

# ***CDM-advies 'Nitraatverliezen op grasland en maisland bij gebruik van kunstmest en runderdrijfmest'***

## **Samenvatting**

Het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) heeft de Commissie Deskundigen Meststoffenwet (CDM) advies gevraagd over de onderbouwing van het stelsel van de stikstofgebruiksnormen (Bijlage 1). Aanleiding voor de adviesaanvraag is het recentelijk verschenen rapport van H. de Boer, "Nitrate leaching from liquid cattle manure compared to synthetic fertilizer applied to grassland or silage maize in the Netherlands". In dit rapport wordt gesteld dat vervanging van rundermest door de nitraathoudende kunstmest kalkammonsalpeter (KAS) tot meer nitraatuitspoeling leidt op melkveehouderijbedrijven, vooral bij gemaaid grasland. Het ministerie vraagt de CDM aan te geven of de conclusies in voornoemd rapport voldoende zijn onderbouwd, en als dat het geval is, aan te geven wat de implicaties van de conclusies zijn voor (het stelsel van) de stikstofgebruiksnormen.

De conclusies van De Boer (2017) zijn gebaseerd op literatuurstudie en een kwalitatieve beschouwing van de mogelijke effecten van nitraat en ammonium in de kunstmest KAS en van ammonium en organisch gebonden stikstof in rundveedrijfmest op het risico van nitraatuitspoeling tijdens en na het groeiseizoen. Naar het oordeel van de CDM geeft het rapport van De Boer onvoldoende bewijs voor de stelling dat korte-termijn nitraatuitspoeling (tijdens het groeiseizoen) op gemaaid grasland hoger is bij gebruik van KAS dan bij gebruik van rundveedrijfmest. Er is ook onvoldoende bewijs geleverd voor de stelling dat vervanging van stikstof uit dierlijke mest door een equivalente hoeveelheid werkzame stikstof uit KAS tot een toename van het risico van nitraatuitspoeling leidt. De CDM onderschrijft de conclusie van De Boer (2017) dat vervanging van KAS door runderdrijfmest bij snijmaïs tot een hoger risico op nitraatuitspoeling leidt dan bemesting met enkel KAS, vooral vanwege de relatief korte stikstofopnameperiode van snijmaïs.

De Boer (2017) stelt dat nitraatuitspoeling tijdens het groeiseizoen bij gebruik van KAS waarschijnlijk wordt veroorzaakt door preferente stroming. Preferente stroming op kleigronden treedt inderdaad op en is beschreven in de literatuur. Preferente stroming via scheuren is echter niet enkel voorbehouden aan nitraat, maar gebeurt ook met ammonium, organische gebonden stikstof en fosfaat. Op zandgronden komen preferente stromingen veel minder voor dan op kleigrond. Er zijn in De Boer (2017) geen studies beschreven, waaruit blijkt dat preferent transport van nitraat tijdens het groeiseizoen een significante bijdrage levert aan de totale nitraatuitspoeling in zandgronden.

### *Conclusie:*

De stelling in het rapport van de Boer (2017) dat vervanging van runderdrijfmest door nitraathoudende kunstmest (KAS) tot meer nitraatuitspoeling leidt op melkveehouderijbedrijven is onvoldoende onderbouwd. Naar het oordeel van de CDM kunnen er aan de conclusies in het rapport van De Boer (2017) nochtans geen implicaties voor de stikstofgebruiksnormen worden verbonden.

## 1. Inleiding

Het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) heeft de Commissie Deskundigen Meststoffenwet (CDM) advies gevraagd over de onderbouwing van het stelsel van de stikstofgebruiksnormen (Bijlage 1). Aanleiding voor de adviesaanvraag is het recentelijk verschenen rapport van H. de Boer, "Nitrate leaching from liquid cattle manure compared to synthetic fertilizer applied to grassland or silage maize in the Netherlands" (Wageningen Livestock Research Report 1055). In dit rapport wordt geconcludeerd dat vervanging van runderdrijfmest door de kunstmest kalkammonsalpeter (KAS), op basis van werkzame stikstof (N), leidt tot een hogere nitraatuitspoeling op melkveehouderijen, en met name bij gemaaid grasland.

Het ministerie wil duidelijkheid krijgen over 'hoe bepaalde conclusies in het rapport van De Boer (2017) zich verhouden tot de onderbouwing van stikstofgebruiksnormen, die tot doel hebben om voldoende N aan te voeren voor de gewasbehoefte en op gebiedsniveau overschrijding van 50 milligram nitraat per liter in het grondwater te voorkomen' (de norm uit de Nitraatrichtlijn). Bij de onderbouwing van de stikstofgebruiksnormen zijn (en worden) resultaten van de modellen WOG-WOD (Schröder et al. 2007; 2015) en STONE (Wolf et al. 2003; Groenendijk et al. 2013) gebruikt. Er is gevraagd om zowel de uitspoelings- als de vervluchtigingsverliezen van stikstof te beschouwen in het advies. Het ministerie heeft de volgende vragen gesteld:

1. Zijn de conclusies in dit rapport ten aanzien van de nitraatverliezen uit kalkammonsalpeter (KAS) en runderdrijfmest voldoende onderbouwd, gelet op de agrarische praktijk in Nederland, het Nederlandse klimaat en de bepalingen van het mestbeleid?
2. Indien de conclusies wetenschappelijk voldoende onderbouwd zijn, in hoeverre kan de conclusie over de omvang van de stikstof- en nitraatverliezen bij gebruik van KAS worden doorgetrokken naar andere stikstofhoudende kunstmeststoffen?
3. Indien de conclusies wetenschappelijk voldoende onderbouwd zijn, in welke mate is er dan aanleiding om in een eventuele nieuwe derogatie meer stikstof uit runderdrijfmest toe te staan ten koste van stikstof uit KAS en in welke mate komt dit overeen met of wijkt het af van het recent uitgebrachte CDM advies over derogatie?
4. In hoeverre is het op basis van dit rapport gewenst om de op wetenschappelijke basis opgenomen aannames voor de werkingscoëfficiënten van dierlijke meststoffen en kunstmest te heroverwegen?
5. In hoeverre is er reden om op basis van dit rapport de derogatie van stikstof uit dierlijke mest op bedrijven met minstens 80% grasland gelegen op zand- en lössgronden in het midden, oosten en zuiden van Nederland gelijk te stellen aan de derogatie van stikstof uit dierlijke mest in de andere gebieden in Nederland?
6. Op welke punten geeft dit rapport aanknopingspunten voor vervolgvragen op het gebied van de inschattingen stikstof- en nitraatverliezen die duidelijkheid vereisen? En op welke wijze kan die duidelijkheid worden verkregen?

Het advies moet uiterlijk 28 november 2017 worden opgeleverd, opdat het advies kan worden meegenomen in de te maken keuzes voor de derogatie op stikstofbemesting uit dierlijke mest op landbouwgrond, in het bijzonder grasland. Deze derogatie is gekoppeld aan het zesde actieprogramma Nitraatrichtlijn.

De zes vragen worden hieronder in de Hoofdstukken 2 tot en met 7 beantwoord.

## 2. Nitraatverliezen bij gebruik van KAS en runderdrijfmest

*Zijn de conclusies in het rapport van H. de Boer ten aanzien van de nitraatverliezen uit kalkammonsalpeter (KAS) en runderdrijfmest voldoende onderbouwd, gelet op de agrarische praktijk in Nederland, het Nederlandse klimaat en de bepalingen van het mestbeleid?*

In Hoofdstuk 4 uit het rapport van De Boer (2017) worden verschillende conclusies getrokken over nitraatuitspoeling bij gebruik van KAS en runderdrijfmest. In dit hoofdstuk wordt een beoordeling gegeven van de onderbouwing van de hoofdconclusies uit het rapport van De Boer (2017). In Bijlage 2 van dit advies worden de conclusies voor de verschillende onderdelen (Leaching process and mechanisms, Cut grassland, Grazed grassland, Silage maize, Answer to the questions, Trade-offs) beoordeeld op hun onderbouwing, mede op basis van aanvullend literatuuronderzoek. De resultaten van de analyses in bijlage 2 zijn meegenomen bij de beoordeling van de hoofdconclusies hieronder.

De Boer (2017) concludeert in de samenvatting:

- *"It can be concluded that short-term nitrate leaching from LCM is in general not higher, but rather lower, than from CAN, in particular for cut grassland."*
- *"A general reduction of the manure application limit on grassland from 250 to 170 kg N ha<sup>-1</sup>, and replacement of the difference by CAN on a NFRV-basis, will increase rather than decrease nitrate leaching from Dutch dairy farming, in particular for cut grassland on drought-sensitive soils."*

De Boer (2017) concludeert in feite dat op grasland de uitspoeling van nitraat tijdens het groeiseizoen lager is bij gebruik van runderdrijfmest dan bij gebruik van KAS, en dat vervanging van runderdrijfmest door KAS, op basis van werkzame stikstof, tot een toename leidt van de nitraatuitspoeling in de melkveehouderij, met name voor gemaaid grasland op droogte gevoelige gronden.

Kalkammonsalpeter (KAS) is al vele decennia de meest gebruikte stikstofkunstmest in Nederland. KAS bestaat voor 50% uit nitraatstikstof en voor 50% uit ammoniumstikstof. De stikstof in runderdrijfmest bestaat gemiddeld voor ongeveer 50% uit organisch gebonden stikstof en voor 50% uit ammoniumstikstof. In de bodem is nitraat mobieler dan ammonium en organisch gebonden stikstof, omdat nitraat niet wordt geadsorbeerd door de bodem en ammonium wel, en omdat nitraat en ammonium in geloste vorm voorkomen en organisch gebonden stikstof vooral als vaste stof. Bij een neerslagoverschot kan nitraat direct uitspoelen naar dieper gelegen bodemlagen, ammonium kan uitspoelen nadat het genitrificeerd is (omgezet is in nitraat), en organische stikstof kan uitspoelen nadat het gemineraliseerd is (omgezet is in ammonium) en genitrificeerd is. De ammonium- en nitraatstikstof uit KAS is direct beschikbaar voor het gewas, de organisch gebonden stikstof uit dierlijke mest is pas beschikbaar nadat het gemineraliseerd is. Een deel van de organisch gebonden stikstof uit dierlijke mest komt beschikbaar tijdens het groeiseizoen (bij toediening aan het begin van het groeiseizoen); het andere deel na het groeiseizoen en in opvolgende jaren, afhankelijk van de samenstelling van de dierlijke mest en de bodemtemperatuur.

Het nitraatgehalte in het uitspoelingswater van grasland op kleigronden in Nederland voldoet gemiddeld ruim aan de nitraatnorm van 50 mg nitraat per liter (Baumann et al., 2012; Fraters et al., 2016). Graslanden op kleigronden hebben een relatief hoge productiecapaciteit en een relatief hoge denitrificatiecapaciteit. De resultante hiervan is dat er relatief weinig nitraat uitspoelt bij grasland op kleigronden, bij een stikstofaanvoer conform de huidige stikstofgebruiksnormen.

Door droogte kunnen bij kleigronden scheuren ontstaan die, na een zware regenbui, kunnen leiden tot preferent (snel) transport van zowel opgeloste en particulaire (deeltjes) stikstof en fosfaat van de bovengrond naar de ondergrond (bijlage 2). De schaal en frequentie waarmee dit optreedt (kan optreden) in de praktijk is niet bekend; wel is duidelijk dat het preferent transport van nitraat bij kleigronden in de praktijk gemiddeld genomen niet tot overschrijding van de nitraatnorm in het uitspoelingswater heeft geleid.

Het nitraatgehalte in het uitspoelingswater van grasland op zandgronden voldoet gemiddeld aan de nitraatnorm. Het nitraatgehalte in het uitspoelingswater van snijmaïs op zandgronden voldoet gemiddeld niet aan de nitraatnorm (Baumann et al., 2012; Fraters et al., 2016).

Onder zeer natte omstandigheden tijdens het groeiseizoen kan nitraat van toegediende KAS op zandgronden uitspoelen tot onder de wortelzone, afhankelijk ook van de diepte van het wortelstelsel. Resultaten van berekeningen geven aan dat de kans dat zware neerslag in het groeiseizoen optreedt, en nitraat van het oppervlak tot onder de wortelzone van grasland uitspoelt, minder is dan 1 keer per jaar (bijlage 2). De kans dat een zware neerslag samenvalt met een stikstofgift is veel minder dan 1 keer per jaar (bijlage 2). In de praktijk wordt de kunstmestgift op grasland verdeeld over vier tot meer dan zes verschillende giften, wat het risico op een hoge nitraatuitspoeling tijdens het groeiseizoen beperkt. Het risico van nitraatuitspoeling op grasland tijdens het groeiseizoen is dus gering. Onder natte omstandigheden is bovendien de nitraatafbraak door denitrificatie hoog, vooral op grasland (Bijlage 2). Een hoge denitrificatie leidt tot minder nitraatuitspoeling.

Er zijn ook geen empirische aanwijzingen dat tijdens het groeiseizoen nitraatuitspoeling tot onder de wortelzone een significant proces is bij grasland op zandgronden, vanwege transport door scheuren, macro-poriën of regenwormgangen (Bijlage 2). De kans dat tijdens het groeiseizoen uitspoeling van nitraat uit KAS optreedt tot onder de wortelzone van grasland op zandgrond is theoretisch klein en er zijn geen empirische aanwijzingen dat uitspoeling tijdens het groeiseizoen een significante bijdrage levert aan het nitraatgehalte in uitspoelingswater.

De wettelijke werkingscoëfficiënt van de stikstof in runderdrijfmest op melkveebedrijven met beweiding is 45 procent en van die op bedrijven met alleen maaien 60 procent. Bij een zelfde werkzame stikstofgift kan in theorie derhalve 1,7 keer (bedrijven met alleen maaien) en 2,2 keer (bedrijven met beweiding) meer stikstof worden toegediend met runderdrijfmest dan met KAS, aan zowel grasland als maisland. De veel hogere totale stikstofgift met runderdrijfmest dan met KAS verhoogt het risico op nitraatuitspoeling op melkveebedrijven op lange termijn (bijlage 2).

De neveneffecten en -aspecten van mogelijke veranderingen in de gift van runderdrijfmest op grasland en snijmaïs, en met name die op uit- en afspoeling van stikstof en fosfaat naar oppervlaktewater, zijn niet beschouwd in de literatuurstudie van de Boer (2017). Deze neveneffecten en -aspecten zijn wel belangrijk met betrekking tot de hoogte waarop gebruiksnormen zijn vastgesteld, om te kunnen voldoen aan waterkwaliteitseisen voor grond- en oppervlaktewater.

*Samenvattend*, de conclusies in het rapport van De Boer (2017) dat de nitraatuitspoeling op grasland tijdens het groeiseizoen hoger is bij gebruik van KAS dan bij gebruik van runderdrijfmest en dat vervanging van runderdrijfmest door KAS, op basis van werkzame stikstof, leidt tot meer nitraatuitspoeling zijn onvoldoende onderbouwd. Er kan voor zandgronden dus niet de algemene conclusie worden getrokken dat vervanging van runderdrijfmest door KAS, op basis van werkzame stikstof, tot een toename leidt van de nitraatuitspoeling.

