



Foto: Shutterstock

NH₃-emissie op melkveebedrijven verlagen via bedrijfsvoering | Quicksan literatuur

Welke maatregelen melkveehouders kunnen nemen en wat er bekend is over reductiepotentieel en economische effecten?

Inleiding

Dit document is opgesteld door Wageningen University & Research in opdracht van LTO Nederland, Rabobank en NZO en geeft inzicht in maatregelen die melkveehouders kunnen nemen om de ammoniakemissie op het bedrijf te verminderen. In dit document is samengevat wat de bestaande kennis (februari 2021) is over mogelijke emissiereductie (ammoniak) en economische consequenties van geselecteerde maatregelen op boerderijniveau. Er wordt ingegaan op maatregelen op het gebied van aanpassing van de bedrijfsvoering, met name voeding en bemesting. Hoewel dit document met zorgvuldigheid is samengesteld, kan vanwege de korte doorlooptijd van dit onderzoek niet worden gegarandeerd dat alle relevante literatuur is meegenomen. In vergelijkbare documenten wordt ingegaan op stalaanpassingen en structuurmaatregelen.

Bedrijfsvoering en ammoniakemissies

Ammoniakemissie op een melkveebedrijf is in vele opzichten afhankelijk van de bedrijfsvoering. Veranderingen in bouwplan, dieraantallen, beweidingssysteem, productieniveau, voeding en bemesting werken allemaal door in de ammoniakemissie en grijpen op elkaar in. Effecten van aanpassingen in de bedrijfsvoering zijn daarom afhankelijk van de context van het bedrijf. Om het reductiepotentieel van maatregelen toch goed in te kunnen schatten, worden vaak voorbeeldbedrijven doorgerekend met integrale rekenmodellen waarbij de omstandigheden van het betreffende voorbeeldbedrijf zo goed mogelijk zijn benaderd.

Een belangrijke basis voor de berekening van de ammoniakemissie op een bedrijf is de hoeveelheid Totaal Ammoniakaal Stikstof (TAN) in de mest. Deze hoeveelheid is de basis voor de hoeveelheid N die uit de mest kan vervluchtigen in de stal en bij aanwending en bij beweiding. De TAN-productie is te verlagen via de voeding door een lager eiwit aanbod en een hogere eiwitbenutting. Minder TAN in de mest werkt door in zowel de emissies uit de stal als die op het land. Meer weidegang zorgt voor minder mest in de mestopslag en werkt op die manier dus ook door op zowel stal- als veldemissie. Het aandeel van TAN dat vervluchtigt uit de stal (onder andere afhankelijk van het stalsysteem, zie document stalaanpassingen) heeft ook weer invloed op de hoeveelheid TAN in de mest bij uitrijden. Welk aandeel van die TAN vervluchtigt bij het uitrijden is weer afhankelijk van de methode van uitrijden en de specifieke omstandigheden (bijvoorbeeld weer en bodemcondities).

Samenvattend is de ammoniakemissie van een melkveebedrijf afhankelijk van de toegepaste technieken (stallen en toediening), de omstandigheden (bijvoorbeeld weer en grondsoort) waarbij deze technieken worden toegepast, de hoeveelheid stikstof die wordt gebruikt in de voeding en bemesting en de efficiëntie waarmee deze N wordt omgezet in melk, vlees en ruwvoer.

Welke aanpassingen in de bedrijfsvoering zijn mogelijk?

Tabel 1 Overzicht van aanpassingen in de bedrijfsvoering om ammoniakemissie te verlagen op melkveebedrijven

