worden met de nutriënten die volgens opgave in de vorm van akkerbouwteelten worden afgevoerd.



Figuur 2.3.1 Nutriëntenstromen betrokken bij de berekening van het bodem-N overschot (en eventueel nitraatconcentratie in ontvangend water) op basis van de geschatte voer-N opname voor gespecialiseerde melkveebedrijven zonder akkerbouwtaak.

Benutting

Het hiervoor besprokene heeft betrekking op de (on)balans van N-aanvoer en N-afvoer van de bodembalans. De N-benutting in dit deel van de kringloop ($N\text{-benutting}_{\text{bodem}}$) is gelijk aan de fractie van de N-aanvoer (volgens de binnen de KringloopWijzer gehanteerde conventie na aftrek van ammoniakverliezen bij beweiding en toediening van (kunst)mest) die tot benutbare N-afvoer leidt (afvoer 'via bek of dam en/of erf'). Daarbij dienen verder keuzes gemaakt te worden aangaande het al dan niet opnemen van kruisposten (N_{min} voorjaar, beweidings-, maai- en oogstverliezen, gewasresten, vanggewassen, vastlegging van N in en vrijkomen van N uit grasland in wisselbouw) in teller en noemer. Dat geldt ook voor de wijze waarop met de termen Aan5 (N-depositie) en Af2 (ammoniakverliezen) moet worden omgegaan: op een hoger schaalniveau zijn ook dit kruisposten omdat er zonder ammoniakemissie geen ammoniakdepositie kan bestaan. Daar staat tegenover dat de N-aanvoer via depositie niet onder invloed staat van een individuele KringloopWijzer-deelnemer en één en ander zich niet uitsluitend binnen de bedrijfsgrenzen afspeelt. Dat geldt indirect ook voor Aan9 (veenmineralisatie). Deze term is weliswaar niet zonder meer beïnvloedbaar door een individuele KringloopWijzer-deelnemer maar is net als depositie, tot op zekere hoogte wel een gevolg gezamenlijk genomen landbouwkundige beslissingen. Dit alles overwegende definieert de KringloopWijzer de N-benutting in het compartiment bodem als:

$$N\text{-benutting}_{\text{bodem}} = (Af1 + Af3) / (Aan1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 9 - Af2)$$

2.3.2.2 Emissie van N_2O uit de bodem

In deze paragraaf wordt een beschrijving gegeven van de berekeningswijze van de gemiddelde jaarlijkse N_2O emissie uit de bodem van een landbouwbedrijf in Nederland. Deze emissie wordt in eerste instantie berekend in kg N_2O -N per bedrijf. De bodememissies vormen de grootste post (circa 80%) in de totale N_2O emissie die afkomstig is van een melkveebedrijf (blijkens ongepubliceerde resultaten van Nederlandse bedrijven in het project 'Dairyman'). De overige bronnen van N_2O emissie van het bedrijf, te weten die uit mestopslagen, worden in paragraaf 2.3.2.3 behandeld.

De onderhavige paragraaf vangt aan met een beschrijving van de wijze waarop de zogenaamde indirecte bodememissies berekend kunnen worden, vooruitlopend op een beslissing of de KringloopWijzer deze emissies moet meenemen. Indirecte bodememissies hebben namelijk betrekking op emissies die niet binnen het bedrijf optreden maar wel een direct gevolg zijn van uit het bedrijf vervluchtigde en uit- en afgespoelde N.

Voor het berekenen van N_2O emissies uit de bodem worden de algemeen geaccepteerde 'Tier 1' rekenregels van het IPCC (2006) gebruikt. Waar mogelijk zijn de emissiefactoren van het eenvoudige 'Tier 1' schema van het IPCC vervangen door Nederlandse emissiefactoren die gespecificeerd zijn voor landgebruik en grondsoort door Velthof & Mosquera (2011) op basis van de meest recente proeven in Nederland (zie Tabel 2.3.4). Daarnaast zijn de berekeningen ook afgestemd op de specifieke bedrijfssituatie zoals aangegeven door de KringloopWijzer deelnemer (bedrijfsspecifieke N-stromen).

De berekende N_2O emissies hebben betrekking op de door de mens veroorzaakte emissie ('human-derived'). Samen met de zogenaamde achtergrondemissie ('background emission') vormen zij de totale N_2O bodememissies van een bedrijf.

De rekenmethode van het IPCC schat de N_2O bodememissie als een fractie van een N-input in/naar de bodem. De totale berekeningsmethodiek bestaat dus uit het kwantificeren van de relevante N-stromen op het bedrijf en de bijbehorende emissiefactoren. Zoals hiervoor aangegeven zijn de zogenaamde indirecte N_2O emissies het gevolg van vervluchtiging ('vol', volatilization) en uit- en afspoeling ('lea', leaching) van N en worden zij berekend volgens vergelijkingen Eq 2.3.1 en 2.3.2 (zie Tabel 2.3.4 voor de verklaring van de termen/codes en de waarden voor de emissiefactoren):

$$N_2O_{\text{em}}(\text{vol}) = EF(\text{vol}) * N_{\text{loss}}(\text{vol}) \quad (\text{Eq 2.3.1})$$

met $N_{\text{loss}}(\text{vol})$ = totale NH_3 -N verlies volgens BEA (inclusief ammoniakverliezen uit staande gewassen en zwaden) in kg NH_3 -N, dus $Af2 \times BO$.

$$N_2O_{\text{em}}(\text{lea}) = EF(\text{lea}) * N_{\text{loss}}(\text{lea}) \quad (\text{Eq 2.3.2})$$

met $N_{\text{loss}}(\text{lea})$ = N-bodemoverschot \times UF (volgens BEN)

Aangezien de bodemomstandigheden buiten het bedrijf (relatief) onbekend zijn, worden in de vergelijkingen Eq 2.3.1 en Eq 2.3.2 emissiefactoren gebruikt die het IPCC heeft opgesteld (Tier 1) in combinatie met het bedrijfsspecifieke (totale) verlies aan N via vervluchtiging en uitspoeling. De betreffende N-stromen worden in BEA en BEN bepaald.

Voor de berekening van de directe N₂O bodememissies uit het bedrijf worden de volgende N-stromen onderscheiden: kunstmest ('cf', chemical fertilizer, vergelijking Eq 2.3.3), organische mest ('of', organic fertilizer, vergelijking Eq 2.3.4), N-uitscheiding in de wei ('an', urine and dung excreted by animals, vergelijking Eq 2.3.5), netto N-input in de bodem afkomstig van N-fixatie door vlinderbloemigen ('cl', N fixation by 'clovers', vergelijking Eq 2.3.6), N-input door gewasresten ('cr', crop residues, vergelijking Eq 2.3.7), netto afname van organische bodem-N op minerale gronden ('om', organic matter depletion on mineral soils, vergelijking Eq 2.3.8) en netto afname van organische bodem-N door ontwatering van veengronden ('pt', organic matter depletion on peat soils, vergelijking Eq 2.3.9). Iedere stroom (behalve in vergelijking Eq 2.3.9) dient apart gekwantificeerd te worden voor het grasland- en het bouwlanddeel van het bedrijfsareaal en voor de fractie van het bedrijf dat uit minerale grond dan wel uit veengrond bestaat omdat de emissiefactoren verschillend zijn (in totaal maximaal 4 categorieën, zie Tabel 2.3.4). Indien de verdeling van beide landgebruikstypen (grasland en bouwland) over minerale grond en veengrond niet bekend is, wordt de dominante grondsoort van het bedrijf gekozen. Voor elke N-stroom, elk landgebruikstype en, daarbinnen, continueelten dan wel teelten in wisselbouw, wordt een N₂O emissie berekend (zie ook Tabel 2.3.4):

De N-stromen die samenhangen met de bemesting (vergelijkingen Eq 2.3.3 en 2.3.4) en met de totale N-excretie in de wei (mest en urine; vergelijking Eq 2.3.5), zijn geënt op informatie die eerder gebruikt is voor de berekening van de N-concentratie in water in het kader van BEN.

$$N_2Oem(cf) = EF(cf) * Ninp(cf) \quad (Eq\ 2.3.3)$$

met:

$$Ninp(cf) \text{ op gras} = Aan3_{\text{grasland}} \times GO$$

$$Ninp(cf) \text{ op bouwland} = Aan3_{\text{bouwland}} \times BO,$$

met $Aan3_{\text{bouwland}}$ = areaalgewogen gemiddelde van $Aan3_{\text{maisland}}$, $Aan3_{\text{overigruwvoer}}$ en $Aan3_{\text{marktakkerbouw}}$ en

$EF(cf)$ volgens Tabel 2.3.4.

$$N_2Oem(of) = EF(of) * Ninp(of) \quad (Eq\ 2.3.4)$$

met:

$$Ninp(of) \text{ op gras} = Aan2_{\text{grasland}} \times GO$$

$$Ninp(of) \text{ op bouwland} = Aan2_{\text{bouwland}} \times BO,$$

met $Aan2_{\text{bouwland}}$ = areaalgewogen gemiddelde van $Aan2_{\text{maisland}}$, $Aan2_{\text{overigruwvoer}}$ en $Aan2_{\text{marktakkerbouw}}$ en

$EF(of)$ volgens Tabel 2.3.4.

$$N_2Oem(an) = EF(an) * Ninp(an) \quad (Eq\ 2.3.5)$$

met:

$$Ninp(an) = Aan1 \times GO, \text{ en}$$

$EF(an)$ volgens Tabel 2.3.4.

Bij de N-stroom die samenhangt met N-fixatie door vlinderbloemigen (vergelijking Eq 2.3.6) gaat het niet om de totale N-fixatie, maar om het deel dat via gewasresten van de vlinderbloemige in de bodem terecht komt. IPCC neemt namelijk aan dat bij het proces van fixatie geen N₂O geproduceerd wordt, waardoor er geen directe N₂O emissie plaatsvindt van het deel dat geoogst wordt. In BEN wordt een schatting gemaakt van de totale N-fixatie op het bedrijf op basis van de oppervlakte grasland en het aandeel klaver daarin en de oppervlakte luzerne en veldbonen. De N-inhoud van de gewasrest van klaver wordt geschat als $Aan4_{klaver} \times 0,33$. De N-inhoud van de gewasresten van luzerne en veldboon worden geschat als $Af4_{luzerne}$ en $Af4_{veldboon}$ volgens Tabel 2.3.3. Voor de N₂O-emissie dient wel onderscheid gemaakt te worden tussen minerale grond en veengrond (Tabel 2.3.4). De berekening verloopt als volgt:

$$N_2Oem(cl) = EF(cl) * Ninp(cl) \quad (Eq\ 2.3.6)$$

met:

$$Ninp(cl) = (Aan4 \times GO \times 0,33) + (Af4_{luzerne} \times LO) + (Af4_{veldboon} \times VO) \text{ waarbij } GO, LO \text{ en } VO \text{ betrekking hebben op, respectievelijk, de oppervlakten (ha) grasland, luzerne en veldboon,}$$

en $EF(cl)$ volgens Tabel 2.3.4 met gewogen waarden op basis van aandelen minerale grond en veengrond.

In de IPCC 'Tier 1' rekenmethodologie vormt de N die in de bodem terecht komt via gewasresten op het veld ook een bron voor N₂O emissie (vergelijking Eq 2.3.7). IPCC hanteert daarbij een aangepaste definitie van gewasresten; naast de wortel- en stoppelresten van het bouwland ($Af4$), omvatten gewasresten ook beweidings-, maai- en oogstverliezen van grasland en bouwland ($Af3$), alsmede nateelten geteeld na bouwland-hoofddeelten (i.c. vanggewassen na maïs en groenbemesters). Voor de N₂O emissie die gekoppeld is aan gewasresten in de vorm van de wortel- en stoppelresten van grasland hanteert IPCC (2006) een andere berekeningsmethodiek. IPCC (2006) stelt namelijk dat *'The nitrogen residue from perennial forage crops is only accounted for during periodic pasture renewal, i.e. not necessarily on an annual basis as is the case with annual crops'*. Dit betekent dat het gemiddelde aantal hectares grasland dat jaarlijks vernieuwd wordt, beschikbaar dient te zijn. Het gaat daarbij zowel om grasland dat opnieuw wordt ingezaaid op gescheurd grasland als om grasland dat wordt ingezaaid op bouwland. Voor gras in wisselbouw wordt uitgegaan dat er 75 kg N per ha per jaar wordt vastgelegd (met een maximum van 300 kg N per ha) dat vrijkomt tijdens de akkerbouwfase. Deze hoeveelheid is inclusief toename van bodem N tijdens de grasland fase. Voor gras dat opnieuw ingezaaid wordt op gescheurd grasland wordt de hoeveelheid N in de graszode (alleen de N in het gras, d.w.z. de wortels en stoppels, tijdens graslandvernieuwing) geschat op gemiddeld 190 kg N per ha (Van Dijk *et al.*, 1996; Conijn & Taube, 2004; Conijn 2004).

Op grond van het bovenstaande wordt de N₂O emissie uit gewasresten geschat als:

$$N_2Oem(cr) = EF(cr) * Ninp(cr) \quad (Eq\ 2.3.7)$$

met:

$$Ninp(cr) = GO \times Aan6_{grasland} + SO \times Af3_{maïslan} + ORO \times Af3_{overigruwvoer}$$

$$+ BO \times Af4_{bouwland} + SO \times Af5_{maïslan} + (BO-SO) \times Af5_{niet-maïslan}$$

$$+ (\text{fractie van } (GO-WGO)/GO \text{ die gemiddeld jaarlijks wordt geherinzaaid op gescheurd grasland} \times 190)$$

$$+ WGO_{<5} \times 75$$

Met:

GO, BO, SO, ORO, WGO, WGO<4 = oppervlakten van, respectievelijk, alle grasland, alle bouwland, maïslan (snijmaïs, CCM, MKS), overige akkerbouwmatige ruwvoerders, grasland in wisselbouw en grasland in wisselbouw met een maximale leeftijd van 4 jaar, en

$$Aan6_{\text{grasland}} = Af3_{\text{maaisgras}} + Af3_{\text{weide}}, \text{ en}$$

$Af4_{\text{bouwland}}$ = areaalgewogen gemiddelde van de gewasspecifieke gewasresten volgens Tabel 2.3.3, en

$Af5_{\text{niet-maisland}}$ = areaalgewogen gemiddelde N-inhoud van groenbemesters op bouwland exclusief maaisland in de vorm van braak ($Af5 = 0$), niet-vlinderbloemige groenbemester ($Af5 = 50$) en vlinderbloemige groenbemester ($Af5 = 60$), en

$EF(\text{cr})$ volgens Tabel 2.3.4 met gewogen waarden op basis van aandelen minerale grond en veengrond.

De laatste twee bronnen van directe N_2O emissie vanuit de bodem hangen samen met een daling in de voorraad organisch gebonden N in de bodem (vergelijking Eq 2.3.8). Bij minerale bodems kunnen de volgende situaties voorkomen: (a) in continu grasland (met/zonder graslandvernieuwing) en in continu bouwland kan een geleidelijke daling per jaar plaatsvinden en (b) tijdens de bouwlandfase na het scheuren van grasland in wisselbouwsystemen zal een daling plaatsvinden. Dalingen zoals bedoeld onder a) worden in BEN vooralsnog niet gekwantificeerd. Dalingen zoals bedoeld onder b) zijn al geschat met behulp van vergelijking Eq 2.3.7 door de jaarlijkse ophoping in gras en bodem van 75 kg N per ha grasland in wisselbouw. Deze N komt weer vrij met de totale extra mineralisatie (kg N per ha per cyclus) die optreedt tijdens de bouwlandfase door afbraak van de graszode en de bodemorganische stof (zie paragraaf 2.3.2.1).

In Nederland zorgt ontwatering van veengronden ten behoeve van melkveebedrijven voor een geleidelijke daling van de bodem en extra afbraak van de aanwezige bodemorganische stof. Voor de kwantificering van de extra N-input worden Nederlandse gegevens gebruikt (zie Tabel 2.3.4) waaronder een jaarlijkse veenmineralisatie van 235 kg N/ha. De N_2O emissie die verbonden is aan de veenmineralisatie, wordt als volgt geschat:

$$N_2Oem(\text{pt}) = EF(\text{pt}) * Ninp(\text{pt}) \quad (\text{Eq 2.3.8})$$

met:

$$Ninp(\text{pt}) = TO \times \text{fractie veengrond in totale bedrijfsoppervlakte} \times 235,$$

en $EF(\text{pt}) = 0,02$ (zie Tabel 2.3.4).

Voor het berekenen van de totale N_2O bedrijfsemisatie worden de verschillende emissies van vergelijkingen Eq 2.3.1 tot en met Eq 2.3.8 gesommeerd (in kg N_2O -N per jaar) en worden tenslotte de bodememissies onder onbemeste omstandigheden opgeteld. Het IPCC (2006) meldt hierover: *'Natural N_2O emissions on managed land are assumed to be equal to emissions on unmanaged land. These latter emissions are very low. Therefore, nearly all emissions on managed land are considered anthropogenic. Estimates using the IPCC methodology are of the same magnitude as total measured emissions from managed land. The so-called 'background' emissions estimated by Bouwman (1996) (i.e., approx. 1 kg N_2O -N/ha/yr under zero fertiliser N addition) are not 'natural' emissions but are mostly due to contributions of N from crop residue. These emissions are anthropogenic and accounted for in the IPCC methodology'*.

Voor de bouwland heeft het IPCC de jaarlijkse input van gewasresten meegenomen (vergelijking Eq 2.3.7) waarmee de emissie uit voornoemd onbemest bouwland is inbegrepen, maar voor grasland is dit nog niet gedaan. Als gevolg daarvan zijn de emissies van onbemest grasland nog niet meegenomen. Er worden twee situaties onderscheiden:

- De emissie van onbemest grasland ($N_2Oem(\text{backgr_grassl_m})$) op minerale gronden wordt geschat op gemiddeld 1 kg N_2O -N per ha per jaar (Velthof *et al.*, 1996) en wordt vermenigvuldigd met het aantal ha grasland op het bedrijf:

$$N_2Oem(\text{backgr_grassl_m}) = GO \times (1 - \text{fractie veengrond binnen TO}) \times 1 \quad (\text{Eq 2.3.9})$$

- b. De emissie van onbemest grasland op veengronden ($N_2Oem(backgr_grassl_p)$) wordt geschat op gemiddeld 5,3 kg N_2O-N per ha per jaar (Velthof *et al.*, 1996). Echter, er is al rekening gehouden met $235 \times 0,02 = 4,7$ kg N_2O-N emissie per ha veengrond als gevolg van extra mineralisatie op ontwaterde veengronden (zie vergelijking Eq 2.3.8 en Tabel 2.3.4). Correctie hiervoor levert:

$$N_2Oem(backgr_grassl_p) = GO \times (\text{fractie veengrond binnen GO}) \times (5,3 - 4,7) \quad (\text{Eq 2.3.10})$$

Deze 'extra' N_2O emissies worden toegevoegd aan de emissies van vergelijkingen Eq 2.3.1 tot en met Eq 2.3.8. Door vermenigvuldiging met 44/28 wordt de totale N_2O bedrijfsemissie verkregen in kg N_2O per jaar.

