Vlaanderen
is landbouw & zeevisserij

ILVO Mededeling D/2026/11
Mei 2026

Meetrapport

Bepaling van de ammoniak-, geur-, fijn stof (PM_{10})- en methaanemissie van een afdeling met vrijloopkraamzeugen met *DUOSEP (V)-systeem De Witte Hoeve (van Eijk) te Nederweert*

ILVO
Instituut voor Landbouw-,
Visserij- en Voedingsonderzoek

www.ilvo.vlaanderen.be

Meetrapport

Bepaling van de ammoniak-, geur-, fijn stof (PM10)-
en methaanemissie van een afdeling met vrijloopkraamzeugen
met *DUOSEP (V)-systeem*
De Witte Hoeve (van Eijk) te Nederweert

ILVO MEDEDELING D/2026/11

Mei 2026

ISSN 1784-3197

Wettelijk Depot: D/2026/10.970/11

Auteurs

Laanen Loes

De Decker Tinka

Peeters Quinten

Brusselman Eva

Inhoud

1. Inleiding 4
2. Materiaal en methoden 5
   2.1 Beschrijving meetlocatie 5
   2.2 Werkingsprincipe van het DUOSEP (V) systeem 8
      2.2.1 Emissiereducerende principe 8
   2.3 Meetstrategie 9
   2.4 Meetmethoden 9
      2.4.1 Ammoniak, methaan en koolstofdioxide 9
      2.4.2 Geur 11
      2.4.3 Fijn stof 13
      2.4.4 Ventilatiedebiet 14
      2.4.5 Relatieve vochtigheid en temperatuur 15
      2.4.6 Productiegegevens 15
   2.5 Kalibratie en controle 15
      2.5.1 Kalibratie en validatie Axetris meetbox 15
3. Dataverwerking en -analyse 17
   3.1 Polluentemissies 17
4. Resultaten 19
   4.1 Algemene informatie 19
   4.2 Stalklimaat 21
   4.3 Technische resultaten, klimaatomstandigheden en voedergegevens 21
   4.4 Emissie en verwijderingsrendement polluenten 22
      4.4.1 Ammoniak 22
      4.4.2 Geur 24
      4.4.3 Fijn stof 26
      4.4.4 Methaan 28
5. Technische resultaten 29
6. Conclusie 30
7. Landbouwkundige randvoorwaarden 31
8. Referenties 32

Bijlages 33

Bijlage I: Voorlopige leaflet 33

Bijlage II: Technische resultaten, klimaatomstandigheden, voedergegevens en aflaatschema 37

Bijlage III: Kalibratie en validatie van de Axetris meetbox (NH_3, CH_4 en CO_2) 41

Kalibratie van de Axetris meetbox op basis van kalibratievergelijkingen bij VITO 41

Validatie van de Axetris meetbox op basis van controlemetingen in het labo van ILVO 42

Definities en begrippen

Meetcampagne:	Verzameling van alle voorbereidingen, metingen, dataverwerking en rapportering uitgevoerd volgens vooraf opgesteld(e) meetplan(nen) in praktijkstallen
Meetlocatie:	Geografisch adres. Kan bestaan uit meerdere units, compartimenten, stallen, …
Meetmethode:	Alle procedures en middelen om een grootheid te bepalen
Meetstrategie:	Behelst het aantal metingen en de verdeling van dit aantal in tijd, binnen en over bedrijfslocaties
Nederlandse protocollen:	Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013a (Ogink et al., 2017)
	Protocol voor meting van geuremissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010 (Ogink, 2011)
	Protocol voor meting van fijnstofemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010 (Ogink et al., 2011)
	Protocol voor meting van methaanemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010 (Groenestein et al., 2011)
Staalnamepunt:	Exacte plaats waar de stalen genomen worden

Afkortingen

C	concentratie
CH_4	methaan
CO_2	koolstofdioxide
E	emissie
GEM	gemiddelde
MW	moleculairgewicht
NH_3	ammoniak
P	druk
PM_{10}	fijn stof fractie met een diameter van maximaal 10 µm
R	algemene gasconstante
RV	relatieve vochtigheid
T	temperatuur
V	ventilatiedebiet

1. Inleiding

Dit meetrapport werd opgemaakt in kader van een project goedgekeurd binnen de subsidiemodule betreffende brongerichte verduurzaming van stal- en managementmaatregelen (SBV-regeling), met als projectnaam “Familiebedrijf zet stap naar zeugenhouderij van de toekomst” (referentienummer SBV2122006).