Categorie	Maatregel	Omschrijving
Voeding en productie	1. N-gehalte rantsoen verlagen	Door het N-gehalte van het rantsoen te verlagen per eenheid energie (VEM) en darm verteerbaar eiwit (DVE), kan de hoeveelheid TAN in de mest (per dier) worden teruggebracht bij dezelfde productie. Dit heeft een verlagend effect op de ammoniakemissie per koe en per kg melk, zowel in de stal als bij toediening. Deze maatregel komt neer op het verlagen van de N/VEM- en N/DVE-verhouding in het rantsoen en kan op hoofdlijnen op 3 verschillende manieren worden ingevuld: 1) meer ruwvoer met een hogere energie- en/of DVE-dichtheid (bijvoorbeeld snijmais); 2) verlagen van de N/VEM- en N/DVE-verhouding van krachtvoer (en/of bijproducten) en 3) verlagen van de N/VEM- en/of N/DVE-verhouding in gras(kuil) bijvoorbeeld door minder te bemesten. De optimale manier hangt af van de specifieke omstandigheden van het bedrijf en vergt optimalisatie van het bedrijfssysteem. Een invulling van deze maatregel kan ook zijn om de energiedichtheid van het rantsoen juist te vergroten en daarmee ook de melkproductie per gevoerde kg N. Zowel bij hoge als lage productieniveaus is verlaging van de N/VEM- en N/DVE-verhouding van het rantsoen mogelijk. Bij lage productieniveaus zijn de mogelijkheden iets beperkter omdat er minder ruimte is om te sturen naar een hogere energiedichtheid. Een lager productieniveau heeft per koe wel een lagere emissie tot gevolg omdat de N-opname en uitscheiding lager zijn (forfaitaire N-excretie koe van 8.000 kg is 13% lager dan van 10.000 kg). Het effect op de totale emissie is afhankelijk van het aantal koeien.
	2. Levensduur verlengen	Door de levensduur van koeien te verlengen, hoeft minder jongvee te worden opgefokt. Omdat per melkkoe minder jongvee nodig is, daalt per koe ook de TAN-uitscheiding in de mest en daarmee ook de ammoniakemissie, zowel in de stal als bij toediening. Het effect op de totale emissie is afhankelijk van de vraag of de ontstane ruimte in fosfaatrechten wordt opgevuld met melkkoeien.
Weidegang	3. Verhogen uren weidegang	In de weide vervluchtigt een kleiner deel van de TAN dan in de stal omdat urine en feces minder met elkaar in aanraking komen. Bij het verhogen van het aantal uren weidegang, neemt de TAN-uitscheiding in de stal af, waardoor per koe de ammoniakemissie in de stal daalt.
Bemesting	4. Mest verdund uitrijden op grasland	Ammoniakemissie kan worden verlaagd door mest bij het uitrijden te verdunnen met water. Bij toediening met sleepvoetenmachine is sinds 2019 de verhouding water : mest 1:2 verplicht. Verder verdunnen (bijvoorbeeld naar 1:1) kan emissie verder reduceren. Bij zodenbemesting is er geen verplichte verdunning maar ook hierbij kan het met water verdunnen van dunne mest (1:2) mogelijk bijdragen aan het verlagen van emissie, dit is echter nog niet aangetoond in experimenten. Via sleepslangen is mest vanuit de put via een slang van wel een kilometer of meer naar een trekker op het perceel te verpompen, die vervolgens met een relatief grote werkbreedte via sleepvoeten of zodemesters de mest op/in de grond brengt. Door het toevoegen van water daalt de ammoniakemissie. De kosten voor de loonwerker voor het uitrijden van de mest nemen toe. Hier staat tegenover dat door drijfmest te verdunnen met water de ruwvoeropbrengst kan stijgen.
	5. Mest op grasland uitrijden onder optimale omstandigheden	Weersomstandigheden zijn bepalend voor de emissie. In de nationale monitoring wordt uitgegaan van gemiddelde weersomstandigheden. Uitrijden onder niet-drogende omstandigheden kan emissie verlagen. Er is minder emissie bij lagere luchttemperatuur, lagere windsnelheid, minder zonnestraling of een hogere relatieve luchtvochtigheid. Meer in voorjaar, minder in zomer uitrijden.