Tabel 2.3.4 De bodem-gerelateerde N inputs en N_2O emissiefactoren. Waarden behorend bij Cf en Of zijn gebaseerd op Velthof & Mosquera (2011), waarden behorend bij An zijn afkomstig van Velthof *et al.* (1996), andere waarden zijn verondersteld gelijk te zijn aan die bij Cf en Of of zijn afkomstig van andere literatuur bronnen.

Inputs (kg N j ⁻¹) ^{a)}	Code	Omschrijving	Emissiefactoren (EF) ^{b)} (g N_2O-N (g N input) ⁻¹)	
			IPCC (2006)	Waarden in BEN ^{k)}
Vervluchtiging ('off-farm')	Vol	Totaal bedrijfsverlies door vervluchtiging	0,01	0,01 (van IPCC)
Uitspoeling ('off-farm')	Lea	Totaal bedrijfsverlies door uitspoeling	0,0075	0,0075 (van IPCC)
Kunstmest	Cf	Toegediende kunstmest-N	0,01	Grasland : 0,008 – 0,03 ^{c)} Akkerland: 0,008 – 0,03 ^{c,d)}
Organische mest	Of	Toegediende organische bemesting ^{e)}	0,01	Grasland : 0,003 – 0,01 ^{c)} Akkerland: 0,013 – 0,02 ^{c)}
Uitscheiding in het veld	An	Excretie in het veld (mest plus urine)	0,02	Grasland : 0,024 – 0,061 ^{c)}
Netto biologisch-gefixeerde N	Cl	Gefixeerde N in de gewasresten van vlinderbloemigen	0,01	Mengcultuur ^{f)} : 0,003 – 0,01 ^{c,g)} Monocultuur: 0,013 – 0,02 ^{c,g)}
Gewas-/grasresten	Cr	Totale input via gewas-/grasresten	0,01	Grasland : 0,003 – 0,01 ^{c,g)} Akkerland: 0,013 – 0,02 ^{c,g)}
Input via bodem-organische stof-afname	Om	Netto afname van bodemorganische N op minerale gronden	0,01	Gras-gras ^{h)} : 0,003 ^{g)} Perm., akker : 0,013 ^{g)} Gras-akker : 0,008 ^{g)}
Extra mineralisatie in veengronden	Pt	Afname van bodemorganische N op veengronden	8 kg N_2O-N ha ⁻¹ j ⁻¹	4,7 kg N_2O-N ha ⁻¹ j ⁻¹ ^{j)}

a) Inputs worden per landgebruikstype (grasland of akker) en indien mogelijk per grondsoort bepaald.

b) EF's zijn gebaseerd op totale inputs inclusief eventuele ammoniakvervluchtiging in het veld.

c) Eerste waarde geldt voor minerale gronden, tweede waarde voor organische gronden.

d) Waarde is verondersteld gelijk te zijn aan die van grasland.

e) Waarde geldt voor emissie-arme toediening (met betrekking tot ammoniakvervluchtiging).

f) Mengcultuur geldt voor gras-klover mengsels, monocultuur geldt voor akkerbouwmatige teelt van vlinderbloemigen.

g) Waarden zijn verondersteld gelijk te zijn aan die van organische mesttoediening op grasland of akkerland.

h) Gras-gras heeft betrekking op permanent grasland of herinzaai van grasland; perm. akker geldt voor permanente akkerbouw en gras-akker voor akkerbouw na grasland (wisselbouw).

i) Waarden zijn geschat door het gemiddelde te nemen van de waarden bij organische mesttoediening op grasland en akkerland.

j) Waarde is gebaseerd op een netto afname van 235 kg N ha⁻¹ j⁻¹ door oxidatie van bodemorganische stof en een emissiefactor van 0,02 (bron: NL protocol voor rapportage van N_2O emissies (NIR, 2014), gebaseerd op Kuikman *et al.* (2005).

k) De waarden vallen binnen het onzekerheidsgebied zoals gepubliceerd door het IPCC: 0,007 – 0,06 voor excretie in het veld, 0,003 – 0,03 voor andere inputs en 2 – 24 voor N_2O-N emissie van gecultiveerde organische gronden in de gematigde klimaatzone.

2.3.2.3 Emissie van N₂O uit mestopslagen

2.3.2.3.1 Melkvee

In deze paragraaf wordt een beschrijving gegeven van de berekeningswijze van de gemiddelde jaarlijkse N₂O emissie uit de mestopslagen van een melkveebedrijf in Nederland. Deze emissie wordt in eerste instantie berekend in kg N₂O-N per bedrijf. Daarbij worden de volgende mestmanagementsystemen onderscheiden:

- Dunne 'stalmest' in opslag (drijfmest).
- Vaste 'stalmest' in opslag (vaste mest).

Drijfmest wordt geacht te worden opgeslagen in een mestkelder onder de stallen en in mestopslagen buiten de stal. Vaste mest wordt geacht te worden opgeslagen in de stal (bijvoorbeeld potstallen) en in een buitenopslag (mestvaalt).

De berekeningswijze in het kader van BEN is grotendeels gebaseerd op de nationale monitoringprotocollen. Deze protocollen beschrijven de methoden en werkprocessen voor het vaststellen van de emissies, inclusief activiteitendata en emissiefactoren. Deze zijn gepubliceerd door het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM). Dit protocol valt onder IPCC categorie 4B11 en 4B12: N₂O mestmanagement (www.agentschapnl.nl/programmas-regelingen/monitoring-protocollen). Dit protocol beperkt zich tot de N₂O-emissie uit mest die in de stal wordt geproduceerd, vervolgens tijdelijk wordt opgeslagen en/of be-/verwerkt en vervolgens afgevoerd. De lachgasemissie als gevolg van de productie van mest in de weide is behandeld in de voorgaande paragraaf 2.3.2.2.

De emissie van N₂O uit dierlijke mest tijdens opslag en behandeling is afhankelijk van het N- en C-gehalte van de mest, de bewaarduur van de mest in de opslag en de behandelwijze. Tijdens de opslag wordt de mest vaak zuurstofarm, waardoor de nitrificatie wordt geremd en denitrificatie laag blijft. Nitrificatie is het proces waarbij ammonium (NH₄⁺) onder zuurstofrijke omstandigheden door bacteriën wordt omgezet tot nitraat. Lachgas kan hierbij als bijproduct worden gevormd, met name indien de nitrificatie wordt geremd door zuurstofgebrek. Voor nitrificatie is geen organische stof nodig. Denitrificatie is het proces waarbij bacteriën onder zuurstofloze omstandigheden nitraat (NO₃⁻) omzetten in de gasvormige stikstofverbinding N₂, met als bijproduct N₂O. Organische stof wordt hierbij als energiebron gebruikt. De N₂O-emissie uit vaste mest is hoger dan de emissie uit dunne mest, omdat in dunne mest nauwelijks nitrificatie optreedt als gevolg van tekort aan zuurstof.

De emissie van N₂O uit dierlijke mest wordt als volgt berekend:

$$N_2O_{(Dmm)} = \left[\sum_S \left[\sum_T (N_{excretie_T} * MS_{(T,S)}) \right] * EF_{(S)} \right] * \frac{44}{28}$$

N₂O_(Dmm) : N₂O-emissie van mestmanagementsystemen in kg.

N_{excretie(T)} : Totale N-excretie per diercategorie T in kg (met T = melkvee, jongvee of (totaal)overige graasdieren). Deze N-excretie wordt afgeleid uit BEX (paragraaf 2.1), maar niet verminderd met de gasvormige N-verliezen uit stal en opslag en ook niet gecorrigeerd voor aan- en afgevoerde mest. Volgens IPCC conventies heeft de N₂O-emissie uit mestopslagen namelijk alleen betrekking op de op het bedrijf zelf geproduceerde mest.

MS_(T,S) : fractie van totale N-excretie per diercategorie T volgens mestmanagementsysteem S

EF(S) : emissiefactor voor het gedefinieerde mestmanagement systeem S in kg N₂O-N/kg N uitgescheiden mest.

44/28 : omrekenfactor van kg N₂O-N naar kg N₂O

S : mestmanagementsystemen: systeem voor dunne mest en systeem voor vaste mest.

De hoeveelheid N in mest betreft de bruto hoeveelheid N in mest, d.w.z. niet verminderd met de gasvormige N-verliezen uit stal en opslag. Deze methodiek komt overeen met de IPCC methode (IPCC, 2006). Dat betekent dat de totale hoeveelheid geproduceerde mest-N wordt vermenigvuldigd met de emissiefactor zonder aftrek van ammoniak en overige gasvormige N-verliezen.

Het vaststellen van de hoeveelheid geproduceerde mest wordt volgens de 'Tier 3' methode (dat wil zeggen: land-specifiek) uitgevoerd. Ook voor de emissiefactoren worden land-specifieke ('Tier 3') waarden toegepast. De berekeningen vindt plaats volgens het Nationaal Emissie Model Ammoniak (NEMA; Velthof *et al.*, 2009; 2012). Naast NH₃ schat het model ook de emissies van N₂O, NO en N₂ uit stallen en opslagen (Tabellen 2.2.2 en 2.2.3).

Voor de emissiefactoren wordt gebruikt gemaakt van de default waarden van IPCC (2006) (Tabel 2.3.5).

Tabel 2.3.5 Emissiefactoren (EF_s) per mestmanagementsysteem in kg N₂O-N / kg N uitgescheiden mest.

Mestmanagementsysteem	Emissiefactoren in kg N ₂ O-N / kg N uitgescheiden mest in de stal
Dunne mest	0,002
Vaste mest	0,005

Bron: IPCC, 2006.

2.3.2.3.2 'Staldieren'

Voor niet-melkvee, dat wil zeggen 'staldieren' worden forfaitaire, niet van de rantsoensamenstelling afhankelijke lachgas-emissies aangehouden. Deze zijn afhankelijk van de diersoort en het staltype, volgens:

$$\text{Emissie lachgas (kg N}_2\text{O)} = \text{gad} \times \text{lachgas (kg N}_2\text{O-N per dier)} \times 44/28$$

waarbij:

gad = gemiddeld aantal aanwezige dieren (afkomstig uit de invoergegevens)

lachgas = emissie in kg N per dier (Tabel 2.3.6)

Tabel 2.3.6 Emissies van lachgas en overige gasvormige N-vormig verliezen (N₂O en N₂) in kg N per dier voor verschillende soorten staldieren.

Diersoort	Lachgas (kg N / dier)	Overige N (kg N / dier)
Kraamzeugen	0.0349	0.43
Guste en dragende zeugen	0.0349	0.43
Gespeende biggen	0.0013	0.0154
Vleesvarkens	0.0154	0.19
Leghennen	0.0147	0.181
Vleeskuikens	0.0072	0.088
Witvleeskalveren	0.0286	0.34

2.3.2.4 Overige gasvormige N-verliezen

In het voorgaande is aangegeven waar en hoeveel N als ammoniak, als nitraat en als lachgas verloren gaan. Het resterende verschil tussen aangevoerde en afgevoerde N wordt toegeschreven aan voorraadwijzigingen op het erf ((kunst)mest, voer, veestapel) en in de bodem (met name organische N) en gasvormige verliezen. Aangenomen wordt dat deze 'overige gasvormige N-verliezen', niet alleen optreden vanuit de bodem maar voor een klein deel ook vanuit stal en mestopslagen en vanuit kuilen. Het betreft verliezen in de vorm van N₂ en NO_x.

In Figuur 1.3 wordt de post 'geconserveerd ruwvoer en bijproducten' onderscheiden. Het is de som van het geogoste ruwvoer, het saldo van verkocht ruwvoer en aangekocht ruwvoer (positieve waarde als meer verkocht dan gekocht wordt) en bijproducten (gecorrigeerd voor voorraadswijzigingen). De overige gasvormige N-verliezen uit deze kuilen worden becijferd op 3, 1 en 1,5% van, respectievelijk, ingekuuld gras, maïs (snijmaïs, MKS en CCM) en aanvullend ruwvoer waaronder natte bijproducten (Tabel 1.1).

De overige gasvormige N-verliezen uit stal en opslag worden becijferd als het verschil tussen 'overige gasvormige N-verliezen volgens Tabellen 2.2.2 of 2.2.3 (daar zijnde de niet-ammoniak verliezen) en de lachgasverliezen volgens Tabel 2.3.5 (daar zijnde de niet-lachgas verliezen), waarbij de verliezen steeds betrokken worden op de som van de bruto uitgescheiden hoeveelheid 'stalmest', de afgevoerde mest en aangevoerde mest (gecorrigeerd voor voorraadswijzigingen). Voor wat betreft 'staldieren' wordt aangenomen dat er uit stal en opslag net als bij rundvee, naast ammoniak (Tabel 2.2.7) ook lachgas en overige gasvormige N-verliezen plaatsvinden, anders dan in voorgaande versies van de KringloopWijzer (Tabel 2.3.6).

2.3.3 Kanttekeningen bij BEN

Besloten is om de KringloopWijzer niet pas dan te introduceren als elk denkbaar type bedrijf en, daarbinnen, elke N-stroom kan worden doorgerekend. De KringloopWijzer is nog niet geschikt voor:

- Bedrijven waarvan de overwegende mestsoort geen drijfmest is,
- Het nauwkeurig evalueren van de gewasspecifieke N-benuttingen binnen de grasland- en bouwlandfase van wisselbouwsystemen omdat bij de N-opbrengsten geen onderscheid gemaakt wordt tussen wisselbouw en continue teelt en de afvoertermen beweidings-, maai- en oogstverliezen nog niet exact aan de correcte volgteelten als aanvoerterm worden toegewezen,
- De mineralisatie vanuit veengrond op grasland wordt in de KringloopWijzer op 235 kg N per ha per jaar gesteld. Dit getal is ontleend aan Kuikman *et al.* (2005). Bij eerdere publicaties is dezelfde mineralisatie onder verwijzing naar Van Kekem (2004) becijferd op 160 kg N per ha per jaar. Aanbevolen wordt om nader onderzoek te doen naar welk van beide getallen het best van toepassing is,
- Wat betreft nitraatuitspoeling wordt opgemerkt dat de relatie tussen het berekende N-overschot en de nitraat-N concentratie in het bovenste grondwater of nabije oppervlaktewater ontleend is aan waarnemingen op zeer veel bedrijven en gedurende vele jaren. Van deze waarnemingen is vervolgens het gemiddelde bepaald. Zelfs binnen eenzelfde grondsoort (veen, klei, zand), ontwateringsklasse (nat, droog) en wijze van grondgebruik (grasland, bouwland) bestaat echter een zeer grote spreiding tussen bedrijven en tussen jaren. Die spreiding is het gevolg van het feit dat de termen mineralisatie en vastlegging niet ieder jaar in evenwicht zijn, neerslagoverschotten variëren en ook denitrificatie van meer factoren afhankelijk is dan hier genoemd. Vanuit dat oogpunt is het discutabel om bedrijfsprestaties op basis van slechts één of enkele jaren te beoordelen en dienen de voorspelde nitraatconcentraties dan ook te worden geïnterpreteerd als een indicatie van de nitraatconcentratie bij gemiddelde omstandigheden voor de betreffende grondsoort, ontwateringsklasse en grondgebruik,
- Wat betreft de emissies van N₂O vanuit de bodem, dient ook nog het volgende te worden opgemerkt. Deze emissies variëren zeer sterk in ruimte en tijd, waardoor vaak veel metingen nodig zijn. De totale jaarlijkse emissie wordt gewoonlijk bepaald op basis van een beperkt aantal meetperioden (bijv. een deel van de dag en een aantal dagen in het jaar) en door interpolatie wordt de totale emissie van het hele jaar geschat. Er is mede daardoor veel onzekerheid en ruimte voor verbetering van de rekenmethode en de bepaling van de emissiefactoren en andere parameters. In 2013 zijn (inter)nationale experts uitgenodigd om te praten over verbeteringen en alternatieve methoden (workshop op 7-03-2013 in Wageningen. De methodologie die in BEN gevolgd wordt (gebaseerd op 'Tier 1' van het IPCC, 2006), vormt een basis waarin toekomstige verbeteringen gemakkelijk kunnen worden opgenomen, al dan niet in overleg met de internationale experts. Op grond van een beperkte literatuurstudie lijken met name de volgende aspecten in aanmerking te komen voor toekomstige aanpassingen:
- N₂O emissie van onbemeste velden.
In de database van Velthof en Mosquera (2011) is een groot aantal proeven aanwezig voor de een nieuwe bepaling van de emissie van onbemeste velden.

- Effect van gemiddelde bodemvochtcondities.

Er zijn grote effecten te verwachten van de gemiddelde bodemvochtcondities van minerale gronden en veengronden. Door literatuuronderzoek is onder meer een relatie afgeleid tussen de gemiddelde grondwaterstand en de N₂O emissie uit veengronden in Nederland, die in een volgende versie van BEN zou kunnen worden gebruikt. Dit vergroot vanzelfsprekend wel de inputbehoefte van BEN.

- Graslandvernieuwing.

Uit proeven komt naar voren dat bij graslandvernieuwing ook de emissiefactoren van de toegediende meststof veranderen ten opzichte van de situatie zonder vernieuwing. Door bestudering van meer literatuur kunnen aangepaste emissiefactoren beter bepaald worden.

- Verandering organische stofgehalte.

BEN houdt rekening met de extra N₂O-productie die het gevolg is van veenmineralisatie, maar negeert de N₂O-productie die op zou treden als op een minerale grond het organische stof gehalte van de bodem daalt. In toekomstige versie van BEN zou daarmee rekening gehouden moeten worden.

