

Passende Beoordeling HA 1.38 (Lely Sphere)

Behoort bij de aanvraag voor de locatie:

Lindeboomweg in Harreveld

Landbouwbedrijf T.B.M. Krabben en H.C.M. Krabben-Spijkers

Inhoudsopgave

Toelichting passende beoordeling stalsysteem HA1.38 (Lely Sphere)

Inleiding	3
Beleidscontext	3
Toepassing systeem in de praktijk (gebruik en onderhoud)	5
Onzekerheidsfactor	10
Conclusie	15

Toelichting Bedrijfsspecifieke onderbouwing

Inleiding	16
Training	16
Inspectie en onderhoud	16
Mest besmeurd oppervlakte	16
Beweiding	17
Ruw eiwit in rantsoen	18
Melk ureumgehalte	18
Conclusie	19

Bijlage 1: Wehrens, (2023) RAV factoren van melkveestallen v1.1

Bijlage 2: Melkureum overzichten afgelopen 3 jaren

Bijlage 3: Dimensioneringsplan

Toelichting passende beoordeling stalsysteem HA1.38 (Lely Sphere)

Inleiding

De Lely Sphere (staltype HA1.38, hierna: Lely Sphere) is een circulair stalsysteem voor het scheiden en hergebruiken van mineralenstromen op melkveebedrijven, dat bestaat uit een aantal onderdelen: separatiestrips, de Lely Discovery Collector, de N-Capture, een Silo en een monitoringsysteem (hierna: de onderdelen). Een aanpassing aan de roostervloer middels de toepassing van separatiestrips in de open gleuven zorgt voor scheiding van mest en urine. De urine loopt via kleine gaatjes in de separatiestrips de kelder in. Bij een urinebeurt van de koe komen er meerdere liters urine vanaf een hoogte op de vloer, wat ertoe bijdraagt dat de urineafvoergaatjes functioneren. De mestfractie die op de vloeroppervlakte blijft liggen wordt frequent opgehaald door een mestverzamelrobot, de Lely Discovery Collector. De mestgassen die onder en net boven de stalvloer ontstaan worden actief afgezogen door een kelderafzuigingssysteem, de N-Capture. De kelder staat op onderdruk, waardoor eventuele vuiligheid in de urineafvoergaatjes naar beneden kan worden gezogen. Via een aangezuurde oplossing in het filtersysteem van de N-Capture wordt de ammoniak uit de afgezogen lucht teruggewonnen en als een vloeibare circulaire meststof opgeslagen in een silo. In het managementsysteem kan de gebruiker *real time* de prestaties van het Lely Sphere-systeem bekijken. Hierin is onder andere terug te zien (tot minimaal een periode van 60 maanden) hoeveel volume circulaire kunstmest er via de N-Capture geproduceerd is en afgepompt is naar de silo. De parameters zoals weergegeven op pagina 6, 7, 8 en 9 worden ook geregistreerd en opgeslagen, zodat historisch inzicht is geborgd.

Deze passende beoordeling dient als aanvulling op de met de AERIUS Calculator berekende gevolgen op Natura 2000-gebieden van het melkveebedrijf. In dit document wordt eerst kort de huidige Nederlandse beleidscontext van vergunningen in het kader van de voormalige Wet natuurbescherming (Wnb) geschetst. De Wnb is per 1 januari 2024 opgenomen in de Omgevingswet.

Vervolgens wordt toegelicht hoe het gebruik en onderhoud van de Lely Sphere in de praktijk plaatsvindt en hoe dit te monitoren en daarmee mogelijk te handhaven is. Daarmee wordt onderbouwd dat de toepassing van de Lely Sphere in de praktijk aansluit bij systeembeschrijving (de voormalige leaflet) OW 2021.08.V2¹ (hierna: de systeembeschrijving). Bij toepassing zoals omschreven in de systeembeschrijving kan ervan uit worden gegaan dat het systeem functioneert zoals tijdens de metingen verricht volgens het Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013a². In het laatste deel van dit document wordt het gebruik van een vergunbare emissiefactor inclusief onzekerheidsfactor - die dus afwijkt van de definitieve Rav-emissiefactor van de Lely Sphere – onderbouwd voor gebruik in de AERIUS Calculator.

Beleidscontext

Op 7 september en op 12 oktober 2022 heeft de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State (hierna: ABRvS) uitspraak³ gedaan over het gebruik van zogeheten Rav-emissiefactoren ter onderbouwing van een vergunningsaanvraag op grond van de Wnb en ter onderbouwing van de hoeveelheid stikstof die wordt geëmitteerd en de depositie op Natura

¹ Beschikbaar via <https://iplo.nl/regelgeving/regels-voor-activiteiten/dierenverblijven/systeembeschrijvingen-stallen/ow-2021-08/> (geraadpleegd op 2 mei 2025)

² Ogink, N., Mosquera, J., & Hol, A. (2017). Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013a - Measurement protocol for ammonia emission from housing systems in livestock production 2013a. (Wageningen Livestock Research rapport; No. 1032). Wageningen UR Livestock Research. <https://doi.org/10.18174/418425>

³ Zaaknummers 202106900/1/R2, 202106908/1/R2 en 202106915/1/R2, 202106903/1/R2.

2000- gebieden als gevolg daarvan. Deze Rav-emissiefactoren geven aan hoeveel stikstofuitstoot een stalsysteem gemiddeld veroorzaakt. De Rav-emissiefactoren zijn ook opgenomen in de AERIUS Calculator, het rekensysteem waarmee initiatiefnemers en bevoegde instanties berekenen hoeveel stikstofdepositie een bepaald project (zoals een nieuwe of aangepaste stal), veroorzaakt op nabijgelegen stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden.

De ABRvS heeft in genoemde uitspraken geoordeeld dat voor drie typen bestaande emissiearme stalsystemen geen natuurvergunning had mogen worden verleend, omdat uitsluitend op basis van de Rav-emissiefactoren zoals opgenomen in de AERIUS Calculator, niet is uit te sluiten dat de natuur in Natura 2000-gebieden niet achteruitgaat.

Deze uitspraken van de ABRvS gingen niet over de Lely Sphere. De Lely Sphere was ook geen onderdeel van de in de uitspraken genoemde wetenschappelijke onderzoeken (op basis waarvan de ABRvS concludeerde dat de gebruikte Rav-emissiefactoren niet voldoende zekerheid boden dat de natuur geen schade oploopt) ⁴.

Op 25 november 2022 heeft de Minister voor Natuur en Stikstof, Christianne van der Wal-Zeggelink, de gevolgen van de ABRvS-uitspraken geschetst⁵. In de Kamerbrief staat dat enkel de berekening in AERIUS Calculator, op basis van de Rav-emissiefactoren, niet meer voldoende is. Voor agrarische ondernemers die van plan zijn om een nieuw emissiearm stalsysteem te bouwen betekent dit dat zij een natuurvergunning moeten aanvragen en daarbij een passende beoordeling moeten uitvoeren. In dezelfde Kamerbrief wordt aangegeven dat het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit onderzoek heeft laten uitvoeren naar het toepassen van een onzekerheidsfactor bij het gebruik van een Rav-emissiefactor, zodat "met meer zekerheid de reductie van stikstofuitstoot en -depositie kunnen worden berekend en [...] de Rav-factoren mogelijk op een andere manier gebruikt [zouden] kunnen worden voor toestemmingsverlening." ⁶.

Uit dit onderzoek bleek dat er een methode is waarmee een onzekerheidsmarge (en dus een onzekerheidsfactor) kan worden bepaald⁷. Toepassing van de onzekerheidsfactor volgens die methode op de destijds onderzochte systemen leidde echter tot een dusdanig grote bandbreedte dat er niet of nauwelijks nog kan worden uitgegaan van een emissiereductie in individuele gevallen⁸.

Het Lely Sphere systeem maakte geen onderdeel uit van het destijds in opdracht van het ministerie van LNV uitgevoerde onderzoek. Op dat moment had de Lely Sphere namelijk nog geen Rav-emissiefactor, alleen een voorlopige. Op 8 maart 2023 heeft het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat definitieve de definitieve Rav-emissiefactor van de Lely Sphere op de Rav-lijst gepubliceerd. De Rav-emissiefactor voor de Lely Sphere is 3 kg NH₃ per dierplaats per jaar.

Uit de Kamerbrief van 30 juni 2023 blijkt dat de positie van het kabinet onveranderd is ten opzichte van 25 november 2022. In de brief wordt gesteld dat uit onderzoeken en jurisprudentie blijkt dat er een te grote onzekerheid bestaat over de effectiviteit van emissiearme stalsystemen, waardoor significante effecten op Natura 2000- gebieden, in het kader van de

⁴ CBS-rapport 'Stikstofverlies uit opgeslagen mest', (oktober 2019) en het advies van de Commissie Deskundigen Meststoffenwet hierover aan het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (18 juni 2020).

⁵ Kamerbrief over voortgang integrale aanpak landelijk gebied en opvolging Porthos-uitspraak RvS, 25 november 2022

⁶ Kamerbrief over voortgang integrale aanpak landelijk gebied en opvolging Porthos-uitspraak RvS, 25 november 2022

⁷ Ogink, N. W. M., Goedhart, P. W., & Mosquera Losada, J. (2022). Notitie bepaling onzekerheidsmarge ammoniakemissie bij bedrijfswijziging. Wageningen Livestock Research. <https://edepot.wur.nl/581726>

⁸ Kamerbrief over voortgang integrale aanpak landelijk gebied en opvolging Porthos-uitspraak RvS, 25 november 2022

Wnb, niet zijn uitgesloten⁹. De minister van Natuur en Stikstof stelt daarbij dat “initiatiefnemers niet zonder meer gebruik kunnen maken van de Rav-emissiefactoren voor het berekenen van de depositie van [emissiearme] stalsystemen in het kader van de Wnb”.

Opnieuw moet worden opgemerkt dat geen van de genoemde onderzoeken en jurisprudentie betrekking heeft op Lely Sphere¹⁰.

In 2024 werd door de Minister voor Natuur en Stikstof een ‘Toolbox passende beoordeling stalsysteem’¹¹ uitgebracht. Verschillende elementen uit die toolbox komen terug in deze passende beoordeling, waarmee ook de uitdagingen rondom een (generieke) onzekerheidsmarge zoals geadresseerd in de Kamerbrief van 23 januari 2024¹² worden geadresseerd.

Concluderend kan gesteld worden dat:

- De Lely Sphere geen onderdeel was van de wetenschappelijke onderzoeken die zijn gebruikt in de ABRvS uitspraken, noch van het initiële onderzoek naar onzekerheidsmarges,
- enkel de berekening in AERIUS Calculator, op basis van de Rav-emissiefactoren, in Nederland niet meer voldoende is voor de vergunningsaanvraag,
- uit Nederlandse jurisprudentie blijkt dat toepassing van de systemen in de praktijk moet verbeteren en de variatie in emissies moet verkleinen, en
- een onzekerheidsfactor meer zekerheid kan bieden bij de berekening met de AERIUS Calculator.

Hieronder wordt toegelicht hoe bovenstaande in lijn met de beleidsambities bij dit project wetenschappelijk wordt geborgd met deze Passende Beoordeling.

Toepassing systeem in de praktijk (gebruik en onderhoud)

In WUR-onderzoek naar de mogelijkheden tot verbetering van de effectiviteit van emissiearme stalsystemen in de praktijk, wordt gesteld dat emissiearme systemen niet altijd effectief zouden kunnen zijn omdat, onder meer, de ‘systemen door veehouders niet altijd zo [worden] gebruikt zoals bedoeld en zoals voorgeschreven. Hetzelfde geldt voor onderhoud en vervanging van systemen’¹³.

In de systeembeschrijving¹⁴ staan voorschriften hoe de Lely Sphere moet worden geïnstalleerd, gebruikt en onderhouden om de Rav emissiefactor te laten gelden¹⁵. De systeembeschrijving is een integraal onderdeel van de vergunning.