Categorie	Maatregel	Omschrijving
	6. Nauwkeuriger mest uitrijden	Nauwkeuriger uitrijden van mest kan emissie verlagen: mest keuriger op rij bij sleepvoet/in de sleuf bij zodenbemester geeft minder emitterend oppervlakte.
	7. Aanzuren van mest voor aanwending	Door het aanzuren (pH-verlaging van de mest) wordt er minder ammoniak (NH_3) in de mest gevormd, waardoor er dus potentieel minder van de met de mest opgebrachte ammonium (NH_4^+) als ammoniak kan vervluchtigen. Effect aanzuren is met 2 of 4 liter zwavelzuur per m^3 mest bij sleepvoet onderzocht. Bij zodenbemester is mogelijk minder zuur nodig.
	8. Minder kunstmest op grasland	Minder kunstmeststikstof strooien per hectare heeft een gunstig effect op de ammoniakemissie en de overschotten van stikstof. Door de lagere N-gift wordt minder gras gewonnen en neemt de aankoop van snijmais en krachtvoer toe. Door meer mais in het rantsoen daalt de stikstofexcretie en is minder mestafvoer nodig. Er is ook een direct effect van minder kunstmest maar dit draagt beperkt bij aan het effect van minder kunstmest (<1%).
	9. Minder dierlijke mest op grasland	Minder dierlijke mest op grasland vermindert de ammoniakemissie, maar heeft ook negatieve gevolgen voor de ruwvoeropbrengst. De lagere gift kan opgevangen worden door meer kunstmest (lagere emissiefactor dan dierlijke mest) en/of door meer snijmais in het rantsoen.
	10. Minder grasland – meer bouwland	Op bouwland is diepe injectie van drijfmest mogelijk met een lagere emissiefactor dan bij mesttoediening op grasland. Door mais in plaats van grasland te telen, kan de gemiddelde emissiefactor van mesttoediening omlaag.
	11. Andere kunstmestsoorten	Alle bekende stikstofhoudende kunstmestsoorten verschillen in essentie vooral door de vorm waarin de stikstof in het product aanwezig is: nitraat (NO_3^-), ammonium (NH_4^+) of amide (ureum). Ureum en ammonium hebben de hoogste emissiefactor. Meer toedienen in vorm van nitraat, vloeibaar ureum injecteren of met urease-remmer reduceert de ammoniakemissie.

Reductiemogelijkheden en economische effecten volgens de literatuur

Tabel 2 Overzicht van bestaande kennis over reductiepotentieel en economische effecten van aanpassingen in de bedrijfsvoering op melkveebedrijven (zie onderstaande toelichting op cijfers in de tabel voor onderbouwing en uitgangspunten bij de genoemde waarden)

Categorie	Maatregel	Reductiepotentieel NH ₃ -emissie	Benodigde investeringen	Effect op saldo/winst (€ per dier)	Wat zijn bepalende factoren voor effect en toepasbaarheid? Mogelijke neveneffecten?