### 3. Nitraatuitspoeling bij gebruik van andere kunstmestsoorten

*Indien de conclusies wetenschappelijk voldoende onderbouwd zijn, in hoeverre kan de conclusie over de omvang van de stikstof- en nitraatverliezen bij gebruik van KAS worden doorgetrokken naar andere stikstofhoudende kunstmeststoffen?*

Zoals aangegeven in het vorige hoofdstuk, is de kans op nitraatuitspoeling uit KAS op gemaaid grasland op zandgronden tijdens het groeiseizoen gering. Ongeveer 60% van het totale kunstmestgebruik in Nederland bestaat uit KAS (Tabel 1). Daarnaast bevatten ammoniumsulfaatsalpeter en urean (vloeibare ureummeststof) nitraat, waarvoor het risico op nitraatuitspoeling bij gebruik van deze meststoffen vergelijkbaar is met die van KAS. In totaal bevat zo'n 65 -70% van de gebruikte kunstmest in Nederland nitraat. Mogelijk is het aandeel nitraathoudende meststoffen hoger op derogatiebedrijven omdat hier geen fosfaatkunstmest, en dus geen ammoniumhoudende NP- en NPK-kunstmeststoffen, mogen worden toegepast. Nitraatuitspoeling bij ammonium- en ureumhoudende kunstmeststoffen kan na nitrificatie optreden.

*Tabel 1. Gebruik van kunstmest in Nederland (Van Bruggen et al., 2017).*

Kunstmestsoort	Verbruik <sup>2)</sup> (mln kg N)		
	2013	2014	2015
Ammoniumsulfaat	9,5	9,6	16,3
Ammoniumsulfaatsalpeter	2,3	6,0	4,6
Gemengde stikstofmeststof	8,3	11,6	13,3
Kalkammonsalpeter	145,1	125,2	156,0
Monoammoniumfosfaat	0,0	0,0	0,0
Overige NPK-, NP- en NK-meststoffen	25,6	36,1	27,4
Stikstoffosfaatkalmagnesiummeststoffen	0,8	1,0	1,0
Stikstofmagnesia	0,4	0,4	0,4
Ureum			
korrelvormig incl. ureum met nitrificatieremmer	1,9	1,1	1,6
korrelvormig met ureaseremmer	2,5	5,5	10,3
vloeibaar, oppervlakkig toegediend	20,4	18,7	17,7
vloeibaar, geïnjecteerd	7,0	6,9	7,0
vloeibaar met ureaseremmer of zuur, oppervlakkig toegediend	4,8	4,7	4,8
ureum in glastuinbouw	1,9	0,8	0,7
Totale kunstmestafzet	230,3	227,5	261,1

*Samenvattend*, het voorbehoud in vraag 2 ('indien de conclusies wetenschappelijk voldoende zijn onderbouwd') is van toepassing, want de conclusies in het rapport van De Boer (2017) zijn onvoldoende onderbouwd. In Nederland is nitraatuitspoeling uit toegediende KAS op gemaaid grasland tijdens het groeiseizoen een heel beperkt voorkomend fenomeen, omdat tijdens het groeiseizoen gemiddeld genomen een neerslagtekort aanwezig is, en omdat grasland een relatief uitgebreid wortelstelsel heeft. Dit geldt ook bij gebruik van andere nitraathoudende meststoffen in Nederland.

#### 4. Hogere derogatie voor runderdrijfmest?

*Indien de conclusies wetenschappelijk voldoende onderbouwd zijn, in welke mate is er dan aanleiding om in een eventuele nieuwe derogatie meer stikstof uit runderdrijfmest toe te staan ten koste van stikstof uit KAS?*

In het rapport van De Boer (2017) wordt gesuggereerd dat kunstmest-N in zijn algemeenheid gemakkelijker uitspoelt dan de N die aanwezig is en vrijkomt uit runderdrijfmest, en dat met name op gemaaid grasland KAS in sterkere mate door drijfmest vervangen zou kunnen worden dan thans is toegestaan. Voorwaarde daarbij is wel, zo stelt De Boer (2017) terecht, dat aan mest een correcte N-werkingscoëfficiënt wordt toegekend. Eerder in dit CDM-advies wordt beargumenteerd dat voor een grotere uitspoelbaarheid van KAS vooralsnog in zijn algemeenheid geen aanwijzingen bestaan, als KAS in de juiste hoeveelheid en op relevante tijdstippen wordt toegediend.

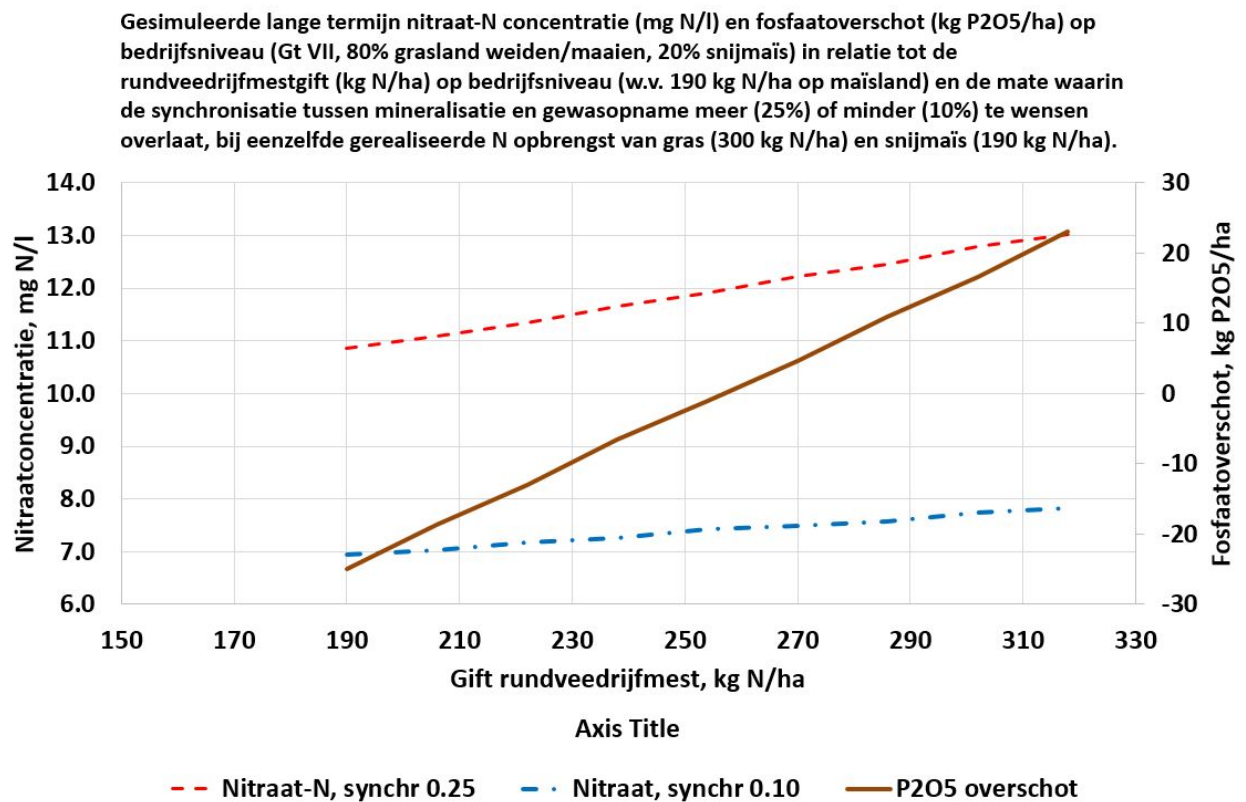
Bepalend voor N-verliezen is ook de mate waarin mineralisatie van organische N uit dierlijke mest qua tijdstip en omvang al dan niet samenvalt met de N-opname door een gewas (Myers et al., 1994; De Neve, 2017). In het rapport wordt impliciet gesuggereerd dat het aanbod van N via de mineralisatie en de vraag naar N door gras redelijk samenvallen.

Bij de onderbouwing van de huidige stikstofgebruiksnormen is gesteld dat bij snijmaïs 60% van de mineralisatie van organisch gebonden mest-N samenvalt met de periode waarin het gewas N kan opnemen en in oogstbare N kan omzetten, op basis van empirische resultaten. Bij zandgronden is aangenomen dat die snijmaïs door een geslaagd onbemest vanggewas gevolgd wordt. Bij grasland is de mate waarin mineralisatie en gewasopname samenvallen op 75% gesteld. Er wordt dus verondersteld dat 25% van de gemineraliseerde N verloren gaat omdat de N niet wordt opgenomen door een actief gewas (Schröder et al., 2007a).

Mestgiften die vanuit de nitraatdoelstelling toelaatbaar zijn, zijn afhankelijk van de waarde die aan het tekort aan synchronisatie tussen N-opname en N-mineralisatie wordt toegekend. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 1 voor situaties waarbij het gebrek aan synchronisatie 25% dan wel 10% bedraagt. Deze simulatie laat zien dat de mestgift vanuit het oogpunt van nitraatuitspoeling aanmerkelijk groter kan zijn bij een zo goed als perfecte synchronisatie. Op drogere zandgrond kan echter niet uitgesloten worden dat de grasgroei in de nazomer stagneert terwijl de mineralisatie doorgaat. Figuur 1 laat ook zien dat, bij gegeven uitgangspunten, bij giften van meer dan 250 kg mest-N per ha (op bedrijfsniveau) een P-overschot ontstaat. Dat P-overschot vormt mede een overweging bij het vaststellen van mest-kunstmestcombinaties, in het bijzonder op gronden waar de P-toestand hoog is zoals vooral in zuid, midden en oost Nederland.

Als in plaats van runderdrijfmest alleen (de door mestscheiding te verkrijgen) dunne fractie gebruikt zou worden, verruimt de N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-verhouding en neemt ook het aandeel organisch gebonden N af. In die situatie zou een groter deel van KAS inderdaad door mest vervangen kunnen worden, zonder risico van meer nitraatuitspoeling. Bedacht moet worden dat de voordelen met betrekking tot het risico op nitraatuitspoeling die De Boer (2017) toeschrijft aan het organische karakter van runderdrijfmest deels vervallen bij gebruik van een dunne fractie. Daarnaast zal ook het risico op emissie van ammoniak

toenemen naarmate een groter deel van de N in de vorm van dierlijke mest of dunne fractie gegeven wordt.



Figuur 1.

*Samenvattend*, het voorbehoud in vraag 2 ('indien de conclusies wetenschappelijk voldoende zijn onderbouwd') is van toepassing, want de conclusies in het rapport van De Boer (2017) zijn eerder hypotheses dan onderbouwde conclusies. Het risico van nitraatuitspoeling bij graasdierbedrijven op zandgronden in Nederland wordt in de praktijk vooral bepaald door de totale stikstofgift, intensiteit van beweiding, en de mate van synchronisatie van het aanbod van stikstof via mineralisatie van organisch gebonden stikstof in toegediende rundveedrijfmest en de vraag naar stikstof door gras en snijmaïs tijdens het groeiseizoen. Bij een matige synchronisatie is de nitraatuitspoeling hoger dan bij een goede synchronisatie van aanbod en vraag. Er zijn in het rapport van De Boer (2017) geen inzichten aangereikt die zouden kunnen leiden tot de aanbeveling om meer stikstof uit runderdrijfmest toe te staan ten koste van stikstof uit KAS, in een eventuele nieuwe derogatie.



## 5. Werkingscoëfficiënten

*In hoeverre is het op basis van dit rapport gewenst om de op wetenschappelijke basis opgenomen aannames voor de werkingscoëfficiënten van dierlijke meststoffen en kunstmest te heroverwegen?*

De mate waarin de N uit een meststof wordt opgenomen in oogstbaar gewas, wordt bepaald door de vermenigvuldiging van de mate waarin N uit die meststof voor een gewas in de bodem beschikbaar is als wateroplosbare minerale N ('N-werking'), de mate waarin een gewas die N uit de bodem kan opnemen ('N recovery') en de mate waarin een gewas die N in oogstbare delen investeert ('N oogstindex'). De N-werkingscoëfficiënt van dierlijke mest geeft aan wat de relatieve werking van dierlijke mest is bij een gegeven wijze en tijdstip van toediening ten opzichte van een minerale kunstmest die op een voor gewasgroei geschikt tijdstip gegeven wordt.

In Nederlands onderzoek wordt als kunstmest meestal de meest gebruikte kunstmestsoort gekozen: KAS. De 'werking' wordt afgelezen aan de meeropbrengst in de vorm van geoogste droge stof of geoogste N. Omdat het een relatieve werking ten opzichte van kunstmest-N betreft, wordt de N-werking van die kunstmest als het ware op 100 procent gesteld. Dit getal van 100% leidt soms tot verwarring als het ten onrechte geïnterpreteerd wordt als zouden gewassen in staat zijn om de N uit kunstmest voor 100% op te nemen. Tot een dergelijke benutting is zelfs een gewas met een lang groeiseizoen zoals gras niet in staat. Zodra N eenmaal voor het gewas beschikbaar is als wateroplosbare minerale N, is er in de regel geen reden om aan te nemen dat de opneembaarheid of oogstbaarheid afhangt van het feit of deze N afkomstig is van organische mest of van kunstmest. Onderzoek aan N-werkingscoëfficiënten heeft tot doel om tot een juiste landbouwkundige waardering van organische mest op de korte en lange termijn te komen.

De N-werkingscoëfficiënt zegt in principe niets over het milieukundige lot van het niet-werkzame deel. Daarvoor is aanvullend onderzoek nodig. Hoewel het hier besproken rapport (De Boer, 2017) geen overtuigend bewijs levert voor grotere uitspoelingsverliezen van kunstmest-N, is er, zelfs als dat wel zo zou zijn, geen enkele reden om anders tegen N-werkingscoëfficiënten en de wijze waarop ze berekend worden, aan te kijken. Mochten die uitspoelingsverliezen al optreden, dan worden die per definitie meegerekend bij het bepalen van de (relatieve) N-werking van organische meststoffen. De werkingscoëfficiënten die gebruikt worden voor grasland zijn gebaseerd op veldproeven waarin runderdrijfmest is vergeleken met KAS (bv. Geurink en Van der Meer, 1995; Schils en Kok, 2003; Schröder et al., 2007b). Omdat het weer en de groeiomstandigheden van jaar tot jaar kunnen wisselen, variëren de N-werkingscoëfficiënten van organische meststoffen ook. Daarom worden gemiddelde waarden van meerdere veldproeven gebruikt. Als er nitraatuitspoeling zou zijn opgetreden uit KAS gedurende het groeiseizoen, dan is dit reeds verdisconteerd in de werkingscoëfficiënten die berekend zijn uit deze proeven. Er is daarom geen reden om de huidige werkingscoëfficiënten op grond van het hier besproken rapport te heroverwegen.

*Samenvattend*, de huidige stikstofwerkingscoëfficiënten zijn afgeleid uit meerdere veldproeven. Er zijn door het rapport van De Boer (2017) geen inzichten ontstaan die zouden kunnen leiden tot de aanbeveling om de huidige stikstofwerkingscoëfficiënten van organische meststoffen en van KAS aan te passen.