⁹ Kamerbrief voortgang aanpak stikstof, 30 juni 2023

¹⁰ Groenestein, K., Goedhart, P. W., van Bruggen, C., de Jonge, I., & Ogink, N. (2023). Schatting van stikstofverliezen uit stallen op basis van de stikstof-fosfaat verhouding in afgevoerde mest: Evaluatie van de NP-methode en effect van staltype. (Rapport; No. 1426). Wageningen Livestock Research. <https://doi.org/10.18174/631641>

¹¹ Lysias Advies, CLM Onderzoek & Advies, Element Advocaten (2024) Toolbox passende beoordeling emissiearme stalsystemen (Rapport) <https://open.overheid.nl/documenten/a6a62b4d-cbbe-4839-b1a0-51c656663cc4/file>

¹² Kamerbrief over voortgang innovatie emissiereductie veehouderij, 23 januari 2024

¹³ Bremmer, B., Huisman, I., Toemen, F., Ellen, H., van Harn, J., van Dooren, H. J., de Jonge, I., Stouthart, F., & Ogink, N. (2022). Verbetering van effectiviteit emissiearme stalsystemen in de praktijk: Inventarisatie, analyse kritische factoren en advies voor verbetering van toepassing van ammoniak reducerende technieken. (Rapport / Wageningen Livestock Research; No. 1380). Wageningen Livestock Research. <https://doi.org/10.18174/573878>

¹⁴ Beschikbaar via <https://iplo.nl/regelgeving/regels-voor-activiteiten/dierenverblijven/systeembeschrijvingen-stallen/ow-2021-08/> (geraadpleegd op 2 mei 2025) BWL code Lely Sphere: BWL 2021.08.V2

¹⁵ Informatiepunt Leefomgeving (IPLO), Systeembeschrijving stallen | Informatiepunt Leefomgeving (iplo.nl) (geraadpleegd op 19 februari 2024)

Onderstaande toelichting op hoe het systeem in de praktijk gebruikt en onderhouden zal worden is daar dus aanvullend en/of verduidelijkend op.

De hoofdgebruiker van de Lely Sphere wordt bij oplevering verplicht getraind door de producent. In deze training worden alle relevante documenten doorgesproken, zoals de systeembeschrijving, een opleveringsverklaring, een onderhoudstabel, de gedragsvoorschriften, de werkinstructie, inzicht in het functioneren van het werkingsprincipe, uitleg van het digitale managementsysteem en de gebruikershandleiding. De gebruikershandleiding geeft handvatten voor de veehouder voor bedieningsinstructies, onderhoud en voor het opsporen en verhelpen van storingen. Indien de veehouder niet zelf in staat is de storing te verhelpen, kan hij contact opnemen met een van de Technical Support Specialisten van Lely. Na de training ontvangt de gebruiker alle besproken documenten fysiek gebundeld in een map. De hoofdgebruiker is na deze training in staat om medewerkers op zijn bedrijf uitleg te geven over de werking, bedieningsinstructies, onderhoud en storingen op te sporen en verhelpen van het Lely Sphere systeem.

Het werkingsprincipe van het stalsysteem is omschreven in de systeembeschrijving. Omdat de Lely Sphere een 'actief' systeem is, biedt een breed palet aan sensoren via het managementsysteem inzicht in de manier waarop het wordt gebruikt. Onderstaande tabel biedt een overzicht van de verschillende parameters over het functioneren van het systeem, die via het managementsysteem inzichtelijk zijn. Daarbij moet worden opgemerkt dat indien een parameter zich niet binnen de voorgeschreven kritieke waarden bevindt, dit niet per definitie betekent dat helemaal geen emissiereductie plaatsvindt. Wél betekent het dat de Lely N-Capture mogelijk in de pauze stand staat en dat de gebruiker actie moet (laten) ondernemen om er zorg voor te dragen dat deze waarden zich weer binnen de voorgeschreven bandbreedte bevinden. Tot dit is gebeurd en de kritieke waarden zich weer binnen de voorgeschreven bandbreedte bevinden wordt het systeem beschouwd als 'down'. Bij de berekening van de onzekerheidsmarge is rekening gehouden met een 'downtime' van 5%.

Lely Sphere is een actief stalsysteem dat door het loggen van parameters borging geeft over het emissie-reducerende principe. Het emissie-reducerende principe is op te splitsen in twee deelprincipes die beiden met elkaar in verhouding staan¹⁶, namelijk emissiereductie vanaf het vloeroppervlak en emissiereductie vanuit de kelder. De actieve emissiereductie wordt zowel op kelderniveau als vloerniveau in stand gehouden door de parameters beschreven in de onderstaande tabel.

Lely Sphere N-Capture (kelderafzuigunit)

Parameter	Doel	Kritische waarde voor betreffende parameter	Signalering vanuit systeem/counter actie	Emissie reducerende principe
Elektrische Geleidbaarheid [mS/cm]	Om een wasrendement van 95% te kunnen behalen, moet de pH van de wasvloeistof lager zijn dan pH = 2.5 (bovengrens). De door het systeem gemeten dichtheid (ρ) en elektrische geleidbaarheid (EG),	De minimum en maximum voor de elektrische geleidbaarheid van de wasvloeistof zijn gespecificeerd in OW2021.08.V2.	Het setpoint EG is de streefwaarde. De N-Capture voegt automatisch zuur toe wanneer de EG-waarde kleiner is dan het setpoint EG. Indien het setpoint EG niet gehaald wordt geeft het systeem een	Tijdens actieve luchtflow en een actief circulatie debiet wordt de elektrische geleidbaarheid samen met de dichtheid gebruikt om de zuurtegraad van het waswater te regelen.

¹⁶ Notitie WUR - Mogelijkheden voor uitsluiten emissie gerelateerde negatieve effecten bij omschakeling stalsysteem

	vormen de input van de p -EG regeling welke ervoor zorgt dat de pH gedurende operatie kleiner blijft dan 2.5.		alarm dat de zuurtoevoer niet goed functioneert. Bijbehorende alarmering en daartoe gerelateerde acties zijn gespecificeerd in de gebruikershandleiding.	
Setpoint EG [mS/cm]	Het zuur toevoegen wordt gedaan a.d.h.v. een berekende streefwaarde voor de Elektrische Geleidbaarheid. De streefwaarde wordt in deze parameter opgeslagen als "Setpoint EG".	Het setpoint EG wordt berekend op basis van een ijklijn die de relatie tussen dichtheid en elektrische geleidbaarheid beschrijft. Het setpoint EG is opgenomen in het logboek om de streefwaarde van de EG te toetsen.	Indien er voor lange periode geen zuur wordt toegevoegd wordt er gealarmeerd. Bijbehorende alarmering en daartoe gerelateerde acties zijn gespecificeerd in de gebruikershandleiding.	Geen directe relatie.
Dichtheid [g/cm ³]	Zie "Elektrische Geleidbaarheid".	De minimum en maximum voor de dichtheid van de wasvloeistof zijn gespecificeerd in OW2021.08.V2.	Als de dichtheid van de wasvloeistof te hoog wordt, zal het systeem automatisch water toevoegen om de dichtheid van de wasvloeistof te verlagen. Bijbehorende alarmering en daartoe gerelateerde acties zijn gespecificeerd in de gebruikershandleiding	Tijdens actieve luchtflow en een actief circulatie debiet wordt de elektrische geleidbaarheid samen met de dichtheid gebruikt om de zuurtegraad van het waswater te regelen.
Productie kunstmest [m ³ /60 min]	Wanneer het niveau van de wasvloeistof in het systeem te hoog wordt, wordt een deel afgepompt naar een externe opslag (een silo). De hoeveelheid afgepompt circulaire kunstmest, wordt in deze parameter geregistreerd als "Productie Kunstmest".	Minimale spui-frequentie zoals gespecificeerd in de opleveringsverklaring.	Geen actie.	De productie van kunstmest toont direct aan of er sprake is geweest van emissiereductie op kelderniveau.
Cumulatieve productie kunstmest [m ³]	De 'Productie Kunstmest' bijgehouden in cumulatieve vorm.	Zie "Productie Kunstmest".	Zie "Productie Kunstmest".	Zie "Productie Kunstmest".

Circulatiedebiet [m ³ /h]	De wasvloeistof wordt met een vast debiet in het systeem rondgepompt. Hierdoor stroomt er continu voldoende waswater door het filterpakket. Het gemeten circulatiedebiet wordt in deze parameter geregistreerd.	De streefwaarden van het circulatiedebiet inclusief bandbreedte staat gespecificeerd in de opleveringsverklaring.	Indien het circulatiedebiet niet hoog genoeg is, wordt er een signalering gegeven naar de gebruiker. Bijbehorende alarmering en daartoe gerelateerde acties zijn gespecificeerd in de gebruikershandleiding.	Zie "Elektrische geleidbaarheid"
Kalibratiewaarden EG [mS/cm]	Periodiek wordt een automatische kalibratie van de ρ -EG regeling uitgevoerd. Deze kalibratie wordt toegepast als correctie op de Elektrische Geleidbaarheid en opgeslagen in deze parameter "Kalibratie waarden EG".	Tussen [-10 mS/cm, +10 mS/cm].	Indien de kalibratiewaarde van de EG buiten de kritische waarde valt, krijgt de gebruiker een melding. Bijbehorende alarmering en daartoe gerelateerde acties zijn gespecificeerd in de gebruikershandleiding.	Geen directe relatie.
Main N-Capture luchtflow [m ³ /h]	Om de ammoniak uit de kelder- en stallucht te wassen, is voldoende luchtflow (van deze ammoniakrijke lucht) door de N-Capture Unit noodzakelijk. Deze parameter "Main N-Capture luchtflow" geeft de registreerde luchtflow door de main N-Capture Unit weer.	Er is geen kritische waarde voor de luchtflow. Er is wel een kritische waarde voor de luchtflow per vierkante meter met mest besmeurd oppervlak. Dit is de relatieve luchtflow. Deze mag niet lager zijn dan 20 m ³ /h/m ² . Vereist door OW2021.08.V2.	De relatieve luchtflow is als KPI beschikbaar in het managementsysteem. Indien de kritische waarde van de relatieve luchtflow wordt overschreden, wordt er een signaal aan de boer gegeven dat de boer ervoor moet zorgen dat de luchtstroom naar de N-Capture verbeterd moet worden. Dit kan hij enerzijds doen door het mestniveau in de kelder te verlagen. Anderzijds zou hij de vloer extra kunnen reinigen. Als laatste stap kan de boer controleren of het filterpakket is gereinigd conform OW2021.08.V2.	Voor de emissiereductie op kelderniveau: Zie "Elektrische geleidbaarheid". Emissiereductie op vloerniveau wordt bewerkstelligd door separatie van urine en mest. Bij mestophoping wordt de luchtflow naar de kelder verstoord evenals de urine-afvoer. Het loggen van de luchtflow borgt daarmee tevens emissiereductie op vloerniveau