Voor dit SBV-project heeft ILVO zes meetperiodes uitgevoerd tussen 15 april 2025 en 4 februari 2026 in een afdeling van een vrijloop kraamzeugenstal uitgerust met het *DUOSEP (V) systeem (DUO Vak Separatie Systeem)* van JOVAS. Het betreft een stal gevestigd te Nederweert (De Witte Hoeve, van Eijk).

Dit meetrapport geeft een gedetailleerde omschrijving van de ammoniak-, geur-, fijn stof- en methaanemissies, inclusief de methoden die zijn gebruikt om deze te meten.

2. Materiaal en methoden

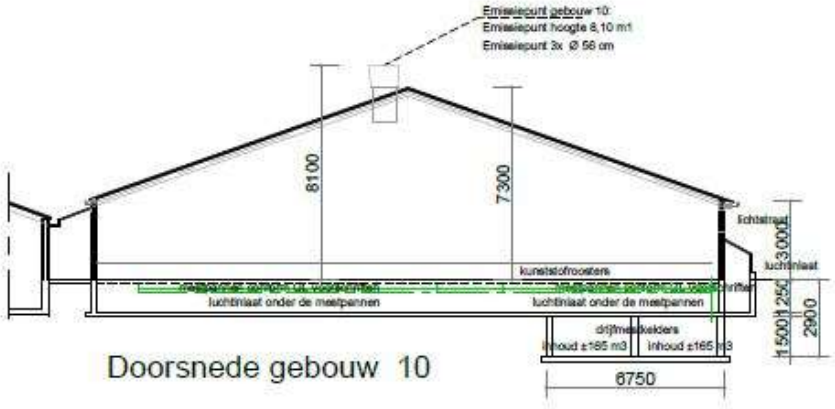
2.1 Beschrijving meetlocatie

De vrijloopkraamstal, gelegen te Nederweert, is rechthoekig en zuidelijk georiënteerd (Figuur 1, Figuur 2). De stal is 23,5 m breed en 37,67 m lang en heeft dus een totale oppervlakte van 885,245 m^2 (Figuur 3). De stal bestaat uit drie afdelingen (elk ca. 12,5 m breed) met telkens 32 vrijloopkraamhokken per afdeling (4 rijen van 8 hokken). Het aantal dragende zeugen aanwezig in de stal is dus maximaal 96. Elke afdeling wordt mechanisch geventileerd. De lucht komt binnen via inlaatpunten in de gang tussen de hokken en wordt door middel van één centrale ventilator (diameter 58 cm) afgevoerd. De hokken hebben, zoals verder omschreven in Hoofdstuk 2.2 Werkingsprincipe DUOSEP (V) Systeem, een gedeeltelijk roostervloer (66% roostervloer, 34% dichte vloer). De andere stallen op het bedrijf zijn de volgende:

- 4 stallen met in totaal 43.500 leghennen
- 1 stal met 1020 gespeende biggen, 105 dragende zeugen en 24 opfokzeugen
- 1 stal met 150 dragende zeugen
- 1 stal met 3100 vleesvarkens