## 6. Derogatie op bedrijven op zand- en lössgronden in het zuiden van Nederland

*In hoeverre is er reden om op basis van dit rapport de derogatie van stikstof uit dierlijke mest op bedrijven met minstens 80% grasland gelegen op zand- en lössgronden in het midden, oosten en zuiden van Nederland gelijk te stellen aan de derogatie van stikstof uit dierlijke mest in de andere gebieden in Nederland?*

Het onderscheid dat in het uiteindelijke 5<sup>e</sup> Actieprogramma (2014-2017) gemaakt is tussen de mest-N gebruiksnorm op zand- en lössgronden in het midden, oosten en zuiden (230 kg N/ha) en overige zand- en lössgronden (250 kg N/ha), is niet gebaseerd op voorafgaande inhoudelijke overwegingen tijdens de voorbereiding van het 5<sup>e</sup> Actieprogramma maar is tijdens de uiteindelijke onderhandelingen met Brussel als resultaat uit de bus gekomen. Mogelijk speelde daarbij een rol dat de gerapporteerde nitraatconcentraties in de zand- en lössgronden in het midden, oosten en zuiden hoger waren dan elders in Nederland (Baumann e.a., 2012).

De mestgiften zijn tijdens de voorbereiding van het 5<sup>e</sup> Actieprogramma per afzonderlijke droogteklasse verkend, maar niet expliciet voor regio's als geheel. Die verkenningen zijn uitgevoerd met het WOG-WOD model (Schröder et al., 2007a). Dat model verrekent dat 1) de N in mest niet volledig precies op tijd en in hoeveelheden beschikbaar komt op momenten dat het gewas die N kan opnemen, 2) dat de N die wel op tijd beschikbaar komt nooit geheel wordt opgenomen, en 3) dat een deel van de aangeboden maar niet-opgenomen N vervluchtigt voordat deze N het grondwater bereikt. Het model houdt geen rekening met een eventueel verschil in de mate waarin N uit kunstmest of dierlijke mest kunnen uitspoelen, zoals geopperd in het hier besproken rapport van De Boer (2017). Elders in dit CDM-advies wordt beargumenteerd dat daar ook geen onderbouwde aanleiding voor bestaat.

Op basis van actuelere inzichten over de verdeling van grasland en bouwland over de diverse droogteklassen (Groenendijk et al., 2014) kan thans een meer regio-specifieke schatting gemaakt worden van mestgiften die leiden tot hoge gewasopbrengsten maar niet tot overschrijding van de nitraatnorm in het uitspoelingswater. Daarbij kunnen ook andere uitgangspunten geactualiseerd worden zoals een gewijzigde N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-verhouding van runderdrijfmest (nu 2,67 in plaats van 2,75), gras (nu 3,2 in plaats van 3,3) en snijmaïs (nu 2,6 in plaats van 2,7) en circa 10% hogere snijmaïsoopbrengsten (Schröder & Van Middelkoop, 2016) dan indertijd (Schröder et al., 2007a). Bovendien dient rekening gehouden te worden met de gewijzigde eis ten aanzien van de verhouding tussen grasland en bouwland. Om voor derogatie in aanmerking te komen moet het grasaandeel 80% in plaats van de voordien geldende 70% bedragen. Bij verrekening van deze actualisaties laat zich voor weidende melkbedrijven op zandgronden in zuid Nederland thans met het WOG-WOD-model een mestgift van 250 kg mest-N per ha berekenen waarbij én aan het doel van 50 mg nitraat per liter én aan P-evenwichtsbemesting (fosfaatklasse neutraal) voldaan wordt. Voor zandgronden in midden en noord Nederland bedraagt die gift 260 kg mest-N per ha. Dat is meer dan de huidige gebruiksnorm dierlijke mest. De onderbouwing van de iets hogere mogelijke mestgiften staat los van de gesuggereerde wijzigingsgronden uit het rapport van De Boer (2017). Overigens bevindt zich in zuid Nederland meer dan 85% van alle landbouwgrond in de fosfaatklasse hoog (inclusief klasse 'onbekend'). Dat betekent dat daar op basis van

de fosfaatgebruiksnorm op melkveebedrijven met derogatie en 20% bouwland niet meer dan ongeveer 200 kg N per ha in de vorm van (onbewerkte) runderdrijfmest gegeven kan worden. Hoge fosfaattoestanden komen in de andere regio's in minder mate voor en daar kan meer mest worden toegediend.

*Samenvattend*, het onderscheid dat in het uiteindelijke 5e Actieprogramma (2014-2017) gemaakt is tussen de stikstofgebruiksnorm uit dierlijke mest op zand- en lössgronden in het midden, oosten en zuiden (230 kg N/ha) en overige zand- en lössgronden (250 kg N/ha), is niet gebaseerd op voorafgaande inhoudelijke overwegingen tijdens de voorbereiding van het 5e Actieprogramma, maar is het resultaat van onderhandelingen met Brussel. Resultaten van analyses en berekeningen geven aan dat weidende melkveebedrijven op zandgronden in zuid Nederland, onder de huidige omstandigheden, met een mestgift van 250 kg mest-N per ha zouden kunnen voldoen aan de nitraatdoelstelling én aan P-evenwichtsbemesting (fosfaatklasse neutraal).

## 7. Vervolg vragen

*Op welke punten geeft dit rapport aanknopingspunten voor vervolgvragen op het gebied van de inschattingen stikstof- en nitraatverliezen die duidelijkheid vereisen? En op welke wijze kan die duidelijkheid worden verkregen?*

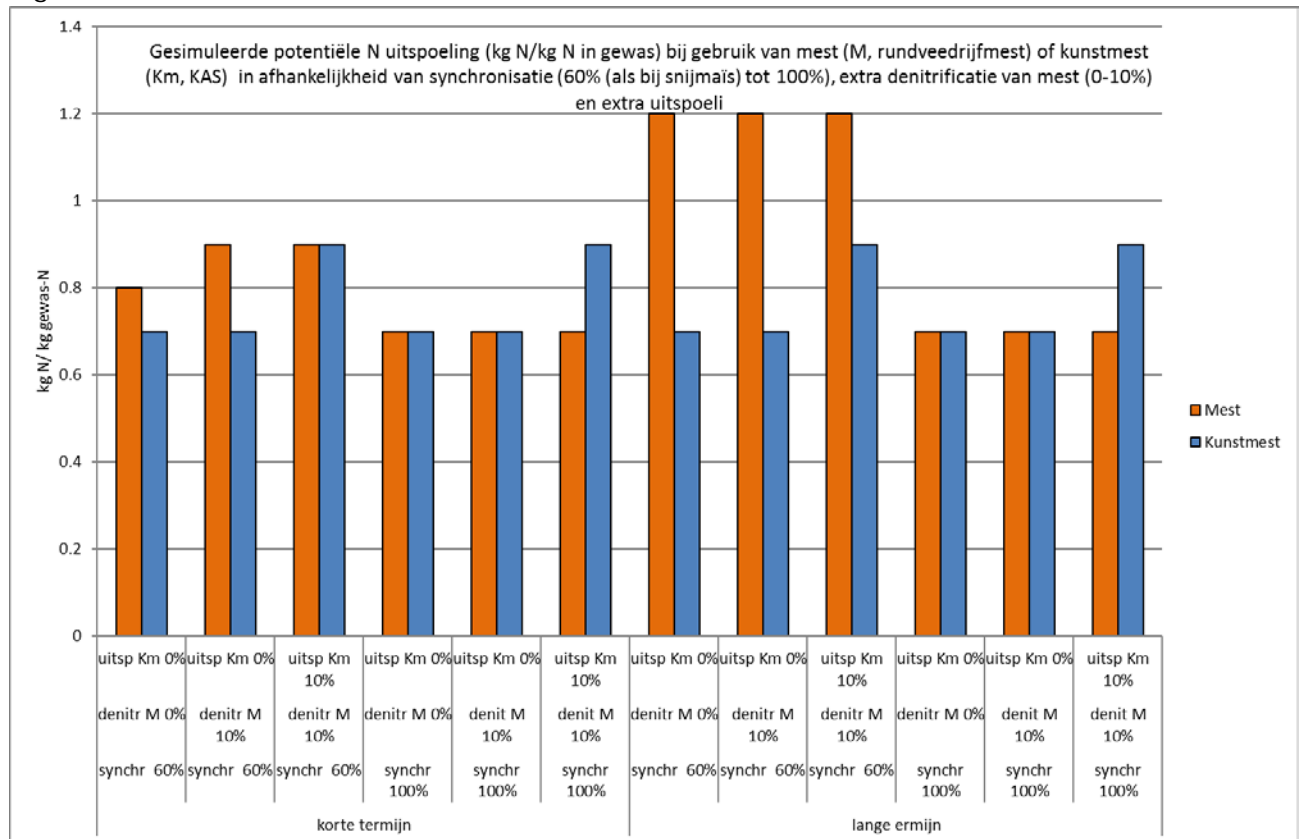
Het is een goed gebruik in de wetenschap om uitgangspunten, paradigma's en resultaten van eerder onderzoek voortdurend ter discussie te stellen. Dat geldt ook voor uitgangspunten die bepalend zijn voor het hergebruik van grondstoffen zoals dierlijke mest. Niet ter discussie staat of dierlijke mest een lagere N-werking ('NFRV, nitrogen fertilizer replacement value') heeft dan kunstmest-N (Webb et al., 2013). De vraag daarbij is wel waardoor dit komt. Onderzoek geeft aan dat de vervluchtiging van ammoniak, de voorlopige of tijdelijke ophoping van organisch gebonden N en gedeeltelijke mineralisatie buiten de periode waarin gewassen N kunnen opnemen (gevolgd door uitspoeling en/of denitrificatie), hierbij een rol kunnen spelen. Voor wat betreft dat laatste is de vraag relevant of de verhouding tussen uitspoeling en denitrificatie bij dierlijke mest verschilt van die bij kunstmest-N.

Op de vraag of tussen beide meststoffen een verschil bestaat in hun gevoeligheid voor denitrificatieverliezen geeft de literatuur geen duidelijk antwoord. Aannemende dat lachgasemissies een maat zijn voor denitrificatie, wijzen veel proeven op een iets grotere denitrificatie per kilogram toegediende N bij gebruik van dierlijke mest (Christensen, 1985; Thompson, 1989; Ellis et al., 1998; Rochette et al., 2000; Velthof et al., 2003; McGeough et al., 2012) maar andere proeven juist weer niet (Paul & Zebarth, 1997; Velthof et al., 1997; Vallego et al., 2004; Schils et al., 2008; Cameron et al., 2013). Bij een veronderstelde verhouding tussen  $N_2O$ -N en  $N_2$  producties van gemiddeld 1:10, tekent zich af dat het denitrificatieverlies per kg toegediende N bij dierlijke mest 0 tot maximaal 10 procentpunten hoger kan liggen dan bij gebruik van kunstmest. Op basis van deze informatie kan verkend worden onder welke omstandigheden het denkbaar is dat gewasproductie op basis van kunstmest-N tot een grotere N-uitspoeling leidt dan die op basis van runderdrijfmest (Figuur 2). Daaruit blijkt dat bij bemesting met dierlijke mest N-uitspoelingsrisico's alleen dan kleiner zijn bij bemesting met kunstmest-N, indien de synchronisatie perfecter is en de denitrificatieverliezen tegelijkertijd aanmerkelijk hoger zijn.

Het is daarom belangrijk om te toetsen onder welke omstandigheden die synchronisatie perfect kan zijn en onder welke omstandigheden een betekenisvolle extra denitrificatie al dan niet optreedt bij gebruik van dierlijke mest. Daarbij zou ook rekening gehouden moeten worden met de mate waarin gewassen of mestsoorten de micro-organismen in de bodem in gemakkelijk afbreekbare koolstof (substraat voor denitrificatie) voorzien (Velthof et al., 2003). De uitvoering van experimenteel onderzoek lijkt voor het beantwoorden van dit soort vragen onvermijdelijk. Dat onderzoek zal bovendien meerjarig moeten zijn omdat eerst dan een volledig beeld verkregen kan worden (Figuur 2). Het is niet waarschijnlijk dat een analyse van gegevens uit het Landelijk Meetnet Mestbeleid (LMM) een alternatief kan vormen voor dergelijk experimenteel onderzoek. De hoogte van mest- en kunstmestgiften en hun onderlinge verhouding zijn in het LMM namelijk verstrengeld met gewasaandelen en de mate waarin bodems ontwaterd zijn.

Een ander aspect is of bij N-bemesting de N in drijfmest een ander risico heeft om het oppervlaktewater te belasten dan de N in kunstmest. Dit risico kan hoger zijn op gronden met een lage infiltratiecapaciteit omdat drijfmest in tegenstelling tot kunstmest meestal in grotere hoeveelheden aan het begin of eind van het groeiseizoen wordt toegediend.

Figuur 2.



*Samenvattend*, de hypothese van de Boer (2017) dat nitraatuitspoeling op grasland bij gebruik van KAS significant hoger is dan bij gebruik van runderdrijfmest tijdens het groeiseizoen zou modelmatig en experimenteel getoetst moeten worden. Ook de hypothese dat de nitraatuitspoeling bij gebruik van KAS significant groter is dan bij gebruik van dierlijke mest, bij vergelijkbare giften werkzame stikstof en toepassing van goede landbouwpraktijk, zou getoetst moeten worden. De prioriteit van dit onderzoek zou afgewogen moeten worden tegen de noodzaak om ook andere onderzoeksvragen uit te werken en bijbehorende hypothesen te toetsen (zoals vragen over de synchronisatie van het aanbod van N uit dierlijke mest en de behoefte aan N door het gewas, en over stikstofverliezen door denitrificatie en afspoeling). Ook de effecten van mestbewerking en -verwerking op stikstofwerkingscoëfficiënten en risico's van nitraatuitspoeling en fosfaatafspoeling vragen om verdere experimentele toetsing.