Main N-Capture onderdruk [Pa]	In de N-Capture Unit bevindt zich voor de ventilator een druksensor. De gemeten waarde, wordt geregistreerd in deze parameter "Main N-Capture onderdruk". Eventuele verstoppingen in de vloer, de kelder of het filterpakket, zorgen voor een hogere druk in de N-Capture en kunnen zo worden gedetecteerd.	Waarschuwing boven 150 Pa.	Bij 150 Pa wordt er een signaal aan de boer gegeven dat de boer ervoor moet zorgen dat de luchtstroom naar de N-Capture verbeterd moet worden. Dit kan hij enerzijds doen door het mestniveau in de kelder te verlagen. Anderzijds zou hij de vloer extra kunnen reinigen. Als laatste stap kan de boer controleren of het filterpakket is gereinigd conform OW2021.08.V2.	De onderdruk wordt indirect gebruikt om de luchtflow te berekenen. "Zie Main NCapture luchtflow"
Side N-Capture luchtflow [m ₃ /h]	Zelfde als "Main N-Capture luchtflow".	Zelfde als "Main N-Capture luchtflow".	Zelfde als "Main N-Capture luchtflow".	Zelfde als "Main N-Capture luchtflow".
Side N-Capture onderdruk [Pa]	Zelfde als "Main N-Capture onderdruk".	Zelfde als "Main N-Capture onderdruk".	Zelfde als "Main N-Capture onderdruk".	Zelfde als "Main N-Capture onderdruk"
Lely Discovery Collector (mest verzamelrobot)				
Mest verzamelrobot gereden routes	Deze parameter "gereden routes" bevat de routehistorie van de mest verzamelrobot. De historie geeft inzicht in de schoonmaak frequentie van de vloer.	De vloer moet gemiddeld elke 2 uur schoongemaakt worden. De vloer achter het voerhek dient minimaal elke 8 uur schoongemaakt te worden. 's Nachts mag de mestverzamelrobot niet langer dan 4 uur aaneengesloten opladen. Vereist door OW2021.08.V2.	Indien de mestverzamelrobot een storing heeft wordt er gealarmeerd met een advies om het te verhelpen.	Het loggen van de gereden routes van de mest verzamelrobot ondersteunt de borging dat geen mestophoping plaatsvindt. En borgt daarmee emissiereductie op vloerniveau.
Collector water verbruik [m ₃ /h]	Deze parameter "Collector water verbruik" bevat de hoeveelheid water die de mest verzamelrobot doseert tijdens het rijden van de routes over de stalvloer.	De kritische waarde is afhankelijk van het met mest besmeurd oppervlak. De kritische waarde is 3 liter/m ² /dag. Vereist door OW2021.08.V2.	Maandelijks target KPI beschikbaar in het managementsysteem.	Het sproeien van water ondersteunt mestverzameling en urine-afvoer

De parameters zijn voor de gebruiker gemakkelijk inzichtelijk in het standaard meegeleverde managementsysteem (toegankelijk via computer (alarmen ook via tablet en telefoon)), en wordt ook in de vorm van een *logfile* opgeslagen (tot

5 jaar terug voor de Lely N-Capture data en tot 1 jaar voor de Lely Discovery Collector data). Indien een kritieke waarde van een parameter wordt overschreven, maar ook als het systeem wordt stilgelegd (al dan niet via de noodstop), krijgt de gebruiker een foutmelding of alarm. Deze melding omvat onder meer het alarmniveau, omschrijving van het alarm, het tijdstip en de datum, de bron en de apparaat-ID. Daarnaast wordt een 'stoplicht' in de stal geïnstalleerd. Deze fysieke signaallamp geeft een visuele indicatie van de status van het systeem. Met verschillende kleurcodes wordt aangegeven of het systeem functioneert binnen de gespecificeerde parameters van de systeembeschrijving, of er actie vereist is van de gebruiker of dat het systeem buiten bedrijf is.

Zoals omschreven in de systeembeschrijving worden de Lely Discovery Collector, de separatiestrips met urine afvoergaatjes in de roosterspleten (separatiestrips) en de afdichtvoorziening in de losplaats voor de mest verzamelrobot ten minste eenmaal per twee maanden gecontroleerd op beschadigingen en, indien nodig, onderhouden in afstemming met de servicemonteur. De separatiestrips zijn gemaakt van RVS, een materiaal waar vuil zich moeilijk aan hecht.

Het afsluiten van een servicecontract met de producent óf service door Lely gecertificeerde monteurs is als verplicht onderdeel opgenomen in de verkoopvoorwaarden van de producent. Het maatschappelijk belang van het naar behoren functioneren van het systeem is dermate hoog, dat deze voorwaarde is gesteld voor Lely Sphere.

Waar nodig vindt onderhoud plaats om een goede werking van het systeem te waarborgen. Er wordt een logboek bijgehouden door de gebruiker waarin wordt aangetekend wanneer en door wie de controle en het onderhoud van de Lely Discovery Collector, de separatiestrips met urine afvoergaatjes in de roosterspleten en de afdichtvoorzieningen in de losplaats heeft plaatsgevonden.

Bovenstaande biedt heldere, handhaafbare parameters voor toepassing van het systeem in de praktijk, waarmee de verwachte variatie in emissies vergeleken met de Rav-emissiefactor wordt verkleind.

Onzekerheidsfactor

De Rav-emissiefactor van de Lely Sphere is vastgesteld aan de hand van Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013a ('Meetprotocol 2013a')¹⁷. Op 4 bedrijven is op 6 momenten gedurende 24 uur de ammoniakemissie gemeten. Deze metingen zijn vastgelegd in meetrapporten, die volgens het Meetprotocol 2013a tot stand zijn gekomen.

Na een correctie op bedrijfstype wordt het gemiddelde berekend, de Rav-emissiefactor. Voor Lely Sphere is dit gemiddelde 3 kg NH₃ per dierplaats per jaar. Deze definitieve emissiefactor is toegekend met betrokkenheid van een Technische Advies Pool (TAP), zoals gebruikelijk in de Rav-systematiek. Toekenning van de definitieve emissiefactor vond plaats op 8 maart 2023 via publicatie in de Staatscourant, ná de eerdergenoemde uitspraken van de ABRvS.

In het eerdergenoemde WUR-onderzoek naar de verbetering van de effectiviteit van emissiearme systemen worden verschillende punten van verbetering op de Rav-systematiek voorgesteld¹⁸. Een mogelijke verbetering is een

¹⁷ Ogink, N., Mosquera, J., & Hol, A. (2017). Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013a = Measurement protocol for ammonia emission from housing systems in livestock production 2013a. (Wageningen Livestock Research rapport; No. 1032). Wageningen UR Livestock Research. <https://doi.org/10.18174/418425>

¹⁸ Bremmer, B., Huisman, I., Toemen, F., Ellen, H., van Harn, J., van Dooren, H. J., de Jonge, I., Stouthart, F., & Ogink, N. (2022). Verbetering van effectiviteit emissiearme stalsystemen in de praktijk: Inventarisatie, analyse kritische factoren en advies voor verbetering van toepassing van

onzekerheidsmarge, die een bandbreedte aangeeft in plaats van één precies getal. De methode om tot een onzekerheidsmarge te komen is ook door de WUR opgesteld, op het moment dat er nog geen definitieve Rav-emissiefactor voor de Lely Sphere beschikbaar was¹⁹. In opdracht van de producent is die methodiek in september 2023 toegepast op de data waarmee de Lely Sphere Rav-emissiefactor tot stand is gekomen. Deze statistische analyse van de 24 metingen die volgens het 'Meetprotocol 2013a' zijn verricht, en de uitkomsten van die analyse, worden hieronder toegelicht. Dit is de eerste onzekerheidsfactor die wordt toegepast.

Vervolgens wordt een tweede onzekerheidsfactor toegepast om 'downtime' in te calculeren. De Lely Sphere is een 'actief' systeem dat volgens de voorschriften in de systeembeschrijving moet worden gebruikt om ook in wetenschappelijke zin zeker te zijn dat de emissiereductie wordt behaald. Hoewel er óók een emissie reducerend effect zal zijn als het systeem niet functioneert volgens de systeembeschrijving (bijvoorbeeld omdat er dan nog steeds separatie van urine en feces plaatsvindt) wordt er voor deze 'downtime' wel een correctie berekend. In de wetenschap is het een standaard manier van werken om uit te gaan van een betrouwbaarheidsinterval van 95%. Daarbij wordt, in overleg met de producent, een maximale marge van 5% van de tijd (ruim 18 dagen per jaar) waarin het systeem 'uitstaat' voor onderhoud, kalibratie en storingen aangehouden. In de praktijk, met een goede training, een verplicht servicecontract en verantwoordelijkheid door de gebruiker en producent is een uptime van 95% te realiseren.

Hieronder wordt toegelicht tot welke onzekerheidsfactor dit leidt.

De statistische analyse van WUR zoals voorgesteld in hun notitie over een onzekerheidsmarge²⁰ (opgesteld op verzoek van het ministerie van LNV) leidt tot een tweetal onzekerheidsmarges per onderzocht staltype: een betrouwbaarheidsinterval en een predictie-interval. De betrouwbaarheidsinterval betreft de bandbreedte van gemiddeldes per staltype. De predictie-interval betreft de verwachte spreiding bij een individueel bedrijf per staltype.

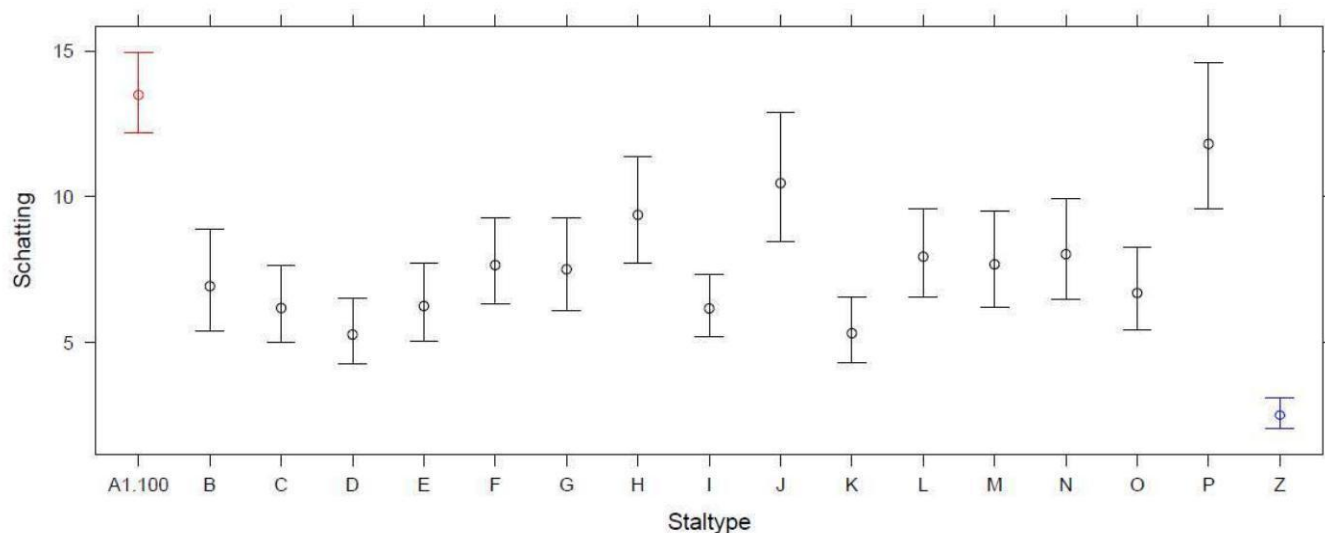
Bij statistische toetsing in landbouwkundig onderzoek is de conventie om met een betrouwbaarheid van 95% te werken, aldus de WUR.²¹ Omdat voor vergunningverlening alleen de bovengrenzen van de bandbreedte van belang zijn wordt bij de statistische analyse gebruik gemaakt van 90% intervallen. Dit betekent dat 10% van de verdeling buiten het interval valt: 5% van de verdeling onder de ondergrens, en 5% van de verdeling boven de bovengrens (het relevante deel), aldus de WUR.

ammoniak reducerende technieken. (Rapport / Wageningen Livestock Research; No. 1380). Wageningen Livestock Research. <https://doi.org/10.18174/573878>