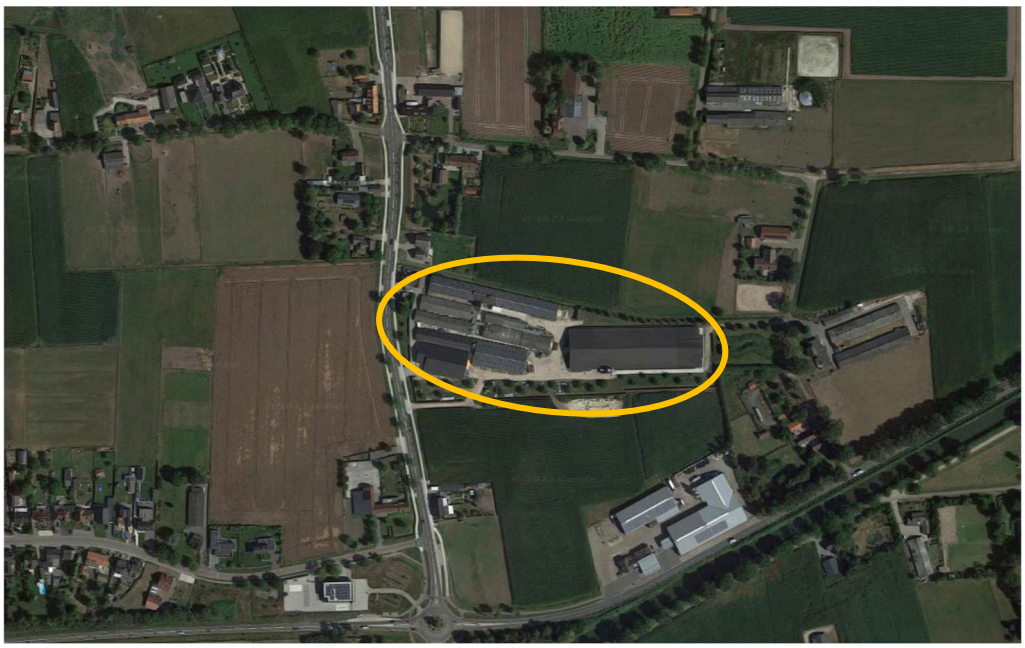
In de directe omgeving van het bedrijf (Figuur 4) bevindt zich één varkensbedrijf op 600 meter en één kalkoenenbedrijf op 500 meter.

Figuur 1: Overzichtsfoto van het bedrijf en de stal (in het geel aangeduid) waar de metingen worden verricht.



Figuur 2: Plan van de meetlocatie (stal doorsnede)

Figuur 3: Plan van de meetlocatie (stal bovenaanzicht) met aanduiding van de verschillende afdelingen (meetafdeling = afdeling 2)



Figuur 4: Overzichtsfoto van De Witte Hoeve te Nederweert (aangeduid in het geel)

De zeugen komen ongeveer 1 week voor werpen in de kraamhokken. De biggen worden gespeend op circa 28 dagen leeftijd. De planning van de opeenvolgende rondes binnen de drie afdelingen van de meetlocatie tijdens de meetperiode wordt weergegeven in *Tabel 1.*

Tabel 1: Planning rondes binnen de verschillende afdelingen van de meetlocatie (in geel de rondes waarin gemeten werd)

Week	Werpdatum	Afdeling	Speendatum
14	**01/apr**	**2**	**28/apr**
16	15/apr	3	12/mei
18	29/apr	1	26/mei
20	13/mei	2	9/jun
22	27/mei	3	23/jun
24	10/jun	1	7/jul
26	**24/jun**	**2**	**21/jul**
28	8/jul	3	4/aug
30	22/jul	1	18/aug
32	**5/aug**	**2**	**1/sep**
34	19/aug	3	15/sep
36	2/sep	1	29/sep
38	**16/sep**	**2**	**13/okt**
40	30/sep	3	27/okt
42	14/okt	1	10/nov
44	**27/okt**	**2**	**24/nov**
46	10/nov	3	8/dec
48	24/nov	1	22/dec
50	**8/dec**	**2**	**5/jan**
52	22/dec	3	19/jan
2	5/jan	1	2/feb
4	**19/jan**	**2**	**16/feb**
6	2/feb	3	2/mrt
8	16/feb	1	16/mrt
10	02/mrt	2	31/mrt