## Referenties

- Baumann R.A., Hooijboer A.E.J., Vrijhoef A., Fraters B., Kotte M., Daatselaar C.H.G., Olsthoorn C.S.M. & Bosma J.N. (2012) Agricultural practice and water quality in the Netherlands in the period 1992- 2010. RIVM Report 680716008
- Berge, ten H.F.M., H.G. van der Meer, L. Carlier, T. Baan Hofman & J.J. Neeteson (2002) Limits to nitrogen use on grassland. *Environmental Pollution* 118, 225–238.
- Cameron, K.C., J.J. Di & J.L. Moir (2013). Nitrogen losses from the soil-plan system: a review. *Annals of Applied Biology* 162, 145-173.
- CDM (2017a) Advies 'Scheuren en herinzaai grasland'. 1707454/WOTN&M/JE.  
[http://www.wur.nl/upload\\_mm/5/8/0/8fedf970-f16f-4714-9d8e-30749ffda5e5\\_1707454\\_Oene%20Oenema%20bijlage%201.pdf](http://www.wur.nl/upload_mm/5/8/0/8fedf970-f16f-4714-9d8e-30749ffda5e5_1707454_Oene%20Oenema%20bijlage%201.pdf)
- CDM (2017b) Advies 'Actualisatie Bijlage I (Forfaitaire mineralengehalten in dierlijke mest) van de URM' 'Actualisatie bijlage I Uitvoeringsregeling Meststoffenwet'  
[http://www.wur.nl/upload\\_mm/0/7/7/f1755c26-990d-4f9f-aa14-07774e20e3f6\\_1716195\\_Oene%20Oenema%20bijlage%201.pdf](http://www.wur.nl/upload_mm/0/7/7/f1755c26-990d-4f9f-aa14-07774e20e3f6_1716195_Oene%20Oenema%20bijlage%201.pdf)
- Christensen, S. (1985). Denitrification in an acid soil: effects of slurry and potassium nitrate on the evolution of nitrous oxide and on nitrate reducing bacteria. *Soil Biology and Biochemistry* 17, (757-764).
- Corré WJ, Van Beek CL, & Van Groenigen JW (2014) Nitrate leaching and apparent recovery of urine-N in grassland on sandy soils in the Netherlands. *NJAS -Wageningen Journal of Life Sciences* 70, 25–32.
- Dam, van J.C., P. Groenendijk, R.F.A. Hendriks & J.G. Kroes (2008). Advances of modeling water flow in variably saturated soils with SWAP. *Vadose Zone Journal*, 7, 640-653. Available at: <http://doi.org/10.2136/vzj2007.0060>
- De Boer, H.C. (2017) Nitrate leaching from liquid cattle manure compared to synthetic fertilizer applied to grassland or silage maize in the Netherlands. Wageningen, Livestock Research, Report 1055. <http://edepot.wur.nl/425920>
- De Neve, S. (2017) Organic matter mineralization as a source of nitrogen. In: F. Tei, S. Nicola & P. Benincasa (Eds.) *Advances in research on fertilization management of vegetable crops*, Springer, 65-84.
- Dekker L.W. & Bouma J. (1984) Nitrogen leaching during sprinkler irrigation of a Dutch clay soil. *Agricultural Water Management* 9: 37-45.
- Dekker, L.W., C.J. Ritsema, O. Wendroth, N. Jarvis, K. Oostindie, W. Pohl, M. Larsson, J.P. Gaudet (1999) Moisture distributions and wetting rates of soils at experimental fields in the Netherlands, France, Sweden and Germany. *Journal of Hydrology* 215, 4-22.

- Delin, S. & L. Engström (2009). Timing of organic fertiliser application to synchronise nitrogen supply with crop demand. *Acta Agric. Scan., Soil Plan Sci.* 60: 78-88.
- Eekeren, N. van, J. Deru, H. de Boer & B. Philipsen (2011) Terug naar de graswortel Een betere nutriëntenbenutting door een intensievere en diepere beworteling. Louis Bolk Instituut.
- Ellis, S., S. Yamulki, E. Dixon, R. Harrison & S.C. Jarvis (1998). Denitrification and N<sub>2</sub>O emissions from a UK pasture soil following the early spring application of cattle slurry and mineral fertiliser. *Plant and Soil* 202, 15-25.
- Fraters B., A.E.J. Hooijboer, A. Vrijhoef, J. Claessens, M.C. Kotte, G.B.J. Rijs, A.I.M. Denneman, C. van Bruggen, C.H.G. Daatselaar, H.A.L. Begeman & J.N. Bosma (2016) Landbouwpraktijk en waterkwaliteit in Nederland; toestand (2012-2014) en trend (1992-2014) Resultaten van de monitoring voor de Nitraatrichtlijn. RIVM-Rapport 2016-0076.
- Gasser, J.K.R., Greenland, D.J., & R.A.G. Rawson (1967) Measurement of losses from fertilizer nitrogen during incubation in acid sandy soils and during subsequent growth of ryegrass using <sup>15</sup>N-labelled fertilizers. *European Journal of Soil Science* 18, 289-300.
- Geurink, J.H. & van der Meer, H.G. (1995) De stikstofwerking van verschillende soorten dunne mest bij verschillende toedieningstechnieken op grasland. Rapport 42, pp. 37. AB-DLO, Wageningen, the Netherlands.
- Gorissen, A., J.J. Schröder, O. Oenema & A.P. Whitmore (1999). Deskstudie najaarstoediening dierlijke mest op kleigronden. AB-DLO, Rapport 95, Wageningen.
- Groenendijk, P., L.V. Renaud, E.M.P.M. van Boekel, C. van der Salm en O.F. Schoumans (2013). Voorbereiding STONE2.4 op berekeningen voor de Evaluatie Meststoffenwet 2012. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2462.
- Groenendijk, P., Renaud, L. V., Schoumans, O. F., Schröder, J. J., de Koeijer, T. J., & Luesink, H. H. (2014). Vergelijking van het WOG-WOD model en het MAMBO-STONE model : berekende en gesimuleerde nitraatconcentraties in de zandgebieden. (Alterra-rapport 2549). Alterra: Alterra Wageningen UR.
- Hoekstra, N.J., J. A. Finn, D. Hofer & A. Lüscher (2014) The effect of drought and interspecific interactions on depth of water uptake in deep- and shallow-rooting grassland species as determined by <sup>18</sup>O natural abundance. *Biogeosciences*, 11, 4493–4506.
- Hooijboer, A.E.J. Hoogsteen, & M. Buis, E. (2017) Abstract number–234 Effects of crop rotation on water quality in the Netherlands: Combining the Minerals Policy Monitoring Programme and Nation-wide survey of crop data of the sandy regions of the Netherlands. LuWQ2017, Land Use and Water Quality: Effect of Agriculture on the Environment The Hague, the Netherlands, 29 May – 1 June 2017.
- IPNI (2017). Nitrification: IPNI Note 4, 4pp. [http://www.ipni.net/publication/nitrogen-en.nsf/0/7F7F448C4D064A5985257C13004C83A3/\\$FILE/NitrogenNotes-EN-04.pdf](http://www.ipni.net/publication/nitrogen-en.nsf/0/7F7F448C4D064A5985257C13004C83A3/$FILE/NitrogenNotes-EN-04.pdf)

Jarvis S.C., Sherwood J., & Steenvoorden J.H.A.M. (1987) Nitrogen losses from animal manures: from grazed pastures and from applied slurry. In: Van der Meer HG, Unwin RJ, Van Dijk TA, Ennik GC (eds) Animal manure on grassland and fodder crops. Fertilizer or waste? Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, the Netherlands, pp. 196-212.

Jones, D.L., D. Shannon, D.V. Murphy, & J. Farrar (2004) Role of dissolved organic nitrogen (DON) in soil N cycling in grassland soils. *Soil Biology & Biochemistry* 36, 749–756.

Knight, D., Elliott, P.W., Anderson, J.M., & Scholefield, D., 1992. The role of earthworms in managed, permanent pastures in Devon, England. *Soil Biology & Biochemistry* 24, 1511-1517.

Kramers G, Holden NM, Brennan F, Green S, & Richards KG (2012) Water content and soil type effects on accelerated leaching after slurry application. *Vadose Zone Journal* 11-1.

Kroes, J.G., J.C. van Dam, R.P. Bartholomeus, P. Groenendijk, M. Heinen, R.F.A. Hendriks, H.M. Mulder, I. Supit, & P.E.V. van Walsum (2017). SWAP version 4; Theory description and user manual. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Report 2780. Available at: <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/416321>

McGeough, K.L., R.J. Laughlin, C.J. Watson, C. Mueller, M. Ernfors, E. Cahalan & K.G. Richards (2012). The effect of cattle slurry in combination with nitrate and the nitrification inhibitor dicyandiamide on in situ nitrous oxidized and denitrogen emissions. *Biogeosciences* 9, 4909-4919.

Munch, J.C. & Velthof, G.L. (2007) Denitrification and agriculture. In: *Biology of the Nitrogen Cycle* / Bothe, H, Ferguson, SJ, Newton, WE, Amsterdam : Elsevier, - p. 331 - 341.

Myers, R.J.K., C.A. Palm, E. Cuevas, I.U.N., Gunatilleke & M Brossard (1994). The synchronisation of nutrient mineralisation and plant nutrient demand. In: P.J. Woomer & M.J. Swift (Eds.) *The biological management of tropical soil fertility*, Wiley, 81-116.

O'Callaghan J.R. & Flowers T.H. (1981) Nutrient uptake from pig slurry by a grass crop. In: Brogan JC (ed) *Nitrogen losses and surface run-off from landspreading of manures*. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, the Hague/Boston/London, pp. 167-177.

Paul, J.W. & B.J. Zebarth, 1997. Denitrification during the growing season following dairy cattle slurry and fertilizer application for silage corn. *Can. J. Soil Sci.*, 241-248.

Pirhofer-Walzl, K., H. Høgh-Jensen, J. Rasmussen, J. Rasmussen, K. Søgaard, & J. Eriksen (2010) 15Nitrogen uptake from shallow- versus deep-rooted plants in multi-species and monoculture grassland. In: *Grassland Science in Europe* 15, pp. 830-832.

Rochette, P., E. van Bochove, D. Prevost, D.A. Angers, D. Cote & N. Bertrand (2000). Soil carbon and nitrogen dynamics following application of pig slurry for the 19th consecutive year: II Nitrous oxide fluxes and mineral nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64, 1396-1403.



Salm, van der C, Van den Toorn, A, Cardon, WJ , & Koopmans, GF (2012) Water and Nutrient Transport on a Heavy Clay Soil in a Fluvial Plain in The Netherlands. *Journal of Environmental Quality* 41, 229-241

Salm, van der C, J. Dolfing, M. Heinen, & G.L. Velthof (2007) Estimation of nitrogen losses via denitrification from a heavy clay soil under grass Agriculture, *Ecosystems and Environment* 119, 311–319.

Schils, R.L.M. & Kok, I. (2003) Effects of cattle slurry manure management on grass yield. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 51,41–65.

Schils, R.L.M., J.W. van Groeningen, G.L. Velthof & P.J. Kuikman (2008) Nitrous oxide emissions from multiple combined applications of fertiliser and cattle slurry to grassland. *Plant and Soil* 310, 89-101.

Scholefield D, Tyson KC, Garwood EA, Armstrong AC, Hawkins J, & Stone AC (1993) Nitrate leaching from grazed grassland lysimeters: effects of fertilizer input, field drainage, age of sward and patterns of weather. *Journal of Soil Science* 44:601-613.

Schröder, J.J., W. van Dijk W & W.J.M. de Groot (1996) Effects of cover crops on the nitrogen fluxes in a silage maize production system. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 44, p. 293-315.

Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, J.C. van Middelkoop, R.L.M. Schils, G.L. Velthof, B. Fraters & W.J. Willems (2007a). 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., Uenk, D. & Hilhorst, G.J. (2007b) Long-term nitrogen fertilizer replacement value of cattle manures applied to cut grassland. *Plant and Soil*, 299,83–99.

Schröder JJ, Assinck FBT, Uenk D, Velthof GL (2010) Nitrate leaching from cut grassland as affected by the substitution of slurry with nitrogen mineral fertilizer on two soil types. *Grass and Forage Science* 65:49-57

Schröder, J.J., W. de Visser, F.B.T. Assinck & G.L. Velthof (2013). Effects of short-term nitrogen supply from livestock manures and cover crops on silage maize production and nitrate leaching. *Soil Use and Management* 29, issue 2: 151-160.

Schröder, J.J., G.D. Vermeulen, J.R. van der Schoot, W. van Dijk, J.F.M. Huijsmans, G.J.H.M. Meuffels & D.A. van der Schans (2015). Maize yields benefit from injected manure positioned in bands. *European Journal of Agronomy* 64, 29-36

Schröder, J.J. & J.C. van Middelkoop (2016). Milieukundige voetafdruk van de teelt van ruwvoergewassen. PRI-rapport 658, Wageningen University and Research, Wageningen, 48 pp.

Schröder, J.J., G. Velthof, C. van Bruggen, C. Daatselaar, T. de Koeier, H. Prins & K.J. Wolswinkel (2017). Ontwikkeling van gewasopbrengsten in relatie tot gewijzigde gebruiksnormen. Notitie t.b.v. Evaluatie Meststoffenwet 2016, Wageningen UR, 29 pp.

Schröder, J.J., J.J. de Haan & J.R. van der Schoot (2015). Meststofgebruiksruimte in relatie tot opbrengstniveaus, mestsoort en rijenbemesting; verkenning van equivalente maatregelen met het WOG 2.0 rekenmodel. Rapport 638, PPO-AGV, WUR, 44 pp.

Sørensen, P. & G.H. Rubaek (2011) Leaching of nitrate and phosphorus after autumn and spring application of separated solid animal manures to winter wheat. *Soil Use Management* 28: 1-11.

Thompson, R.B. (1989). Denitrification in slurry-treated soil: occurrence at low temperatures, relationship with soil nitrate and reduction by nitrification inhibitors. *Soil Biol. Biochem.* 21, 875-882.

Vallejo, A., J.A. Diez, L.M. Lopez-Valdivia, M.C. Cartagena, A. Tarquis & P. Hernaiz (2004). Denitrification from an irrigated soil fertilized with pig slurry under Mediterranean conditions. *Biol. Fertil. Soils* 40, 93-100.

Vanclooster, M., Boesten, J.J.T.I. (2000) Application of pesticide leaching models to the Vredepeel dataset. I. Water, solute and heat transport. *Agric. Water Mgmt.* 44, 105-117.

Van Es, H.M., J.M. Sogbedje & R.R. Schindelbeck (2006). Effect of manure application timing, crop and soil type on nitrate leaching. *J. Env. Qual.* 35(2), 670-679.

Vellinga, T.V., Van der Putten, A.H.J. & Mooi, J.M. (2001) Grassland management and nitrate leaching, a model approach. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 49, 229–253.

Velthof GL, Oenema O, Postma R & Van Beusichem ML (1997) Effect of type and amount of applied nitrogen fertilizer type on nitrous oxide fluxes from intensively managed grassland. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 46: 257-267.

Velthof, G.L., P.J. Kuikman & O. Oenema (2003) Nitrous oxide emission from animals manures applied to soil under controlled conditions. *Biol. Fertil. Soils* 37, 221-230.

Velthof, G.L., W. Bussink, W. van Dijk, P. Groenendijk, J.F.M. Huijsmans, W.A.J. van Pul, J.J. Schröder, Th.V. Vellinga & O. Oenema (2013). Protocol gebruiksvoorschriften dierlijke mest, versie 1.0. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu. Wot-rapport 120. 98 p.

Verloop, J., L.J.M. Boumans, H. van Keulen, J. Oenema, G.J. Hilhorst, H.F.M. Aarts & L.B.J. Sebek (2006) Reducing nitrate leaching to groundwater in an intensive dairy farming system. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 74:59–74.

Webb, J., P. Sørensen, G. Velthof, B. Amon, M. Pinto, L. Rodhe, E. Salomon, N. Hutchings, P. Burczyk & J. Reid (2013). An assessment of the variation of manure nitrogen efficiency throughout Europe and an appraisal of means to increase manure-N efficiency. *Advances in Agronomy*, 119: 371-442.

Wolf, J., A.H.W. Beusen, P. Groenendijk, T. Kroon, R. Rötter, & H. van Zeijts (2003). The integrated modeling system STONE for calculating nutrient emissions from agriculture in the Netherlands. *Environmental Modelling and Software* 18, 597-617.