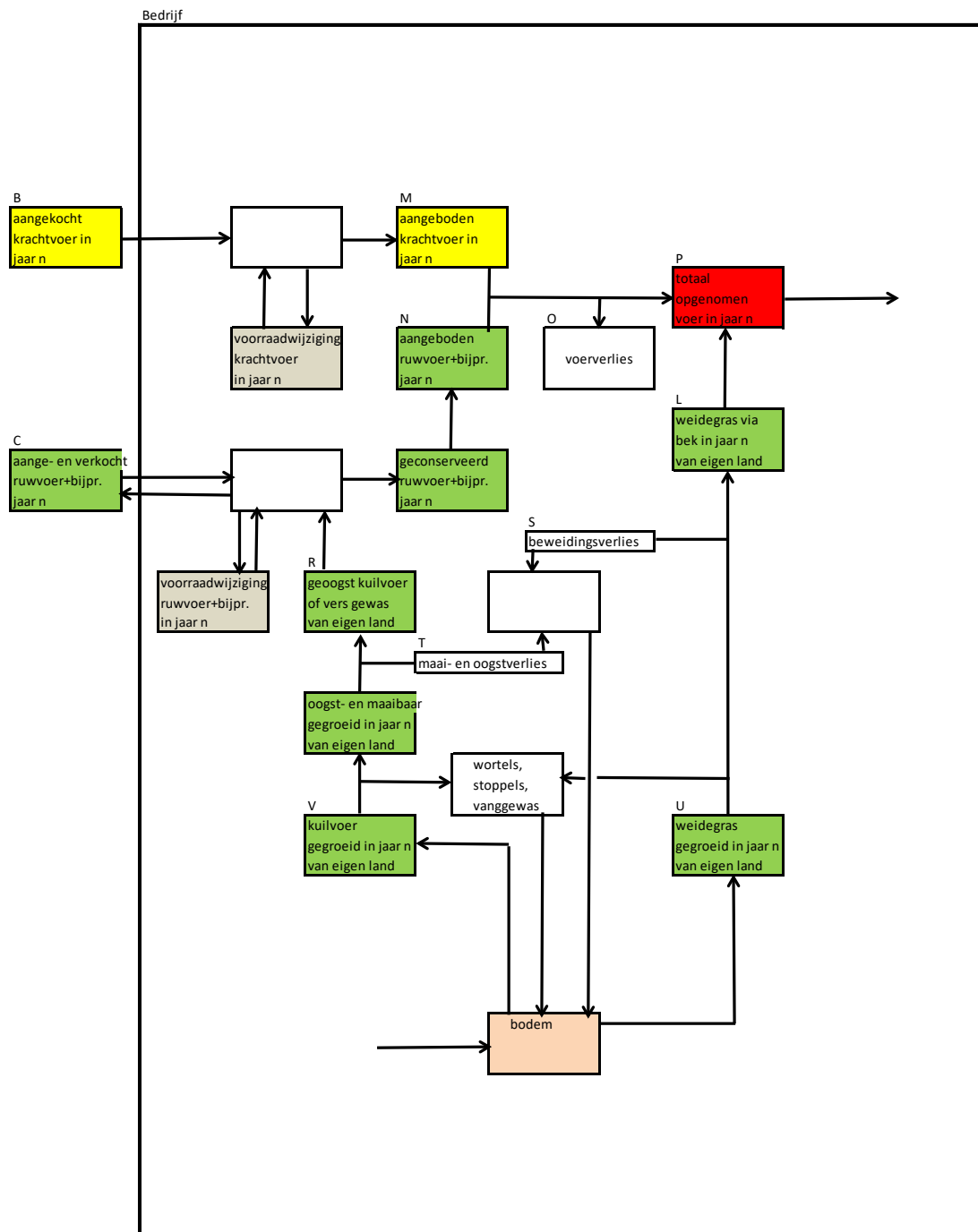
- Balansmethode.

Een alternatieve berekeningsmethode gaat uit van het idee dat de N₂O emissie beter te beschrijven is als een fractie van de totale denitrificatie of van het bodem-N overschot. In de literatuur zijn voorbeelden gevonden die deze methode gebruiken. Echter, meer literatuuronderzoek en overleg met de experts is nodig om betrouwbare emissiefactoren te bepalen voor deze methode.

2.4 BEP: bedrijfsspecifieke P-stromen

2.4.1 Inleiding

BEP heeft tot doel te becijferen hoeveel P (P_2O_5) door weidende dieren ('via de bek') opgenomen wordt en door machines ('over de dam') in de vorm van ruwvoedergewassen (vers gras, kuilgras en maïs (snijmaïs, MKS en CCM), luzerne, veldbonen, GPS) of marktbaar akkerbouwgewassen naar het erf gebracht wordt. Met dat kengetal wordt inzichtelijk gemaakt hoeveel P in de vorm van mest en/of kunstmest aangevoerd moet worden om aanvoer en afvoer met elkaar in evenwicht te laten zijn.



Figuur 2.4.1 Nutriëntenstromen betrokken bij de berekening van de hoeveelheid door machines en dieren geogste P van eigen land op een melkveebedrijf zonder neventak akkerbouw.

2.4.2 Berekeningswijze

In het kader van BEX wordt op basis van de veestapelsamenstelling en de productie de totale VEM-behoefte van de melkveestapel op het bedrijf berekend. Daarbij wordt een opsplitsing gemaakt tussen aangekochte voeders (krachtvoer, aangekocht ruwvoer), en zelf geteelde ruwvoerders (weidegras, kuilgras, maïskuil (snijmais, MKS en CCM), luzerne, veldboon, GPS). Door elk van deze voeders met hun bedrijfsspecifieke P/VEM verhouding te vermenigvuldigen, wordt berekend hoeveel P (kg P₂O₅) uit eigen voer is opgenomen en 'via bek of dam' is geogst. Figuur 2.4.1 verduidelijkt een en ander.

$$P \text{ opname uit eigen voer} = \text{totale P opname} - P \text{ opname uit aangekocht voer}, \quad (\text{Eq 2.4.1})$$

$$\text{met: } P \text{ opname uit eigen voer} = P \text{ in ruwvoer geogst via bek of dam} - P \text{ voerrest}_{\text{eigenvoer}}, \quad (\text{Eq 2.4.2})$$

$$\leftrightarrow P \text{ in ruwvoer geogst via bek of dam} = P \text{ opname uit eigen voer} + P \text{ voerrest}_{\text{eigenvoer}}$$

en:

$$P \text{ opname uit aangekocht voer} =$$

$$P \text{ in aangekocht voer} - P \text{ voorraadvorming} - P \text{ voerrest}_{\text{aangekochtvoer}} \quad (\text{Eq 2.4.3})$$

Hierbij wordt aangenomen dat het vervoederingsverlies 2 tot 5% bedraagt, afhankelijk van de aard van het voer (Tabel 1.1). en de voerrest vervolgens becijferd wordt als:

$$\text{Voyerrest-P} = 0.05 \times (P\text{-opname in de vorm van geconserveerde ruwvoerders} / (1 - 0.05)) + 0.02 \times (P\text{-opname in de vorm van krachtvoerders} / (1 - 0.02)) \quad (\text{Eq 2.4.4})$$

Verder wordt aangenomen dat bij de conservering van aangekocht of zelf geteeld ruwvoer geen P verloren gaat. De som van de P in ruwvoer geogst via bek of dam en P in aangekocht voer, komt terecht in hetzij voorraden, hetzij de mest van het melkvee, hetzij de voerrest van het melkvee, dan wel in de melk en het vlees van melkvee:

$$P \text{ in ruwvoer geogst via bek of dam} + P \text{ in aangekocht voer gecorrigeerd voor voorraadswijzigingen} =$$

$$P \text{ in mest (inclusief voerrest)} + P \text{ in melk en vlees van melkvee} \quad (\text{Eq 2.4.5})$$

De hoeveelheid P in ruwvoer geogst via bek of dam wordt gecorrigeerd voor opgave/invoer van voorraadswijzigingen en aangekocht voer. Aangezien via de BEX-berekening een modelafwijking ontstaat wordt de voorraadswijziging en aangekocht voer gecorrigeerd met een zogenaamde 'ruwvoerfactor'. Deze factor komt overeen met de verhouding tussen P opname uit graskuil en maïskuil volgens de BEX-module, en de P-opname uit eigen graskuil en maïskuil volgens opgave. Die opgave is gelijk aan P voorraadvorming in graskuil en maïskuil vermeerderd met aangelegde voorraad graskuil en maïskuil. Het gevolg van deze correctie is ook dat de hoeveelheid P in ruwvoer geogst via bek of dam (alleen de aandelen graskuil en maïskuil) wijzigen. In formule vorm:

$$\text{factor_aankoop_mutatie} = (\text{BEX_Popn_gksm_mlk} + \text{BEX_Popn_gksm_ovg}) / (\text{Voorraad_Pverbr_gksm} * (1 - \text{PcVoerverliesRuwvoer}/100))$$

$$\text{factor_aankoop_mutatie} = \text{Factor voor de verhouding tussen de opgegeven P-aanvoer en P-voorraadmutatie in de vorm van graskuil en snijmais en de P-opname volgens BEX}$$

$$\text{BEX_Popn_gksm_mlk} = P\text{-opname melkvee uit graskuil en snijmais}$$

$$\text{BEX_Popn_gksm_ovg} = P\text{-opname overige graasdieren uit graskuil en snijmais}$$

$$\text{Voorraad_Pverbr_gksm} = P\text{-verbruik berekend uit opgegeven voorraden (begin+aanleg-eind)}$$

$$\text{PcVoerverliesRuwvoer} = \text{Percentage vervoederingsverlies ruwvoer}$$

Hierbij wordt aangenomen dat, anders dan bij N, geen betekenisvolle verliezen van P via de lucht plaatsvinden. Verder geldt dat de aanvoer naar de bodem en de afvoer vanuit de bodem in evenwicht zijn als:

$$P \text{ in kunstmest toegediend aan land voor ruwvoerteelt} + P \text{ in aangekocht voer voor de melkveestapel gecorrigeerd voor voorraadswijzigingen} = P \text{ in melk en vlees van melkvee} \leftrightarrow$$

$$P \text{ in aangekocht voer voor de melkveestapel gecorrigeerd voor voorraadswijzigingen} = P \text{ in melk en vlees van melkvee} - P \text{ in kunstmest toegediend aan land voor ruwvoerteelt.} \quad (\text{Eq 2.4.6})$$

Substitutie van vergelijking Eq 2.4.6 in Eq 2.4.5 geeft:

$$P \text{ in ruwvoer geoogst via bek of dam} + (P \text{ in melk en vlees van melkvee}) - P \text{ in kunstmest toegediend aan land voor ruwvoerteelt} =$$

$$P \text{ in mest van melkvee (inclusief voerrest)} + (P \text{ in melk en vlees van melkvee}) \leftrightarrow$$

$$P \text{ in mest van melkvee (inclusief voerrest)} + P \text{ in kunstmest toegediend aan land voor ruwvoerteelt} = P \text{ in ruwvoer geoogst via bek of dam} \quad (\text{Eq 2.4.7})$$

Dat betekent dat van evenwichtsbemesting voor wat betreft het land bestemd voor de teelt van het ruwvoer sprake is als de P aanvoer via (kunst)mest voor toediening aan land voor ruwvoerteelt in overeenstemming is met hetgeen via bek of dam aan P in de vorm van ruwvoer geoogst is.

Op basis van de verhouding van de hoeveelheid aangelegde voorraden van eigen gras (productiegrasland en beheersgrasland afzonderlijk) en maïs (aanleg grasproducten, opname weidegras, aanleg maïskuilen (snijmaïs, MKS en CCM), aanleg overige ruwvoerkuiten (luzerne, veldbonen, GPS); zie BEX) wordt een afgeleide P-opbrengst van het grasland (productiegrasland en beheersgrasland afzonderlijk), het maïsland en overige ruwvoerders bepaald. Voor de hoeveelheid P van grasland (P_{grasland}) geldt:

$$P_{\text{grasland}} \text{ geoogst via bek of dam} = P \text{ in ruwvoer geoogst via bek of dam} / (P_{\text{maaisgras}} + P_{\text{weide}} + P_{\text{maiskuil}} + P_{\text{overig kuiten}}) * (P_{\text{maaisgras}} + P_{\text{weide}}) \quad (\text{Eq 2.4.8})$$

met: $P_{\text{maaisgras}}$ = de hoeveelheid P in aangelegde eigen graskuil of vers vervoederd, P_{weide} = de hoeveelheid P opgenomen in weidegras, P_{maiskuil} = de hoeveelheid P in aangelegde eigen maïskuil en $P_{\text{overig kuiten}}$ = de hoeveelheid P in aangelegde kuiten van eigen overige ruwvoerders.

Voor de hoeveelheid P van maïsland maïs geldt dan ($P_{\text{maïsland}}$):

$$P_{\text{maïsland}} \text{ geoogst via dam} = P \text{ in ruwvoer geoogst via bek of dam} / (P_{\text{maaisgras}} + P_{\text{weide}} + P_{\text{maiskuil}} + P_{\text{overig kuiten}}) * (P_{\text{maiskuil}}) \quad (\text{Eq 2.4.9})$$

Voor de hoeveelheid P van overige ruwvoerders van eigen land geldt dan ($P_{\text{overig kuiten}}$):

$$P_{\text{overig kuiten}} \text{ geoogst via dam} = P \text{ in ruwvoer geoogst via bek of dam} / (P_{\text{maaisgras}} + P_{\text{weide}} + P_{\text{maiskuil}} + P_{\text{overig kuiten}}) * (P_{\text{overig kuiten}}) \quad (\text{Eq 2.4.10})$$

Om op melkveebedrijven met een akkerbouwtak en/of een 'staldier'-tak te kunnen bepalen of de aanvoer van mest-P en kunstmest-P in balans is met de afvoer van P in de vorm van melk en vlees van melkvee en van marktbaar akkerbouwproducten, dient de via BEX berekende hoeveelheid rundveemest (weidemest, 'stalmest') vermeerderd te worden met de netto hoeveelheid mest-P afkomstig uit de 'staldier'-tak en dient de P-afvoer met marktbaar akkerbouwgewassen in rekeningen gebracht te worden. Dat laatste gebeurt door het opvragen van het aantal hectares van de in Tabel 2.3.3 genoemde akkerbouwgewassen en de gemiddelde opbrengst van die gewassen in het

desbetreffende jaar. Vervolgens wordt de P-afvoer berekend door de opbrengsten te vermenigvuldigen met gewasspecifieke verstekwaarden zoals vermeld in Tabel 2.3.3. Voor akkerbouwgewassen die niet in de tabel voorkomen, wordt aangenomen dat deze een verstekafvoer van 60 kg P₂O₅ /ha hebben. Dit cijfer is gebaseerd op de gemiddelde forfaitaire afvoer van een bouwplan dat bestaat uit 25% wintertarwe, 25% consumptieaardappelen, 25% suikerbieten en vijf maal 5% van de gewassen zomergerst, zomertarwe, graszaad, korrelmaïs en zaaiuien, elk met veronderstelde gemiddelde opbrengsten zoals vermeld door het CBS voor de periode 2009-2013 waarbij alleen de hoofdproducten geacht worden te zijn afgevoerd. Aldus:

$$P_2O_5\text{-afvoer van de akkerbouwtak (kg P}_2O_5) = \sum_1^n (BOn \times ((YHn \times CPHn) + (YBn \times CPBn))),$$

Met BOn = oppervlakte bouwland met gewas n (ha), YHn = opbrengst van hoofdproduct van gewas n (ton vers/ha), YBn = opbrengst van afgevoerd bijproduct van gewas n (ton vers/ha), CPHn = P₂O₅ gehalte van hoofproduct (kg N/ton vers) en CPBn = P₂O₅ gehalte van bijproduct (kg N/ton vers).

2.4.3 Kanttekeningen bij BEP

Eerder onderzoek (Oenema *et al.*, 2011) geeft aan dat er een goede overeenstemming bestaat tussen de aldus berekende P-oogst op basis van geschatte P-opname uit ruwvoer van eigen bodem en de daadwerkelijk geoogste hoeveelheid P. De overeenstemming tussen beide wordt vanzelfsprekend beter wanneer de berekende P-oogst volgens BEP gebaseerd wordt op meerdere jaren.

De gehanteerde cijfers voor veldverliezen (beweidingsverlies, maaiverlies, oogstverlies), conserveringsverliezen en vervoederingsverliezen zijn afkomstig uit onderzoek in het verleden. Het valt sterk te overwegen om deze cijfers te updaten. De nauwkeurigheid van de schatting van de P-oogst volgens BEP is ook gediend met een nauwkeuriger bepaling van de kuildichtheden. Hiernaar loopt op dit moment dan ook onderzoek.

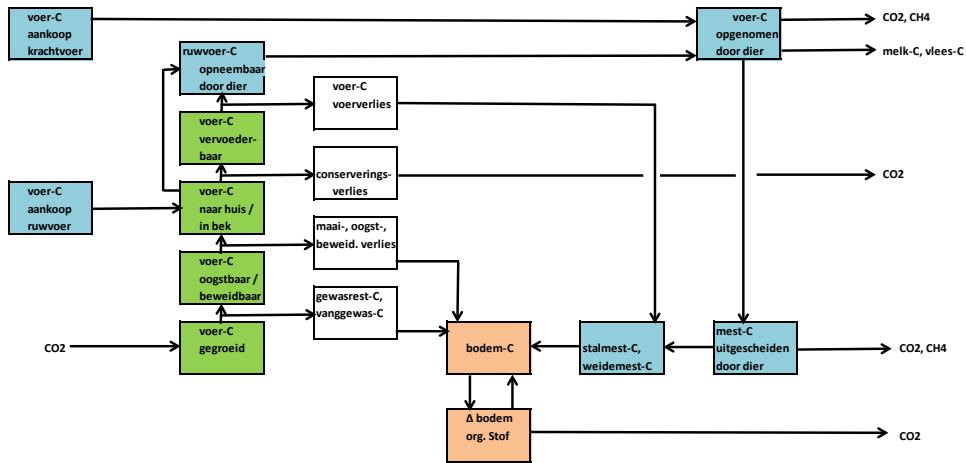
De betrouwbaarheid van de BEP wordt minder naarmate neventakken groter zijn. De P-aanvoer met 'staldier'-mest en de P-afvoer in de vorm van marktbaar akkerbouwgewassen wordt namelijk gebaseerd op gemiddelde forfaitaire mestproductie en gehalten. De werkelijke waarden zullen hiervan afwijken.