2.2 Werkingsprincipe van het DUOSEP (V) systeem

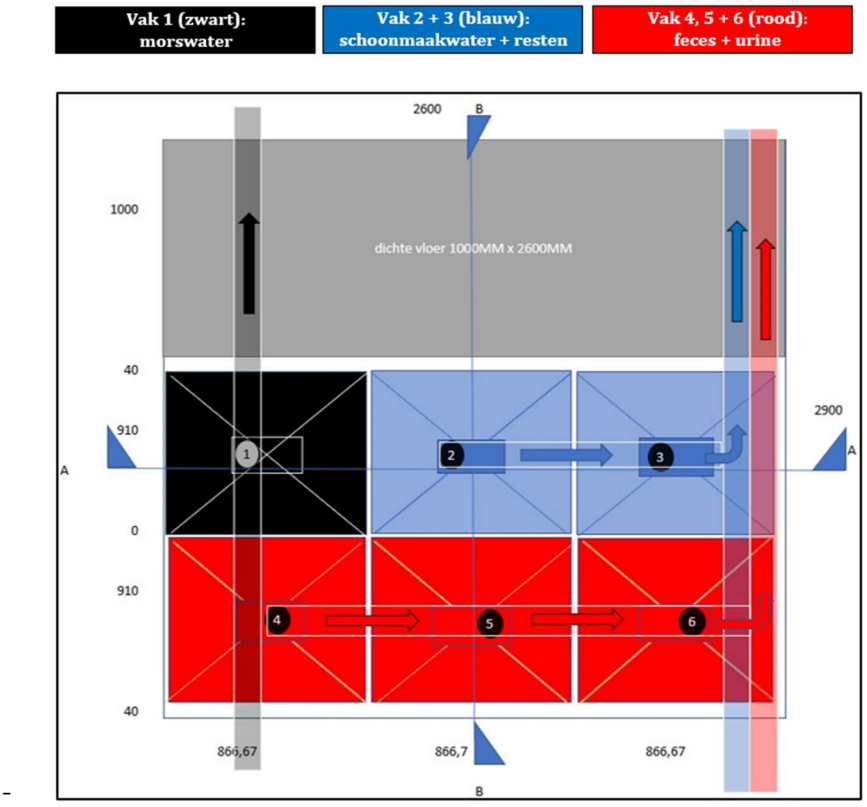
2.2.1 Emissiereducerende principe

Het *DUOSEP (V) systeem (DUOSEParatie vakkensysteem)* is een mestvakkensysteem met opvang van mest/urine en morswater in aparte vakken (Figuur 5).

Het ammoniakemissie-reducerend principe van het systeem is gebaseerd op het beperken van putemissie door het verkleinen van het emitterend mestkelderoppervlak. Dit in combinatie met een mestpan met regelmatige afvoer in aparte vakken waardoor de leeftijd van de emitterende mest steeds lager is dan enkele dagen.

Onder het kraamhok is een mestpan met minimaal 6 vakken (Figuur 5) geplaatst:

- Zwart: vak 1 = morswater + morsvoer (vakken direct achter de waterbak en voerbak)
- Blauw: vak 2 + 3 = (minimaal) urine + mest in de fixatieperiode
- Rood: vak 4, 5 + 6 = (opvang van) urine en mest in de vrijloopperiode



- *Figuur 5: Vakkensysteem DUOSEP (V) (bovenaanzicht, indicatief)*

Om fijn stof (PM_{10}) te reduceren wordt er een ionisatiesysteem toegepast, het DUSTion systeem (coronadraden).
Voor een verdere omschrijving, zie voorlopige leaflet in **Bijlage I: Voorlopige leaflet** .
Deze leaflet werd door JOVAS opgesteld om te gebruiken na erkenning. De afdeling waar de metingen van dit meetrapport betrekking op hebben is conform deze leaflet.

2.3 Meetstrategie

De metingen werden uitgevoerd op 1 bedrijfslocatie. Hierbij werden aan 1 afdeling gelijktijdig metingen uitgevoerd van de uitgaande stallucht en de ingaande buitenlucht.

Voor de metingen van ammoniak, geur, fijn stof (PM_{10}) en methaan werden tijdens een meetperiode van 1 jaar 6 meetdagen ingepland, met inachtneming van de voorwaarden die gesteld worden in het *Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013a* (Ogink et al., 2017), *Protocol voor meting van geuremissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010* (Ogink, 2011), *Protocol voor meting van fijnstofemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010* (Ogink et al., 2011), *Protocol voor meting van methaanemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010* (Groenestein et al., 2011), namelijk 1 meting per periode van 2 maanden en de metingen werden zodanig verdeeld dat de helft van de metingen in het eerste deel en de andere helft in het tweede deel van de productieperiode valt. Daarnaast zijn de metingen in het tweede deel van de productieperiode gelijkmatig over de jaarkwartalen verdeeld. De productieperiode duurde circa 28 dagen (van dag van werpen tot spenen van de biggen).