## Bijlage 1. Adviesaanvraag

Aan Commissie Deskundigen Meststoffenwet (CDM)  
t.a.v. secretaris dr. ir. G. Velthof  
Alterra Wageningen UR  
Postbus 47  
6700 AA Wageningen

Datum: 14-11-2017

Betreft: Verzoek om advies over WUR\_WLR-rapport over nitraatverliezen RDM en KAS

Geachte leden van de CDM,

Op maandag 6 november 2017 kregen we rapport 1055 van Wageningen Livestock Research onder ogen: Boer, Herman de, October 2017. "Nitrate leaching from liquid cattle manure compared to synthetic fertilizer applied to grassland or silage maize in the Netherlands", Wageningen University & Research. Dit rapport werd opgesteld in opdracht van Stichting Mesdag ZuivelFonds.

Dit rapport roept bij ons vragen op in relatie tot de wijze van onderbouwing van het stelsel van de stikstofgebruiksnormen. Die vragen leggen we aan u voor om duidelijkheid te krijgen hoe bepaalde zaken in dit rapport zich verhouden tot uitgangspunten in de wijze waarop er inschattingen worden gemaakt van de stikstofverliezen en in het bijzonder om daarmee de nitraatverliezen in/onder de wortelzone van landbouwgewassen te duiden. Dergelijke inschattingen worden voor het mestbeleid doorgaans gedaan door middel van een modelmatige benadering met het WOGWOD-model. Dit model is ook de basis voor de berekening van de toelaatbare stikstofgebruiksnormen om op gebiedsniveau maximaal 50 milligram nitraat/liter in het grondwater te vinden. Vergelijkbare berekeningen worden ook in het STONE-model toegepast om een inschatting te maken van de stikstofverliezen naar grond- en oppervlaktewater.

### **Verzoek om advies en doel ervan:**

Wij verzoeken u om voor de Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) een advies op te stellen in relatie tot de hierboven problematiek rond het vermelde rapport. Betreffende de verliezen aan stikstof vragen we u om daarin zowel de uitspoelings- als de vervluchtigingsverliezen mee te nemen in. De volgende vragen zouden we graag beantwoord willen zien in het advies:

1. Zijn de conclusies in dit rapport ten aanzien van de nitraatverliezen uit kalkammonsalpeter (KAS) en runderdrijfmest voldoende onderbouwd, gelet op de agrarische praktijk in Nederland, het Nederlandse klimaat en de bepalingen van het mestbeleid?
2. Indien de conclusies wetenschappelijk voldoende onderbouwd zijn, in hoeverre kan de conclusie over de omvang van de stikstof- en nitraatverliezen bij gebruik van KAS worden doorgetrokken naar andere stikstofhoudende kunstmeststoffen?
3. Indien de conclusies wetenschappelijk voldoende onderbouwd zijn, in welke mate is er dan aanleiding om in een eventuele nieuwe derogatie meer stikstof uit runderdrijfmest toe te staan ten koste van stikstof uit KAS en in welke mate komt dit overeen met of wijkt het af van het recent uitgebrachte CDM advies over derogatie?
4. In hoeverre is het op basis van dit rapport gewenst om de op wetenschappelijke basis opgenomen aannames voor de werkingscoëfficiënten van dierlijke meststoffen en kunstmest te heroverwegen?

5. In hoeverre is er reden om op basis van dit rapport de derogatie van stikstof uit dierlijke mest op bedrijven met minstens 80% grasland gelegen op zand- en lössgronden in het midden, oosten en zuiden van Nederland gelijk te stellen aan de derogatie van stikstof uit dierlijke mest in de andere gebieden in Nederland?
6. Op welke punten geeft dit rapport aanknopingspunten voor vervolgvragen op het gebied van de inschattingen stikstof- en nitraatverliezen die duidelijkheid vereisen? En op welke wijze kan die duidelijkheid worden verkregen?

Het advies wordt zo spoedig mogelijk en **uiterlijk 28 november 2017** opgeleverd, zodat het advies een kan worden meegenomen in de te maken keuzes voor de derogatie op stikstofbemesting uit dierlijke mest op landbouwgrond, in het bijzonder grasland. Deze derogatie is gekoppeld aan het zesde actieprogramma Nitraatrichtlijn. Gezien het spoedeisende karakter, gaat het dus om een snelle advisering op basis van kwalitatieve overwegingen.

Richt uw uit te brengen advies aan:

- de directeur van Directie Agrokennis (DAK), dhr. ir. M.A.A.M. Berkelmans en
- de directeur van directie Plantaardige Agroketens en Voedselkwaliteit (PAV), dhr. Drs. R.P. van Brouwershaven.

Voor inhoudelijke informatie over dit verzoek kunt u contact opnemen met dhr. Ing. J. van Vliet, [j.vanvliet@minez.nl](mailto:j.vanvliet@minez.nl)

Met vriendelijke groet,

Leo Oprel (l.oprel@minez.nl)

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit  
Directie Agro- en Natuurkennis  
Postbus 20401  
2500 EK 's-GRAVENHAGE

## Bijlage 2. Nitraatuitspoeling uit KAS en runderdrijfmest

*Zijn de conclusies in het rapport van H. de Boer ten aanzien van de nitraatverliezen uit kalkammonsalpeter (KAS) en runderdrijfmest voldoende onderbouwd, gelet op de agrarische praktijk in Nederland, het Nederlandse klimaat en de bepalingen van het mestbeleid?*

In Hoofdstuk 4 uit het rapport van De Boer (2017) worden verschillende conclusies getrokken over nitraatuitspoeling bij gebruik van KAS en runderdrijfmest. In deze Bijlage worden de conclusies voor de verschillende onderdelen (Leaching process and mechanisms, Cut grassland, Grazed grassland, Silage maize, Answer to the questions, Trade-offs) beoordeeld op hun onderbouwing.

### 2.1 Leaching process and mechanisms

- *There are some fundamental differences in short- and longer term nitrate leaching risk between LCM and CAN due to a difference in N formulation. In CAN, half of the N is present as ammonium and the other half as nitrate. In LCM, half of the N is also present as ammonium but the other half as organic N.*

De in KAS aanwezige stikstof (N) bestaat voor 50% uit nitraat-N en 50% uit ammonium-N. Runderdrijfmest (LCM in het rapport van De Boer, 2017) bestaat gemiddeld uit 54% organische N en 46% ammonium-N (Bron: Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen). In de praktijk kan de verhouding tussen organische N en ammonium-N sterk variëren, afhankelijk van rantsoen, mestmanagement en ammoniakemissie.

Nitraat wordt in de meeste bodems niet geadsorbeerd en kan daardoor onder omstandigheden van een neerslagoverschot (of bij overmatige irrigatie of regenval) uitspoelen naar de ondergrond en het grondwater. Ammonium wordt geadsorbeerd aan de bodem en is daardoor minder uitspoelingsgevoelig dan nitraat. Ammonium kan als nitraat uitspoelen nadat het genitrificeerd is. Zonder gebruik van nitrificatieremmers, vindt de omzetting van ammonium in nitraat, afhankelijk van de temperatuur, binnen enkele dagen tot weken plaats in landbouwgronden (IPNI, 2017). De meeste organische N komt voor als vaste stof (deeltjes) en is daardoor ook minder uitspoelingsgevoelig. Een deel van de organische N is echter opgelost (Dissolved Organic N, DON; Jones et al., 2004) en is wel uitspoelingsgevoelig. Vaste stof organische N kan als nitraat uitspoelen nadat het gemineraliseerd (omgezet is in ammonium) en vervolgens genitrificeerd is.

De Boer (2017) gebruikt de begrippen “short-term nitrate leaching risks” en “longer term nitrate leaching risks”, zonder deze termen precies te definiëren. Gaat short-term leaching om de uitspoeling in de periode direct na stikstoftoediening, om de uitspoeling tijdens het groeiseizoen (bv. tot en met de oogst van snijmaïs), om de uitspoeling tijdens de periode van stikstofopname, of om de uitspoeling gedurende alleen het eerste jaar na het moment van mesttoediening? Is de periode waarop “short-term nitrate leaching” optreedt korter voor snijmaïs dan voor grasland? Zonder een goede definitie van de termen ‘short-term leaching risk’ en ‘longer term leaching risk’ blijft het onduidelijk wat bedoeld wordt met “some fundamental differences”.

*Samenvattend*, de in KAS aanwezige N bestaat voor 50% uit nitraat en 50% uit ammonium. De N in runderdrijfmest bestaat gemiddeld uit 53% organische N en 47% ammonium-N. Nitraat kan bij een neerslagoverschot direct uitspoelen, ammonium kan na nitrificatie als nitraat uitspoelen en organische N na mineralisatie en nitrificatie. De begrippen “korte-termijn” en “lange-termijn” uitspoeling van nitraat zijn onvoldoende uitgewerkt en onderbouwd in het rapport van De Boer (2017), waardoor onduidelijk is wat wordt bedoeld met “some fundamental differences in nitrate leaching risk”, en of die mogelijke verschillen zoden aan de dijk zetten.

- *During the growing season, nitrate is at increased risk of direct leaching by preferential flow through soil macro pores, following a period of prolonged or heavy rainfall. As half of the N in CAN is already present as nitrate, this nitrate is at immediate risk of being leached.*
- *With LCM, however, organic N has to be converted to ammonium, and from ammonium into nitrate, before leaching as nitrate can occur. Both conversions can take considerable time, during which nitrate accumulation is countered by plant N uptake. As plant uptake reduces the average nitrate concentration in soil, the nitrate leaching risk during the growing season can be smaller for LCM than CAN when applied to crops, such as grass, with ongoing N uptake during the growing season.*

Nitraatuitspoeling uit de bovengrond naar de ondergrond en grondwater treedt op als er neerwaartse waterstroom plaatsvindt, doordat de neerslag (of irrigatie) hoger is dan de verdamping door bodem en gewas (evapotranspiratie). Onder Nederlandse omstandigheden treedt dit bij grasland gemiddeld op in de periode oktober - maart en voor bouwland in de periode september - april (Figuur 2 in Velthof et al., 2013). Een groot deel van de eerder in het jaar toegediende organische stikstof is in het najaar gemineraliseerd en het ammonium is dan genitrificeerd. Afhankelijk van het toedieningstijdstip kan een deel van de toegediende stikstof aan het einde van het groeiseizoen uitspoelen. Bepalingen van de voorraad minerale N in de bodem aan het einde van het groeiseizoen, laten zien dat het grootste deel van de minerale N aanwezig is als nitraat, ongeacht of dierlijke mest of CAN is toegediend. Dat komt doordat in Nederlandse landbouwgronden nitrificatie snel verloopt tijdens het groeiseizoen.

In het groeiseizoen kan incidenteel, door hevige neerslag, nitraat uit de bovengrond uitspoelen naar diepere bodemlagen. Zolang het nitraat nog in de wortelzone aanwezig is, dan is er nog geen sprake van uitspoeling; het gewas kan de stikstof nog opnemen. In grasland, bevinden de meeste wortels zich in de bovenste 30 cm, maar afhankelijk van grondsoort, grassoort, eventuele verdichting, grondwaterstand en beheer kan grasland tot wel 80 cm diep wortelen (Hoekstra et al., 2014; Pirhofer-Walzl et al, 2010; Van Eekeren et al., 2011). Bij een bewortelingsdiepte van 30 cm moet het nitraat minimaal 30 cm diep uitspoelen om buiten bereik van graswortels te komen.

Om nitraat vanaf het bodemoppervlak (direct na toediening) door de wortelzone te kunnen spoelen is veel neerslag nodig. Als een kunstmestgift onder droge omstandigheden wordt gegeven, wanneer de vochtvoorraad in de wortelzone minimaal is, is er een kans dat een forse neerslaghoeveelheid leidt tot transport van nitraat uit kunstmest vanaf het maaiveld tot onder de wortelzone. De kans dat de hoeveelheid regen valt die nodig is om nitraat in een zandgrond tijdens het groeiseizoen vanaf het

bodemoppervlak door 30 cm wortelzone te laten spoelen (hiervoor is minimaal 30 – 40 mm neerslag nodig) is echter gering; minder dan éénmaal per jaar (Bijlage 3). Als de beworteling dieper dan 30 cm is, is de kans nog gering. Aangezien grasland stikstof snel op kan nemen en ook micro-organismen (microbiële biomassa) in de bodem toegediende stikstof snel kunnen opnemen (bv. Gasser et al., 1967), moet de regen binnen enkele dagen na bemesting vallen om tot een nitraatuitspoeling te leiden. De kans dat een periode met een forse hoeveelheid neerslag samenvalt met bemesting met KAS is dus vele malen kleiner dan éénmaal per jaar.

Onder natte omstandigheden direct na bemesting kunnen ook hoge stikstofverliezen door denitrificatie (afbraak van nitraat tot stikstofgas en lachgas) uit nitraathoudende kunstmest optreden. Metingen van Velthof et al. (1997) laten zien dat in een natte periode na bemesting (42 mm neerslag in twee weken) er toe leidde dat 14% van de toegediend N als KAS verloren ging door denitrificatie in grasland op zandgrond. Bij gebruik van runderdrijfmest en ammoniumkunstmest waren de denitrificatieverliezen onder deze omstandigheden verwaarloosbaar (<1%). Meting van potentiële denitrificatie laten zien dat onder zuurstofloze omstandigheden bij 20° C enkele tientallen kg N per ha door denitrificatie verloren kunnen gaan uit de 0-20 cm laag van grasland (bij grasland op klei en veen is dit veel hoger; Munch & Velthof, 2007). Onder de natte omstandigheden waarin nitraatuitspoeling uit KAS kan optreden, kan dus ook denitrificatie optreden. Denitrificatie leidt tot minder nitraatuitspoeling.

In sommige grond kan versneld watertransport optreden door scheuren en preferente stroombanen. De Boer (2017) stelt *"Within a short period, rainfall water with dissolved nitrate can then rapidly drain through soil macro pores, such as soil cracks, root channels and earthworm burrows, a process referred to as preferential flow (Dekker and Bouma 1984; Kramers et al. 2012) but sometimes also as bypass flow (Scholefield et al. 1993)."*

Het artikel van Dekker en Bouma (1984) gaat over uitspoeling na toediening ammoniumnitraat in kleigronden. Ook de studie van Scholefield et al. (1993) betreft een kleigrond. In kleigrond kunnen scheuren worden gevormd tijdens droge perioden en door deze scheuren kan snel transport optreden van nitraat, andere stikstofverbindingen en andere nutriënten. Scheuren in kleigronden kunnen dus leiden tot snel transport van stikstof (zowel nitraat, ammonium als organische N) en fosfaat uit kunstmest en dierlijke mest naar de ondergrond en vervolgens via drains naar het oppervlaktewater (Van der Salm et al., 2012). In kleigronden kan uitgespoeld nitraat deels ook verdwijnen door denitrificatie (Van der Salm et al., 2007). Kramers et al. (2012) laten zien dat de kans op preferente stroming door macroporiën in grasland groter is in gronden met een fijne textuur (kleigronden) dan in homogene goed gedraineerde zandgronden. De nitraatconcentraties in het uitspoelingswater van kleigronden voldoen gemiddeld aan de nitraatnorm (Fraters et al., 2016).