Voeding en productie	1. N-gehalte rantsoen verlagen	5-15% van bedrijfsemis­sie		€ -9 - € -25 per dier	Uitgangspunt is optimalisatie binnen het bedrijfssysteem. Bij verdergaande reductie aanzienlijke aanpassingen vereist. Economische effecten afhankelijk van de invulling.
	2. Jongveebezetting verlagen	Per 0,5 daling jongvee per 10 stuks melkvee 2% reductie bedrijfsemis­sie (6% haalbaar)		€ 100	Als er minder jongvee is kan een valkuil zijn dat het rantsoen van overgebleven veestapel eiwitrijker wordt omdat minder mais wordt aangekocht. Ook is de vraag wat het netto effect is als de ontstane ruimte in fosfaatrechten wordt opgevuld met melkkoeien.
Beweiding	3. Verhogen uren weidegang	10% reductie bedrijfsemis­sie per 1.000 uur extra weidegang ten opzichte van 720 uur		€ -17 (intensief) € + 8 met 5% reductie (extensief)	Per extra uur weidegang neemt de ammoniakemissie gemiddeld 3,3 gram per koe per jaar af.
Bemesting	4. Mest verdund uitrijden op grasland	15-20% bedrijfsemis­sie	€ 0 (extensief) € 50 per dier (veengrond) € 300 per dier (zandgrond)	Veengrond € 23 (intensief) of € 40 (extensief) Overijssel: € 6-9	Bij sleepvoeten verhouding water : mest van 1:1 in plaats van 1:2 Bij zodenbemesting ook toepassing van verdunning met verhouding water : mest van 1:2 Hoge kosten borgingssystematiek Gebruik van water voor dit doel, mede in relatie tot droogteproblematiek, is een punt van aandacht.
	5. Mest op grasland uitrijden onder optimale omstandigheden	10-25% bedrijfsemis­sie		€ -12 tot € -40 (€ 0,52 -1,55 per m ³ mest, Ipema 2015)	10-25% door betere omstandigheden, bijvoorbeeld vroeger in jaar uitrijden. De effecten kunnen per jaar anders en afhankelijk van de weersomstandigheden.
	6. Nauwkeuriger mest uitrijden	0-9% bedrijfsemis­sie		Kostenneutraal	Certificeren van loonwerkers
	7. Aanzuren van mest voor aanwending	7-24% veldemissie bij uitrijden met sleepvoeten		€ -25 (€ 1,03 per m ³ mest, Bussink 2013)	Risico op te hoge zwavelgehalten in het gewas en uitspoeling Besparing op S in kunstmest.
	8. Minder kunstmest op grasland	5 - 8% (op bedrijfsniveau) bij 50 kg N/ha minder		€ 15 of € -10 (intensief/extensief bedrijf)	Effect loopt vooral via meer snijmais in rantsoen
	9. Minder dierlijke mest op grasland	Elke 10% minder dierlijke mest circa 9% reductie veldemissie			Emissiefactor dierlijke mest op grasland aanzienlijk hoger dan van kunstmest of diepe injectie op maisland .
	10. Minder grasland – meer bouwland (snijmais)	Elke 10% minder dierlijke mest circa 9% reductie veldemissie			Emissiefactor dierlijke mest op grasland aanzienlijk hoger dan bij diepe injectie op maisland.
	11. Andere kunstmestsoorten	Elke 10% vervanging Kalkammonsalpeter (KAS) circa 4% reductie veldemissie			Emissiefactor bij toedienen van 2,5% bij KAS naar 1,5% bij vloeibaar injecteren ureum