2.4 Meetmethoden

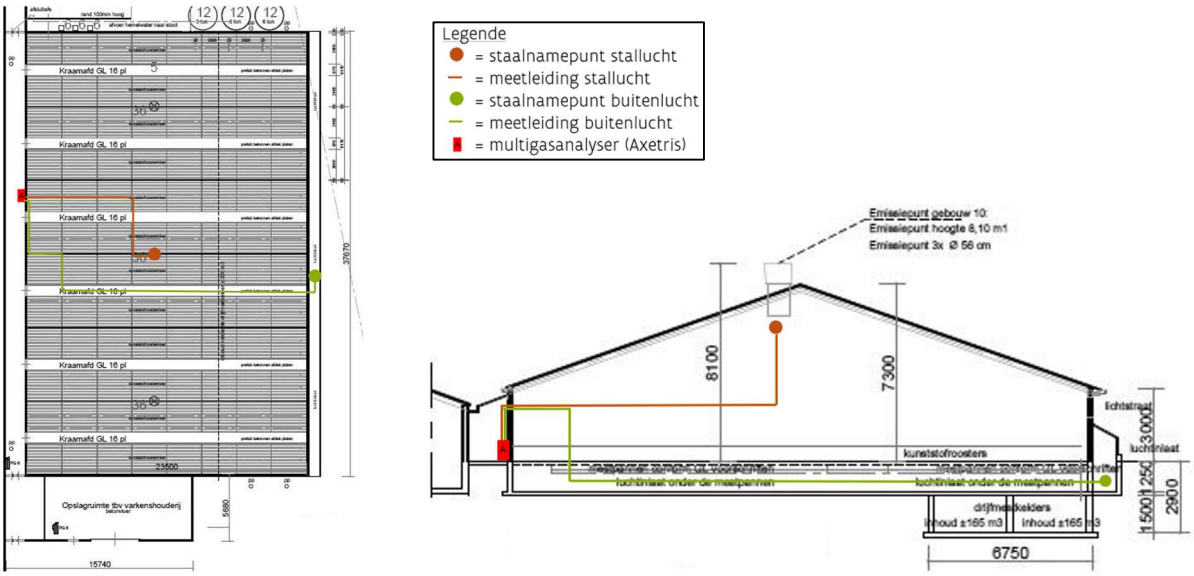
2.4.1 Ammoniak, methaan en koolstofdioxide

STAALNAMEPUNTEN

Tijdens de 6 meetdagen werden er 2 staalnamepunten bemonsterd:

- 1 staalnamepunt in de stal aan de ventilator (op ca. 5 m hoogte) voor bemonstering van de stallucht
- 1 staalnamepunt voor de bemonstering van de inkomende buitenlucht (achtergrondconcentratie)[1], waar deze de stal binnen gaat

Een overzicht van de staalnamepunten en het verloop van de meetleidingen wordt afgebeeld in Figuur 6. De meetleiding voor bemonstering van de inkomende buitenlucht loopt via de luchtinlaat onder de mestpannen naar binnen in de afdeling. Figuur 7 toont enkele foto's van de meetopstelling in de stal.



Figuur 6: Staalnamepunten en meetleidingen voor ammoniak en methaan aangeduid op de plattegrond (links) en dwarsdoorsnede (rechts) van de vrijloopkraamstal uitgerust met het DUOSEP (V) Systeem

[1] Door de achtergrond te meten konden mogelijke effecten van nabij gelegen (varkens)stallen op de ingaande lucht gecorrigeerd worden.

Figuur 7: Foto's van het meetpunt in de stal (links) en de Axetris-box (rechts).