Regenwormgangen kunnen ook leiden tot preferent transport van nitraat. Het aandeel oppervlak en volume van regenwormgangen in het totaal van bodemoppervlak en -volume is beperkt; dit beperkt het risico op nitraatuitspoeling uit KAS. Omdat regenwormgangen rijk zijn aan gemakkelijk afbreekbare organische stof (de uitwerpselen van regenwormen) is denitrificatie in regenwormgangen ook hoger dan in de omliggende grond (Knight et al., 1992). Dit vermindert de nitraatuitspoeling.



Op zandgronden komt preferent transport veel minder voor dan op kleigrond en is preferent transport van nitraat uit KAS van weinig betekenis. Sommige zandgronden zijn waterafstotend, afhankelijk van bodemgebruik en –samenstelling, waardoor er na droogte preferentie stroombanen kunnen ontstaan. Dekker et al (1999) kwam tot de conclusie dat waterafstotendheid in zandgronden gevolgen heeft voor de infiltratiecapaciteit van de bodem, maar ook dat op geringe diepte (circa een decimeter) lateraal watertransport plaatsvindt waardoor vanaf die diepte de waterstroming veel uniformer verloopt dan in het top-laagje. Vanclooster en Boesten (2000) geven aan dat het gemiddelde uitspoelingsgedrag in zandgronden, zoals dat tot uiting komt in drainwaterconcentraties, goed te beschrijven is met de gewone theorie voor stoftransport in de bodem zonder specifiek rekening te houden met voorkeursbanen.

Op zandgronden in Nederland worden de hoogste nitraatconcentraties in het bovenste grondwater gevonden, omdat een groot deel van de niet opgenomen stikstof in de bodem (afkomstig van kunstmest, dierlijke mest en bodem) aan het einde van het groeiseizoen uitspoelt (Fraters et al., 2016). Er worden in De Boer (2017) geen empirische resultaten beschreven, waaruit blijkt dat preferent transport van nitraat een belangrijke bijdrage leveren aan de totale nitraatuitspoeling in zandgronden.

*Samenvattend*, er zijn geen empirische resultaten aangedragen in de literatuurstudie van De Boer (2017) die aangeven dat het risico van nitraatuitspoeling in zandgronden tijdens het groeiseizoen groter is bij bemesting met KAS dan bij bemesting met dierlijke mest. Preferent transport komt voor op kleigronden na een droge periode waarin scheurvorming is opgetreden. Preferent transport is niet voorbehouden aan nitraat, maar gebeurt ook met ammonium, organische gebonden stikstof en met fosfaat. Op zandgronden komt preferent transport veel minder voor dan op kleigrond. Er worden in De Boer (2017) geen empirische resultaten beschreven, waaruit blijkt dat preferent transport van nitraat een belangrijke bijdrage levert aan de totale nitraatuitspoeling in zandgronden.

- *It is unclear from current evidence whether the potential in-season advantage of LCM is offset by the increased (post-season) leaching risk arising from mineralisation of the organic N pool, a pool that increases over the years under repeated LCM application. Such offset is likely to occur under maize (as maize N uptake has declined or ceased during mid-summer, when soil N mineralization is active) and less likely under grassland (with its prolonged N uptake throughout the growing season, during the period with most active N mineralization)*

De risico's van nitraatuitspoeling zijn groter naarmate een bepaalde mestgift meer N bevat en een groter deel van deze N uit wateroplosbare minerale N bestaat (b.v. Schröder et al., 2013), groter op bouwland dan op grasland (Fraters et al., 2016), groter bij toediening op zandgrond dan bij toediening op kleigrond (Gorissen et al., 1999; Fraters et al., 2016) en de mestgift ver voor of ver na de periode toegediend wordt waarin gewassen N opnemen (Van Es et al., 2006; Delin & Engström, 2009; Sørensen & Rubaek, 2011).

Snijmais heeft een korte periode van stikstofopname en een relatief ondiep wortelstelsel. Snijmais is daardoor een uitspoelingsgevoelig gewas; in de praktijk ligt op snijmaisland de nitraatconcentratie in het uitspoelingswater van zandgronden ver boven de

nitraatnorm van 50 mg nitraat per liter (Hooijboer, 2017). Het risico op nitraatuitspoeling in het najaar (als er een neerslagoverschot is) door mineralisatie van organische N uit drijfmest is bij snijmaïs groter dan bij grasland.

Grasland heeft een langer groeiseizoen dan snijmaïs en kan ook in de herfst stikstof opnemen (afhankelijk van de temperatuur en hoeveelheid licht). Het risico op nitraatuitspoeling, door mineralisatie van organische gebonden N uit dierlijke mest is bij grasland daardoor veel lager dan bij maïsland. De mineralisatie van organisch gebonden stikstof uit mest kan ook bij lage temperatuur doorlopen, en het kan niet worden uitgesloten dat er in grasland in de winter nitraatuitspoeling optreedt uit gemineraliseerd organisch gebonden stikstof uit mest. In de praktijk liggen de gemiddelde nitraatconcentraties in het uitspoelingswater van grasland onder de nitraatnorm (Hooijboer, 2017).

*Samenvattend*, er zijn in De Boer (2017) geen empirische resultaten uit de literatuur beschreven waaruit blijkt dat bij grasland op zandgrond en bij toepassing van goede landbouwpraktijk, de nitraatuitspoeling tijdens het groeiseizoen een significante bijdrage levert aan de totale nitraatuitspoeling in een jaar. Er wordt ook geen bewijs gegeven dat bij grasland de nitraatuitspoeling uit KAS tijdens het groeiseizoen groter is dan de nitraatuitspoeling uit rundveedrijfmest na het groeiseizoen.

- *In experimental studies and their interpretation, the contribution of nitrate leaching during the growing season is rarely considered. Consequently, (direct) nitrate leaching risk from CAN appears underestimated relative to LCM*

In studies waarin de effecten van bemesting op nitraatuitspoeling worden onderzocht, wordt of de hoeveelheid minerale N in de bodem (0-90 cm) in het najaar bepaald (een indicator voor nitraatuitspoeling) of de nitraatconcentratie in het uitspoelingswater (bovenste grondwater of bodemvocht). Ook in de nitraatmonitoring in het kader van het Landelijk Meetnet Effecten Mestbeleid wordt de nitraatconcentratie in het uitspoelingswater bepaald (Fraters et al., 2016). Minerale N in de bodem in het najaar en de nitraatconcentratie in het uitspoelingswater zijn indicatoren voor de totale nitraatuitspoeling van alle stikstofbronnen, dus inclusief de nitraatuitspoeling uit kunstmest en inclusief nitraatuitspoeling uit kunstmest tijdens het groeiseizoen.

*Samenvattend*, de stelling/conclusie dat er 'weinig veldonderzoek is gedaan naar nitraatuitspoeling tijdens het groeiseizoen' is grotendeels juist. De hoeveelheid minerale N in de bodem in het najaar en de nitraatconcentratie in het uitspoelingswater worden in de praktijk gebruikt als indicatoren voor de totale nitraatuitspoeling van alle stikstofbronnen, dus inclusief nitraatuitspoeling uit kunstmest tijdens het groeiseizoen. De stelling/conclusie dat 'de directe uitspoeling van nitraat uit KAS onderschat lijkt te worden, ten opzichte van die van rundveemest' is niet onderbouwd in het rapport van De Boer (2017).

- *Nitrate leaching risk increases when inorganic N is applied or becomes available at rates higher than necessary for optimum growth. As drought reduces plant N uptake, this can also result in a relative oversupply of inorganic N, accumulation of nitrate in soil and increased nitrate leaching when leaching loss pathways become active. As*

*organic N in LCM is only slowly converted into nitrate, and the conversion rate is even more reduced during drought, the difference in leaching may increase due to drought, which occurs more frequently on drought-sensitive (sandy) soils.*

Tijdens droogte kan minerale N (nitraat en ammonium) ophopen in de bodem. Zoals eerder aangegeven is er veel neerslag nodig om de nitraat tot onder de wortelzone te laten uitspoelen. Op kleigrond is de kans op scheuren en versneld transport van nitraat, ammonium, organische N en fosfaat groter na droogte. Of mineralisatie en nitrificatie worden geremd door droogte is afhankelijk van de mate van droogte. Onder extreem droge omstandigheden kan er remming optreden van deze processen. Hierbij moet worden opgemerkt dat ammoniakemissie uit runderdrijfmest onder droge omstandigheden hoger is dan onder vochtige omstandigheden. Ook na droogte geldt dat er veel neerslag nodig is om de nitraat tot onder wortelzone te laten spoelen.

*Samenvattend*, de stelling/conclusie dat 'het risico van nitraatuitspoeling groot is als er meer minerale stikstof beschikbaar is in de bodem dan kan worden opgenomen door het gewas' is juist. De stelling dat droogte de stikstofopname van het gewas beperkt is ook correct. De stelling dat organische stikstof uit mest relatief traag beschikbaar komt in de vorm van ammonium en nitraat is ook geldig. Echter, er is geen empirisch bewijs dat er door droogte op zandgronden een verschil in nitraatuitspoeling ontstaat tussen KAS en runderdrijfmest tijdens het groeiseizoen.

## 2.2 Cut grassland

- *For cut grassland, the available evidence suggests that replacement of CAN by LCM decreases short-term nitrate leaching, at the same level of N uptake (O'Callaghan and Flowers 1981; Jarvis et al. 1987; Schröder et al. 2010).*

O'Callaghan and Flowers (1981) hebben een experiment met lysimeters met een graszode op zavelgrond (20% klei in 0-50 cm) uitgevoerd in 1976-1978 in Ierland. Dit onderzoek laat zien dat in het eerste jaar na toediening (na een extreem droge zomer) 153 kg N per ha uitspoelde bij varkensdrijfmest en 163 kg N per ha bij ammoniumnitraat (bij een gift van 400 kg werkzame N per ha, waarbij werd aangenomen dat 65% van N in varkensmest beschikbaar was voor het gewas). In het tweede jaar was de nitraatuitspoeling 26 kg N per ha voor varkensdrijfmest en 46 kg N per ha voor kunstmest. Niet duidelijk is in hoeverre scheurvorming in de bodem en preferent transport langs de randen van de lysimeter een rol hebben gespeeld hebben bij de nitraatuitspoeling van kunstmest. De auteurs stellen namelijk "*During the summer no leaching of slurry took place at application despite cracking of the soil and slight shrinkage of soil away from the lysimeter wall near the surface.*" Scheurvorming in kleigronden kan inderdaad leiden tot versneld transport.

In Jarvis et al. (1987) worden resultaten gepresenteerd van een graslandproef op zandgrond in Ruurlo in Gelderland uit de jaren '80. Hierbij is de nitraatuitspoeling bij kunstmest (KAS) vergeleken met combinaties van KAS en geïnjecteerde mest op basis werkzame N. Deze proef geeft dus geen zuivere vergelijking tussen de nitraatuitspoeling van KAS en die van runderdrijfmest. De stikstofgiften waren veel hoger dan nu is toegestaan (tot 900 kg minerale N per ha). Op basis van de resultaten zijn curves gefit

met de relatie tussen beschikbare minerale N en de uitspoeling in procent van de toegediende minerale N. Bij 400 kg minerale N per ha was de uitspoeling met alleen KAS ongeveer 10% en bij de combinatie van KAS en drijfmest ongeveer 5%. Jarvis et al. (1987) geven hiervoor als verklaring dat dit verschil wordt veroorzaakt door denitrificatie. Dit is een plausible verklaring omdat de combinatie van organische stof uit dierlijke mest en nitraat uit KAS leidt tot een hoger risico op denitrificatie (organische stof is een energiebron voor de bacteriën die nitraat afbreken door middel van denitrificatie). De Boer (2017) geeft aan dat accumulatie van nitraat bij toediening van KAS tijdens droge omstandigheden in het groeiseizoen een meer plausible verklaring is voor de lagere nitraatuitspoeling bij KAS in het onderzoek van Jarvis et al. (1987). Jarvis et al. (1987) geven echter geen indicaties dat droogte een rol heeft gespeeld in hun onderzoek en dat droogte het verschil in nitraatuitspoeling tussen KAS en de combinatie van KAS en runderdrijfmest verklaart.

Uit de vier proeven van de studie van Schröder et al. (2010) op grasland op zandgrond volgt dat bij een gift van 340 kg werkzame N per ha vervanging van kunstmest door runderdrijfmest niet leidt tot een statistisch significante verandering in de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater.

*Samenvattend*, de drie aangehaalde studies in het rapport van De Boer (2017) geven tezamen geen hard bewijs voor de stelling dat vervanging van KAS door dunne rundveemest tot vermindering van de 'korte-termijn nitraatuitspoeling' leidt, bij een vergelijkbare opname van stikstof door gras.

- *On cut grassland, the level of leaching from LCM is low and 400 kg N ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> or more can be applied without increased leaching risk in the short term, provided good agronomic practices are applied. However, an increase in the amount and mineralization of soil organic N over the years (until a steady state is reached) necessitates a reduction of the supplementary CAN application over the years, to prevent a relative oversupply of inorganic N and an increased nitrate leaching risk*

Uit een review van Ten Berge et al. (2002) blijkt dat op gemaaid grasland tot 300-400 kg werkzame N per ha per jaar kan worden toegediend zonder dat de hoeveelheid residuaire minerale N in de bodem in de herfst veel toeneemt. Dit geldt voor kunstmest, runderdrijfmest en combinaties van beiden. De hoeveelheid residuaire minerale N in de bodem in de herfst is een indicator voor de stikstofverliezen door nitraatuitspoeling en denitrificatie in grasland tijdens de winter. Berekeningen van Schröder et al. (2007) bevestigen dat op gemaaid grasland meer dan 300 kg N per ha kan worden toegediend zonder dat dit leidt tot overschrijding van de nitraatnorm. Hierbij wordt aangenomen dat de kunstmestgiften worden afgestemd op de mestgift en dat de groeiomstandigheden (bijvoorbeeld voldoende beschikbaarheid van water) en graslandbeheer optimaal zijn. De stikstofgebruiksnormen in het Nederlandse mestbeleid zorgen er voor dat een toename van de gift aan werkzame stikstof met dierlijke mest leidt tot een reductie van de kunstmestgift (indien de ruimte binnen de stikstofgebruiksnormen volledig wordt benut).

*Samenvattend*, uit de beschikbare literatuur blijkt dat de nitraatuitspoeling van gemaaid grasland relatief gering is bij een mestgift van 300-400 kg stikstof per ha per jaar, bij gedeelde toediening in voorjaar en zomer en goed management. Er zijn geen resultaten van empirische studies beschikbaar waarin de effecten van verschillende combinaties van

dierlijke mest en kunstmest op nitraatuitspoeling zijn gemeten over vele jaren (lange-termijn effecten).

- *There is a lack of data from long-term grassland experiments with separate and repeated application of (injected) LCM or CAN, and combinations of both fertilizers, to be used for a full, integrated evaluation of nitrate leaching potential of these individual fertilizers in the long term*

Er zijn weinig veeljarige proeven in Nederland op grasland, maïslaan en bouwland waarin de effecten van meststoffen (kunstmest, dierlijke mest en bodemverbeteraars) op gewasopbrengsten, bodemvruchtbaarheid en nitraatuitspoeling zijn bepaald.