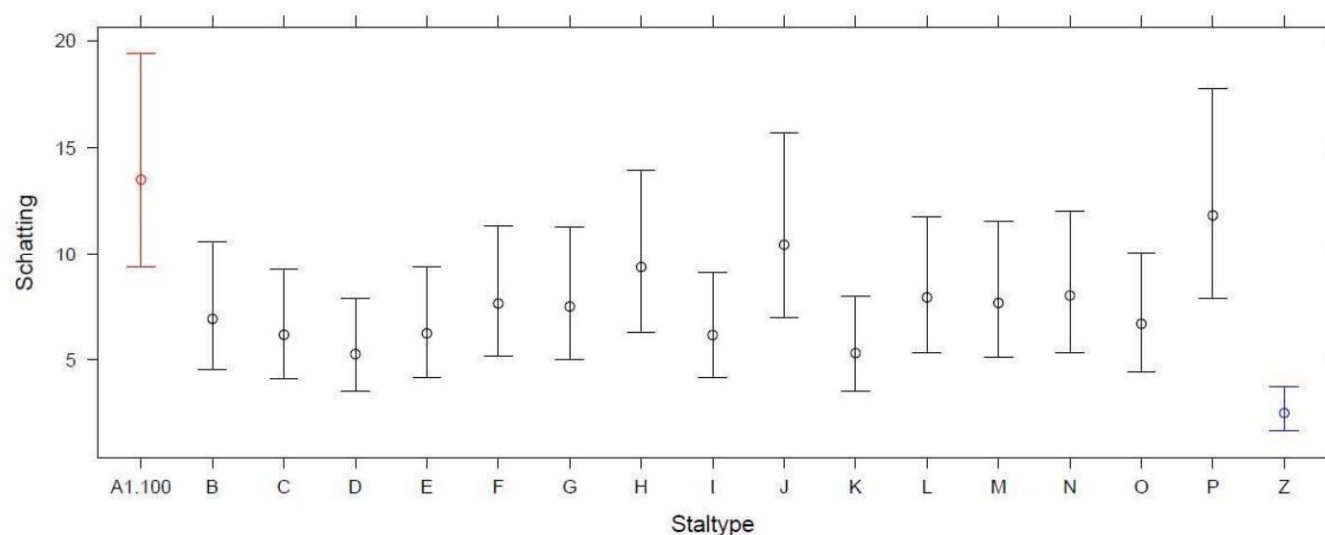
¹⁹ Ogink, N. W. M., Goedhart, P. W., & Mosquera Losada, J. (2022). Notitie bepaling onzekerheidsmarge ammoniakemissie bij bedrijfswijziging. Wageningen Livestock Research. <https://edepot.wur.nl/581726>

²⁰ Ogink, N. W. M., Goedhart, P. W., & Mosquera Losada, J. (2022). Notitie bepaling onzekerheidsmarge ammoniakemissie bij bedrijfswijziging. Wageningen Livestock Research. <https://edepot.wur.nl/581726>

²¹ Ogink, N. W. M., Goedhart, P. W., & Mosquera Losada, J. (2022). Notitie bepaling onzekerheidsmarge ammoniakemissie bij bedrijfswijziging. Wageningen Livestock Research. <https://edepot.wur.nl/581726>



Figuur 1 Betrouwbaarheidsintervallen voor de NH₃ emissies per staltype. Intervallen zijn 90% intervallen, waarbij 5% boven de bovengrens valt.



Figuur 2 Predictie intervallen voor de NH₃ emissies per staltype. Intervallen zijn 90% intervallen, waarbij 5% boven de bovengrens valt.

De ondergrens van de predictie-interval van de Lely Sphere is 1,67 kg NH₃ per dierplaats per jaar. De bovengrens van de predictie-interval is 3,76 kg NH₃ per dierplaats per jaar. Dat betekent dat met 95% zekerheid kan worden gesteld dat de emissie bij een individueel bedrijf met een nieuwbouw stal met Lely Sphere onder de 3,76 kg NH₃ per dierplaats per jaar is bij 100% uptime.

Deze statistische analyse doet uiteraard niets af aan het gemiddelde van 3 kg NH₃ per dierplaats per jaar zoals dat in het kader van de Rav-systematiek is vastgesteld.

Deze bovengrens is gebaseerd op de metingen verricht voor de Rav-emissiefactor. Hoewel er bij die 24 metingen van 24 uur geen sprake was van 100% uptime van de systemen, was de downtime zeer beperkt. Als onzekerheidsfactor bovenop de 95% betrouwbaarheid bovengrens wordt in deze Passende Beoordeling 5% downtime in de praktijk opgenomen in de te vergunnen emissiefactor inclusief onzekerheidsfactor.

Zoals eerder geschetst is de verwachting dat ook als het systeem niet binnen de kritieke parameters opereert er nog steeds sprake is van emissiereductie. Anders gezegd: downtime staat niet gelijk aan het uitblijven van emissiereductie. Voor de berekening van deze additionele onzekerheidsfactor wordt de emissie tijdens de downtime daar echter wel aan gelijkgesteld. Dit (fictieve) uitblijven van emissiereductie betekent dat voor de downtime uit wordt gegaan van de emissie van 'overige huisvestingssystemen' ($HA1.100 = A1.100$). De Rav-emissiefactor van staltype HA1.100 is 13 kg NH₃ per dierplaats per jaar. Het gemiddelde emissieniveau van HA1.100 uit de tabel op pagina 7 in het rapport Wehrens (2023)²² is 13,5 kg NH₃ per dierplaats per jaar. In het verlengde van bovenstaande wordt in plaats van die emissiefactor ook hier gerekend met de 95% betrouwbaarheid bovengrens van de predictie-interval zoals die voortkomt uit het onderzoek naar een onzekerheidsfactor van de WUR, waar in september 2023 een hernieuwde analyse inclusief de data van Lely Sphere op is toegepast²³: 19,39 kg NH₃ per dierplaats per jaar.

De berekening van de voorgestelde emissiefactor voor de Lely Sphere in deze Passende Beoordeling kent twee onderdelen: de emissie tijdens werking van het systeem volgens systeembeschrijving en de emissie tijdens storting, onderhoud, etc. ('downtime'). Voor de 'downtime' wordt 5% van de totale tijd voorgesteld en voor de emissie tijdens downtime wordt de bovengrens van het predictie-interval (PI) voor individuele bedrijven met systeem HA1.100 gekozen (tabel pagina 6: 19,39 kg NH₃ per dierplaats per jaar).

Dit leidt tot de volgende formule:

$$0.95 \cdot 95\% \text{ Bovengrens HA1.38} + 0.05 \cdot 95\% \text{ Bovengrens HA1.100}$$

Dit vertaalt zich naar:

$$0.95 \cdot 3.76 \left(\frac{\text{kg NH}_3}{\text{dierplaats-jaar}} \right) + 0.05 \cdot 19.39 \left(\frac{\text{kg NH}_3}{\text{dierplaats-jaar}} \right) = 4.5415 \left(\frac{\text{kg NH}_3}{\text{dierplaats-jaar}} \right)$$

Bovenstaande formule geldt voor een nieuwe melkveestal.

Afgerond naar één decimaal betekent dit dat de in het kader van de Omgevingswet vergunbare emissiefactor inclusief onzekerheidsfactor voor een nieuwbouw melkveestal 4,5 kg NH₃ per dierplaats per jaar is.

Dit doet niets af aan het feit dat de met het Meetprotocol 2013a vastgestelde Rav-emissiefactor, de gemiddelde emissie, 3 kg NH₃ per dierplaats per jaar is.

²² Wehrens, R. (2023) RAV factoren van melkveestallen Lely data v1.1

²³ Ogink, N. W. M., Goedhart, P. W., & Mosquera Losada, J. (2022). Notitie bepaling onzekerheidsmarge ammoniakemissie bij bedrijfswijziging. Wageningen Livestock Research. <https://edepot.wur.nl/581726>

Omschakeling bij een bestaande melkveestal

In de praktijk zal Lely Sphere vaak worden geïnstalleerd in een bestaande melkveestal. Er is dan dus sprake van een omschakeling van staltype. De locatie heeft een vergunning op basis van een traditionele roostervloer, code HA 1.100 met een gemiddelde emissiefactor van 13 kg NH₃ per dierplaats per jaar. Voor een melkveestal met een traditionele roostervloer is er ook spreiding van de bedrijfsspecifieke ammoniakemissies in de stal, dat wordt namelijk ook beïnvloed door andere factoren dan alleen het toegepaste stalsysteem. Het is aannemelijk dat die factoren worden 'overgedragen' naar de nieuwe situatie (denk bijvoorbeeld aan voermanagement). Het biedt daarom meer zekerheid als bij omschakeling van HA1.100 naar HA1.38 niet het absolute emissieniveau maar de verhouding tussen HA1.38 en HA1.100 wordt toegepast bij de berekening van de te vergunnen emissiefactor inclusief onzekerheidsmarge.

De betrouwbaarheidsintervallen van de verhouding van de emissies van elk staltype m.b.t. de emissie van het referentiestaltype zijn weergegeven in de onderstaande tabel.

rav	prediction	.group	Ratio	CI.l	CI.u	PI.l	PI.u
A1.100	2.603	1	100.0	NA	NA	NA	NA
P	2.470	12	87.6	69.5	110.5	51.2	150.0
J	2.347	123	77.4	61.4	97.6	45.2	132.5
H	2.237	1234	69.4	55.8	86.2	40.8	118.1
N	2.082	2345	59.4	47.0	75.1	34.7	101.8
L	2.072	2345	58.8	47.5	72.7	34.6	99.9
M	2.038	2345	56.8	45.0	71.8	33.2	97.4
F	2.035	2345	56.7	45.8	70.2	33.3	96.3
G	2.016	2345	55.6	44.1	70.1	32.5	95.2
B	1.936	2345	51.3	39.4	66.8	29.5	89.2
O	1.902	2345	49.6	39.3	62.6	29.0	84.9
E	1.833	345	46.3	36.7	58.4	27.0	79.3
C	1.822	345	45.8	36.3	57.7	26.8	78.4
I	1.820	345	45.7	37.5	55.7	27.1	77.2
K	1.672	45	39.4	31.2	49.7	23.0	67.5
D	1.663	5	39.1	31.0	49.2	22.8	66.8
Z	0.919	6	18.6	14.7	23.4	10.8	31.8

Voor de situatie waar de Lely Sphere wordt geïnstalleerd in een bestaande stal moet men dus de "upper bound" van de predictie-interval voor de ratio van het Lely Sphere-systeem (staltype Z) t.o.v. het referentiesysteem gebruiken. Dat is in de bovenstaande tabel procentueel uitgedrukt als 31.8% t.o.v. de referentiesituatie (HA1.100).

Dit vertaalt zich naar:

$$0.95 \cdot ((31.8/100) \cdot 13,50) \left(\frac{\text{kg NH}_3}{\text{dierplaats} \cdot \text{jaar}} \right) + 0.05 \cdot 19.39 \left(\frac{\text{kg NH}_3}{\text{dierplaats} \cdot \text{jaar}} \right) = 5.04785 \left(\frac{\text{kg NH}_3}{\text{dierplaats} \cdot \text{jaar}} \right)$$

Bij vergunningverlening op een bestaand melkveebedrijf waarbij wordt omgeschakeld van staltype HA 1.100 naar staltype HA 1.38 biedt gebruik van de hoogste vergunbare emissiefactor de meeste wetenschappelijke zekerheid.

Bij het omschakelen van een ander huisvestingssysteem naar de Lely Sphere mag men veronderstellen dat gezien die emissiefactor gelijk of lager zal zijn dan 13.5 de berekening voor een emissiefactor op 5.04785 wederom de meeste wetenschappelijke zekerheid biedt.

Afgerond naar één decimaal betekent dit dat de in het kader van de Omgevingswet vergunbare emissiefactor inclusief onzekerheidsfactor voor omschakeling van een bestaande melkveestal 5,0 kg NH₃ per dierplaats per jaar is. Dit doet niets

af aan het feit dat de met het Meetprotocol 2013a vastgestelde Rav-emissiefactor, de gemiddelde emissie, 3 kg NH₃ per dierplaats per jaar is.