Toelichting op cijfers in tabel

Effecten en kosten van maatregelen verschillen per bedrijfstype. In rapport 1161 (Evers, 2019) is onderscheid gemaakt tussen intensieve (20.000 kg melk/ha) en extensieve (11.000 kg melk/ha) veenweidebedrijven. Nummering heeft betrekking op het nummer van de maatregel in tabel 1 en 2.

1. Verlagen van RE-rantsoen van niveau 2018 (167 RE) naar 150 RE, zou bij gelijke productie 14% emissiereductie betekenen, naar 160 RE 6% emissiereductie. Bron: <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/532156> op basis van PBL-rapport https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl_analyse_stikstofbronmaatregelen_24_april_2020.pdf. Bij bovenstaande bronnen is het effect niet op bedrijfsniveau doorgerekend. Proeftuinrapporten (Overijssel en veenweiden) waar wel integraal is doorgerekend geven ook range aan van 5 tot 15% potentiële emissiereductie van voermaatregelen. Hierbij is echter de uitgangssituatie en eindsituatie van het totaal rantsoen niet altijd duidelijk. Economische effecten komen uit <http://www.proeftuinnatura2000.nl/wp-content/uploads/2015/11/Wetenschappelijk-rapport-Economie-compleet.pdf>.
2. Van der Vegte en Rapport 1161 (Evers, 2019). 20% minder jongvee leidt tot 4% minder stalemissie.
3. Rapport 856 (Hoving, 2015) en 1161 (Evers, 2019). Per 1000 extra uur weidegang neemt de ammoniakemissie gemiddeld 3,3 kg per koe per jaar af (circa 10%). 27% van melkvee krijgt geen beweiding, 7% krijgt tot 720 uur weidegang, 43% tussen 720-1440 uur, 12% tussen 1440-2160, 5% (2160-2880) en 6% >2880 (CBS). Door meer weiden neemt de netto grasopbrengst met bijna 1300 kVEM/ha af (meer beweidingverliezen en lagere bruto-opbrengst bij lichtere sneden). Om deze opbrengstdaling te compenseren, is aankoop van extra mais nodig. Op een extensief bedrijf dalen kosten voor loonwerk en gebouwen.
4. Rapport 918 (Evers, 2015), 754 (Huijsmans, 2017), 1161 (Evers, 2019) en 1196 (Migchels 2019); borgingssystematiek met twee flowmeters, een EC-meter en datalogging en CDM-advies. In rapport 1161 (Evers, 2019) is aangenomen dat de reductie op veldemissie 40% was. Op basis van rapport 754 en recente experimentele metingen, lijkt dit percentage wat overschat. Anderzijds kan verdere verdunning nog aanvullend effect hebben. Investering van € 50 per dier voor ruwvoeropslag op intensief bedrijf, oppervlaktewater beschikbaar voor mengen, is afgeleid uit jaarkosten gebouwen in rapport 1161 (Evers, 2019). Invloed op arbeidsopbrengst uit dit rapport hier omgerekend per dier. Op zandgrond is een waterbassin nodig met een investering van circa € 300 per dier (PBL-rapport 4073, Van den Born et al. (2020)).
5. Wageningen Livestock Research Rapportage 862 (Ipema, 2015), 173 (Huijsmans 2017) en 1201 (Migchels 2019). Kosten betreffen registratiesysteem. Hoe groter deelname, hoe lager kosten. Genoemde range is bij 60% of 20% deelname.
6. Huijsmans, J. F. M. & Schils, R. L. M. (2009). De emissiefactor is in het verleden van 16% verhoogd naar 19% omdat in de praktijk mest minder nauwkeurig werd uitgereden. Uit metingen op De Marke blijkt dat nauwkeurig uitrijden van mest ook financieel uit kan. Meer benutting = meer gras.
7. Rapport 629 (Huijsmans, 2015). Het aanzuren gaf een gemiddelde emissiereductie over alle proeven (onafhankelijk van tijdsduur proef) van 7% bij 2 liter zwavelzuur per m³ mest en 24% bij 4 liter per m³ mest ten opzichte van niet aangezuurde mest. Uit het verloop van de emissie blijkt dat gedurende het eerste etmaal na uitrijden het aanzuren een duidelijke emissiereductie geeft, maar dat deze reductie daarna afneemt ten gevolge van een alsnog later op gang komende emissie.
8. Rapport 1161 (Evers, 2019). Minder kunstmest toedienen heeft an sich niet zoveel effect, het zit hem meer in de gevolgen voor rantsoen en dergelijke (Aart Evers, pers. med).
9. CDM-advies derogatie.
10. Rapport 1278 (Vonk, 2020), Rapport WPR-1023 (van Dijk, 2020). De emissiefactor bij toedienen van dierlijke mest is op basis van toedieningsmethoden en emissiefactoren voor Nederland 22,4 voor grasland en 5,1 voor onbeteeld bouwland.
11. Rapport 1278 (Vonk, 2020), Rapport WPR-1023 (van Dijk, 2020). De meeste kunstmest (52%) in Nederland wordt toegediend als kalkammonsalpeter. Deze heeft reeds een lage emissiefactor van 2,5. Het toedienen in de vorm van 100% nitraat heeft een emissiefactor van 0, maar risico op uitspoeling. Het vloeibaar toedienen van ureum zit op 1,5. Daarvoor wel heel andere machines nodig. In vergelijking met dierlijke mest is reductiepotentieel kunstmest laag.