DUUR STAALNAME

Continue bemonstering gedurende elke meetdag (24 uur)

MEETMETHODE

NH_3, CH_4 en CO_2 werden continu gemeten (24 uur per meetweek) door gebruik te maken van een Axetris meetbox (meetbox ontworpen en samengesteld door ILVO) met volgende modules van Axetris (Kägiswil, Zwitserland): (1) Gas Detector model LGD F200-A (NH_3-concentraties), (2) Tunable Diode Laser (TDL) Gas Detector model LGD F200-A (CH_4-concentraties) en (3) Vaisala CARBOCAP Carbon Dioxide Probe GMP343. De Axetris LGD F200-A werkt volgens het Tunable Diode Laser Spectroscopy (TDL) meetprincipe dat in het *Protocol voor meting van methaanemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij* (Groenestein, 2011) vermeld wordt als toegestane meetmethode voor de vaststelling van methaanconcentraties. Tevens werd een validatiestudie met de Axetris LGD Compact-A CH_4 uitgevoerd door Schep et al. (2023). Voor ammoniak kan een TDL worden toegelaten op basis van equivalentie in het *Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013a* (Ogink et al., 2017). Per staalnamepunt vertrok een PE-leiding richting de Axetris meetbox (op de centrale gang, de meetleiding gaat door een gaatje in de muur vanuit de afdeling naar deze analyser). Van zodra de PE-leidingen de afdeling verlaten werden ze tot ±30°C verwarmd d.m.v. een verwarmingslint om condensatie door afkoeling te voorkomen (zie Figuur 7 rechts).

De Axetris meetbox meet continu waarvan om de 10 seconden een momentane waarde wordt geregistreerd (geen gemiddelde). D.m.v. een multisampler werd afwisselend de stallucht en de buitenlucht bemeten. Per kanaal werd 10 minuten gemeten, waarna steeds het gemiddelde van de laatste minuut werd gebruikt voor verdere berekeningen.

Tijdens de eerste meting is Axetris meetbox 1 gebruikt. De overige metingen zijn uitgevoerd met Axetris meetbox 2.

Voor ammoniak is een bepalingslimiet van 0,1 ppm gehanteerd. Dit is de laagste concentratie die tijdens de kalibratiemetingen werd aangeboden en is in overeenkomst met vorig onderzoek waarin deze module werd ingezet (Declerck et al., 2025).

WAARBORGING KWALITEIT

De Axetris meetbox die gebruikt werd voor de concentratiemetingen van ammoniak, methaan (en CO_2) werd regelmatig zowel gekalibreerd als gevalideerd. Voor verdere informatie hierover, zie Hoofdstuk 2.5.1 Kalibratie en validatie Axetris .

2.4.2 Geur

STAALNAMEPUNTEN

Tijdens de 6 meetdagen werden er 2 staalnamepunten in duplo bemonsterd gedurende 2 uur (2 x 60 min):

- 1 staalnamepunt in de stal aan de ventilator (op ca. 5 m hoogte) voor bemonstering van de stallucht
- 1 staalnamepunt voor de bemonstering van de inkomende buitenlucht (achtergrondconcentratie)[2], waar deze de stal binnen gaat.

De afstand tussen het staalnamepunt en de koker met luchtzak werd zo klein mogelijk gehouden: de kokers voor de staalname voor geur bevonden zich dus in de stal en buiten naast het meetpunt. Een overzicht van de staalnamepunten en het verloop van de meetleidingen wordt afgebeeld in Figuur 8. Een foto van de staalname voor geur aan de luchtinlaat is te zien in Figuur 9.

DUUR STAALNAME

2 uur (2x 1 uur) tussen 9 en 13 uur

MEETMETHODE

De geurstaalname werd volgens de longmethode (EN 13725:2022) uitgevoerd. Bij de toepassing van de longmethode (Mol & Ogink, 2002) werd een 24L Nalophan monsterzak in een gesloten vat geplaatst. Door lucht uit het vat met behulp van een pomp (GilAir Plus, Sensidyne, Clearwater, Florida, VS) te zuigen, ontstond in het vat onderdruk en werd de te bemonsteren lucht aangezogen in de staalnamezak. Voor de bepaling van de geurconcentratie werd gedurende twee keer 1 uur[3] (aansluitend tussen 9:00 en 13:00 uur) stallucht aangezogen met een flow van ca. 0,4 L/min.