De onzekerheidsmarge is gebaseerd op oorspronkelijke data van de metingen die zijn gedaan bij het bepalen van de RAV-factoren. Dit zijn in totaal 511 records van 76 bedrijven, waarbij 16 staltypen (huisvestingssystemen) zijn meegenomen. De metingen op vier Lely Sphere bedrijven voegen hier nog 24 records aan toe (6 metingen op 4 bedrijven). De data van de metingen die zijn gedaan voor het bepalen van de RAV-factoren staat in de bijlage behorende bij het model Passende Beoordeling²⁴, welke is opgesteld door Biometris/WUR. De vergunbare emissiefactor is bepaald vanwege de Nederlandse jurisprudentie en wetenschappelijk onderbouwd in de Passende Beoordeling, op basis van in totaal 535 records van 80 bedrijven, en geeft redelijkerwijs voldoende onderbouwing om aan te nemen dat de emissies in de praktijk binnen deze vergunde emissiefactor blijven.

Conclusie

Lely Sphere is een stalsysteem gericht op (circulaire) mestverwaarding, dat daarnaast ammoniakemissie in de stal reduceert. Zoals in deze Passende Beoordeling is toegelicht, is de te vergunnen emissiefactor - inclusief onzekerheidsfactor – voor de toepassing van het stalsysteem Lely Sphere 4,5 (vanwege een nieuwbouw melkveeststal) kg NH₃ per dierplaats per jaar. Deze vergunbare emissiefactor is bepaald vanwege de Nederlandse jurisprudentie en wetenschappelijk onderbouwd in deze Passende Beoordeling en geeft redelijkerwijs voldoende onderbouwing om aan te nemen dat de emissies in de praktijk binnen deze vergunde emissiefactor blijven.

²⁴ Wehrens, R. (2023) RAV factoren van melkveestallen Lely data v1.1

Bedrijfsspecifieke onderbouwing

Inleiding

Bij statistische toetsing in landbouwkundig onderzoek is de conventie om met een betrouwbaarheid van 95% te werken. Dit is zo ook toegepast in deze Passende Beoordeling van het huisvestingssysteem Lely Sphere. Om zorg te dragen dat het betrouwbaarheidsniveau voor Lely Sphere binnen de betrouwbaarheid van 95% valt, zijn onderstaande bedrijfsspecifieke maatregelen opgesteld. Aangezien de verschillende parameters al in de statistische analyse voor de vergunbare emissiefactor zijn opgenomen, kunnen onderstaande maatregelen als kwalitatief worden beschouwd. Onderstaande maatregelen onderbouwen dat er in het geval van deze aanvraag geen sprake is van een dusdanig extreem bedrijfsmanagement dat er twijfels zouden kunnen ontstaan over de toepasbaarheid van de onzekerheidsmarges, zoals opgenomen in de model Passende Beoordeling.

Training

De hoofdgebruiker van de Lely Sphere wordt bij oplevering verplicht getraind door de producent. In deze training worden alle relevante documenten gedeeld, zoals de systeembeschrijving, de opleveringsverklaring, een onderhoudstabel, de gedragsvoorschriften. In de training wordt inzicht gegeven in het functioneren van het werkingsprincipe van het systeem, uitleg gegeven van het digitale managementsysteem en de gebruikershandleiding.

Na de training ontvangt de hoofdgebruiker alle besproken documenten fysiek gebundeld in een map die bij het logboek bewaard kan worden. De hoofdgebruiker is na deze training in staat om medewerkers op zijn bedrijf uitleg te geven over de werking, bedieningsinstructies, onderhoud en storingen op te sporen en verhelpen van het Lely Sphere systeem.

Inspectie en onderhoud

Voor het onderhoud van de gehele installatie, inclusief vloer, wordt een contract afgesloten met Lely of een door Lely gecertificeerde monteur. Het onderhoud vindt 2 keer per jaar plaats en bij storing wordt deze binnen 24 uur opgepakt. De gegevens van onderhoud en storingen worden, met datum en tijdsduur van de storing, in een logboek vastgelegd, deze gegevens worden 5 jaar bewaard.

De controles van de separatiestrips met urine afvoergaatjes in de roosterspleten (separatiestrips) en de afdichtvoorziening in de losplaats voor de mest verzamelrobot worden ten minste eenmaal per twee maanden gecontroleerd op beschadigingen en, indien nodig, onderhouden in afstemming met de servicemonteur.

Controle van het dashboard en werking systeem vindt dagelijks plaats. Alle checks en punten worden in de tabel in de technische beschrijving aangegeven.

Mest besmeurd oppervlakte

Het met mest besmeurd oppervlakte in de stal is 5,49 m²/dier. De max. norm in de systeembeschrijving hiervoor is 5,5 m². Een reductie van het met urine/mest besmeurde oppervlak heeft een direct effect op de emissies van ammoniak uit huisvestingssystemen (Aarnink e.a., 2007; Monteny, 2000). De productie van ammoniak neemt toe naarmate het met urine/mest besmeurd oppervlak toeneemt²⁵. Door de emitterende oppervlakte te reduceren wordt de emissie van ammoniak verminderd. (Bron: WUR Overzicht van maatregelen om de ammoniakemissie uit de veehouderij te beperken versie 2017)

²⁵ Ogink, N., Mosquera, J., & Hol, A. (2017). Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013a - Measurement protocol for ammonia emission from housing systems in livestock production 2013a. (Wageningen Livestock Research rapport; No. 1032). Wageningen UR Livestock Research. <https://doi.org/10.18174/418425>, Bijlage A, pagina 16.

Naarmate er minder koeien in de stal gehouden worden in vergelijking met de aangevraagde situatie dan is dit nadelig voor het met mest besmeurde oppervlakte en neemt de vervluchtiging van NH_3 toe. Echter de totale emissie daalt omdat er minder dieren gehouden worden wat niet in verhouding staat tot de toename in emissie.

Beweiding

De problematiek van ammoniakemissie op melkveebedrijven is hoofdzakelijk gerelateerd aan huisvesting, mestopslag en het uitrijden van organische mest. Ammoniakemissie ontstaat op het moment dat feces en urine met elkaar in contact komen. Echter, tijdens het weiden van de koeien, mag verondersteld worden dat de ammoniakemissie significant minder is omdat dan de vermenging van feces en urine nauwelijks optreedt²⁶. Meer weidegang zou zodoende de ammoniakemissie kunnen verminderen, omdat de hoeveelheid mest die in de stal en mestopslag terecht komt kleiner is, daarbij wordt er minder drijfmest uitgereden²⁷.

Binnen proeftuin Natura 2000 is het effect van meer weidegang onderzocht. Extra weidegang leidt tot minder emissie van ammoniak en heeft daarnaast ook een gunstig effect op de diergezondheid. Per koe is er een daling op de stalemissie van gemiddeld 3,3 gram NH_3 per jaar per extra uur weidegang. Bij een toename van weidegang neemt de emissie per koe in de wei weliswaar toe, maar de emissie in de stal en de bij mestaanwending daalt aanzienlijk. Netto levert dit een emissiereductie op.²⁸

Het emissiereducerende effect in combinatie met weidegang is mede afhankelijk van de maatregelen die in de stal worden genomen. De jaargemiddelde emissiereductie (%) als gevolg van beweiden ten opzichte van permanent opstallen met de volgende vergelijking worden uitgedrukt²⁹:

$$\text{Emissiereductie (\%)} = 2,61 * (\text{aantal weide} - \text{uren per dag}) * (\text{aantal weidedagen}) / 365.$$

De dieren op dit bedrijf worden gemolken in een melkrobot. Nadat ze gemolken zijn gaan de dieren naar buiten om te grazen. De dieren worden gemiddeld 160 dagen beweid met een weideduur van 6 uur per dag daarmee bedraagt de emissiereductie:

$$\text{Emissiereductie (\%)} = 2,61 * 6 * (160 / 365) = 6,86\%$$

In de herfst krijgen de dieren vaak nog uitloop vanuit de stal, deze dagen worden niet meer geregistreerd, maar de koeien hebben dan nog circa 2 maand vrije uitloop. Deze uitloop is in bovenstaande berekening van de emissiereductie niet meegenomen.

Op het bedrijf is 25 ha grasland beschikbaar om de dieren te grazen. In de toelichting op de aanvraag wordt het onderdeel beweiden verder besproken en toegelicht.

²⁶ persoonlijke mededeling Ogink, 2013.

²⁷ Ammoniakemissie en weidegang melkvee; verkenning weidegang als ammoniak reducerende maatregel I.E. Hoving et al. April 2015,

²⁸ <https://www.proeftuinnatura2000.nl/wp-content/uploads/2017/12/Extra-weidegang.pdf>.

²⁹ <https://edepot.wur.nl/294436> Actualisering ammoniakemissiefactoren rundvee: advies voor aanpassing in de Regeling ammoniak en veehouderij, rapport 744, februari 2014, van N.W.M. Ogink, C.M. Groenestein, J. Mosquera.

De effecten van weidegang op de jaaremissie zijn volgens het rapport relatief groter voor stalsystemen met emissiearme vloeren²⁵. De achtergrond hiervan is dat tijdens afwezigheid van dieren in de stal de vloeremissie nagenoeg nihil is maar de kelderemissie onveranderd blijft. Met het minimaliseren van kelderemissie bij emissiearme vloeren zal het relatieve effect van beweiding daarom groter zijn²⁵.

Melk ureumgehalte

Het ureumgehalte in de melk is een getal dat de benutting van eiwit door de melkkoe aangeeft. Dit staat rechtstreeks in verband met de emissie van ammoniak uit de mest van de koe. Door met voeding het ureumgehalte te verlagen, wordt de uitstoot van ammoniak beperkt en wordt de benutting van eiwit hoger. Per punt stijging van het melkureum getal zal de ammoniakemissie met 2,5% toenemen³⁰. In 2023 was het gemiddelde ureum getal in de melk 20,2³¹. In de meetprotocollen voor RAV-metingen wordt uitgegaan van een ureumgetal van 23.

In de kringloopwijzer wordt per individueel bedrijf het ruw eiwitgehalte weergegeven welke iedere melkleverantie wordt bemonsterd door de melkfabriek. Over de jaren 2021-2023 (zie bijlage) is een gemiddeld ureum getal van 19 gerealiseerd dit is lager aan het landelijk gemiddelde van 20,2 en het volgens meetprotocollen gehanteerd ureumgetal van 23.

Het ureumgetal is 4 punten lager dan het volgens meetprotocollen gehanteerd ureumgetal van 23. Deze extra reductie geeft extra zekerheid dat de gehanteerde emissiewaarde niet overschreden wordt.

Conclusie

Er vindt beweiding van de melkkoeien plaats waardoor het emissie reducerend effect groot is. Omdat de uitloop in de herfst niet wordt geregistreerd, is de daadwerkelijke emissiereductie door de uitloop nog groter. Daarnaast ligt het ureumgetal onder de gehanteerde normen van het meetprotocol. Het mest besmeurd oppervlak per dier ligt onder de norm van 5,5 m²/ dier per dier. Een overschrijding van de gehanteerde emissiewaarde zal hierdoor niet aan de orde zijn.

³⁰ Qlip: Celgetal ontwikkelt gunstig - Qlip.

³¹ Protocol-voor-meting-van-ammoniakemissie-uit-huisvestingssystemen-in-de-veehouderij-2013a.pdf (rvo.nl).

RAV factoren van melkveestallen – Lely data

Ron Wehrens

Biometris, Wageningen University & Research



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH



18 september 2023

1 Introductie

In 2022 heeft Paul Goedhart (Biometris, WUR) een analyse uitgevoerd voor Nico Ogink en Julio Mosquera (Wageningen Livestock Research) waarbij emissiemetingen voor verschillende staltypen werden vergeleken. Voor elk staltype waren data van verschillende bedrijven beschikbaar. Dat leidde tot schattingen van gemiddelde NH₃ emissies voor ieder staltype, inclusief schattingen van betrouwbaarheidsintervallen, zowel voor de populatie van bedrijven die een bepaald staltype hanteren, als voor individuele bedrijven.