2.5 BEC: bedrijfsspecifieke C stromen

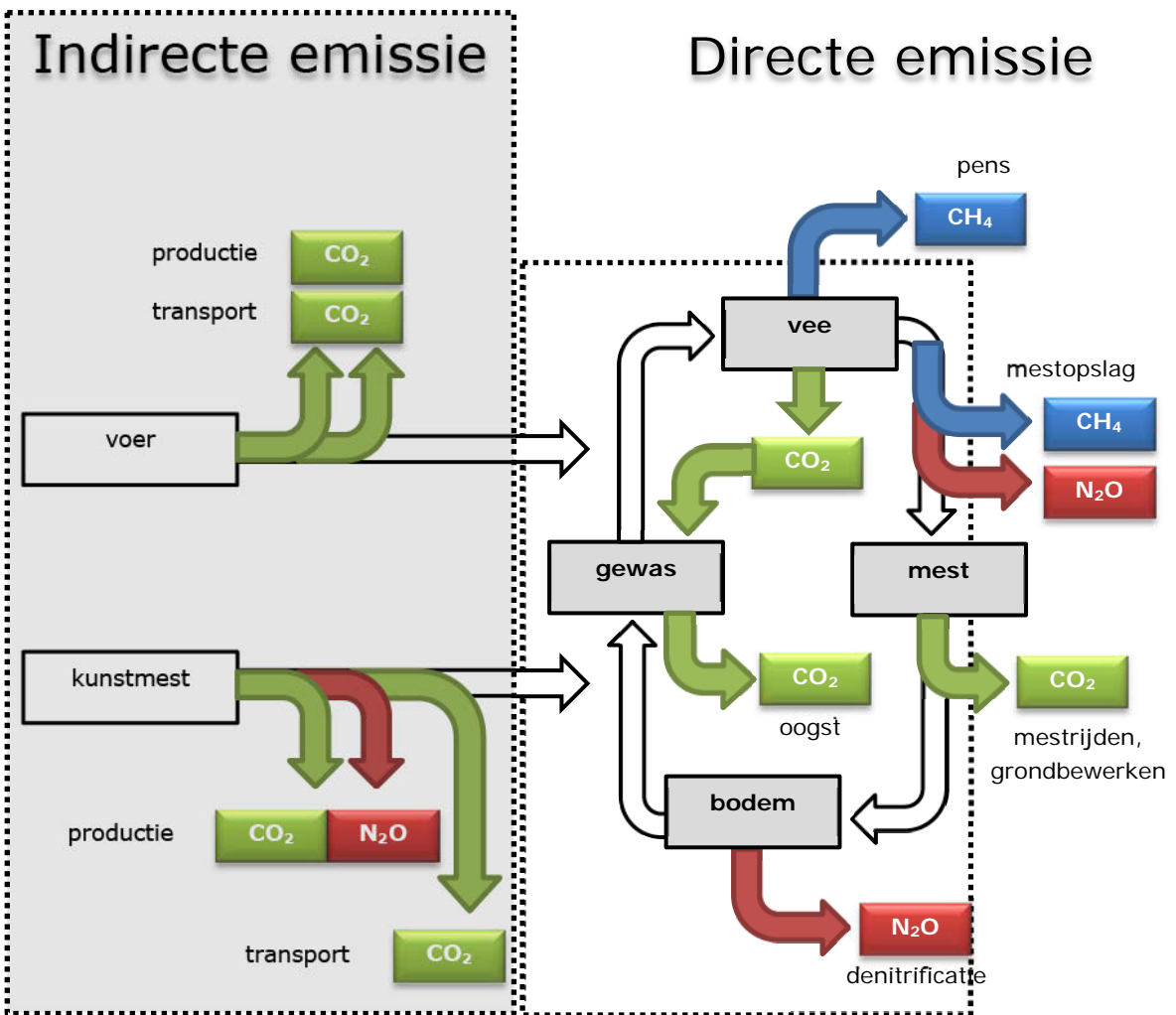
2.5.1 Inleiding

Het onderdeel BEC van de KringloopWijzer heeft onder meer tot doel om te schatten hoeveel methaan (CH₄) en koolzuur (CO₂) vrijkomen op een melkveebedrijf. Dat is van belang omdat beide, net als lachgas (N₂O), zogenaamde broeikasgassen zijn. Omwille van de optelbaarheid van de verschillende gassen wordt het broeikaseffect van CH₄ en N₂O daarbij omgezet naar CO₂-equivalenten: 1 kg CH₄ komt overeen met 28 kg CO₂ en 1 kg N₂O komt overeen met 265 kg CO₂ (IPCC, 2015). De rekenmethodiek van de KringloopWijzer beperkt zich tot de broeikasgassen die binnen de bedrijfsgrenzen ontstaan, de zogenaamde directe emissies (Figuur 2.5.2). De KringloopWijzer roept echter ook aanvullende informatie aan om de geschatte productie van CO₂-equivalenten die voor de poort van het bedrijf ontstaat ('upstream') te berekenen. Het gaat daarbij om CO₂-equivalenten die bij de productie en het transport van kunstmest, (kracht)voer en elektriciteit benodigd zijn geweest. CH₄ komt vrij bij de spijsvertering van met name meermagigen en uit mest. CO₂ speelt om te beginnen een rol op landbouwbedrijven bij het gebruik en, eventueel, de opwekking van energie. Bij het verbruik van fossiele energie komt namelijk CO₂ vrij en bij vermindering van het gebruik van fossiele energie wordt het vrijkomen van CO₂ juist beperkt. Energieverbruik treedt, bijvoorbeeld, op bij de productie van melk. Dit betreft energie voor, bijvoorbeeld, koelen, verwarmen en het gebruik van machines op veld en erf. Dat energiegebruik kan plaatsvinden in de vorm van brandstoffen (diesel, gas) of in de vorm van elektriciteit. Elk van die vormen kan in principe meer of minder op het bedrijf zelf zijn 'gemaakt' of van buiten betrokken worden en gebaseerd zijn op fossiele dan wel vernieuwbare bronnen. Voor de productie van melk zijn naast energie ook vaak andere grondstoffen gebruikt, waaronder kunstmest en van buiten het bedrijf aangevoerd (kracht)voer. Voor de productie daarvan is, zij het buiten het bedrijf, ook weer (fossiele of vernieuwbare) energie gebruikt.

De BEC module becijfert niet alleen de koolstof (C) die betrokken is bij de productie van broeikasgassen CH₄ en CO₂ maar gaat ook na of de C-toevoegingen aan de bodem via gewasresten en mest in evenwicht zijn met de C-consumptie door het bodemleven: het saldo van de zogenaamde organische stof balans. Gewassen nemen C op uit de lucht in de vorm van CO₂ en zetten dit om in koolhydraten. Op landbouwbedrijven met vee zetten dieren de C in koolhydraten in ruw- en krachtvoer vervolgens om in melk- en vlees-C (suikers, vetten, eiwitten), in mest-C, in CO₂ en in methaan (CH₄). Tijdens de bewaring van 'stalmest' wordt een deel van de mest-C verder omgezet in CO₂ en CH₄. Het resterende deel van de C in 'stalmest' wordt samen met weidemest-C, en de C in gewasresten, in vanggewassen, in weide-, maai- en oogstverliezen, en in voerverliezen, aan de bodem toegevoegd (Figuur 2.5.1). Het bodemleven gebruikt deze C als voedsel en produceert daarbij CO₂. Als de toevoegingen van C aan de bodem groter zijn dan de C-consumptie door het bodemleven, stijgt het organische stof gehalte van de bodem, en als de C-consumptie de toevoeging overstijgt, daalt het organische stof gehalte. De verbindingen waaruit deze organische stof bestaat, bevatten naast C ook N en P. De verhouding tussen die drie varieert maar bedraagt globaal (C : N : P) 96 : 8 : 1 (Kirkby *et al.*, 2011). Dat betekent dat er grenzen zijn aan de mate waarin organische stof gehalten kunnen (blijven) dalen zonder dat daarbij ook N en P vrijkomen, maar ook dat er bij (voortgaande) stijging van organische stof gehalten netto vastlegging van N en P optreedt. Die N en P zijn daarmee niet voor gewasgroei beschikbaar maar kunnen ook niet naar de omgeving verloren gaan. In die zin zijn de drie kringlopen net als via de samenstelling van gewassen, ook in de bodem aan elkaar gekoppeld. Omdat organische stof in de bodem voor ongeveer 58% uit C bestaat (Anonymus, 2014), komt een vastlegging van 1000 kg organische stof per ha (dat wil zeggen een stijging van het organische stofgehalte in een bodemlaag van 25 cm met circa 0,03 procentpunten) overeen met ongeveer 580 kg C, 48 kg N, en 6 kg P (14 kg P₂O₅). Omgekeerd geldt dat als het organische stofgehalte van een bodemlaag van 25 cm met, zeg, 0,1 procentpunt stijgt (of daalt) dat dat overeenkomt met een toename (of afname) van de hoeveelheden vastgelegde C, N en P (P₂O₅) van, respectievelijk, circa 1960, 160 en 20 (47) kg per ha.



Figuur 2.5.1 De C-stromen op een melkveebedrijf (vereenvoudigd, exclusief de aanvoer van C met strooisel, vee, mest, of de afvoer van C met niet-ruwvoergewassen).



Figuur 2.5.2 Vereenvoudigd schema van emissies van broeikasgassen op het melkveebedrijf.

2.5.2 Berekeningswijzen

2.5.2.1 Emissie van methaan uit dieren

Tiers

De methaanemissie die het gevolg is van fermentatie in het maagdarmkanaal van vee vertegenwoordigt op melkveebedrijven circa 75-80% van de totale methaanemissie. Het complement van die emissie, 20-25%, is afkomstig uit de mestopslag.

Voor de emissie uit de pens hanteert de KringloopWijzer het Tier 3 niveau van de IPCC.

Deze Tier 3 methode biedt de meeste nauwkeurigheid én de meeste sturingsmogelijkheden om de methaanemissie te verlagen. De Tier 3 methode is gebaseerd op het feit dat de methaanemissie uit de pens niet alleen afhangt van het niveau van pensfermentatie (lees: kg voer die is opgenomen en gefermenteerd), maar ook van het specifieke type voedermiddel dat opgenomen wordt en van de fermentatieomstandigheden in de pens (zuurgraad). Afhankelijk van de nutriëntensamenstelling en de zuurgraad in de pens varieert de verhouding tussen de fermentatieproducten die in de pens ontstaan: azijnzuur, propionzuur, boterzuur en overige vluchtige vetzuren. Met verschuivingen in de verhouding van deze fermentatieproducten varieert ook de hoeveelheid waterstof die in de pens geproduceerd wordt uit gefermenteerd voer. Omdat er nagenoeg geen waterstof verdwijnt uit de pens (experimenteel vastgesteld <1%) wordt aangenomen dat alle waterstof wordt omgezet in methaan.

In de Tier 3 methode wordt met behulp van een dynamisch mechanistisch simulatiemodel geschat wat de emissiefactor van elk van de verschillende voedermiddelen (of een totaal rantsoen) is op basis van de chemische samenstelling en de verteringskenmerken van het specifieke voedermiddel. Deze factor (in g CH₄ per kg voer) wordt vervolgens toegepast om de methaanemissie te berekenen.

De berekening verloopt als volgt. Voor 3 denkbare niveaus van het aandeel snijmaïs in de totale drogestofvoorziening van melkvee, wordt de methaan-emissie (g CH₄ per kg drogestof) voor iedere voercomponent. Die emissie bestaat voor veel voeders uit een vast getal per kg drogestof, maar wordt voor geconserveerd gras, voor snijmaïs en voor mengvoer gedifferentieerd op basis van het aandeel ruw eiwit (Re, g per kg) (Tabel 2.5.1). Vervolgens dient de totale emissie, CH₄_EFvoer genaamd, via interpolatie geschat te worden in het hiervoor berekende traject tussen 0% snijmaïs in rantsoen, via 40% snijmaïs in rantsoen en 80% snijmaïs in rantsoen.

Daarna dient een correctie aangebracht te worden voor het niveau waarop het melkvee gevoed wordt, volgens:

$CH_4_EFcorOpname = 0,21 \times (DS \text{ opname per dag per melkkoe} - 18,5)$. Dit leidt tot de zogenaamde CH₄_EFbasis:

$CH_4_EFbasis = CH_4_voer + CH_4_EFcorOpname$.

Tenslotte vindt er nog een correctie plaats voor de aanwezigheid van jonge kalveren. De fractie jonge kalveren (FJK) wordt daarbij gedefinieerd als:

$FJK = GVE \text{ kalveren van 0-3 maanden} / GVE \text{ totaal}$ (d.w.z. de alle koeien, pinken en kalveren tesamen)

De CH₄-emissie van de totale melkveestapel (CH₄_EFrantsoen) wordt tenslotte berekend als:

$CH_4_EFRantsoen = CH_4_EFbasis \times ((1-FJK) + (0,33 \times FJK))$

Tabel 2.5.1 Methaan-emissies uit voercomponenten van melkveestapel inclusief jongvee (g CH₄ per kg DS) in afhankelijkheid van het aandeel snijmais in rantsoen (%) en ruw eiwit aandeel in DS (Re, g per kg DS).

	EF CH ₄ Bij 0% sm (g/kg ds)	EF CH ₄ bij 40% sm (g/kg ds)	EF CH ₄ bij 80% sm (g/kg ds)
Vers gras weiden	19,2	19,2	19,2
Vers gras zomerstalvoeren	23,2	23,2	23,2
Graskuil	Formule1	Formule1	Formule1
Grashooi	Formule1	Formule1	Formule1
grasbrok	Formule1	Formule1	Formule1
Snijmais	Formule2	Formule2	Formule2
GPS granen	20.00	20.00	20.00
Luzernekuil	20.13	20.33	21.75
Bieten	25.03	25.03	25.03
CCM	20.51	19.22	17.37
MKS	20.51	20.51	20.51
Veldbonen	21.29	20.87	21.38
Bietenblad	20.00	20.00	20.00
Maïsstro	17.00	17.00	17.00
Bonenstro	17.00	17.00	17.00
Tarwestro	17.00	17.00	17.00
Gerstestro	17.00	17.00	17.00
Graszaadhooi	17.00	17.00	17.00
Aardappelpersvezel	21.41	21.68	23.41
Aardappelsnippers	22.22	21.17	20.5
Aardappelstoomschillen	23.2	24.91	28.17
Bierbostel	15.82	15.59	15.44
Bietenperspulp	24.62	24.53	26.17
DDG (distillers dried grain)	21.65	21.65	21.65
Maïsglutenvoer	20.97	20.16	19.09
Voeraardappelen	22.74	21.51	20.49
Overig ruwvoer+bijproducten	20.26	20.11	20.30
Tarwe	23.35	22.97	22.52
Gerst	22.8	22.07	20.74
Overig enkelvoudig	23.08	22.52	21.63
Premixen	0	0	0
Mengvoer	Formule 3	Formule 3	Formule 3
Melkpoeder	21.08	22.04	22.32

Formule 1: $EF\ CH_4 = -0.0217 * Re + 26.153$

Formule 2: $EF\ CH_4 = 0.7115 * Re - 36.031$

Formule 3: $EF\ CH_4 = -0.0119 * Re + 23.102$

Voor andere dieren dan melkkoeien en bijbehorend jongvee wordt Tier 2 gebruikt. De Tier2 berekening voor de methaanemissie is erop gebaseerd dat een vast percentage van de opgenomen bruto energie verloren gaat in de vorm van CH₄. In de IPCC rekenregels is deze methaan conversie factor Y_M voor Noord West Europa vastgesteld op 6,5% voor melkveerantsoenen. Dit percentage wordt hier aangehouden.

De berekening verloopt als volgt.

De bruto energie opname kan zonder kennis van de verteerbaarheid van voeders het beste ingeschat worden door de opgenomen hoeveelheid voer in kg droge stof (DS) te vermenigvuldigen met de

gemiddelde energiewaarde van 18,45 MJ/kg DS. Deze conversie factor is relatief constant voor verschillende herkauwerrantsoenen en wordt ook erkend als default waarde door het IPCC (IPCC, 2006).

$$\text{BE opname veestapel}^* = \text{DS opname veestapel} \cdot 18,45$$

$$\text{CH}_4 \text{ emissie} \\ \text{(in kg CO}_2\text{-equivalenten)} = \frac{\text{BEopname} \cdot \text{Ym} \cdot 25}{55,65} \cdot 100$$

* Let op: indien opname krachtvoeder wordt weergegeven per kg product, dan eerst omrekenen naar kg DS (vuistregel: kg DS = kg product x 0.88).

Gebruikte afkortingen

BE = Bruto energie, in MJ

DS = Droge stof opname van veestapel, in kg

Y_M = Methaan conversie factor, hiervoor wordt 6,5% aangehouden

18,45 MJ/kg = gemiddelde bruto energie inhoud van een kg DS rundvee rantsoen

6,5% = methaan conversie factor voor jongvee in Noord West Europa (IPCC 2006)

55,65 MJ/kg = energie-inhoud van een kg CH₄

25 kg/kg = omrekenfactor kg CH₄ naar kg CO₂ equivalenten (IPCC 2006)

Forfaits overige graasdieren

Op basis van de DS opname (kg/jaar) en de IPCC methaan conversie factor Y_m van 6,5% van de bruto energie voor de verschillende categorieën rundvee en schapen zijn voor de op het melkveebedrijf aanwezige 'overige graasdieren' forfaits uitgerekend (in kg CH₄ per dier per jaar). Voor paarden en pony's zijn alleen IPCC Tier 1 emissies beschikbaar (IPCC, 2006) (Tabel 2.5.2). Voor de staldieren wordt Tabel 2.5.3 aangehouden.

Tabel 2.5.2 Methaanemissies van overige graasdieren.

Categorie	Kg DS/jr	Y _M	CH ₄ (kg/jr)	CH ₄ (kg CO ₂ -eq/jr)
Weide- en zoogkoeien, drijfmest	3750 ¹	6.5%	80.8	2020
Weide- en zoogkoeien, vaste mest	3750 ¹	6.5%	80.8	2020
Fokstieren >2jr	3286 ²	6.5%	70.8	1771
Vleesstieren, kruisling >3mnd	2599 ³	6.5%	56.0	1400
Vleesstieren, vleesras >3mnd	2684 ³	6.5%	57.8	1446
Startkalveren vleesst (<3mnd)	651 ³	6.5%	14.0	351
Rosékalveren, 3 mnd - slacht (cat. 116)	1906	6.5%	41.1	
Rosékalveren, 2wkn-8mnd	1535 ⁴	6.5%	33.1	827
Fokschapen + lam	493 ³	6.5%	10.6	266
Overige schapen	332 ³	6.5%	7.2	179
Melkgeiten (cat. 600)	855	6.5%	18.4	
Vleesgeiten (cat. 601)	79	6.5%	1.7	
Overige geiten (cat. 602)	340	6.5%	7.3	
Pony <250 kg	983 ⁵	-	6.0	149
Pony 250-450 kg	1872 ⁵	-	11.4	284
Paard 250-450 kg	2225 ⁵	-	13.5	337
Paard >450 kg	2968 ⁵	-	18.0	450

¹ Tamminga *et al.*, 2004.

² Op basis van gegevens CRV fok- en wachtstierbedrijven.

³ Kemme *et al.*, 2005a.

⁴ Evers *et al.*, 2011.

⁵ Kemme *et al.*, 2005b.

Tabel 2.5.3 Methaanemissie van overige staldieren

	CH ₄ per dierplaats
Kraamzeugen	1.5
Guste en dragende zeugen	1.5
Gespeende biggen	1.5
Vleesvarkens	1.5
Leghennen	0
Vleeskuikens	0
Witvleeskalveren	9.8

2.5.2.2 Emissie van methaan uit mest

Uitgangspunten

De emissies van CH₄ uit mest in stal en opslag en in de weide onderscheiden de volgende drie broncategorieën:

- Rundvee
- Overige graasdieren
- 'Staldieren'

De beschrijving van dit protocol is gebaseerd op de 'Tier 2' benadering van IPCC (2006) en wijkt af van de nationale monitoringprotocollen die methoden en werkprocessen voor het vaststellen van de emissies beschrijven. Deze zijn gepubliceerd door het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM). Het nationale protocol valt onder IPCC categorie 4B1 t/m 4B9 en 4B13: 12-029 mest CH₄ (www.agentschapnl.nl/programmas-regelingen/monitoring-protocollen).

De hier gevolgde methodiek voor de berekening van nationale CH₄-emissies wijkt af van IPCC doordat die uitgaan van emissiefactoren (EF) per kg mest per diercategorie en per mestmanagementsysteem in plaats van de jaarlijkse absolute hoeveelheden CH₄ per dier (in kg per dier per jaar).

CH₄-emissies uit dierlijke mest ontstaan door fermentatieprocessen die optreden in een anaërobe omgeving. Deze omstandigheid doet zich vooral voor bij opslag van dunne mest in mestkelders onder stallen en in mestopslagen buiten de stal. Bij vaste mest en weidemest zijn de condities veelal aëroob en is de CH₄-productie relatief laag.

Rundveemest kan worden opgedeeld in dunne 'stalmest', vaste 'stalmest' (dat wil zeggen: stalmest in engere zin) en weidemest. Doordat een deel van de melkkoeien in Nederland in de weideperiode in de zomer (deels) op stal wordt gehouden, met name tijdens het melken en 's nachts, wordt er in de weideperiode ook 'stalmest' geproduceerd.

Van de aanwezige geiten wordt verondersteld dat deze dieren het hele jaar op stal gehouden worden en vaste mest produceren. Schapen zijn weidende dieren met alleen in de lammertijd een stalperiode. In deze stalperiode wordt vaste mest geproduceerd. Bij paarden en pony's wordt een stal- en een weideperiode onderscheiden, waarbij in de stalperiode vaste mest wordt geproduceerd.