Referentielijst

- Beldman, A., J. Reijs, C. Daatselaar en G. Doornewaard, 2020, *De Nederlandse melkveehouderij in 2030: verkenning van mogelijke ontwikkelingen op basis van economische modellering*, Wageningen: Wageningen Economic Research. 83 p. (Rapport / Wageningen Economic Research; no. 2020-090)
- Born, van den et al. (2020), *Analyse stikstof-bronmaatregelen, Analyse op verzoek van het kabinet van zestien maatregelen om de uitstoot van stikstofoxiden en ammoniak in Nederland te beperken*, Den Haag: PBL-publicatienummer: 4073.
- CDM-advies 'Effecten van verdunning van mest bij mestaanwending op zandgrond'
- CDM-advies: 'Milieueffecten bij geen derogatie van de Nitraatrichtlijn' 12-2-2020
- Dijk, W. van, J. de Boer, M.H.A. de Haan, P. Mostert, J. Oenema en J. Verloop, *Rekenregels van de KringloopWijzer 2020: Achtergronden van BEX, BEA, BEN, BEP en BEC: actualisatie van de 2019-versie*, 2020, Wageningen: Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business Unit Agrosystems Research. 151 p. (Rapport / Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Agrosystems Research; no. WPR-1023)
- Evers, A.G., M.H.A. de Haan, G. Migchels, L. Joosten en M. van Leeuwen, 2019. *Effecten van ammoniak reducerende maatregelen in bedrijfsverband; Scenariostudie voor proeftuin Natura 2000 in veenweidegebied*. Wageningen Livestock Research, Rapport 1161.
- Evers, Aart, Michael de Haan, Izak Vermeij, Herman van Schooten, 2015. *Economische gevolgen ammoniakemissie reducerende maatregelen; Scenariostudie van praktijkbedrijven Overijssel*. Wageningen. Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research, Livestock Research, Rapport 918. 51 blz.
- Groenestein, K., Bikker, P., Bruggen, van C., Ellen, H., Harn van, J., Huijsmans, J., Ogink, N., Šebek, L. en I. Vermeij (2017). *PAS Aanvullende reservemaatregelen Landbouw: uitwerking van een Quick scan*. Wageningen Livestock Research, Rapport 1145
- Hoving, I.E., G.J. Holshof, A.G. Evers en M.H.A. de Haan, 2015. *Ammoniakemissie en weidengang melkvee; Verkenning weidengang als ammoniak reducerende maatregel*. Lelystad, Wageningen UR (University & Research Centre) Livestock Research, Livestock Research Rapport 856. 45 blz.
- Huijsmans, J. F. M. & Schils, R. L. M. (2009), *Ammonia and nitrous oxide emissions following field-application of manure: state of the art measurements in the Netherlands*. Proceedings International Fertiliser Society, no. 655. International Fertiliser Society. 36 p.
- Huijsmans, J.F.M., J.M.G. Hol en H.A. van Schooten, 2015. *Toediening van aangezuurde mest met een sleepvoetenmachine op grasland. Ammoniakemissie en gewasopbrengst*. Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR, Business Unit Agrosysteemkunde. Rapport 629.
- Huijsmans, J. F. M., Hol, J. M. G., van Schooten, H. A. & Verwijs, B. R., 2017, *Ammoniakemissie bij met water verdunde mest toegediend met een sleepvoetenmachine op grasland : resultaten 2016-2017* Lelystad: Wageningen Plant Research. 34 p. (Rapport / Wageningen Plant Research; no. WPR-754.
- Huijsmans, J. F. M., Vermeulen, G. D., Hol, J. M. G., & Goedhart, P. W. (2018). *A model for estimating seasonal trends of ammonia emission from cattle manure applied to grassland in the Netherlands*. Atmospheric Environment, 173, 231-238. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.10.050>
- Ipema, A.H., D. Goense en J.F.M. Huijsmans, 2015. *Anticiperen op het weer om emissie arm mest uit te rijden; Low emission manure application by anticipating on the weather*. Lelystad, Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research, Livestock Research Rapport 862. 33 blz.
- Migchels, G., L. Joosten, M. van Leeuwen, R. Ferwerda en W. Houwers, 2019. *Borgen van maatregelen om ammoniakemissie te reduceren*. Wageningen Livestock Research, Rapport 1196.
- Migchels, G. en C. van Dijk, 2019. *Rapportage Adviezen aan beleidsmakers*. Wageningen Livestock Research, Rapport 1201.
- Vegte, van der, Z. '*Minder jongvee, minder ammoniakemissie*', Nieuwsbrief Natura2000.

-
- Vonk, J., E.J.M.M. Arets, A. Bannink, C. van Bruggen, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, M.B.H. Ros, M.J. Schelhaas, T. van der Zee en G.L. Velthof, 2020. Referentieraming van emissies naar de lucht uit landbouw en landgebruik tot 2030, met doorkijk naar 2035. Achtergronddocument bij de Klimaat- en Energieverkenning 2020. Wageningen Livestock Research, Rapport 1278.

Meer informatie

Channah Durlacher

T +31 (0)70 3358163

E channah.durlacher@wur.nl

www.wur.nl/economic-research

2021-028D