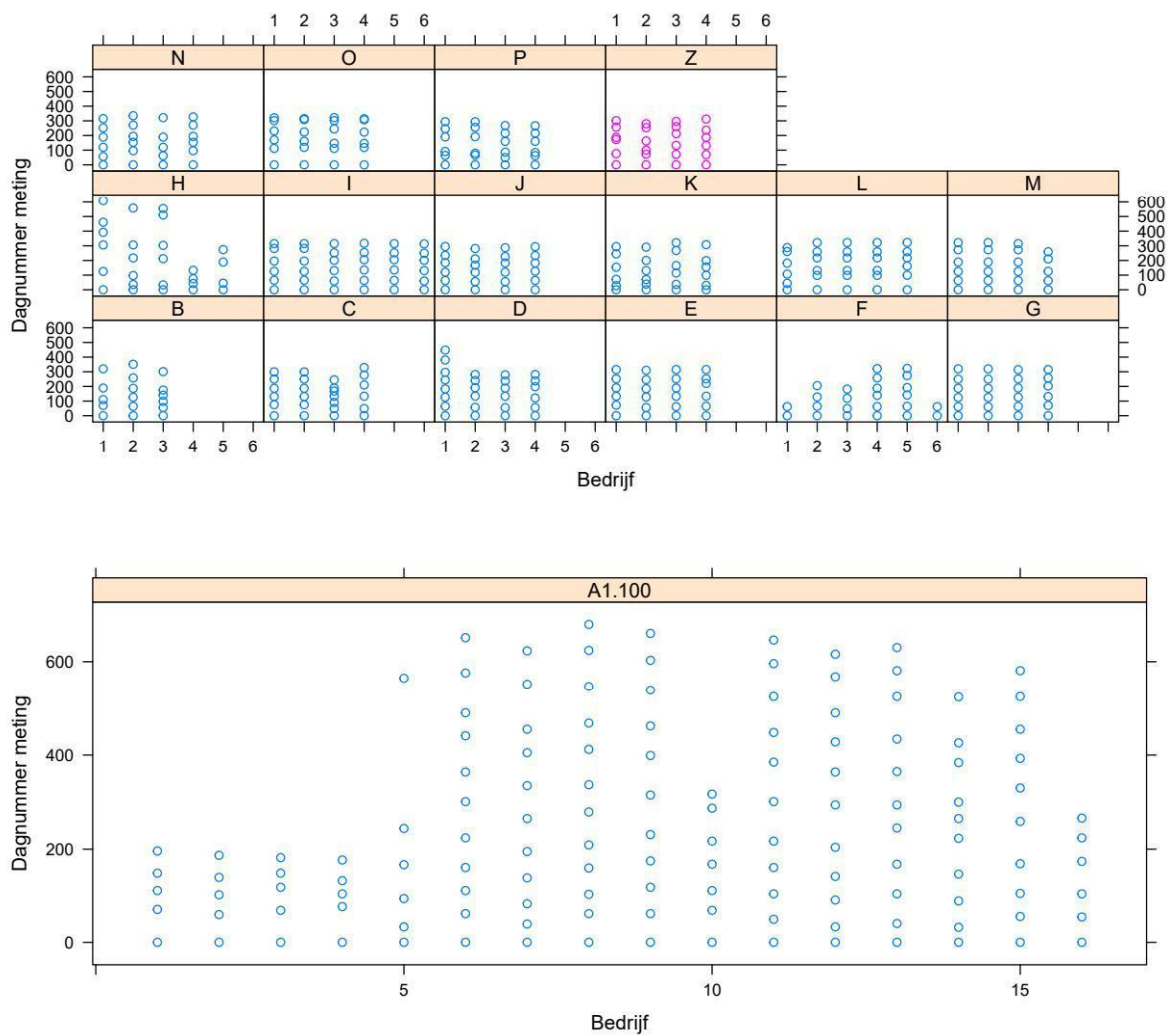
Recentelijk heeft Lely met WUR contact opgenomen met het verzoek deze analyse te herhalen, met medeneming van data die door Lely zelf zijn gemeten voor hun eigen systeem. Dit rapport presenteert de resultaten, waarbij de opbouw van het oorspronkelijke rapport van Goedhart is gehandhaafd, en waarbij de resultaten voor de Lely data (ontvangen op 13 september) zijn opgenomen. Uiteraard is een gecombineerde analyse alleen zinvol als de data op dezelfde manier verkregen zijn en volstrekt vergelijkbaar zijn – dat is door ons niet vast te stellen, maar is wel een aanname in het volgende.

De oorspronkelijke data bestaan uit 511 records van 76 bedrijven, waarbij 16 staltypen worden vergeleken (waaronder de standaard, A1.100). De Lely data voegen hier nog 24 records, afkomstig van vier bedrijven, aan toe. Hieronder wordt het aantal bedrijven per staltype samengevat (waarbij staltype “Z” het toegevoegde systeem van Lely betreft):

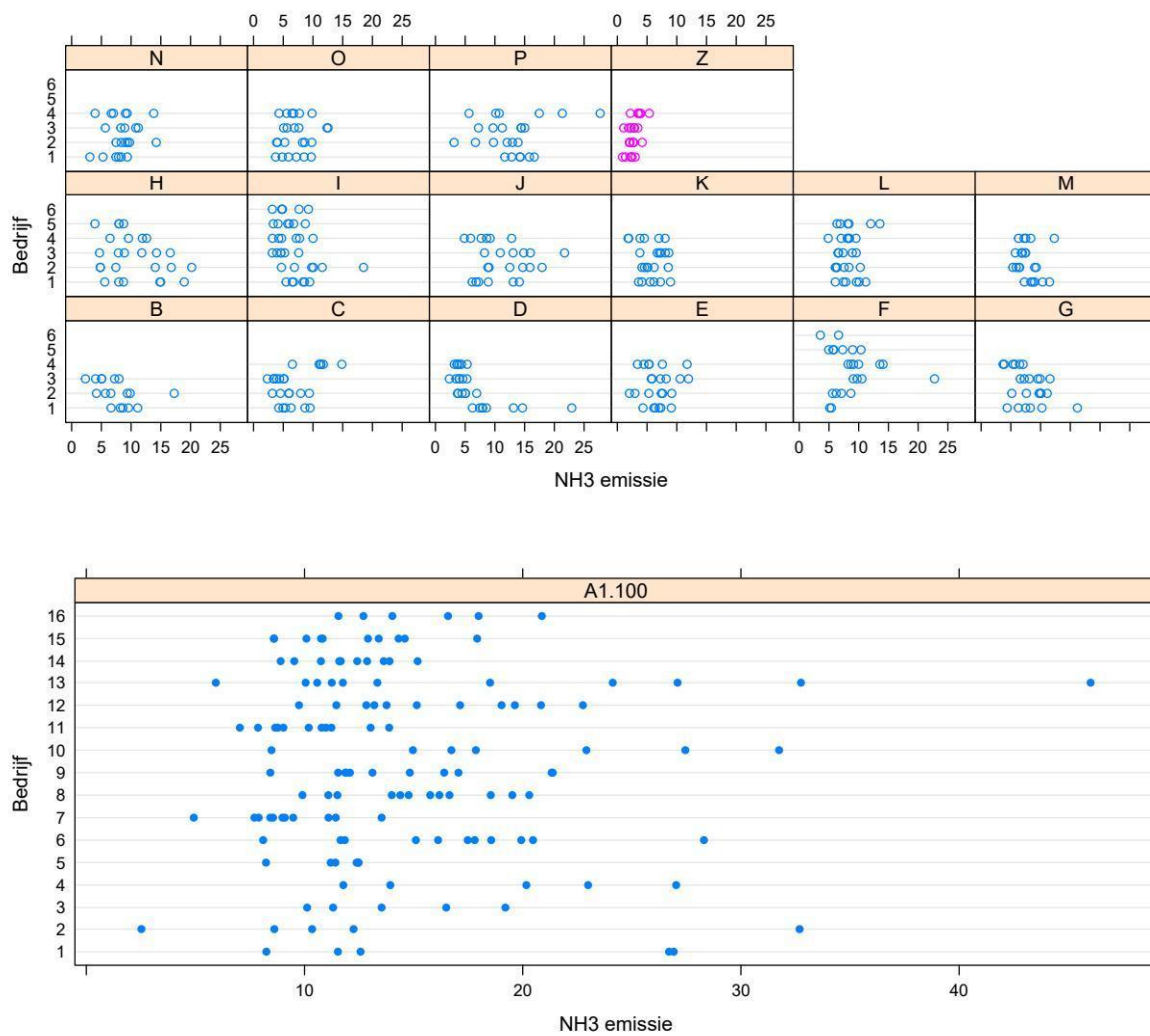
A1.100	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
16	3	4	4	4	6	4	5	6	3	4
L	M	N	O	P	Z					
5	4	4	4	4	4					

In de oorspronkelijke data is informatie aanwezig over de meetinstantie – er is aangenomen dat er geen systematische verschillen tussen meetinstanties zijn. Deze informatie is bij de Lely data afwezig, maar is dus ook niet nodig in de analyse.

Figuur 1 laat zien dat de metingen van de Lely data met een vergelijkbare spreiding over het jaar zijn genomen als die van de eerdere data: ook daarin waren in de meeste gevallen gegevens verzameld over de periode van ongeveer een jaar. Figuur 2 geeft voor alle data de (ongecorrigeerde) NH₃ emissies weer.



Figuur 1: Dagnummers waarop de metingen voor de Lely-data zijn gedaan – de eerste dag van de meting is op nul gezet.



Figuur 2: NH3 emissies, in kg/dierplaats/jaar.

2 Statistische analyse

Net zoals in de oorspronkelijke analyse modelleren we de logaritme van de emissiewaarden als functie van het staltype (Rav), waarbij de factor **bedrijf** als random effect wordt meegenomen:

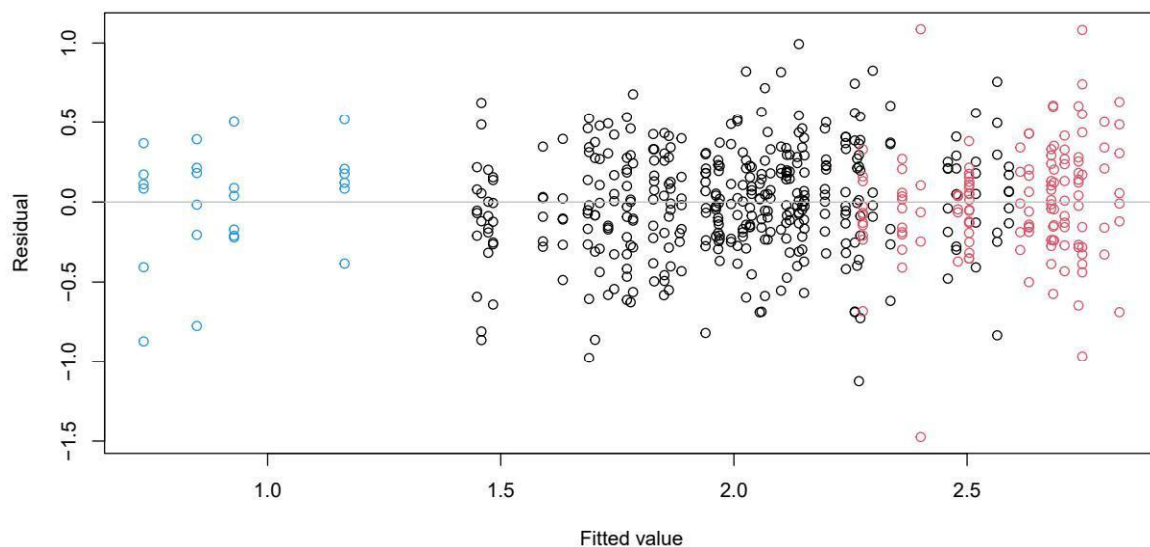
```
> log(emissie) ~ staltype + (1 | bedrijf)
```

Twee bedrijven die hetzelfde staltype gebruiken kunnen toch systematische verschillen te zien geven – dat is wat met de tweede term aan de rechterkant van de vergelijking wordt gemodelleerd. Deze spreiding wordt aangegeven met variantiecomponent σ_B^2 . De invloed van omgevingsfactoren zoals weersomstandigheden, of de preciese stalbezetting, zal ertoe leiden dat ook binnen een bedrijf variatie optreedt; verschillende metingen zullen verschillende resultaten opleveren. Deze variantiecomponent wordt σ_M^2 genoemd.