Dunne 'stalmest' wordt opgeslagen in de mestkelder onder de stallen en in mestopslagen buiten de stal. Vaste 'stalmest' wordt opgeslagen in de stal en in een buitenopslag. In beide gevallen kan sprake zijn van anaërobe condities met als gevolg de emissie van CH₄. Deze emissie kan worden verminderd door anaërobe condities te voorkomen, bijvoorbeeld door beluchten of regelmatig omzetten. De hierbij optredende aërobe processen leiden echter wel tot een hogere emissie van ammoniak en lachgas. Op de totale mestproductie in Nederland is het aandeel vaste mest relatief gering.

Weidemest wordt in de weide geproduceerd tijdens de weidegang in de zomer. Vanwege de veelal aërobe condities is de CH₄-emissie uit weidemest veelal relatief laag. Naast de mate waarin sprake is van anaërobe omstandigheden is de vorming van CH₄ in de mest ook afhankelijk van andere condities waaronder opslag plaatsvindt, zoals de hoeveelheid reeds aanwezige mest (zogenaamd 'ent' of 'inoculum') en de opslagduur en -temperatuur. De mestkelder kan worden beschouwd als een zogeheten accumulatiesysteem: er is een constante voeding van de 'reactor' (= mestkelder) met mest en het mestvolume in de kelder neemt toe tot het moment dat de kelder wordt leeggereden ten behoeve van bemesting of tot het moment dat de mest wordt overgepompt naar de buitenopslag. De CH₄-emissie in een dergelijk systeem neemt toe naarmate de hoeveelheid (nog) aanwezige mest (= inoculatie) groter is, de mesttemperatuur hoger is en de verblijfsduur langer is (Zeeman, 1994).

De CH₄-emissie uit mest is ook afhankelijk van de (chemische) samenstelling van de mest. Zo is de CH₄-emissie vooral afhankelijk van het organisch stofgehalte van de mest.

Berekeningswijze

De emissie van CH₄ uit dierlijke mest wordt als volgt berekend:

$$CH_{4Mest} = \sum_S [EF_{(T)} * N_{(T)}]$$

CH_{4Mest} : CH₄-emissie uit mest in kg

EF_(T) : emissiefactor voor elke gedefinieerde diercategorie T in kg CH₄ per dier

N_(T) : aantal dier per diercategorie T (melkvee, jongvee en (totaal) overige graasdieren)

De emissiefactor per dier wordt als volgt berekend:

$$EF_{(T)} = (VS_{(T)} * 365) * \left[B_{0(T)} * 0.67 * \sum_T \frac{MCF_S}{100} * MS_{(T,S)} \right]$$

EF_(T) : emissiefactor voor elke gedefinieerde diercategorie T in kg CH₄ per dier

VS_(T) : de productie van feces ('vluchtige vaste stof') per diercategorie in kg drogestof per dier per dag

- B_0 : maximale methaanproductie potentieel per diercategorie T in $m^3 CH_4$ per kg uitgescheiden VS
- 0.67 : dichtheid methaan (kg / m^3)
- $MCF_{(S)}$: methaanconversiefactor per mestmanagementsysteem in procenten van B_0
- $MS_{(T,S)}$: fractie van totale N-excretie van elke diercategorie T in mestmanagementsysteem S

B_0

De maximale CH_4 -vorming wordt bepaald door de afbreekbaarheid van de organische bestanddelen in de mest. B_0 wordt uitgedrukt in $m^3 CH_4/kg VS$ en de (default)waarden zijn afgeleid NIR, 2014 (Tabel 2.5.4).

$MCF_{(S)}$

De MCF geeft de mate aan waarin de hoeveelheid afbreekbare stof onder bepaalde condities ook daadwerkelijk wordt omgezet in CH_4 . Als default geeft IPCC waarden voor MCF per diercategorie afhankelijk van de gemiddelde temperatuur in een regio (Tabel 2.5.4).

$VS_{(T)}$

Feces (VS) is de vaste (organische) fractie in dierlijke mest en bevat biologisch en niet-biologisch afbreekbare onderdelen. De hoeveelheid VS in de excretie is afhankelijk van het rantsoen. De berekening is als volgt:

$VS = \sum(Nexretie_r * Factor)$, met:

VS : de productie van feces ('vluchtige vaste stof') per diercategorie in kg drogestof per dier per dag

$Nexretie_{(T)}$: totale N-excretie per diercategorie in kg per dag (melkvee, jongvee en (totaal) overige graasdieren). Deze N-excretie wordt afgeleid uit BEX (paragraaf 2.1), maar niet verminderd met de gasvormige N-verliezen uit stal en opslag.

Factor : omrekeningsfactor van N naar VS

Tabel 2.5.4 Parameterwaarden voor de bepaling van de methaanemissiefactoren van mestmanagementsystemen. Voor uitleg van de parameters, zie bovenstaande tekst.

Diercategorie	B_0	Factor		MCF		
		Dunne mest	Vaste mest	Dunne mest	Vaste mest	Weidemest
Melkkoeien	0,25	15,6	25,8	17	1,5	1
Jongvee	0,18	15,6	25,8	17	1,5	1
Overige graasdieren*	0,20	15,6	25,8		1	
'Staldieren'	0,34	6,1	15,2	39	1,5	

Bron: NIR, 2014.

* IPCC onderscheidt meerdere diercategorieën., welke in parameter B_0 verschillen (b.v. geiten 0,18; schapen 0,19; paarden 0,3) In de Kringloopwijzer zijn deze voorlopig onder één categorie gebracht met een B_0 waarde van 0,2.

2.5.2.3 CO_2 emissie als gevolg van direct energiegebruik op het melkveebedrijf

Algemeen

Om melk, vlees en gewassen te kunnen produceren wordt energie verbruikt in de vorm van elektriciteit, diesel, gas en overige brandstoffen. Melkwinning (melken en koelen) en het gebruik van trekkers en landbouwmachines zijn in Nederland de processen die verantwoordelijk zijn voor het

merendeel van het energiegebruik op het melkveebedrijf (Moerkerken *et al.*, 2011). Bij de verbranding van fossiele brandstoffen komt CO₂ vrij. De KringloopWijzer brengt de omvang van deze CO₂ verliezen in beeld.

Berekeningswijze

De hoeveelheid vrijkomende CO₂ wordt berekend in de vorm van primaire energie. Primaire energie is energie in de vorm zoals men die aantreft in de oorspronkelijk gewonnen energiedrager (bijvoorbeeld aardgas, steenkool, olie). Secundaire energie is energie in de vorm die ontstaat na omzetting van primaire energie (zoals elektriciteit). Het omzetten van primaire energie in secundaire energie gaat gepaard met verliezen. Het energieverbruik van secundaire energiedragers wordt daarom teruggerekend naar de stookwaarde (verbrandingswaarde) van de primaire energiedragers.

In de KringloopWijzer wordt onderscheid gemaakt tussen energieverbruik via brandstoffen (hoofdzakelijk diesel) en elektriciteit. Om administratieve lasten voor melkveehouders te beperken wordt het verbruik van energie niet direct bij de melkveehouders opgevraagd maar berekend op basis van 'activiteiten' op een melkveebedrijf.

Voor de energie uit diesel wordt de volgende formule gebruikt:

$$\text{CO}_2 \text{ emissie (kg)} = \text{activiteit} * \text{emissiefactor (kg CO}_2 \text{Eq / m}^2 \text{ of kg of stuk)}$$

Voor de emissiefactoren van de activiteiten wordt hoofdzakelijk gebruikt gemaakt van Eco-invent 2007 (Tabel 2.5.5). Indien de activiteit niet in Eco-invent is opgenomen, wordt gebruik gemaakt van energieverbruik in DairyWise. Overige brandstoffen zoals aardgas, propaan, stookolie e.d. worden buiten beschouwing gelaten.

Tabel 2.5.5 Activiteiten en emissiefactoren (EF) voor energieverbruik brandstoffen.

Activiteit	EF	Eenheid
Gras maaien	23	kg CO ₂ -eq./ha
Gras schudden	16	kg CO ₂ -eq./ha
Gras wiersen	16	kg CO ₂ -eq./ha
Gras inkuilen met opraapwagen (incl. hakselen)	101	kg CO ₂ -eq./ha
Graskuil aanrijden	61	kg CO ₂ -eq./ha
Kunstmeststrooien per keer	13.8	kg CO ₂ -eq./ha
Emissiearme mesttoediening op bouwland- en grasland	1.2	kg CO ₂ -eq./m ³
Stalmeststrooier + kraan	3.1	kg CO ₂ -eq./ton
Ploegen	118	kg CO ₂ -eq./ha
Frezen	242	kg CO ₂ -eq./ha
Cultiveren bouwland	31	kg CO ₂ -eq./ha
Cultiveren bouwland met rotorkoepel*	62	kg CO ₂ -eq./ha
bouwlandgewas zaaien + evt. rijenbemesting	97	kg CO ₂ -eq./ha
Spuiten	11	kg CO ₂ -eq./ha
Oogsten van maaivruchten bouwland	200	kg CO ₂ -eq./ha
Oogsten van rooivruchten bouwland	200	kg CO ₂ -eq./ha
Snijmaïs oogsten en inkuilen	319	kg CO ₂ -eq./ha
Slepen	17.9	kg CO ₂ -eq./ha
Rollen	20.9	kg CO ₂ -eq./ha
Bloten	11.6	kg CO ₂ -eq./ha
Graslandvernieuwing (spuiten t/m zaaien)	58	kg CO ₂ -eq./ha
Gemengd voeren maïs/gras, geen bijproducten	35.3	kg CO ₂ -eq./ton DS
Gemengd voeren maïs/gras, met bijproducten	38.8	kg CO ₂ -eq./ton DS
Zomerstalvoederen (0.5 ha per uur)	30	kg CO ₂ -eq./ton DS

* Op kleigrond.

Opgenomen activiteiten worden zoveel mogelijk afgeleid van de bestaande data:

- Maaipercantage wordt afgeleid van de totale hoeveelheid graskuil (BEP) en een aangenomen gemiddelde zwaarte van maaisnede (3000 kg DS/ha)
- Per maaisnede wordt het gras geschud (1,5 keer), gewierst en ingekuild (opraapsnijwagen, trekker+kuilverdeler)
- De hoeveelheid dierlijke bemesting is uitvoer in de KringloopWijzer. Drijfmest wordt als zodebemesting ingerekend (de energieconsumptie van de andere emissie-arme methoden worden hieraan gelijk verondersteld).
- Bij de bouwland worden jaarlijks de volgende activiteiten verondersteld: ploegen, eggen (rotorkoep), zaaien + eventueel een rijenbemesting, spuiten en oogsten,
- Kunstmeststrooien op grasland: 5 keer per ha per jaar,
- Slepen, rollen en bloten: 1 keer per ha per jaar.

Bij elektriciteit wordt de hoeveelheid bepaald in kilowattuur (kWh). Op dit moment is gekozen om geen extra informatie op te vragen over elektriciteit gebruik (facturen van de energieleveranciers, meterstanden etc.), maar het gebruik van elektriciteit wordt normatief berekend. Daarvoor worden de volgende rekenregels (KWIN) gebruikt:

Koeling melk:

$$\text{Verbruik} = 14.0 * \text{melkleverantie}/1000 \text{ (KWh)}$$

Reiniging (verwarming water):

$$a = \text{aantal koeien} * 0,85 + (45 + \text{aantal koeien} * 0,75) / 2 \text{ (liters water)}$$

$$b = \text{aantal melkstellen} * 3 + (20 + \text{aantal melkstellen} * 5) * 2 \text{ (liters water)}$$

$$c = \text{melkleiding ruim gedimensioneerd: } c = 0,43 * b \text{ (liters water)}$$

$$\text{Verbruik} = (a+b+c) * 29.9644 \text{ (KWh)}$$

Melken:

$$\text{Verbruik} = 800 * \text{aantal melkstellen} \text{ (KWh)}$$

Overige, waaronder verlichting:

$$\text{Verbruik} = 1924 + 163 * \text{aantal koeien} \text{ (KWh)}$$

In deze berekening van het gebruik van elektriciteit zijn een paar invoergegevens nodig. De melkproductie en het aantal koeien zijn bekend in de KringloopWijzer. Het aantal melkstellen niet. Deze worden (arbitrair) ingeschat op basis van de melkproductie (Tabel 2.5.6).

Tabel 2.5.6 Relatie tussen melkproductie per bedrijf en het aantal benodigde melkstellen.

Melkproductie	Aantal melkstellen
< 6 ton melk	12
Tussen 6 en 12 ton melk	16
> 12 ton melk	20

Voor de omrekening van kWh naar CO₂ wordt de volgende regel gehanteerd (bron: IEA, 2012):

$$\text{CO}_2 \text{ emissie (kg)} = \text{KWh} * 0.415$$

De energie benodigd voor het koelen, verwarmen, reinigen en verlichten van stallen en het voeren en drinken van de dieren van een eventueel aanwezig tak 'staldieren', wordt in de KringloopWijzer vooralsnog niet verrekend.

2.5.2.4 Indirecte emissie van CO₂

Kunstmest

Voor de fabricage van kunstmest is energie nodig. De hoeveelheid energie per eenheid nutriënt is sterk afhankelijk van het gevolgde fabricageproces. Een samenvatting van energieconsumptie bij Europese fabrikanten wordt gegeven in Jensen & Kongshaug (2003). Zij becijferen de emissie van CO₂-equivalenten tijdens de productie (incl. N₂O) op 5,3 kg CO₂-eq. per kg N, 0,2 kg CO₂-eq. per kg P₂O₅ en 0,3 kg CO₂-eq. per kg K₂O. Dit is exclusief transportemissies. Vervoer per vrachtwagen van een kg kunstmest (met, zeg, 25% nutriënt) over 1000 km gaat gepaard met een additionele emissie van circa 0.6 kg CO₂-equivalent.

Geïmporteerde voeders

Omdat de KringloopWijzer zich primair richt op de benutting en verliezen van N, P en C binnen de grenzen van het bedrijf, blijft de CO₂-emissie die volgt uit de productie van voer (kunstmest, veldwerk, transport, opslag en bewerking) buiten beeld zodra dit voer niet binnen het bedrijf maar elders geteeld wordt. Het aandeel van deze vorm van indirecte emissies wordt becijferd met getallen uit Tabel 2.5.7.

Elektriciteit

Bij gebruik van elektriciteit vindt binnen de grenzen van het melkveebedrijf geen CO₂ emissie plaats. Met uitzondering van 'groene stroom' heeft de opwekking van elektriciteit buiten het melkveebedrijf vanzelfsprekend wel tot emissie van CO₂ geleid. Wanneer er behoefte bestaat om deze emissie in kengetallen op te nemen, neemt de KringloopWijzer hiervoor een conversie van 415 g CO₂-equivalenten per kWh aan.

Tabel 2.5.7 Emissie (CO₂-equivalenten per kg DS) van aangevoerde voedermiddelen (inclusief transport (bron: Feedprint versie 2013.04 (Vellinga et al., 2013)).

Voedermiddel	CO ₂ -emissie
Gras	531
Graskuil	521
Grashooi	508
Grasbrok	837
Snijmais	163
GPS granen	193
Luzernekuil	380
Voederbieten	573
CCM	346
MKS	234
Veldbonen	2022
Bietenblad	57
Maïsstro	192
Bonenstro	192
Tarwestro	211
Gerstestro	260
Graszaadstro	114
Aardappelpersvezel	270
Aardappelsnippers	46
Aardappelstoomschillen	71
Bierbostel	46
Bietenperspulp	55
DDG (distillers drier grain)	329
Maisglutenvoer	2039
Voeraardappelen	1183
Overig ruwvoer/bijproduct	441
Krachtvoer	962
Tarwe	396
Gerst	397
Overig enkelvoudige voeders.	397
Premixen	4999
Mengvoer	941
Melkpoeder	3332

2.5.2.5 Organische stof balans

Gewasresten en organische mest vormen de belangrijkste aanvoerposten van organische stof voor de bodem. De aanvoer via gewasresten becijfert de KringloopWijzer bij gras en maïs (snijmaïs, MKS en CCM) door nauw aan te sluiten bij termen die ook in de module BEN gebruikt worden. Voor wat betreft de aanvoer via gewasresten is bij andere dan genoemde gewassen gebruik gemaakt van gewas-specifieke effectieve organische stof bijdragen uit de literatuur.

Bij gras en maïs (exclusief eventuele restplant bij MKS en CCM) gaat BEN uit van een gewasrest (stoppel en wortel) van, respectievelijk, 75 en 15 kg N per ha. In een evenwichtssituatie (continueelt) wordt aangenomen dat jaarlijks eenzelfde hoeveelheid wordt afgebroken. Bij wisselbouw van beide gewassen wordt aangenomen dat onder nieuw grasland jaarlijks 75 kg N per ha extra wordt geïnvesteerd met een maximum van 300 kg N per ha, terwijl deze investering in de daarop volgende bouwlandperiode, ongeacht de duur daarvan, weer volledig wordt afgebroken. Net als BEN, maakt ook BEC voornamelijk geen zichtbaar onderscheid tussen de organische stofbalansen van het grasland en het bouwland. Ter berekening van de organische stof-bijdragen van de wortels en stoppels van gras- en maïs converteert de KringloopWijzer de N-inhoud naar effectieve organische stof. Om de effectieve organische stof te berekenen dient de aangevoerde organische stof volgens conventie gecorrigeerd te worden voor dat deel van de aanvoer dat al gedurende de eerste 12 maanden verademd wordt; alleen de organische stof die na die periode resteert, wordt effectieve organische stof genoemd. Tabel 2.5.8 geeft aan met welke omrekenfactoren ('HC-waarden') de KringloopWijzer rekent.

Tabel 2.5.8 Humificatiecoëfficiënten ('HC-waarden') van vers plantenmateriaal, gewasresten en organische meststoffen, de hoeveelheid organische stof per kg N-totaal in mest, en de forfaitaire bijdrage effectieve organische stof-bijdrage van verschillende meststoffen (<http://www.kennisakker.nl/kenniscentrum/handleidingen/adviesbasis-voor-de-bemesting-van-akkerbouwgewassen-organische-stof>).

Bron	HC ¹	OS/N	E.O.S ¹ -bijdrage	
	(kg OS per kg OS toegeediend)		(per m ³) ²	(per kg N-totaal ²)
Vers plantmateriaal ³	0,25			
Gewasresten ⁴	0,30			
Graasdieren drijfmest, mestcode 14	0,70	15,6 ⁵	44	11
Graasdieren vaste mest, mestcode 10	0,70	25,8 ⁵	125	16
Staldieren drijfmest, mestcode 50	0,33	6,1 ⁵	15	2
Graasdieren vaste mest, mestcode 39	0,33	15,1 ⁵	103	3
GFT-compost	0,90	18,9 ⁵	174	14
Graasdieren dunne fractie, mestcode 11	0,70	15,6 ⁵	38	11
Graasdieren dikke fractie, mestcode 13	0,70	15,6 ⁵	166	10
Mineralenconcentraat	n.v.t.	0	0	0
Spuiwater	n.v.t.	0	0	0
Digestaat	0,7	9,8 ⁶	28	7

¹ HC: de humificatiecoëfficiënt is de fractie die een jaar na toediening nog effectief aanwezig is: 'E.O.S.'

² O.b.v. Tabel 1.2.