*Samenvattend*, er zijn inderdaad weinig veeljarige proeven in Nederland uitgevoerd waarin de effecten van verschillende meststoffen op nitraatuitspoeling zijn bepaald.

### 2.3 Grazed grassland

- *Grassland grazing instead of cutting can strongly increase nitrate leaching risk, as the N in urine and faeces is not evenly spread over the field (as with LCM), but randomly deposited in patches. Especially under urine patches, the inorganic N concentration is on average higher than can be absorbed by the affected grass during the remainder of the growing season, leaving the surplus at risk of being leached.*

De stikstof die tijdens beweiding wordt uitgescheiden via feces en urine wordt slechter benut dan de stikstof die als drijfmest egaal over het land wordt toegediend. Daardoor is de wettelijke werkingscoëfficiënt van runderdrijfmest op bedrijven met beweiding (45%) lager dan op bedrijven die alleen maaien (60%). Door de slechte benutting van stikstof in feces en urine vindt op beweid grasland een verhoogde nitraatuitspoeling plaats (Corré et al., 2014; Vellinga et al., 2001; Verloop et al., 2006). Dit geldt vooral indien later in het jaar wordt beweid. Bij een gelijke stikstofbemesting is de nitraatuitspoeling dus hoger op beweid grasland dan op gemaaid grasland; daardoor kan er minder dierlijke mest (drijfmest + weidemest) worden toegediend op beweid en gemaaid grasland, zonder overschrijding van de nitraatnorm in het grondwater (Schröder et al., 2007). Dit geldt vooral voor droge zandgronden, waar het risico op nitraatuitspoeling het hoogst is.

*Samenvattend*, het risico op nitraatuitspoeling is inderdaad hoger op beweid grasland dan op grasland dat enkel wordt gemaaid, bij vergelijkbare totale stikstofinput.

- *Therefore, managing grazing intensity will be more effective to decrease nitrate leaching than a reduction in LCM or CAN application*

De uitspoeling van nitraat op beweid grasland wordt bepaald door een combinatie van stikstofbemesting en weidebeheer. Stikstofbemesting draagt er toe bij dat er meer gras wordt geproduceerd en dat het gras een hoger stikstofgehalte heeft. Door die stikstofbemesting neemt het stikstofgehalte van de urine toe (omdat er meer stikstof in het gras zit) en neemt ook het aantal urineplekken toe (omdat er meer gras wordt geproduceerd). Beperking van beweiding tot voorjaar en (vroeg) zomer zijn effectieve

maatregelen om nitraatuitspoeling te beperken. Beperking van de stikstofgift tot vooral voorjaar en (de eerste helft van) de zomer is ook een effectieve manier nitraatuitspoeling te beperken (Corré et al., 2014). Daartegenover staan de ambitie en premies voor behoud van weidegang ten behoeve dierenwelzijn.

*Samengevat*, beperking van beweiding tot voorjaar en (vroeg) zomer zijn effectieve maatregelen om nitraatuitspoeling te beperken. De combinatie van stikstofbemesting en weidebeheer bepaalt het totale risico van nitraatuitspoeling op beweid grasland. De stelling dat weidebeheer effectiever is dan beperking van stikstofbemesting om de nitraatuitspoeling van grasland te beperken is te algemeen geformuleerd.

## 2.4 Silage maize

- *Maize has a short period with increased N uptake during the growing season, which lasts an estimated 4 to 6 weeks. Nitrogen uptake declines afterwards and ceases mid-summer. The inorganic N present in soil and mineralizing after, during the period with declining or absent crop N uptake, is prone to leaching. As a result, maize has a low N use efficiency, especially relative to cut grassland.*

De benutting van toegediende stikstof door snijmaïs is lager dan die door grasland, omdat de periode waarin snijmaïs stikstof opneemt veel korter is dan die van grasland. Bovendien heeft snijmaïs gemiddelde een minder uitgebreid ontwikkeld wortelstelsel dan grasland, waardoor snijmaïs een minder groot bodemvolume kan benutten voor stikstofopname dan grasland. Ook de relatief ruime rijafstand draagt bij aan een onvolledige benutting van stikstof (Schröder et al., 2015). Het gevolg is dat snijmaïs een lagere stikstofbenutting heeft dan gemaaid grasland, bij een vergelijkbare stikstofbemesting, waardoor het risico van nitraatuitspoeling groter is bij snijmaïs dan grasland. De gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater op zandgrond op bedrijven van het Landelijk Meetnet Effecten Mestbeleid LMM was onder grasland 37 mg per liter en onder maïsland 95 mg per liter in de periode 2009-2015 (Hooijboer et al., 2017).

*Samenvattend*, snijmaïs heeft inderdaad een lagere stikstofbenutting dan gemaaid grasland.

- *When maize is grown in rotation with grassland, the low N use efficiency easily results in an oversupply of inorganic N and increased nitrate leaching from the rotation, especially in the first year, due to the mineralization flush after grassland destruction. A high level of LCM application during the grassland phase can further increase nitrate leaching risk during the arable/maize phase, as part of the applied organic N mineralizes after the cessation of maize N uptake*

Na het scheuren van grasland komt er relatief veel stikstof vrij door mineralisatie van organisch gebonden stikstof. Het risico op nitraatuitspoeling is hoog als maïs wordt geteeld op een perceel waar eerder grasland is gescheurd. Bemesting van grasland met dierlijke mest leidt tot een toename van het risico op nitraatuitspoeling als maïs wordt geteeld na het scheuren van dit grasland (CDM, 2017a).

*Samenvattend*, bemesting van grasland met dierlijke mest leidt inderdaad tot een toename van het risico op nitraatuitspoeling, wanneer dit grasland wordt gescheurd voor de teelt van maïs.

- *A relatively high level of LCM application to maize, replacing CAN on a NFRV-basis in the first year, therefore likely increases nitrate leaching risk in the longer term, although management practices can have a larger effect on potential nitrate leaching after maize than site conditions or previous fertilization history.*

Door de korte stikstofopnameperiode van snijmaïs en de mineralisatie van organische N uit mest in het najaar, leidt vervanging van KAS door runderdrijfmest bij snijmaïs tot een hoger risico op nitraatuitspoeling dan bemesting met enkel KAS, bij een gelijke aanvoer van werkzame stikstof.

*Samenvattend*, bij een gelijke aanvoer van werkzame stikstof leidt vervanging van KAS door runderdrijfmest bij snijmaïs inderdaad tot een hoger risico op nitraatuitspoeling.

- *There is no evidence that replacement of plant-available N from CAN by LCM increases short-term leaching risk, but there is some evidence pointing to the contrary, similar to the mechanisms suggested above for grassland.*

In het rapport van De Boer (2017) worden geen studies beschreven waaruit blijkt dat vervanging van KAS door runderdrijfmest bij snijmaïs leidt tot een lagere nitraatuitspoeling gedurende het groeiseizoen, ten opzichte van bemesting met enkel KAS.

*Samenvattend*, is geen bewijs gegeven dat vervanging van KAS door runderdrijfmest bij snijmaïs leidt tot een lagere nitraatuitspoeling gedurende het groeiseizoen.

- *The N flush after grassland destruction, and the related increased leaching risk, can be avoided when grass and silage maize are not grown in rotation but each crop continuously on their own respective fields. Continuous maize cropping could however be undesirable due to negative effects on soil and crop health in the longer term.*

De teelt van snijmaïs in rotatie met grasland heeft voordelen ten opzichte van continu-teelt van snijmaïs, vanwege verbetering bodemvruchtbaarheid (meer organische stof, meer biologische activiteit, minder bodemverdichting) en onderdrukking van ziekten. Echter, een rotatie van snijmaïs en gras kan leiden tot een hoger risico op nitraatuitspoeling in vergelijking tot continu-teelt van grasland en snijmaïs, afhankelijk van het aantal jaren grasland in de rotatie en de bemesting. Proeven op het proefbedrijf De Marke hebben aangetoond dat de nitraatuitspoeling bij rotaties van grasland en snijmaïs sterk beperkt kan worden, door aanvullende maatregelen en een afgestemd beheer. Het risico van nitraatuitspoeling bij continu-teelt van snijmaïs kan ook beperkt worden door aanvullende maatregelen, zoals het tijdig oogsten en zaaien van een nagewas en een aangepaste bemesting (Schröder et al., 1996; Verloop et al., 2006).

*Samenvattend*, na scheuren van grasland komt relatief veel minerale stikstof beschikbaar in de bodem door mineralisatie van organisch gebonden stikstof, en dit kan leiden tot een hoog risico op nitraatuitspoeling indien de teelt van het volggewas en de bemesting niet worden afgestemd op de hoeveelheid stikstof die vrijkomt door mineralisatie. De stelling/conclusie dat continu-teelt van grasland en continu-teelt van snijmaïs minder risico geeft op nitraatuitspoeling dan snijmaïs en grasland in rotatie ontbeert nuance, omdat het risico vooral ook wordt bepaald door het niveau van de stikstofbemesting, het tijdstip van scheuren, de duur van de graslandfase en het al dan niet telen van een tijdig ingezaaid nagewas na snijmaïs.

## 2.5 Answer to the questions

- *Answer to question 1: short-term nitrate leaching from LCM is in general not higher, but rather lower, than from CAN, in particular for cut grassland. Increased mineralization of accumulating organic N from LCM can potentially increase nitrate leaching in the long term. This risk can be mitigated (maize) or likely eliminated (grassland) when the level of supplementary CAN application is properly adjusted. When manure is not produced as LCM, but excreted in urine and dung patches during grazing, nitrate leaching from grassland is higher than from LCM or CAN, at the same level of N uptake.*

Er zijn geen empirische resultaten van veldproeven of modelsimulaties beschreven in de studie van De Boer (2017) waaruit zou blijken dat "short-term nitrate leaching" geregeld of vaak optreedt in de praktijk. Er zijn ook geen empirische resultaten gegeven waaruit blijkt dat gemiddeld meer uitspoeling optreedt tijdens het groeiseizoen bij gebruik van KAS dan bij gebruik van runderdrijfmest. Het risico op nitraatuitspoeling op gemaaid grasland is beperkt bij giften van 300-400 kg werkzame N per ha per jaar. Het risico op nitraatuitspoeling is veel groter op maïsland dan op grasland, omdat snijmaïs een kort en grasland een relatief lang groeiseizoen heeft en omdat snijmaïs een relatief beperkt ontwikkeld en grasland een uitgebreid ontwikkeld wortelstelsel heeft. Beperking van beweiding en beperking van de stikstofbemesting (tot voorjaar en zomer) leiden tot beperking van de nitraatuitspoeling op beweid grasland.

*Samenvattend*, er is onvoldoende empirisch bewijs voor de stelling dat korte-termijn nitraatuitspoeling op gemaaid grasland hoger is bij KAS dan bij runderdrijfmest.

- *Answer to question 2: a reduction of the manure application limit on grassland from 250 to 230 kg N ha<sup>-1</sup>, and replacement of the difference by CAN on a NFRV-basis, will reduce nitrate leaching on drought-sensitive (sandy) soils only when this results in a decrease in manure produced during grazing. When manure is applied as LCM, replacement of the reduction by CAN will rather increase nitrate leaching.*

Uit de resultaten beschreven in de literatuurstudie van De Boer (2017) kan niet de conclusie worden getrokken dat vervanging van runderdrijfmest (van 250 kg N per ha tot 230 kg N per ha) door KAS op grasland, op basis van werkzame N, leidt tot een toename van de nitraatuitspoeling. In de praktijk wordt het risico van nitraatuitspoeling bepaald door de totale stikstofgift, de verdeling van die gift over het seizoen, de opnamecapaciteit van het grasland, het bodemtype en de grondwaterstand (proxies voor denitrificatiecapaciteit) en het neerslagoverschot. Vervanging van 20 kg stikstof per ha



per jaar uit dierlijke mest door een equivalente hoeveelheid werkzame stikstof uit KAS (9 tot 12 kg per ha per jaar) bij een mestgift van 230 kg stikstof per ha per jaar, verlaagt de totale N-gift als de wettelijke gebruiksnorm volledig zou worden benut, en daardoor waarschijnlijk ook het N-overschot en het risico op nitraatuitspoeling. Waarschijnlijk is er een relatief beperkt effect op de totale nitraatuitspoeling.

*Samenvattend*, er is geen empirisch bewijs voor de stelling dat vervanging van 20 kg stikstof per ha per jaar uit dierlijke mest door een equivalente hoeveelheid werkzame stikstof uit KAS (9 tot 12 kg per ha per jaar), bij een mestgift van 230 kg stikstof per ha per jaar, tot een toename van het risico van nitraatuitspoeling leidt.

- *Answer to question 3: a general reduction of the manure application limit on grassland from 250 to 170 kg N ha<sup>-1</sup>, and replacement of difference by CAN on a NFRV-basis, will increase rather than decrease nitrate leaching from Dutch dairy farming, in particular for cut grassland*

Uit de studie van De Boer (2017) kan niet de conclusie worden getrokken dat vervanging van runderdrijfmest (van 250 kg N per ha tot 170 kg N per ha) door KAS, op basis van werkzame N, leidt tot een toename van de nitraatuitspoeling. In de veldproeven op gemaaid grasland op zandgrond van Schröder et al. (2010) op 2 locaties gedurende 2 jaar was er geen statistisch significant verschil in de nitraatconcentratie van het bovenste grondwater bij 250 en 170 kg totaal N per ha als runderdrijfmest, aangevuld met KAS tot 340 kg N werkzame N.

*Samenvattend*, er is geen empirisch bewijs voor de stelling dat vervanging van 80 kg stikstof per ha per jaar uit dierlijke mest door een equivalente hoeveelheid werkzame stikstof uit KAS (36 tot 48 kg per ha per jaar) bij een mestgift van 170 kg stikstof per ha per jaar, tot een toename van het risico van nitraatuitspoeling leidt.