Schattingen en betrouwbaarheidsintervallen. Op deze manier worden schattingen gekregen voor de populatiegemiddelden (op log schaal) met de bijbehorende standaardafwijkingen. Hiermee kunnen dan ook betrouwbaarheidsintervallen worden berekend (ook weer op log schaal) – zowel gemiddelden als betrouwbaarheidsintervallen kunnen weer teruggetransformeerd worden naar de oorspronkelijke schaal.

Predictie-intervallen. Omdat we de variantiebijdragen van bedrijven en metingen afzonderlijk schatten kunnen we ook uitspraken doen over de spreiding die verwacht wordt binnen een individueel bedrijf. Die spreiding is (natuurlijk) groter dan de gemiddelden over de bedrijven, en de bijbehorende intervallen zullen in het vervolg predictie-intervallen worden genoemd.

Vergunningsverlening. Staltypen kunnen worden vergeleken met de referentie, A1.100, door bijvoorbeeld naar de verhouding te kijken. Wanneer deze kleiner is dan 1, dan lijkt het erop dat het geteste staltype lagere emissiewaarden geeft. Dit moet echter getoetst worden door ook de onzekerheid in de verwachte emissie mee te nemen, en vandaar dat een mogelijk aanpak is de bovengrens van de verwachte emissie (gegeven een bepaald, van te voren te kiezen betrouwbaarheidsniveau) te vergelijken met de referentiewaarde. Wanneer die bovengrens onder de 100% ligt kan men aannemen dat een overgang van de referentie naar het geteste staltype tot een emissiereductie leidt.



Figuur 3: Gefitte waarden uitgezet tegen de residuen voor het mixed model. Referentie-data (A1.100) zijn weergegeven in rood; de nieuwe Lelydata (Z) in blauw.

3 Resultaten

Het bovenstaande model is gefit aan de nieuwe, uitgebreide data set. Figuur 3 geeft de grootte van de residuen weer als functie van de gefitte waarden; in deze figuur is te zien dat de spreiding redelijk constant is over het hele bereik, een belangrijke aanname waaraan dus lijkt te zijn voldaan.

De tweede aanname is dat we er van uit gaan dat er verschillen tussen bedrijfsgegevens kunnen zijn, maar dat de spreiding van die gemiddelden niet afhangt van het staltype: bij alle staltypen verwachten we min of meer dezelfde variatie. Dat kunnen we testen door varianties van bedrijfsgemiddelden per staltype te berekenen, en vervolgens te vergelijken met de variantie die gezien wordt in het referentie-staltype. Dit kan door middel van een F-toets. De resultaten staan in onderstaande tabel, en laten zien dat er geen redenen zijn om de aanname van gelijke varianties te verwerpen: vrijwel alle p-waarden (laatste kolom) zijn groter dan 0.05 (zelfs zonder de correctie die eigenlijk nodig is omdat er meerdere toetsen worden uitgevoerd. Ook aan deze aanname is dus voldaan.

Staltype	N	Var	F	p
A1.100	16	0.0502	NA	NA
B	3	0.0953	1.90	0.368
C	4	0.1827	3.64	0.075
D	4	0.2055	4.10	0.052
E	4	0.0369	1.36	0.587
F	6	0.1316	2.62	0.135
G	4	0.0603	1.20	0.685
H	5	0.0316	1.59	0.458
I	6	0.0642	1.28	0.646
J	3	0.0624	1.24	0.633
K	4	0.0533	1.06	0.788
L	5	0.0073	6.87	0.005
M	4	0.0186	2.69	0.167
N	4	0.0274	1.83	0.369
O	4	0.0116	4.32	0.044
P	4	0.0475	1.06	0.793
Z	4	0.0738	1.47	0.524

De variantiecomponenten genoemd in Tabel 3 in het rapport van Goedhart zijn na toevoeging van de Lely-data onveranderd, en worden hier niet opnieuw weergegeven.

Vervolgens kunnen per staltype verwachte waarden worden uitgerekend voor het gemiddelde (zowel op log-schaal als de oorspronkelijke schaal), en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen. Deze laatste betreffen zowel de betrouwbaarheidsintervallen voor de gemiddelden (aangegeven met CI in onderstaande tabel) als de predictie-intervallen (PI):

	Staltype	Schatting.L	Schatting	CI.l	CI.u	PI.l	PI.u
1	A1.100	2.603	13.50	12.19	14.95	9.40	19.39
2	B	1.936	6.93	5.41	8.87	4.53	10.60
3	C	1.822	6.18	5.01	7.63	4.12	9.27
4	D	1.663	5.27	4.28	6.50	3.52	7.91
5	E	1.833	6.25	5.06	7.72	4.16	9.38
6	F	2.035	7.65	6.33	9.25	5.16	11.35
7	G	2.016	7.51	6.08	9.27	5.00	11.27
8	H	2.237	9.37	7.71	11.38	6.30	13.93
9	I	1.820	6.17	5.19	7.33	4.19	9.09
10	J	2.347	10.45	8.46	12.91	6.96	15.68
11	K	1.672	5.32	4.31	6.57	3.54	7.99
12	L	2.072	7.94	6.57	9.59	5.35	11.78
13	M	2.038	7.67	6.20	9.50	5.11	11.53
14	N	2.082	8.02	6.48	9.93	5.34	12.05
15	O	1.902	6.70	5.42	8.27	4.46	10.05
16	P	2.470	11.83	9.57	14.61	7.88	17.75
17	Z	0.919	2.51	2.03	3.10	1.67	3.76

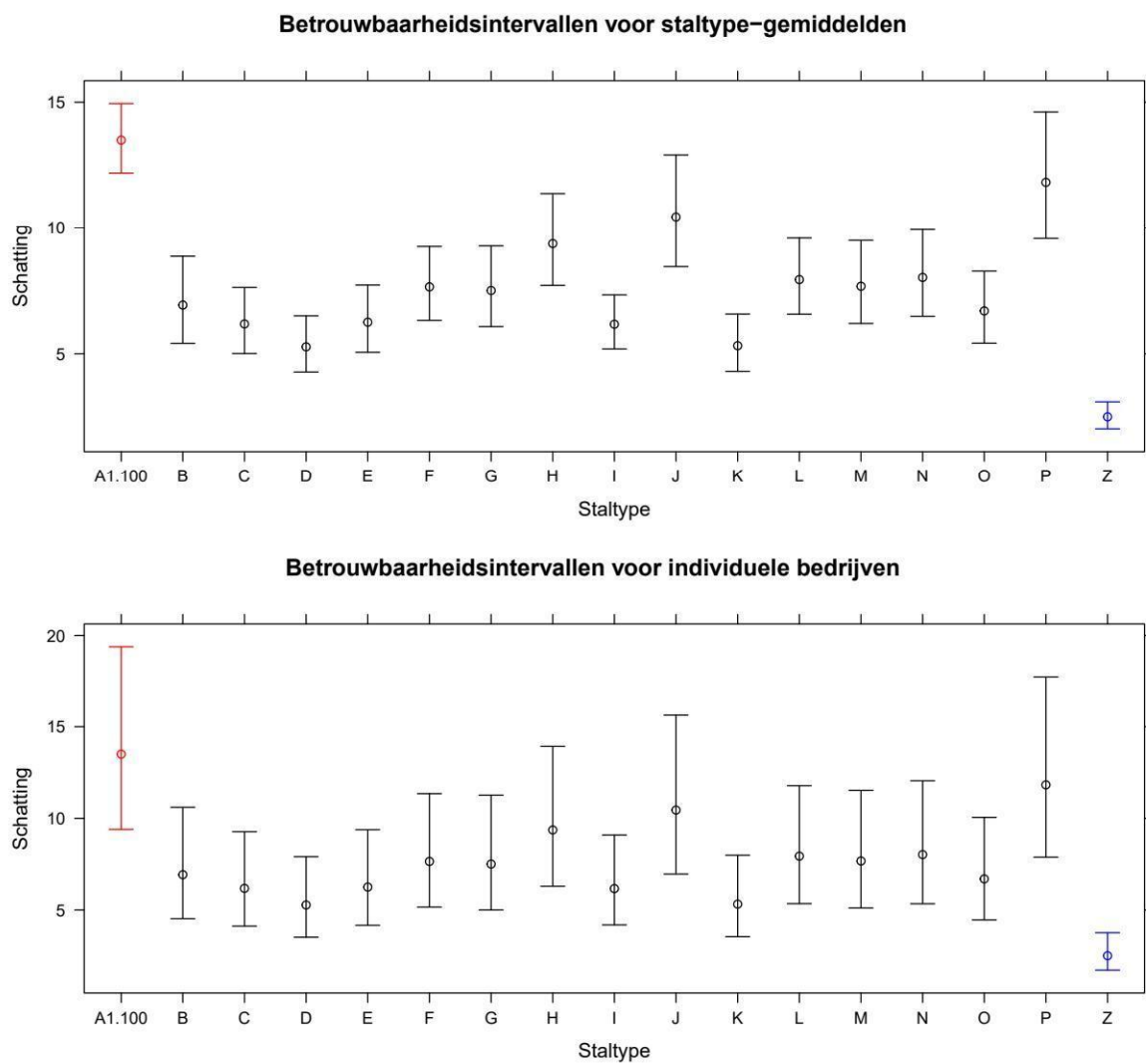
Deze schattingen en de betrouwbaarheidsintervallen zijn grafisch weergegeven in Figuur 4. Omdat hier eigenlijk alleen de bovengrenzen van belang zijn is, om de gebruikelijke overschrijdingskans van 5% te behouden, gebruik gemaakt van 90% intervallen, waarbij 5% van de verdeling boven de bovengrens zit (het relevante deel), en 5% van de verdeling onder de ondergrens (dat kunnen we helemaal negeren).

We kunnen staltypen niet alleen met de referentie vergelijken, maar ook met elkaar. In een zogenaamd compact-letter display kunnen de staltypen dan geordend weergegeven worden, waarbij opeenvolgende staltypen op elkaar lijken, en de eerste en laatste staltypen juist het meest van elkaar verschillen. Staltypen die hetzelfde cijfer in hun “group” kolom hebben verschillen niet significant van elkaar (op grond van een tweezijdige toets met een significantieniveau van 10%) – je zou kunnen zeggen dat ze tot die groep “behoren”.