³ Beweidings-, maal- en oogstverliezen, voerresten.

⁴ Wortels, stoppels, zode van gras, snijmaïs, MKS en CCM.

⁵ Den Boer *et al.*, 2012.

⁶ CBGV, 2016.

De aanvoerposten van de (effectieve) organische balans zijn weergegeven in Tabel 2.5.9. De organische stofbalans wordt daarbij in eerste instantie afzonderlijk berekend voor het grasland ('aan- en afvoerposten per hectare grasland') en voor het bouwland ('aan- en afvoerposten per hectare bouwland, waarbij het bouwland bestaat uit akkerbouwmatige ruwvoergewassen (snijmaïs, MKS, CCM, luzerne, veldbonen) en marktbaar akkerbouwgewassen (korrelmaïs, granen, hakvruchten, etc.)). Ook voor de organische stofbalans geldt dat pas in tweede instantie het gewogen gemiddelde van de afzonderlijke vormen van landgebruik wordt berekend. Bij uitdrukkingen 'per hectare' gaat het dus aanvankelijk niet om uitkomsten per hectare bedrijfsoppervlakte maar om uitkomsten per hectare van een bepaald landgebruik (grasland, bouwland).

De term OSAan1 (effectieve organische stof uit weidemest) is alleen op de graslandhectares van toepassing, waarbij geldt:

$$EOSAan1 = Aan1 \times OS/N_{mest} \times HC_{mest}, \text{ met:}$$

OS/N_{mest} en HC_{mest} : zie Tabel 2.5.8 voor graasdiermest

De term OSAan2 (effectieve organische stof uit 'stalmest') kan niet zonder meer ontleend worden aan de gewas- en wisselbouwspecifieke termen uit de BEN berekening indien Aan2 onder meer uit graasdiermest bestaat. In dat geval wordt mest (Aan2) immers gedefinieerd als de som van uitgescheiden mest en urine inclusief de voerrest-N. Omdat OS/N_{mest} niet hetzelfde is als $OS/N_{voerrest}$ en ook HC_{mest} niet hetzelfde is als $HC_{versgewas}$ dient eerst berekend te worden wat de bijdrage van de afzonderlijke twee componenten is. Daartoe wordt op basis van de invoergegevens van BEX het gewogen gemiddelde N-gehalte van de drogestof (DS) in het ingekuilde ruwvoer berekend ($N\%_{ruwvoer}$, % N in DS). Aannemende dat 90% van de voer-DS uit organische stof bestaat, geldt dat:

$$OS/N_{voerrest} = (\text{kg OS per kg DS}) / (\text{kg N per kg DS}) = (90/100) / (\text{gewogen N-gehalte in kg per kg van ruwvoer, bijproducten en krachtvoer})$$

De effectieve organische stof die als 'stalmest' (OSAan2) wordt aangevoerd op grasland en op bouwland, met onderscheid tussen continueelt en wisselbouw, wordt dan gelijk aan:

$$EOSAan2_{\text{pure_mest op grasland}} = \text{Fractie 'echte' mest} \times \text{Aan2 op grasland} \times OS/N_{mest} \times HC_{mest}$$

$$EOSAan2_{\text{pure_mest op bouwland}} = \text{Fractie 'echte' mest} \times \text{Aan2 op bouwland} \times OS/N_{mest} \times HC_{mest}$$

met Fractie 'echte' mest = ((Aan2 op bedrijfsgemiddeld niveau, kg N/ha – gewogen gemiddelde voerrest van alle gebruikte voedermiddelen, kg N/ha) / (Aan2 op bedrijfsgemiddeld niveau, kg N/ha))

Aan2 op bedrijfsgemiddeld niveau is daarbij de som van de als graasdiermest, de eventuele als niet-graasdiermest en de als compost gegeven N-totaal (kg N/ha), OS/N_{mest} en HC_{mest} zijn de op basis van de N-giften gewogen gemiddelde waarden van de gebruikte drie mestsoorten (Tabel 2.5.8).

De effectieve organische stof die als voerrest via de mest op het land terechtkomt ($OSAan2_{voerrest}$) wordt dan gelijk aan:

$$EOSAan2_{voerrest \text{ op grasland}} = (1 - \text{Fractie 'echte' mest}) \times \text{Aan2 op grasland} \times OS/N_{voerrest} \times HC_{versgewas}$$

$$EOSAan2_{voerrest \text{ op bouwland}} = (1 - \text{Fractie 'echte' mest}) \times \text{Aan2 op bouwland} \times OS/N_{voerrest} \times HC_{versgewas}$$

$HC_{versgewas} = 0,25$ en $OS/N_{voerrest}$ gebaseerd op het gemiddeld N-gehalte van het ingekuilde ruwvoer

Voor wat betreft de organische stof bijdragen vanuit de beweidings-, maai- en oogstverliezen wordt uitgegaan van de HC's zoals die voor verse gewassen gelden. Dit is een vereenvoudiging van de werkelijkheid omdat de verschillende gewassen in werkelijkheid in afbreekbaarheid zullen verschillen.

De effectieve organische stof die als beweidings- en maaiverliezen op het grasland terechtkomt ($EOSAan6_{gras}$) is gelijk aan:

$$EOSAan6_{\text{grasland}} = (Aan6_{\text{grasland}}) \times OS/N_{teeltgras} \times HC_{versgewas} \text{ met}$$

$Aan6_{\text{grasland}} = 5\%$ tot 20% van de N-opbrengst (kg N/ha) van het grasland (afhankelijk van het graslandgebruik, zie Tabel 1.1), $OS/N_{teeltgras} = (\text{kg OS/kg DS}) / (\text{kg N/kg DS in gras van eigen land}) = (90/100) / (\text{kg N/kg DS in gras van eigen land})$, en $HC_{versgewas} = 0,25$.

De effectieve organische stof die via oogstverliezen op het bouwland terechtkomt, beperkt zich tot die op maisland ($EOS_{\text{maislandoogstverlies}}$) omdat aangenomen is dat bij de overige akkerbouwmatige ruwvoergewassen en marktbaar bouwlandgewassen geen oogstverliezen optreden, althans niet in aanvulling op de E.O.S.-bijdrage die sowieso aan deze gewassen wordt toegekend (zie verderop in deze paragraaf).

$$EOS_{\text{maislandoogstverlies}} \text{ (kg per ha bouwland)} = SO/BO \times (\text{Aan6}_{\text{maisland}}) \times OS/N_{\text{teeltmais}} \times HC_{\text{versgewas}} \text{ met}$$

SO = oppervlakte maisland, BO = oppervlakte bouwland, $\text{Aan6}_{\text{maisland}} = 2\%$ (Tabel 1.1) van de N-opbrengst (kg N/ha) van de mais (snijmais, MKS en CCM) van eigen land, $OS/N_{\text{teeltmais}} = (\text{kg OS/kg DS})/(\text{kg N/kg DS in mais van eigen land}) = (90/100)/(\text{kg N/kg DS in mais van eigen land})$ en $HC_{\text{versgewas}} = 0,25$.

Voor wat betreft de organische stof bijdragen vanuit de gewasresten wordt uitgegaan van een iets lagere HC dan de HC van verse gewassen (Tabel 2.5.8) maar van OS/N verhoudingen die hetzelfde verondersteld worden als die van het verse gewas. Dit is een vereenvoudiging van de werkelijkheid omdat de gewasresten in werkelijkheid een ander N-gehalte (eiwitgehalte) zullen hebben. De effectieve organische stof die als gewasresten op het grasland terechtkomt ($EOS_{\text{Aan7}_{\text{grasland}}}$) is gelijk aan:

$$EOS_{\text{Aan7}_{\text{grasland}}} = (\text{Aan7}_{\text{grasland}}) \times OS/N_{\text{teeltgras}} \times HC_{\text{gewasrest}} \text{ met } \text{Aan7}_{\text{grasland}} = 75, OS/N_{\text{teeltgras}} = \text{kg OS per kg gras-N, en } HC_{\text{gewasrest}} = 0,30.$$

De effectieve organische stof die via gewasresten op het bouwland terechtkomt ($EOS_{\text{gewasrestbouwland}}$) is gelijk aan

$$EOS_{\text{gewasrestbouwland}} = ((SO \times (\text{Aan7}_{\text{maisland}}) \times OS/N_{\text{teeltmais}} \times HC_{\text{gewasrest}}) + ((BO-SO) \times EOS_{\text{gewasrest_niet_maisland}}))/BO \text{ met}$$

SO = oppervlakte maisland, $\text{Aan7}_{\text{maisland}} = 15$, $OS/N_{\text{teeltmais}} = \text{kg OS per kg mais-N}$, $HC_{\text{gewasrest}} = 0,30$, BO = oppervlakte bouwland, en $EOS_{\text{gewasrest_niet_maisland}} = \text{de areaalgewogen EOS bijdragen van de niet-mais bouwlandgewassen en hun eventueel achtergelaten bijproducten (Tabel 2.5.10)}$.

Bij de toevoegingen van effectieve organische stof in de vorm van beweidings- en maaiverliezen op grasland ($EOS_{\text{Aan6}_{\text{grasland}}}$), oogstverliezen op maisland ($EOS_{\text{maislandoogstverlies}}$), gewasresten op grasland ($EOS_{\text{Aan7}_{\text{grasland}}}$) en gewasresten op bouwland ($EOS_{\text{gewasrestbouwland}}$) wordt aangenomen dat deze toevoegingen ten goede komen aan de gewassen van waaruit ze afkomstig zijn. Dat dat in een wisselbouwsituatie niet in iedere fase van de rotatie het geval is, wordt hier genegeerd.

De waarde term EOS_{Aan8} (effectieve organische stof in de vorm van vanggewassen en groenbemesters) heeft vanzelfsprekend alleen betrekking op de organische stofbalans van bouwland, en bedraagt:

$$EOS_{\text{Aan8}} = ((SO \times FV \times \text{Aan8}_{\text{maisland}} \times OS/N_{\text{vanggewas}} \times HC_{\text{versgewas}}) + ((BO-SO) \times FG \times EOS_{\text{groenbemester}}))/BO, \text{ met}$$

SO = oppervlakte maisland, FV = fractie van het maisland ingezaaid met een vanggewas, $\text{Aan8}_{\text{maisland}} = 40 \text{ kg N per ha}$, $OS/N_{\text{vanggewas}} = 45$, $HC_{\text{versgewas}} = 0,25$, BO = oppervlakte bouwland, FG = fractie van het niet-mais bouwland waarop een groenbemester is ingezaaid, $EOS_{\text{groenbemester}} = 1000 \text{ kg per ha (Tabel 2.5.10)}$.

Tabel 2.5.9 Aan- en afvoertermen ter bepaling van het saldo van de organische stof balans (kg effectieve OS/ha) met aanwijzing ('X') of de invoergegevens betrekking hebben op het bedrijf als geheel, op gewassen (grasland, bouwland), dan wel op gewassen met daarbij een onderscheid tussen het deel dat in wisselbouw en het deel dat in continueelt geteeld wordt.

Aan-/afvoer	Code	Term	Schaal invoer	
			Bedrijf	Grasland, Bouwland
Aanvoer	EOSAan1	Weidemest		X
	EOSAan2	'Stalmest', excl. voerresten ruwvoer		X
	EOSAan2 _{voerrest}	Voorresten		X
	EOSAan6	Beweidings-, maai- en oogstverliezen		X
	EOSAan7	Gewasresten		X
	EOSAan8	Vanggewassen en groenbemesters		X

Tabel 2.5.10 Effectieve organische stof bijdrage (E.O.S., kg per hectare per jaar) van enkele akkerbouwgewassen en groenbemesters (bron: naar Timmer et al., 2004)

Gewas	Gewasrest	Bijproduct
Wintertarwe	1650	1000
Zomertarwe	1650	950
Wintergerst	1600	800
Zomergerst	1350	650
GPS van tarwe of gerst	1550	-
Rogge en triticale	1575	1050
Haver	1600	900
Korrelmais	700*	1350****
CCM / MKS	700*	1350****
Bieten	400	1000
Consumptieaardappelen	900***	-
Fabriksaardappelen	900***	-
Pootaardappelen	800	-
Zaaiuien	150	-
Luzerne	1600	-
Veldboon	300	700
Overige gewassen	1700	-
Groenbemester	1000	-

* In praktijk zal hier de bijdrage van het 'bijproduct' (stro) van 1350 kg per hectare bijkomen.

** Gemiddelde van diverse graszaadsoorten en inclusief stro.

*** Inclusief 100 kg per hectare in de vorm van kriel.

**** Geschat als product van 6000 kg drogestof per hectare, waarvan 90% organische stof en een humificatiecoëfficiënt van 25%.

2.5.3 Kanttekeningen bij BEC

- De CH₄ die vrijkomt bij de vertering van voer door een eventueel aanwezige tak 'staldieren' (varkens, kippen, vleeskalveren) en de CO₂ die vrijkomt als gevolg van een door een dergelijke tak verbruikte fossiele brandstof binnen het bedrijf of 'upstream' (via aangekocht voer), wordt in de KringloopWijzer nog niet meegenomen. Dat betekent dat de totale emissie van CO₂-equivalenten wordt onderschat bij aanwezigheid van 'staldieren'.
- De KringloopWijzer beperkt zich wat betreft N en P hoofdzakelijk tot verliezen en benuttingen binnen de grenzen van het bedrijf. Door emissies die buiten het bedrijf plaatsvinden niet in de beschouwing te betrekken, kan bij een vergelijking van bedrijven echter een scheef beeld ontstaan. Dit geldt met name voor emissies waarvoor niet de lokale milieubelasting relevant is (nitraat en ammonium, fosfaat, ammoniak), maar de mondiale belasting, te weten de emissie van CO₂-equivalenten. Daarom wordt de broeikasgasemissie die het gevolg is van een aantal productiemiddelen van buiten (kunstmest, aangekochte voedermiddelen, energie) ook door de KringloopWijzer in beeld gebracht.

-
- Door het zelf produceren van energie op het melkveebedrijf via zonnepanelen, windmolens en/of mestvergisting kan de CO₂ emissie als gevolg van direct energiegebruik fors afnemen. Zeker bij windmolens en mestvergistingsinstallaties kan sprake zijn van een netto productie van energie in plaats van gebruik. De huidige registratie in de KringloopWijzer houdt nog geen rekening met de productie van duurzame energie op het melkveebedrijf en/of de aankoop van duurzame energie. Er wordt nog gewerkt aan een praktisch toepasbare registratie om het effect van duurzame energieproductie en –gebruik op de CO₂ emissie in beeld te brengen.
 - Wat betreft de (effectieve) organische stof balans dient nog het volgende te worden opgemerkt. Als vuistregel wordt wel aangenomen dat het saldo 1250-2500 kg effectieve organische stof per ha per jaar moet bedragen. Hieraan ligt het idee ten grondslag dat een liter bodem circa 1300 gram weegt, de bouwvoor 25-30 cm dik is, een bodem 2-3% min of meer stabiele organische stof bevat en hiervan jaarlijks circa 2% afbreekt (Kortleven, 1963). Omdat onder die vuistregel veel aannames liggen betekent dat ook dat een saldo lager dan 1250-2500 kg per ha niet per se wijst op een daling van het organische stof gehalte van de bodem. Evenzo wijst een saldo groter dan 1250-2500 kg per ha niet zonder meer op een stijging van het organische stofgehalte. Idealiter dient de benodigde aanvulling die nodig is om het organische stof gehalte op een zeker peil te houden niet op basis van genoemde vuistregel bepaald te worden, maar bedrijfsspecifiek te worden vastgesteld als functie van het gewenste gehalte. Deze behoefte kan vervolgens worden geconfronteerd met de realisatie van waaruit tenslotte kan worden afgeleid of het organische stof gehalte tot dalen dan wel tot stijgen neigt. De uitkomst hiervan kan een aanleiding zijn om de bodem (opnieuw) te bemonsteren. Ook dan is waakzaamheid geboden omdat een juiste bemonstering lastig is in verband met dichtheidsverandering van de bodem, bemonsteringsdiepte in relatie tot gewijzigde grondbewerkingsmethoden, en contaminatie van diepere bodemlagen met bodemmateriaal uit hoger gelegen lagen tijdens de monsternamen. Pas als herhaalde, meerjarige analyses systematisch in een bepaalde richting wijzen kan ook met zekerheid iets beweerd worden over het lot van N en P die aan de organische stof gebonden zijn.
 - Voor wat betreft de bijdrage aan de organische stof voorziening per kg mest-N of per kubieke meter mest, worden slechts drie soorten mest onderscheiden. De gehanteerde waarden zijn voor wat betreft graasdiermest en niet-graasdiermest ontleend aan de karakteristieken van dunne mesten. Omdat vaste mesten per kg N en per kubieke meter veel meer C bevatten, onderschat de KringloopWijzer vooral nog de organische stof voorziening bij gebruik van vaste mest.

Literatuur

- Anonymus, 2009. Milieubalans. Planbureau voor de Leefomgeving. Bilthoven, 248 pp.
- Anonymus, 2013. www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0189-Vermestende-depositie.html?i=14-66.
- Anonymus, 2014. <http://www.soilquality.org.au/factsheets/organic-carbon>.
- Anonymus, 2015a. Tabel 5 Forfaitaire stikstof- en fosfaatgehalten in dierlijke mest 2015-2017. <http://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mest-en-grond/mest/tabellen-en-publicaties/tabellen-en-normen>.
- Anonymus, 2015b. <http://www.infomil.nl/onderwerpen/landbouwtuinbouw/ammoniak/rav/stalbeschrijvingen>.
- Anonymus, 2016. Aanvullende gegevens agrarische ondernemer. <http://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mest-en-grond/mest/administratie-en-registratie/aanvullende-gegevens-landbouwer>.
- Berry, P.M., R. Sylvester-Bradley, L. Philipps, D.J. Hatch, S.P. Cuttle, F.W. Rayns & P. Gosling, 2002. Is the productivity of organic farms restricted by the supply of available nitrogen? *Soil Use and Management* 18: 248-255.
- Bouwman, A.F., 1996. Direct emission of nitrous oxide from agricultural soils. *Nutrient Cycling in Agro-ecosystems* 46 (1): 53-70.
- Conijn J.G., 2004. Nfate: a N flux model for grassland resowing and grass-arable rotations. In: A. Lüscher, B. Jeangros, W. Kessler, O. Huguenin, M. Lobsiger, N. Millar & D. Suter (eds.). *Land Use Systems in Grassland Dominated Regions. Proceedings of the 20th General Meeting of the European Grassland Federation, Grassland Science in Europe, Volume 9, Luzern, Switzerland, 21-24 June 2004*. 541-543.
- Conijn, J.G. & F. Taube (eds.), 2004. *Grassland resowing and grass-arable crop rotations. Consequences for performance and environment. Second workshop of the EGF-Working Group 'Grassland Resowing and Grass-arable Rotations', Kiel, Germany, 27-28 February 2003*. Wageningen, Plant Research International, report 80, 78 pp.
- CBGV, 2016. www.bemestingsadvies.nl.
- CVB, 2004. Veevoedertabel, gegevens over chemische samenstelling, verteerbaarheid en voederwaarde van voedermiddelen.
- CVB, 2006. Handleiding Voederwaardeberekening ruwvoerders, richtlijnen voor de bemonstering van ruwvoerders en vochtrijke krachtvoerders en voor de berekening van de voederwaarde voor herkauwers en paarden.
- CVB, 2010. Tabellenboek Veevoeding 2010. Voedernormen landbouwhuisdieren en voederwaarde veevoerders. CVB-reeks nr. 49. Productschap Veevoerders, Den Haag.
- CVB, 2011. Feed Table 2011 volgens <http://www.cvbdiervoeding.nl/pagina/10081/downloads.aspx>.
- De Haan, J.J. & W. van Geel, 2013. Kiezen uit Gehalten III, data base PPO. PPO-AGV Lelystad; <http://www.kennisakker.nl/kenniscentrum/handleidingen/adviesbasis-voor-de-bemesting-van-akkerbouwgewassen-mineralengehalten>.
- Den Boer, D.J., J.A. Reijneveld, J.J. Schröder & J.C. Curth-van Middelkoop, 2012. Mestsamenstelling in Adviesbasis Bemesting Grasland en Voedergewassen. Rapport 1, Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen, Lelystad, 24 pp.
- Dewes, T., 1995. Nitrogen losses from manure heaps. *Biological Agriculture and Horticulture* 11, 309-317.
- Elgersma, A. & J. Hassink, 1997. Effects of white clover (*Trifolium repens* L.) on plant and soil nitrogen and soil organic matter in mixtures with perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Plant and Soil* 197, 177-186.
- Evers, A., B. Bosma, J. Heeres, H. Luesink, E. Schuiling & I. Vermeij. 2011. Update kengetallen voor WUM. Wageningen UR Livestock Research, Rapport 276.
- Fraters, B., T.C. van Leeuwen, A. Hooijboer, M.W. Hoogeveen, L.J.M. Boumans & J.W. Reijs, 2012. De uitspoeling van het stikstofoverschot naar grond- en oppervlaktewater op landbouwbedrijven: Herberekening van uitspoelfracties. Rapport 680716006. RIVM, Bilthoven, 33 pp.