## 2.6 Trade-offs

- *Changes in the manure application rate on grassland and silage maize can result in positive and negative trade-offs at several levels (field, farm, national, global). Potential positive trade-offs from e.g. increased manure application are an increased level of soil fertility and carbon sequestration; potential negative trade-offs are increased N losses by other pathways during the (manure) production cycle or increased P-leaching due to P-accumulation in soil. These trade-offs are outside the scope of this study, but should be further explored to fully understand life cycle effects of changes.*

Veranderingen in bemesting met dierlijke mest hebben inderdaad ook andere effecten, zoals door De Boer (2017) aangegeven. Deze effecten zijn echter niet verder geanalyseerd door De Boer (2017), zoals in dit rapport ook is aangegeven. De effecten van onder andere bemesting met dierlijke mest en KAS op uit- en afspoeling van stikstof en fosfaat naar het oppervlaktewater zijn zeer relevant, gezien de doelstelling van de Nitraatrichtlijn en Kaderrichtlijnwater. Ook is het van belang dat de totale stikstof- en fosfaatgiften via dierlijke mest en KAS passen binnen de gebruiksnormen voor stikstof en fosfaat. Met betrekking tot de evaluatie van stikstofgebruiksnormen is het volgende van belang:

- De Boer (2017) geeft aan dat “Short-term nitrate leaching” optreedt bij veel en langdurige neerslag, bij bodems met scheuren, en in bodems met macroporiën. Dit zijn ook belangrijke factoren die het risico op uit- en afspoeling van zowel stikstof als fosfaat uit dierlijke mest bepalen. Het vervangen van KAS door runderdrijfmest, om nitraatuitspoeling tijdens het groeiseizoen te beperken, zou kunnen leiden tot afwenteling naar uit- en afspoeling van stikstof en fosfaat naar het oppervlaktewater.
- De stikstof- en fosfaatgebruiksnormen worden in het Nederlandse mestbeleid op gewasniveau bepaald, en op basis van de gewassoorten en -typen, grondsoorten en fosfaattoestand van de percelen van een bedrijf wordt de totale gebruikruimte voor fosfaat en werkzame stikstof berekend. Bij een hoge derogatie voor graasdierbedrijven kan er op bedrijfsniveau ook meer mest worden toegediend aan maïsland, waardoor het risico op nitraatuitspoeling toeneemt, afhankelijk ook van het percentage maïsland en het percentage grasland op deze bedrijven. Bij de beantwoording van de vragen 2 en 3 wordt alleen de gebruiksnorm voor dierlijke mest op gemaaid grasland beschouwd. Dat is de gebruiksnorm die op bedrijven met een derogatie ook voor snijmaïs geldt. De gemiddelde uitspoeling op bedrijfsniveau is relevant bij de evaluatie van de effecten van aanpassingen van de gebruiksnormen voor dierlijke mest en werkzame stikstof. De literatuurstudie van De Boer (2017) is vooral gericht op (gemaaid) grasland, waardoor de effecten op bedrijfsniveau zijn veronachtzaamd.
- Bij de gemiddelde N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-verhouding van runderdrijfmest (2,67; afgeleid op basis van de analyseresultaten van mesttransporten in de periode 2013-2015) kan binnen de fosfaatgebruiksnormen alleen bij een fosfaattoestand laag op grasland een gift van 250 kg N per ha per jaar worden toegediend (CDM, 2017b). De dunne fractie van gescheiden runderdrijfmest bevat minder fosfaat, waardoor met de dunne fractie wel 250 kg N per ha per jaar kan worden toegediend via dierlijke mest zonder dat de fosfaatgebruiksnormen worden overschreden. De dunne fractie van gescheiden mest bevat veel minder organische N dan drijfmest. Het effect op nitraatuitspoeling van de dunne fractie is niet door De Boer (2017) beschouwd.

*Samenvattend*, De Boer (2017) heeft neveneffecten van de toediening van dierlijke mest en KAS summier geanalyseerd. Door de neveneffecten, en met name de uit- en afspoeling naar oppervlaktewater, niet of onvoldoende mee te nemen in de analyse van de effecten van dierlijke mest en KAS op nitraatuitspoeling zijn bepaalde conclusies in het rapport van De Boer (2017) te eenzijdig en te weinig integraal.

### Bijlage 3. Uitspoeling van kunstmest toegediend aan grasland op zandgrond door neerslagpieken

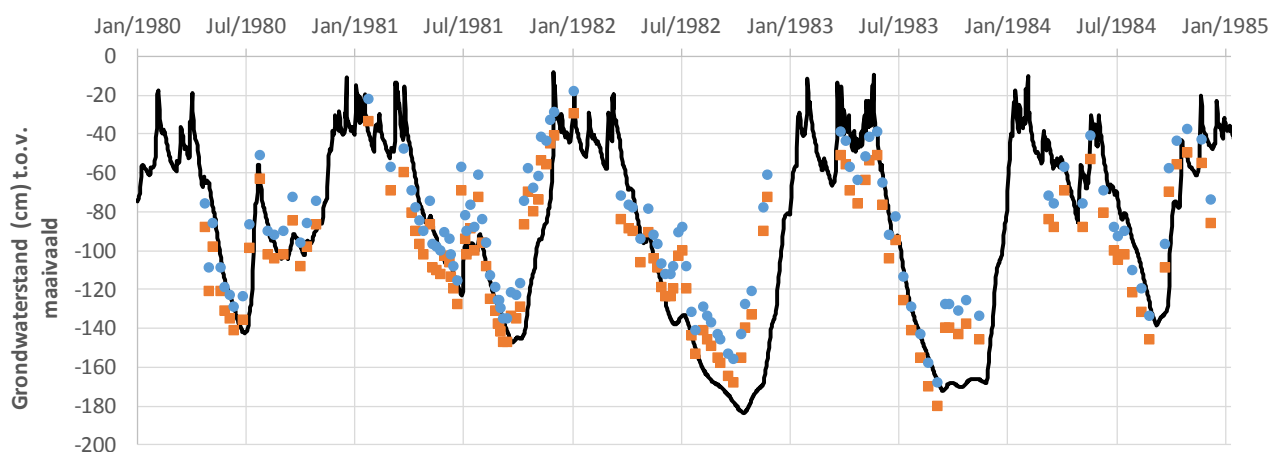
Er is aan analyse uitgevoerd of extreme neerslaghoeveelheden kunnen leiden tot de nitraatuitspoeling van kunstmest tot onder de wortelzone in zandgrond, en zo ja, hoe vaak dit kan plaatsvinden.

#### Aanpak

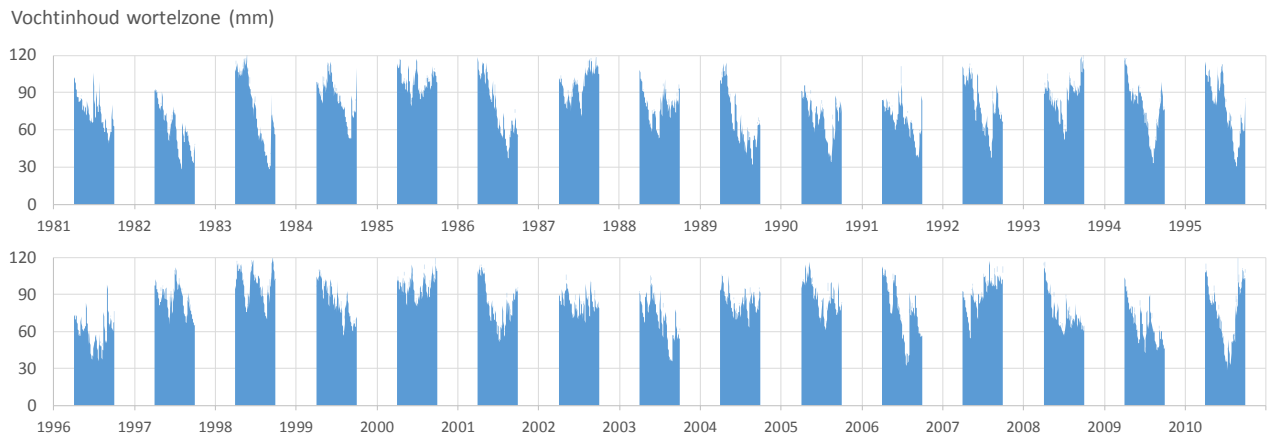
De gevolgde redenering voor het beantwoorden van deze vraag is dat een neerslaghoeveelheid van een bepaalde omvang nodig is om de vochtvoorraad in de wortelzone van 30 cm in grasland te verversen. Bij verwaarlozing van dispersie, opname door plantenwortels en omzettingsprocessen (zoals denitrificatie) is minimaal een hoeveelheid neerslag ter grootte van de vochtvoorraad in de wortelzone nodig om nitraat uit kunstmest vanaf het maaiveld naar de onderkant van de wortelzone te transporteren. De dynamiek van de vochtvoorraad is gesimuleerd met het rekenmodel SWAP (Kroes et al., 2017; Van Dam et al., 2008).

#### Uitwerking

Het simulatiemodel SWAP is voor de berekening van de vochthuishouding in zandgrond geijkt op grondwaterstandsmetingen in de periode 1980 – 1984 van twee proefpercelen te Ruurlo (onderstaande figuur; zwarte lijn is simulaties de gekleurde punten zijn metingen).

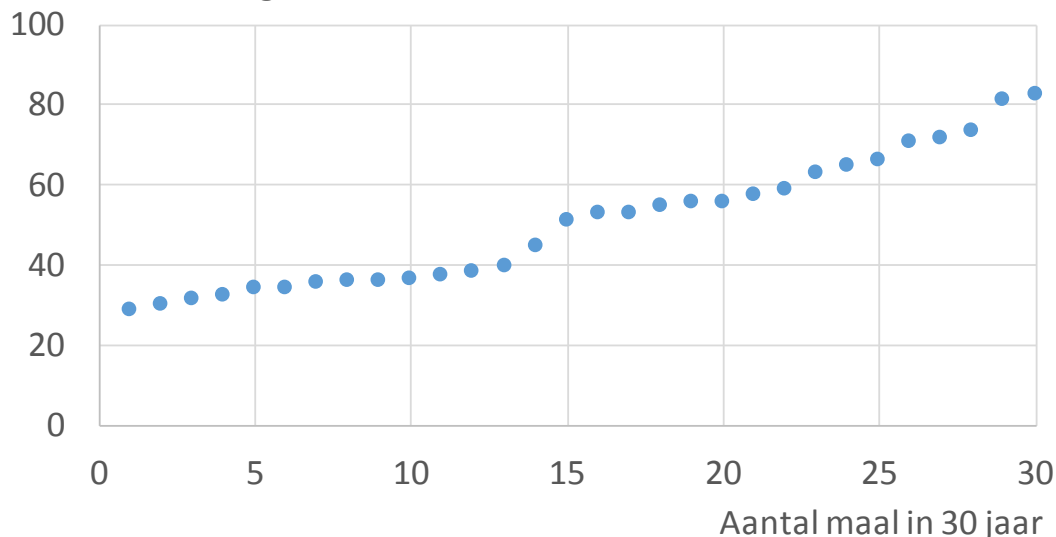


Met het geijkte model is de vochtvoorraad (in mm) van de wortelzone van grasland van 30 cm gesimuleerd voor een weerreeks van 30 jaar (1981 – 2010; zie onderstaande figuur). Uit de resultaten zijn de dagelijkse vochtvoorraden in de wortelzone van bodem voor het groeiseizoen geselecteerd.



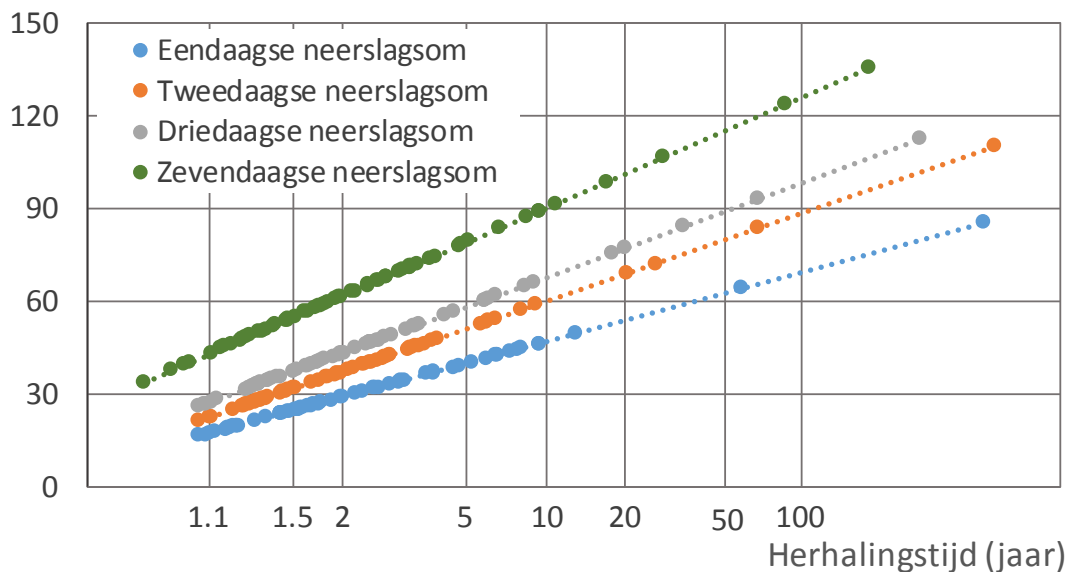
Per jaar is de minimale vochtvoorraad in de wortelzone op enig moment in het groeiseizoen bepaald en hieruit is een cumulatieve frequentieverdeling samengesteld. De minimale vochtvoorraad is geselecteerd, omdat voor de minimale vochtvoorraad de laagste hoeveelheid neerslag nodig is voor volledige verversing. In de volgende figuur is aangegeven hoe vaak het voorkomt in 30 jaar dat de vochtvoorraad van de wortelzone een bepaald minimum bereikt. Uit de figuur is af te lezen dat de range van de jaarlijkse minimale vochtvoorraad in de wortelzone in de beschouwde periode (1981 – 2010) 30 – 80 mm bedraagt. In 13 van de 30 jaar is de minimale vochtvoorraad in het groeiseizoen 30 - 40 mm .

Minimale vochtvoorraad (mm) in de wortelzone op enig moment in het groeiseizoen



Vervolgens is met behulp van statistiek en weergegevens de herhalingstijd bepaald van een bepaalde neerslagsom in de zomermaanden. Hiervoor zijn de dagneerslagcijfers van de stations Lochem en Lichtenvoorde genomen gemiddeld voor de periode 1957 – 2017. Op basis van de per dag gemiddelde cijfers van Lochem en Lichtenvoorde zijn per jaar maximum ééndaagse, tweedaagse, driedaagse en zevendaagse neerslagsommen berekend voor het groeiseizoen. Deze maximum neerslag sommen zijn vervolgens uitgezet in de volgende figuur met een horizontale as ingedeeld volgens de Gumbelverdeling, gepresenteerd als herhalingstijden.

Maximum neerslag in zomermaanden (mm)



Uit deze grafiek is de kans op een bepaalde neerslagsom tijdens het groeiseizoen af te lezen.

Neerslagsom periode	Kans		
	Neerslagsom 30 mm	Neerslagsom 40 mm	Neerslagsom 80 mm
Eéndaags	éénmaal in de 2,2 jaar	éénmaal in de 5,1 jaar	éénmaal in > 100 jaar
Tweedaags	éénmaal in de 1,4 jaar	éénmaal in de 2,4 jaar	éénmaal in de 50 jaar
Driedaags	éénmaal in de 1,2 jaar	éénmaal in de 1,7 jaar	éénmaal in de 25 jaar
Zevendaags	éénmaal in de 1 jaar	éénmaal in de 1,1 jaar	éénmaal in de 5 jaar

### Conclusie

Als een kunstmestgift onder droge omstandigheden wordt gegeven, wanneer de vochtvoorraad in de wortelzone minimaal is, is er een kans dat een neerslaghoeveelheid leidt tot transport van nitraat uit kunstmest vanaf het maaiveld tot onder de wortelzone. De kans op het optreden van een neerslag som van 30-40 mm in een korte periode is minder dan éénmaal per jaar. De kans dat zo'n natte periode samenvalt met bemesting met kunstmest is veel kleiner dan éénmaal per jaar.