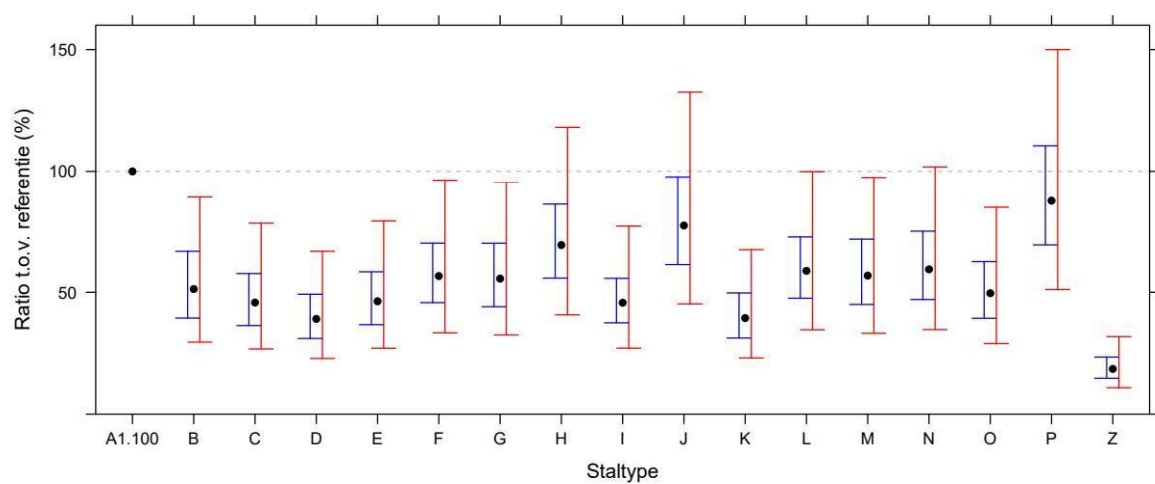
	rav	prediction	.group	Ratio	CI.l	CI.u	PI.l	PI.u
A1.100		2.603	1	100.0	NA	NA	NA	NA
	P	2.470	12	87.6	69.5	110.5	51.2	150.0
	J	2.347	123	77.4	61.4	97.6	45.2	132.5
	H	2.237	1234	69.4	55.8	86.2	40.8	118.1
	N	2.082	2345	59.4	47.0	75.1	34.7	101.8
	L	2.072	2345	58.8	47.5	72.7	34.6	99.9
	M	2.038	2345	56.8	45.0	71.8	33.2	97.4
	F	2.035	2345	56.7	45.8	70.2	33.3	96.3
	G	2.016	2345	55.6	44.1	70.1	32.5	95.2
	B	1.936	2345	51.3	39.4	66.8	29.5	89.2
	O	1.902	2345	49.6	39.3	62.6	29.0	84.9
	E	1.833	345	46.3	36.7	58.4	27.0	79.3
	C	1.822	345	45.8	36.3	57.7	26.8	78.4
	I	1.820	345	45.7	37.5	55.7	27.1	77.2
	K	1.672	45	39.4	31.2	49.7	23.0	67.5
	D	1.663	5	39.1	31.0	49.2	22.8	66.8
	Z	0.919	6	18.6	14.7	23.4	10.8	31.8

Merk op dat staltypen in de meeste gevallen tot meerdere groepen behoren. In bovenstaande tabel zijn bovendien de betrouwbaarheidsintervallen zien van de verhouding van de emissies van elk staltype met betrekking tot de emissie van het referentie-staltype. Ook hier weer geeft “CI” het betrouwbaarheidsinterval van de geschatte populatiewaarde aan, en “PI” het interval dat geldt voor individuele bedrijven. Wanneer de bovengrens van de laatste interval (“PI.u”) dus lager is dan 100, kan gezegd worden dat een bedrijf met dat staltype significant minder NH3 zullen uitstoten dan bedrijf dat het referentie-staltype heeft. Deze betrouwbaarheidsintervallen zijn grafisch weergegeven in Figuren 5.

Tot slot: door de inclusie van de nieuwe data wijken de voorspellingen op bedrijfsniveau ietwat af van de resultaten in het eerdere rapport van Goedhart. Het gebruikte statistische model “mengt” immers de informatie van de afzonderlijke bedrijven. De verschillen zijn echter in dit geval klein en veranderen de conclusies voor wat betreft bijvoorbeeld significanties niet.



Figuur 4: Betrouwbaarheidsintervallen (boven) en predictieintervallen (beneden) voor de NH3 emissies per staltype. Intervallen zijn 90% intervallen.



Figuur 5: Verhoudingen van RAV factoren ten opzichte van de referentie, A1.100. Betrouwbaarheidsintervallen (90%) zijn weergegeven in blauw, predictieintervallen (ook 90%) in rood.

Uitslag KringloopWijzer



Jaaropgave	:	2023
Omschrijving	:	Kringloopwijzer 2023 - Landbouwbedrijf T,B,M, Krabben en H,C,M, Krabben-Spijkers
Bedrijfstype	:	Melkveebedrijf
KvK-nummer	:	53467124
BRS-nummer	:	60374827
UBN-nummer(s)	:	1596427 - 299505
Biologisch bedrijf	:	Nee
Deelnemer BEP-pilot	:	Nee
Naam veehouder	:	Landbouwbedrijf T.B.M. Krabben en H.C.M. Krabben-Spijkers
Adres	:	De Bothweg 7
Postcode en woonplaats	:	7135 KD HARREVELD

www.mijnkringloopwijzer.nl

KringloopWijzer bedrijf

Landbouwbedrijf T,B,M, Krabben en H,C,M, Krabben-Spijkers

Invoerset : 000000000026717_2023_5_20240220191450032

BASIS - Bedrijfsportret van uw bedrijf

Grond en gewassen	2023	2022	2021	Ref
Areaal gewassen totaal (ha)	42,49	36,06	36,06	64,49
- productiegras (ha)	38,73	32,24	32,24	52,74
- natuurgras (ha)	1,00	0,00	0,00	1,64
- snijmais (ha)	1,44	3,82	3,82	9,02
- akkerbouw (ha)	1,32	0,00	0,00	1,08
Gemiddeld aandeel klaver in grasland (%)	1,9	1,1	1,1	0,6

Grondsoort aandelen (%):				
- gras: veen / klei / nat zand / ov zand / drg zand	0/0/64/11/25	0/0/31/34/35	0/0/31/34/35	23/27/26/17/7
- bouw: veen / klei / nat zand / ov zand / drg zand	0/0/71/0/29	0/0/0/0/100	0/0/0/0/100	9/22/28/30/11

Veestapel	2023	2022	2021	Ref
Aantal melkkoeien	58	59	59	116
Aantal pinken	12	12	12	28
Aantal kalveren	12	12	13	34
Jongvee per 10 melkkoeien	4,1	4,1	4,3	5,3
Afvoer mk per 10 melkkoeien	2,1	1,5	2,2	2,4
Aantal GVE melkvee	67	68	69	139
Aantal GVE overige graasdieren	0	0	0	1
Aantal GVE staldieren (intensief)	0	0	0	0

Melkproductie per bedrijf (kg)	660191	683707	642193	1043235
Melkproductie per hectare (kg)	15538	18960	17809	16180
Melkproductie per melkkoe (kg)	11462	11647	10885	9037
Vet-gehalte melk (%)	4,72	4,70	4,61	4,47
Eiwit-gehalte melk (%)	3,60	3,58	3,57	3,57
Fosfor-gehalte melk (mg/100g)	103	102	102	101
Ureum-gehalte melk (mg/100g)	17	19	21	21

Beweiding koeien: dagen per jaar	145	153	181	130
Beweiding koeien: uren per dag	7,0	6,5	6,0	6,0
Beweiding pinken: dagen per jaar	120	90	150	64
Beweiding kalveren: dagen per jaar	90	60	60	20

Erf en gebouwen	2023	2022	2021	Ref
Stalsystemen: aandeel systemen met drijfmest (%)	97	97	97	96
Stalsystemen: reductie ammoniakemissie uit drijfmest (%)	0	0	0	6

Melkstallen: toegepast melksysteem	AMS-eenbox	AMS-eenbox	AMS-eenbox	
Melkstallen: afvoer van reinigingswater	Riool	Riool	Riool	

Mestopslagen: opslagcapaciteit drijfmest (m3)	1240	1240	1240	
Mestopslagen: opslagcapaciteit drijfmest (aantal mnd)	7,5	7,3	7,3	9,9

Inleiding

De N-Capture is onderdeel van het Lely Sphere huisvestingssysteem (staltype HA1.38), en zorgt voor het effectief afzuigen van de mestgassen die onder en net boven de stalvloer ontstaan. Afhankelijk van het mestkelderplan en het af te zuigen vloeroppervlak, worden er één of meerdere N-Captures aan de buitenzijde van de stal geplaatst, in directe verbinding met de mestkelder(s). Een enkele N-Capture is een standaardproduct welke af fabriek wordt geleverd. In dit document worden de vaste en bedrijfsspecifieke dimensionering omschreven.

Datum: 31 maart 2026

Opdrachtgever

Naam: Landbouwbedrijf
T.B.M. Krabben en
H.C.M. Krabben-Spijkers
de Bothweg 7
7135 KD
Harreveld

Adres:
Postcode:
Plaats:

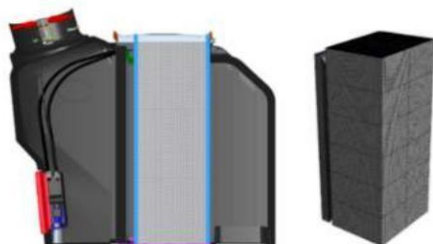
Locatie

Adres: Lindeboomweg
Postcode:
Plaats: Harreveld

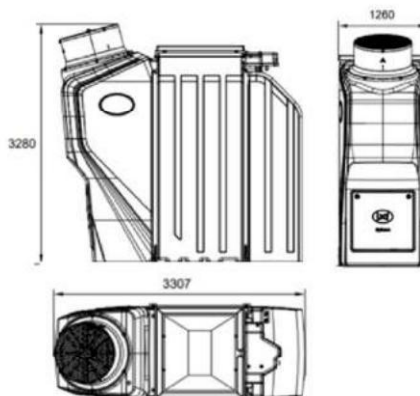
Omgevingswet stalsysteem nummer: OW 2021.08
Code: HA1.38

Bedrijfsspecifieke gegevens

	Eenheid
Totaal aantal N-Capture(s) op het bedrijf:	2 Stuks
Totale filterpakket netto aanstroomoppervlak:	5,88 m ² (2 x 2.94)
Totale filterpakket bruto volume:	5,90 m ³ (2 x 2,95)
Maximum met mest besmeurd oppervlak:	750 m ² (2 x 375)
Werkelijke met mest besmeurd oppervlak:	480 m ²



Afbeelding 1: filterpakket en druppelvanger



Afbeelding 2: afmetingen N-Capture

Vaste dimensionering per N-Capture – algemeen

		Eenheid
Bouwworm:	Dwarsstroom water	
Uitvoering:	Chemisch	
Bevochtiging filterpakket:	Continue	
Maximum capaciteit:	12.000	m ³ / h
Gemiddeld debiet t.o.v. met mest besmeurd oppervlak:	30	m ³ / h per m ²
Maximum met mest besmeurd oppervlak per N-Capture:	375	m ²
Luchtaanvoer:	via mestkelder	
Min. doorstroomoppervlak luchtkanaal direct onder de roostervloer:	1	cm ² / m ³
Totaal minimale doorstroomoppervlakte bij max. capaciteit:	1.2	m ² (12000m ³ /h x 1cm ² /m ³)
Maximale luchtsnelheid van het luchtkanaal in de kelder:	2.8	m/s (12.000m ³ /h / 3.600) / 1.2 m ²
Min. onderdruk in de mestkelder:	25	Pascal
Netto afmetingen N-Capture (l x b x h):	3,31 x 1,26 x 3,28	m
Diameter uitstroomopening:	0,8	m
Oppervlakte van de uitstroomopening:	0,5	m ² (Pi/4 * 0,8 ²)
Maximum uitstroomsnelheid:	6,6	m/s (12.000 m ³ /h / 0,5 m ²) / 3600s
Restemissie naar de nok	92	%
Restemissie naar de N-Capture(s)	8	%

Vaste gegevens per N-Capture - waspakket

		Eenheid
Opbouw filterpakket:	12 structuurpakkingen	2 kolommen van 6 rijen hoog
Structuurpakking nominale afmetingen (l x b x h):	0,91 x 0,60 x 0,45	m
Contactoppervlak structuurpakking:	125	m ² / m ³
Materiaal structuurpakking:	PP	
Filterpakket netto dikte:	0,91	m
Filterpakket netto breedte:	1,20	m
Filterpakket netto hoogte:	2,45	m (6 x 0,45) – 0,25
Filterpakket netto aanstroomoppervlak:	2,94	m ² (1,20 x 2,45)
Filterpakket bruto volume:	2.95	m ³ (0,91 x 1,20 x 2,70)
Druppelvanger dikte:	0,125	m
Positie druppelvanger:	Achter filterwand	Tussen filterpakket en ventilator
Max. capaciteit lucht per netto aanstroomoppervlak:	4080	m ³ / h per m ² (12.000 / 2,94)