- IEA, 2012. CO₂ emissions from fuel combustion (2012 Edition), International Energy Agency, Paris.
- IPCC, 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>.
- IPCC, 2015. Fifth Assessment Report. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full.pdf.
- Jensen, T.K. & G. Kongshaug, 2003. Energy consumption and greenhouse gas emissions in fertiliser production. Proceedings No 509, International Fertiliser Society, York, United Kingdom, 28 pp.
- Kemme, P., G. Smolders & J. van der Klis, 2005a. Schatting van de uitscheiding van N en P door paarden en pony's en ezels. Rapport 05/101614, ASG, Wageningen UR.
- Kemme, P., J. Heeres-van der Tol, G. Smolders, H. Valk & J. van der Klis, 2005b. Schatting van de uitscheiding van N en P door diverse categoriën graasdieren. Rapport 05/100653, ASG, Wageningen UR.
- Kenniscentrum Infomil <http://www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw-tuinbouw/ammoniak-en/regeling-ammoniak/stalbeschrijvingen/map-staltypen/hoofdcategorie>.
- Kirkby, C.A., J.A. Kirkegaard, A.E. Richardson, L.J. Wade, C. Blanchard & G. Batten, 2011. Stable soil organic matter: A comparison of C:N:P:S ratios in Australian and other world soils. *Geoderma* 163, 197-208.
- Kortleven, J., 1963. Kwantitatieve aspecten van humusopbouw en humusafbraak. Wageningen, 109 pp.
- Kuikman, P.J., J.J.H. van den Akker & F. de Vries, 2005. Lachgasemissie uit organische landbouwbodems. Alterra rapport 1035-2, Alterra, Wageningen, The Netherlands.
- Moerkerken, A., T. Gerlagh, G. de Jong & D. Verhoog, 2011. Energie- en klimaatmonitor Agrosectoren 2011. Utrecht: Agentschap NL.
- Mosquera, J. & A. Hol, 2012. Emissiefactoren methaan, lachgas en PM_{2,5} voor stalsystemen, inclusief toelichting. Wageningen UR Livestock Research rapport 496.
- NIR, 2014. National Inventory Report, The Netherlands. RIVM Report 680355016/2014, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Bilthoven, 275 pp.
- Oenema, J., G.H. Hilhorst, L. Šebek & H.F.M. Aarts, 2011. Bedrijfsspecifieke fosfaatgebruiksnormen (BEP): onderbouwing en verkenning in de praktijk, Rapport 400, Plant Research International, Wageningen, 20 pp.
- Rotz, C.A., 2004. Management to reduce nitrogen losses in animal production. *Am. Soc. Animal Sci.* 82: 119-137.
- Schils, R.L.M., Th.V. Vellinga & T. Kraak, 2001. Dry-matter yield and herbage quality of a perennial ryegrass/white clover sward in a rotational grazing and cutting system. *Grass and Forage Science* 54, 19-29.
- Schils, R.L.M., 2002. White clover utilisation on dairy farms in the Netherlands. PhD Thesis. Wageningen University, Wageningen, 149 pp.
- Schröder, J.J., L. ten Holte & B.H. Janssen, 1997. Non-overwintering cover crops: a significant source of N. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 45: 231-248.
- Schröder, J.J., J.W. Steenhuizen, A.G. Jansen, B. Fraters & A. Siepel, 2003. Opbrengst, mineralenverlies en bodemvruchtbaarheid van een biologisch akkerbouwbedrijf in relatie tot bemestingniveaus. Resultaten van het ecologisch proefbedrijf Dr H.J. Lovinkhoeve 1996-2002. Rapport 69, Wageningen UR-PRI, Wageningen, 46 pp. <http://edepot.wur.nl/27804>
- 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, 2007. Permissible manure and fertilizer use in dairy farming systems on sandy soils in The Netherlands to comply with the Nitrates Directive target. *European Journal of Agronomy* 27, 102-114.
- Schröder, J.J., F. de Buissonjé, G. Kasper, N. Verdoes & J. Verloop, 2009. Mestscheiding: relaties tussen techniek, kosten, milieu en landbouwkundige waarde. Rapport 287, Plant Research International, Wageningen, 36 pp.
- Schröder, J.J., J.J. de Haan, J.R. van der Schoot, 2015. Verkenning van equivalente maatregelen met het WOG 2.0 rekenmodel. Rapport 638, PRI/PPO-Wageningen UR, 44 pp.
- Schröder, J.J., L.B. Šebek, J.W. Reijs, J. Oenema, R.M.A. Goselink, J.G. Conijn & J. de Boer, 2016. Rekenregels van de KringloopWijzer Achtergronden van BEX, BEA, BEN, BEP en BEC: actualisatie van de 4 maart 2014 versie. PRI rapport 640, Wageningen UR, 103 pp.

-
- Šebek, L., 2008. Notitie evaluatie 'Handreiking bedrijfsspecifieke excretie melkvee' 2006 en 2007, Notitie tbv EL&I, juni 2008.
- Smits, M.C.J. & J.W.H. Huis in 't Veld, 2007. Ammonia emission from cow houses within the Dutch 'Cows & Opportunities' project. In: Ammonia emissions in agriculture, Wageningen. Wageningen Academic Publishers, p119-120. International Conference on Ammonia in Agriculture: Policy, Science, Control and Implementation, Wageningen 2007. 2007-03-19/2007-03-21.
- Tamminga, S., F. Aarts, A. Bannink, O. Oenema & G.J. Monteny, 2004. Actualisering van geschatte N en P excreties door rundvee. Reeks Milieu en Landelijk gebied 25, Alterra, Wageningen UR, 48 pp.
- Thomsen, I.K., 2001. Recovery of nitrogen from composted and anaerobically stored manure labelled with ^{15}N . *European Journal of Agronomy* 15: 31-41.
- Timmer, R.D., G.W. Korthals & L.P.G. Molendijk, 2004. Teelthandleiding groenbemesters. PPO-AGV Lelystad; <http://www.kennisakker.nl/kenniscentrum/handleidingen/teelthandleiding-groenbemesters-bijlage-organische-stof>.
- Van Dijk, W., T.B. Hofman, K. Nijssen, H. Everts, A.P. Wouters, J.G. Lamers, J. Alblas & J. van Bezooijen, 1996. Effecten van maïs-gras Vruchtwisseling. Verslag Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond No. 217: 140 pp. (In Dutch).
- Van Kekem, A.J., 2004. Veengronden en stikstofleverend vermogen. Alterra rapport 965, Alterra, Wageningen, 52 pp.
- Van Schooten, H.A. & C.A. van Dongen, 2007. Dichtheidsbepaling maïs en graskuilen met boormonsters. Rapport 64, Animal Science Group, Lelystad, 23 pp.
- Vellinga, T.V., H. Blonk, M. Marinussen, W.J. van Zeist & I.J.M. de Boer, 2013. Methodology used in feedprint: a tool quantifying greenhouse gas emissions of feed production and utilization. Wageningen UR Livestock Research and Blonk Consultants. Wageningen Livestock Research Report 674, March 2013. <http://edepot.wur.nl/254098>.
- Bruggen, C. van, A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, H.H. Luesink, S.V. Oude Voshaar, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk, 2017. Emissies naar lucht uit de landbouw in 2015. Berekeningen met het model NEMA. Wageningen, WOT Natuur & Milieu, WOT-technical report (in voorbereiding).
- Velthof, G.L. & O. Oenema, 2001. Effects of ageing and cultivation of grassland on soil nitrogen. Report 399, Alterra.
- Velthof, G.L. & J. Mosquera, 2011. Calculation of nitrous oxide emission from agriculture in the Netherlands. Update of emission factors and leaching fraction. Wageningen, Alterra. Alterra report 2151, 66 p.
- Velthof, G.L., A.B. Brader & O. Oenema, 1996. Seasonal variations in nitrous oxide losses from managed grasslands in the Netherlands. *Plant and Soil* 181: 263-274.
- Velthof, G.L., C. van Bruggen, C.M. Groenestein, B.J. de Haan, M.W. Hoogeveen & J.F.M. Huijsmans, 2009. Methodiek voor berekening van ammoniakemissie uit de landbouw in Nederland, Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOT-rapport 70. 180 pp.
- Velthof, G.L., C. van Bruggen, C.M. Groenestein, B.J. de Haan, M.W. Hoogeveen & J.F.M. Huijsmans, 2012. A model for inventory of ammonia emissions from agriculture in the Netherlands. *Atmospheric Environment* 46, 248 - 255.
- Vertregt, N. & B. Rutgers, 1987. Ammoniak-emissie uit grasland. Verslag nr. 65, Nederlands Zure Regenprogramma rapport 64-I, CABO, Wageningen, 23 pp.
- Zeeman, G., 1994. Methane production and emission in storages for animal manure. *Fertilizer Research* 37, 207-211.

Bijlage 1 Acronymenlijst

Indeling naar thema

Algemene bedrijfsaspecten

N:	Stikstof
P:	Fosfor
NO ₃ :	Nitraat
N ₂ O	Lachgas
PO ₄ :	Fosfaat
NO _x :	Stikstofoxide
CO ₂ :	Kooldioxyde
CH ₄ :	Methaan
NH ₃ :	Ammoniak
NH ₄ :	Ammonium
EF:	Emissiefactor, %
TO:	Totale bedrijfsoppervlakte, ha
GO:	Totale oppervlakte grasland, ha
BO:	Totale oppervlakte bouwland inclusief snijmaïs, ha
SO	oppervlakte snijmaïs, ha
ORO	oppervlakte overige akkerbouwmatige ruwvoerders
AMO	oppervlakte akkerbouwgewassen voor de markt, niet ruwvoer, ha
WGO:	oppervlakte grasland in wisselbouw (= afwisseling van bouwland en grasland), ha
WBO:	oppervlakte bouwland in wisselbouw (= afwisseling van bouwland en grasland), ha
ESG	verschil in stalmestgift (kg N/ha grasland) tussen grasland in continueelt en grasland in wisselbouw
ESB	verschil in stalmestgift (kg N/ha bouwland) tussen bouwland in continueelt en bouwland in wisselbouw
EKG	verschil in kunstmestgift (kg N/ha grasland) tussen grasland in continueelt en grasland in wisselbouw
EKB	verschil in kunstmestgift (kg N/ha bouwland) tussen bouwland in continueelt en bouwland in wisselbouw
Factor_aankoop_mutatie	verhouding tussen BEX-gebaseerde P-opname en P-opname volgens opgave
BEX_Popn_gksm_mlk	P opname melkvee uit graskuil en snijmaïs
BEX_Popn_gksm_ovg	P opname overige graasdieren uit graskuil en snijmaïs
Voorraad_Pverbr_gksm	P-verbruik berekend uit opgegeven voorraden (begin + aanleg – eind)
PcVoerververliesRuwvoer	percentage vervoederingsverlies van ruwvoer

Dier

NEB:	Negatieve Energie Balans
FPCM:	Voor vet- en eiwitgehalte gecorrigeerde melkproductie
GEW:	Levend Gewicht
DS:	Droge Stof
RE:	Ruw Eiwit
VRE:	Verteerbaar Ruw Eiwit
VEM:	Voedereenheden Melk
RAS:	Ruw As
VC:	Verteringscoëfficiënt, g/g
TKT:	Tussen Kalf Tijd

Organische stof

EOS	kg effectieve organische stof (OS), de organische stof die 12 maanden na toediening resteert in de bodem, kg (E)OS per ha
HC	humificatiecoëfficiënt, fractie van organische stof (OS) die 12 maanden na toediening resteert in de bodem, kg OS per kg OS
OS/N	kg N per kg OS
EOSAan1	EOS in de vorm van weidemest, kg OS/ha
EOSAan2	EOS in de vorm van stalrest (inclusief voerrest), kg OS/ha
EOSAan6	EOS in de vorm van beweidings- en maaiverliezen, kg OS/ha
EOSAan7	EOS in de vorm van gewasresten, kg OS/ha
EOSAan8	EOS in de vorm van vanggewassen en groenbemesters, kg OS/ha
HC _{mest}	HC van mest
HC _{versgewas}	HC van vers gewas w.o. ook de voerresten
HC _{gewasresten}	HC van gewasresten
OS/N _{mest}	OS/N van mest
OS/N _{voerrest}	OS/N van voerresten (w.o. ruwvoer, bijproducten en krachtvoer)
EOSAan2 _{pure_mest}	Effectieve organische stof in de vorm van voerrest-loze mest
EOSAan2 _{voerrest}	Effectieve organische stof in de vorm van de voerrest
OS/N _{teeltgras}	OS/N in beweidings- en maaiverliezen
OS/N _{teeltmais}	OS/N in oogstverliezen bij mais
FV:	Fractie van maisland (SO) waarop vanggewas is ingezaaid (ha)
FG:	Fractie van niet-maisland (BO – SO) waarop groenbemester is ingezaaid (ha)

Bodemstikstof

N:	Stikstof
P:	Fosfor
NO ₃ :	Nitraat
Af1 _{maai gras} :	Netto afgevoerde N in de vorm van kuilgras of vers stalvoergras, kg N per ha grasland
Af1 _{weide} :	Netto opgenomen N in de vorm van door dier opgenomen weidegras, kg N per ha grasland
Af1 _{mais} :	Netto afgevoerde N in de vorm van mais, kg N per ha maisland
Af1 _{overigruwvoer} :	Netto afgevoerde N in de vorm van overig ruwvoer, kg N per ha overig ruwvoer
Af1 _{marktakkerbouw} :	Netto afgevoerde N in de vorm van marktbaar akkerbouwgewassen, kg N per ha marktbaar akkerbouwgewassen
Af3 _{maai gras} :	Maaiverliezen bij winning van kuilgras of vers stalvoergras, kg N per ha grasland
Af3 _{weide} :	Beweidingsverliezen in beweid gras, kg N per ha grasland
Af3 _{mais} :	Oogstverliezen bij mais, kg N per ha maisland
Af3 _{overigruwvoer} :	Oogstverliezen bij overig ruwvoer (luzerne), kg N per ha overig ruwvoer
Af3 _{marktakkerbouw} :	Oogstverliezen bij marktbaar akkerbouwgewassen, kg N per ha marktbaar akkerbouwgewassen
NOP _{weide} :	N door dier opgenomen via beweiding, kg N

NOP _{maigras} :	N door dier opgenomen in de vorm van vers gras of kuilgras, kg N
NOP _{maiskuil} :	N door dier opgenomen in de vorm van snijmais, kg N
NOP _{maigras_eigenland} :	N door dier opgenomen in de vorm van vers gras of kuilgras van eigen land, kg N
NOP _{maigras_aangekocht} :	N door dier opgenomen in de vorm van aangekocht vers gras of kuilgras, kg N
NOP _{overigruwvoer_eigenland} :	N door dier opgenomen in de vorm van overig ruwvoer van eigen land, kg N
NOP _{overigruwvoer_aangekocht} :	N door dier opgenomen in de vorm van aangekocht overig ruwvoer, kg N
NAAN _{maigras_eigenland} :	N aan dier op stal aangeboden in de vorm van vers gras of kuilgras van eigen land, kg N
NAAN _{overigruwvoer_eigenland} :	N aan dier op stal aangeboden in de vorm van overig ruwvoer van eigen land, kg N
NDAM _{maigras} :	N via dam afgevoerd in de vorm van vers gras of kuilgras van eigen land, kg N
NOP _{mais_eigenland} :	N door dier opgenomen in de vorm van maïskuil van eigen land, kg N
NOP _{mais_aangekocht} :	N door dier opgenomen in de vorm van aangekochte maïskuil, kg N
NAAN _{mais_eigenland} :	N aan dier op stal aangeboden in de vorm van maïskuil van eigen land, kg N
NDAM _{mais} :	N via dam afgevoerd in de vorm van maïskuil van eigen land, kg N
NDAM _{overigruwvoer} :	N via dam afgevoerd in de vorm van overig ruwvoer van eigen land, kg N
Afn _{grasland} :	Afvoerterm n op de N-balans van grasland, kg N per ha
Afn _{mais} :	Afvoerterm n op de N-balans van oppervlakte met maisland, kg N per ha
Afn _{overigruwvoer} :	Afvoerterm n op de N-balans van oppervlakte met overige ruwvoergewassen, kg N per ha
Afn _{marktakkerbouw} :	Afvoerterm n op de N-balans van oppervlakte met marktbaar akkerbouwgewassen, kg N per ha
Aann _{grasland} :	Aanvoerterm n op de N-balans van grasland, kg N per ha
Aann _{mais} :	Aanvoerterm n op de N-balans van oppervlakte met maisland, kg N per ha
Aann _{overigruwvoer} :	Aanvoerterm n op de N-balans van oppervlakte met overige ruwvoergewassen, kg N per ha
Aann _{marktakkerbouw} :	Aanvoerterm n op de N-balans van oppervlakte met marktbaar akkerbouwgewassen, kg N per ha
YHn:	Opbrengst van hoofdproduct van marktbaar akkerbouwgewas n, ton vers per ha
YBn:	Opbrengst van bijproduct van marktbaar akkerbouwgewas n, ton vers per ha
CNHn:	N gehalte van hoofdproduct van marktbaar akkerbouwgewas n, kg N per ton vers
CNBn:	N gehalte van bijproduct van marktbaar akkerbouwgewas n, kg N per ton vers
CPHn:	P gehalte van hoofdproduct van marktbaar akkerbouwgewas n, kg N per ton vers
CPBn:	P gehalte van bijproduct van marktbaar akkerbouwgewas n, kg N per ton vers
UF:	Uitspoelingsfractie, kg N/kg N
NO:	Neerslagoverschot, mm
Gt:	Grondwatertrap, -

Lachgas

N ₂ O	Lachgas
EF(vol):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. vervluchtigde en elders gedeponeerde N, kg/kg
EF(lea):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. uitgespoelde N, kg/kg
EF(cf):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. gebruik kunstmest-N, kg/kg
EF(of):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. gebruik van 'stal'mest, kg/kg
EF(an):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. gebruik van weidemest, kg/kg
EF(cl):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. de aanwezigheid van gras-klavers, kg/kg
EF(cr):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. gewasresten, onder te ploegen nateelten, maai-, beweidings- en oogstverliezen en nieuwe graszodes, kg/kg
EF(pt):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. de aanwezigheid van veengrond, kg/kg
EF(s):	Emissiefactor voor lachgas uit mestopslag volgens opslagsysteem S, kg/kg
N ₂ Oem(vol):	Emissie van lachgas a.g.v. vervluchtigde en elders gedeponeerde N, kg N
N ₂ Oem(lea):	Emissie van lachgas a.g.v. uitgespoelde N, kg N
N ₂ Oem(cf):	Emissie van lachgas a.g.v. kunstmest-N, kg N
N ₂ Oem(of):	Emissie van lachgas a.g.v. organische mest-N in de vorm van 'stal'mest, kg N
N ₂ Oem(an):	Emissie van lachgas a.g.v. organische mest-N in de vorm van weidemest, kg N
N ₂ Oem(cl):	Emissie van lachgas a.g.v. de aanwezigheid van grasklavers, kg N
N ₂ Oem(cr):	Emissie van lachgas a.g.v. gewasresten, onder te ploegen nateelten, maai-, beweidings- en oogstverliezen en nieuwe graszodes, kg N
N ₂ Oem(pt):	Emissie van lachgas a.g.v. de aanwezigheid van veengrond, kg N
N ₂ Oem(backgr_grassl_m):	Emissie van lachgas t.g.v. achtergrondemissie op minerale gronden, kg N
N ₂ Oem(backgr_grassl_p):	Emissie van lachgas t.g.v. achtergrondemissie op veengronden, kg N
N ₂ O _(D,mm) :	Emissie van lachgas uit opslagen van dierlijke mest, kg N ₂ O (!)
Nloss(vol):	Ammoniak-N die het bedrijf verlaat volgens BEA incl. N uit zwaden, kg
Nloss(lea):	Nitraat-N die het bedrijf als nitraat verlaat volgens BEN, kg
Nipf(cf):	Totale kunstmest-N gebruik, kg
Ninp(of):	Totale organische mestgebruik in de vorm van 'stal'mest, kg
Ninp(an):	Totale organische mestgebruik in de vorm van weidemest, kg
Ninp(cl):	Dat deel van de klaverbinding dat geacht wordt bij te dragen aan lachgasvorming, kg
Ninp(cr):	Gewasresten, onder te ploegen nateelten, maai-, beweidings- en oogstverliezen en nieuwe graszodes, kg
Ninp(pt):	Product van de hectares veengrond op het bedrijf en een standaardveenmineralisatie, kg

Ammoniak

NH ₃ :	Ammoniak
NH ₄ :	Ammonium
NEMA:	Nationaal Emissie Model voor Ammoniak
TAN:	Totaal Ammoniakale Stikstof
RAV:	Regeling Ammoniak en Veehouderij

Methaan

CH ₄ :	Methaan
CH ₄ _voer	kg methaan emissie gesommeerd voor de diverse rantsoencomponenten

CH ₄ _EFcorOpname	kg methaan emissie waarmee de emissie t.g.v. de emissie van de diverse rantsoencomponenten vermeerderd of verminderd moet worden op basis van een van een normniveau afwijkende DS opname
CH ₄ _EFbasis	kg methaan emissie als som van de gesommeerd methaan emissie voor de diverse rantsoencomponenten (CH ₄ _voer) en een correctie voor de dagelijkse drogestofopname (CH ₄ _EFcorOpname)
CH ₄ _EFrantsoen	basale methaanemissie (CH ₄ _EFbasis) gecorrigeerd voor kalveraandeel in totale melkvee-GVE som
FJK	GVE-aandeel van kalveren (0-3 mnd) in totale melkvee-GVE som
EF _(T) :	Emissiefactor voor methaan uit mestopslag voor diercategorie T, kg CH ₄ per dier
VS _(T) :	Fecesproductie van diercategorie T, kg DS per dier per dag
BO _(T) :	Potentiele methaanproductie van diercategorie T, m ³ CH ₄ per kg uitgescheiden VS
MCF _S :	Methaanconversiefactor voor mestmanagementsysteem S, kg per 100 kg
N _(T) :	Aantal dieren van categorie T
CH ₄ Mest:	Gesommeerde emissie van methaan uit mestopslagen volgens systeem S voor diercategorie T, kg CH ₄
NexcretieT:	N-excretie voor aftrek van gasvormige verliezen uit stal en opslag bij diercategorie T, kg
MS _(T,S) :	Fractie van NexcretieT volgens mestmanagementsysteem S, -
BE:	Bruto energie, MJ
Y _m :	Methaanconversiefactor, MJ / 100 MJ

Indeling volgens alfabet

Aann _{grasland} :	Aanvoerterm n op de N-balans van grasland, kg N per ha
Aann _{mais} :	Aanvoerterm n op de N-balans van oppervlakte met maisland, kg N per ha
Aann _{marktakkerbouw} :	Aanvoerterm n op de N-balans van oppervlakte met marktbaar akkerbouwgewassen, kg N per ha
Aann _{overigruwvoer} :	Aanvoerterm n op de N-balans van oppervlakte met overige ruwvoergewassen, kg N per ha
Af1 _{maigras} :	Netto afgevoerde N in de vorm van kuilgras of vers stalvoergras, kg N per ha grasland
Af1 _{mais} :	Netto afgevoerde N in de vorm van mais, kg N per ha maisland
Af1 _{marktakkerbouw} :	Netto afgevoerde N in de vorm van marktbaar akkerbouwgewassen, kg N per ha marktbaar akkerbouwgewassen
Af1 _{overigruwvoer} :	Netto afgevoerde N in de vorm van overig ruwvoer, kg N per ha overig ruwvoer
Af1 _{weide} :	Netto opgenomen N in de vorm van door dier opgenomen weidegras, kg N per ha grasland
Af3 _{maigras} :	Maaiverliezen bij winning van kuilgras of vers stalvoergras, kg N per ha grasland
Af3 _{mais} :	Oogstverliezen bij mais, kg N per ha maisland
Af3 _{marktakkerbouw} :	Oogstverliezen bij marktbaar akkerbouwgewassen, kg N per ha marktbaar akkerbouwgewassen
Af3 _{overigruwvoer} :	Oogstverliezen bij overig ruwvoer (luzerne), kg N per ha overig ruwvoer
Af3 _{weide} :	Beweidingsverliezen in beweid gras, kg N per ha grasland
Afn _{grasland} :	Afvoerterm n op de N-balans van grasland, kg N per ha
Afn _{mais} :	Afvoerterm n op de N-balans van oppervlakte met maisland, kg N per ha
Afn _{marktakkerbouw} :	Afvoerterm n op de N-balans van oppervlakte met marktbaar akkerbouwgewassen, kg N per ha
Afn _{overigruwvoer} :	Afvoerterm n op de N-balans van oppervlakte met overige ruwvoergewassen, kg N per ha
 <i>Ammoniak</i>	
AMO	oppervlakte akkerbouwgewassen voor de markt, niet ruwvoer, ha
BO _(T) :	Potentiele methaanproductie van diercategorie T, m ³ CH ₄ per kg uitgescheiden VS
BE:	Bruto energie, MJ
BEX_Popn_gksm_mlk	P opname melkvee uit graskuil en snijmais
BEX_Popn_gksm_ovg	P opname overige graasdieren uit graskuil en snijmais
BO:	Totale oppervlakte bouwland inclusief snijmais, ha
 <i>Bodemstikstof</i>	
CH ₄ :	Methaan
CH ₄ :	Methaan
CH ₄ _EFbasis	kg methaan emissie als som van de gesommeerd methaan emissie voor de diverse rantsoencomponenten (CH ₄ _voer) en een correctie voor de dagelijkse drogestofopname (CH ₄ _EFcorOpname)
CH ₄ _EFcorOpname	kg methaan emissie waarmee de emissie t.g.v. de emissie van de diverse rantsoencomponenten vermeerderd of verminderd moet worden op basis van een van een normniveau afwijkende DS opname
CH ₄ _EFrantsoen	basale methaanemissie (CH ₄ _EFbasis) gecorrigeerd voor kalveraandeel in totale melkvee-GVE som
CH ₄ _voer	kg methaan emissie gesommeerd voor de diverse rantsoencomponenten
CH ₄ Mest:	Gesommeerde emissie van methaan uit mestopslagen volgens systeem S voor diercategorie T, kg CH ₄
CNBn:	N gehalte van bijproduct van marktbaar akkerbouwgewas n, kg N per ton vers

CNHn:	N gehalte van hoofdproduct van marktbaar akkerbouwgewas n, kg N per ton vers
CO ₂ :	Kooldioxyde
CPBn:	P gehalte van bijproduct van marktbaar akkerbouwgewas n, kg N per ton vers
CPHn:	P gehalte van hoofdproduct van marktbaar akkerbouwgewas n, kg N per ton vers
<i>Dier</i>	
DS:	Droge Stof
EF(an):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. gebruik van weidemest, kg/kg
EF(cf):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. gebruik kunstmest-N, kg/kg
EF(cl):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. de aanwezigheid van gras-klavers, kg/kg
EF(cr):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. gewasresten, onder te ploegen nateelten, maai-, beweidings- en oogstverliezen en nieuwe graszodes, kg/kg
EF(lea):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. uitgespoelde N, kg/kg
EF(of):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. gebruik van 'stal'mest, kg/kg
EF(pt):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. de aanwezigheid van veengrond, kg/kg
EF _(S) :	Emissiefactor voor lachgas uit mestopslag volgens opslagsysteem S, kg/kg
EF _(T) :	Emissiefactor voor methaan uit mestopslag voor diercategorie T, kg CH ₄ per dier
EF(vol):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. vervluchtigde en elders gedeponeerde N, kg/kg
EF:	Emissiefactor, %
EKB	verschil in kunstmestgift (kg N/ha bouwland) tussen bouwland in continueelt en bouwland in wisselbouw
EKG	verschil in kunstmestgift (kg N/ha grasland) tussen grasland in continueelt en grasland in wisselbouw
EOS	kg effectieve organische stof (OS), de organische stof die 12 maanden na toediening resteert inde bodem, kg (E)OS per ha
EOSAan1	EOS in de vorm van weidemest, kg OS/ha
EOSAan2	EOS in de vorm van stalmest (inclusief voerrest), kg OS/ha
EOSAan2 _{pure_mest}	Effectieve organische stof in de vorm van voerrest-loze mest
EOSAan2 _{voerrest}	Effectieve organische stof in de vorm van de voerrest
EOSAan6	EOS in de vorm van beweidings- en maaiverliezen, kg OS/ha
EOSAan7	EOS in de vorm van gewasresten, kg OS/ha
EOSAan8	EOS in de vorm van vanggewassen en groenbemesters, kg OS/ha
ESB	verschil in stalmestgift (kg N/ha bouwland) tussen bouwland in continueelt en bouwland in wisselbouw
ESG	verschil in stalmestgift (kg N/ha grasland) tussen grasland in continueelt en grasland in wisselbouw
Factor_aankoop_mutatie	verhouding tussen BEX-gebaseerde P-opname en P-opname volgens opgave
FG:	Fractie van niet-maisland (BO – SO) waarop groenbemester is ingezaaid (ha)
FJK	GVE-aandeel van kalveren (0-3 mnd) in totale melkvee-GVE som
FPCM:	Voor vet- en eiwitgehalte gecorrigeerde melkproductie
FV:	Fractie van maisland (SO) waarop vanggewas is ingezaaid (ha)
GEW:	Levend Gewicht
GO:	Totale oppervlakte grasland, ha
Gt:	Grondwatertrap, -
HC	humificatiecoëfficiënt, fractie van organische stof (OS) die 12 maanden na toediening resteert in de bodem, kg OS per kg OS

HC _{gewasresten}	HC van gewasresten
HC _{mest}	HC van mest
HC _{versgewas}	HC van vers gewas w.o. ook de voerresten
<i>Lachgas</i>	
MCF _S :	Methaanconversiefactor voor mestmanagementsysteem S, kg per 100 kg
<i>Methaan</i>	
MS _(T,S) :	Fractie van NexcretieT volgens mestmanagementsysteem S, -
N _(T) :	Aantal dieren van categorie T
N:	Stikstof
N:	Stikstof
N ₂ O	Lachgas
N ₂ O	Lachgas
N ₂ O _(D,mm) :	Emissie van lachgas uit opslagen van dierlijke mest, kg N ₂ O (!)
N ₂ Oem(an):	Emissie van lachgas a.g.v. organische mest-N in de vorm van weidemest, kg N
N ₂ Oem(backgr_grassl_m):	Emissie van lachgas t.g.v. achtergrondemissie op minerale gronden, kg N
N ₂ Oem(backgr_grassl_p):	Emissie van lachgas t.g.v. achtergrondemissie op veengronden, kg N
N ₂ Oem(cf):	Emissie van lachgas a.g.v. kunstmest-N, kg N
N ₂ Oem(cl):	Emissie van lachgas a.g.v. de aanwezigheid van grasklavers, kg N
N ₂ Oem(cr):	Emissie van lachgas a.g.v. gewasresten, onder te ploegen nateelten, maai-, beweidings- en oogstverliezen en nieuwe graszodes, kg N
N ₂ Oem(lea):	Emissie van lachgas a.g.v. uitgespoelde N, kg N
N ₂ Oem(of):	Emissie van lachgas a.g.v. organische mest-N in de vorm van 'stal'mest, kg N
N ₂ Oem(pt):	Emissie van lachgas a.g.v. de aanwezigheid van veengrond, kg N
N ₂ Oem(vol):	Emissie van lachgas a.g.v. vervluchtigde en elders gedeponeerde N, kg N
NAAN _{maais_eigenland} :	N aan dier op stal aangeboden in de vorm van vers gras of kuilgras van eigen land, kg N
NAAN _{maais_eigenland} :	N aan dier op stal aangeboden in de vorm van maaiskuil van eigen land, kg N
NAAN _{overigruwvoer_eigenland} :	N aan dier op stal aangeboden in de vorm van overig ruwvoer van eigen land, kg N
NDAM _{maais_eigenland} :	N via dam afgevoerd in de vorm van vers gras of kuilgras van eigen land, kg N
NDAM _{maais} :	N via dam afgevoerd in de vorm van maaiskuil van eigen land, kg N
NDAM _{overigruwvoer} :	N via dam afgevoerd in de vorm van overig ruwvoer van eigen land, kg N
NEB:	Negatieve Energie Balans
NEMA:	Nationaal Emissie Model voor Ammoniak
NexcretieT:	N-excretie voor aftrek van gasvormige verliezen uit stal en opslag bij diercategorie T, kg
NH ₃ :	Ammoniak
NH ₃ :	Ammoniak
NH ₄ :	Ammonium
NH ₄ :	Ammonium
Ninp(an):	Totale organische mestgebruik in de vorm van weidemest, kg
Ninp(cl):	Dat deel van de klaverbinding dat geacht wordt bij te dragen aan lachgasvorming, kg
Ninp(of):	Totale organische mestgebruik in de vorm van 'stal'mest, kg
Ninp(pt):	Product van de hectares veengrond op het bedrijf en een standaardveenmineralisatie, kg
Nipf(cf):	Totale kunstmest-N gebruik, kg

Nipn(cr):	Gewasresten, onder te ploegen nateelten, maai-, beweidings- en oogstverliezen en nieuwe graszodes, kg
Nloss(lea):	Nitraat-N die het bedrijf als nitraat verlaat volgens BEN, kg
Nloss(vol):	Ammoniak-N die het bedrijf verlaat volgens BEA incl. N uit zwaden, kg
NO:	Neerslagoverschot, mm
NO ₃ :	Nitraat
NO ₃ :	Nitraat
NOP _{maigras} :	N door dier opgenomen in de vorm van vers gras of kuilgras, kg N
NOP _{maigras_aangekocht} :	N door dier opgenomen in de vorm van aangekocht vers gras of kuilgras, kg N
NOP _{maigras_eigenland} :	N door dier opgenomen in de vorm van vers gras of kuilgras van eigen land, kg N
NOP _{mais_aangekocht} :	N door dier opgenomen in de vorm van aangekochte maïskuil, kg N
NOP _{mais_eigenland} :	N door dier opgenomen in de vorm van maïskuil van eigen land, kg N
NOP _{maïskuil} :	N door dier opgenomen in de vorm van snijmais, kg N
NOP _{overigruwvoer_aangekocht} :	N door dier opgenomen in de vorm van aangekocht overig ruwvoer, kg N
NOP _{overigruwvoer_eigenland} :	N door dier opgenomen in de vorm van overig ruwvoer van eigen land, kg N
NOP _{weide} :	N door dier opgenomen via beweiding, kg N
NOx:	Stikstofoxide
<i>Organische stof</i>	
ORO	oppervlakte overige akkerbouwmatige ruwvoerders
OS/N	kg N per kg OS
OS/N _{mest}	OS/N van mest
OS/N _{teeltgras}	OS/N in beweidings- en maaiverliezen
OS/N _{teeltmais}	OS/N in oogstverliezen bij mais
OS/N _{voerrest}	OS/N van voerresten (w.o. ruwvoer, bijproducten en krachtvoer)
P:	Fosfor
P:	Fosfor
PcVoerververliesRuwvoer	percentage vervoederingsverlies van ruwvoer
PO ₄ :	Fosfaat
RAS:	Ruw As
RAV:	Regeling Ammoniak en Veehouderij
RE:	Ruw Eiwit
SO	oppervlakte snijmais, ha
TAN:	Totaal Ammoniakale Stikstof
TKT:	Tussen Kalf Tijd
TO:	Totale bedrijfsoppervlakte, ha
UF:	Uitspoelingsfractie, kg N/kg N
VC:	Verteringscoëfficiënt, g/g
VEM:	Voedereenheden Melk
Voorraad_Pverbr_gksm	P-verbruik berekend uit opgegeven voorraden (begin + aanleg – eind)
VRE:	Verteerbaar Ruw Eiwit
VS _(T) :	Fecesproductie van diercategorie T, kg DS per dier per dag
WBO:	oppervlakte bouwland in wisselbouw (= afwisseling van bouwland en grasland), ha
WGO:	oppervlakte grasland in wisselbouw (= afwisseling van bouwland en grasland), ha
YBn:	Opbrengst van bijproduct van marktbaar akkerbouwgewas n, ton vers per ha
YHn:	Opbrengst van hoofdproduct van marktbaar akkerbouwgewas n, ton vers per ha
Y _m :	Methaanconversiefactor, MJ / 100 MJ

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 16
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl/plant-research

Rapport 686

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.



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



Correspondentie adres voor dit rapport:
Postbus 16
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl/plant-research

Rapport 686

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