De geuranalyses op de stalen werden binnen 30 uur na monstername uitgevoerd door middel van dual forced-choice olfactometrie (TO9 Evolution olfactometer, Olfasense GmbH, Kiel, Duitsland) volgens de Europese norm EN 13725:2022 (CEN, 2022).

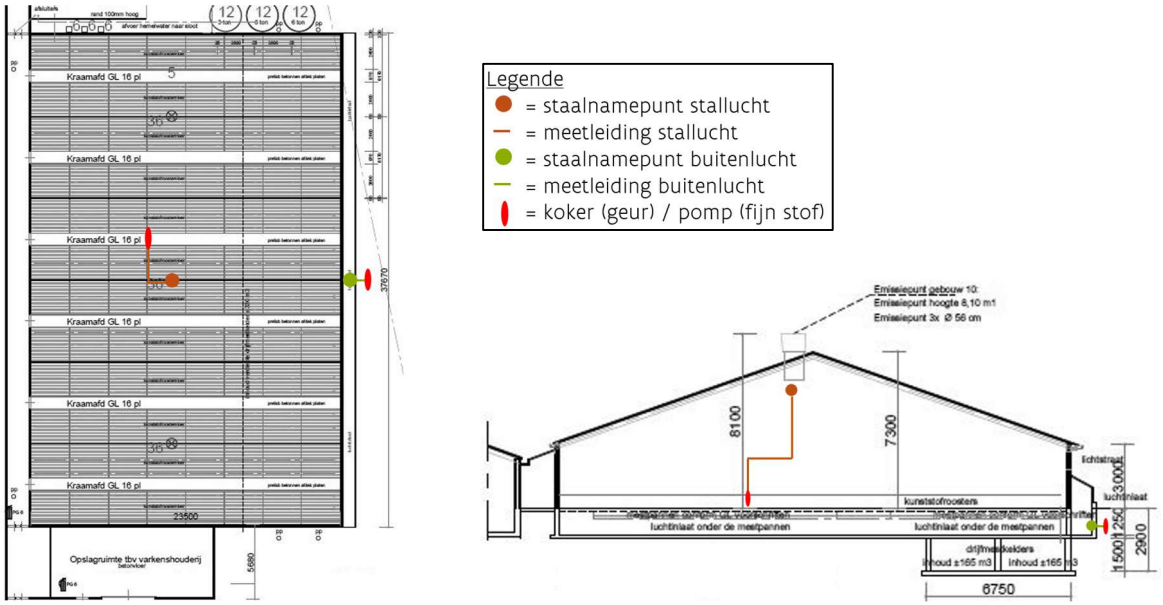
Zoals vermeld in *Protocol voor metingen van geuremissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij* (Ogink, 2011), moeten achtergrondconcentraties van meer dan 50 OU_E/m^3 in de rapportage worden vermeld. De laagste detecteerbare geurconcentratie door het geurlabo van ILVO is 31 OU_E/m^3, waardoor geurconcentraties vanaf 50 OU_E/m^3 zeker gemeten konden worden.

[2] Door de achtergrond te meten kunnen mogelijke effecten van nabij gelegen (varkens)stallen op de ingaande lucht gecorrigeerd worden.

[3] Bemonstering werd voor praktische redenen uitgevoerd in twee opeenvolgende uren. Per staal, dus per uur, werd de geurconcentratie van het staal bepaald. Het geometrisch gemiddelde van de 2 stalen werd gebruikt om de emissie over de twee uren te bepalen.

WAARBORGING KWALITEIT

De geurmetingen (inclusief analyse in het geurlaboratorium) werden uitgevoerd volgens norm EN 13725:2022. Alle borgingen die in deze norm beschreven staan werden gevolgd (onder andere selectie en controle panelleden d.m.v. n-butanol, regelmatige deelname aan interlaboratorium-vergelijkingen georganiseerd door Olfasense, jaarlijkse kalibratie olfactometer en gebruik van specifiek LIMS-systeem). Tevens werd gebruik gemaakt van een gecertificeerde gasfles n-butanol voor selectie en controle van de panelleden.



Figuur 8: Staalnamepunten en meetleidingen geur en fijn stof aangeduid op de plattegrond (links) en dwarsdoorsnede (rechts) van de vrijloopkraamstal uitgerust met het DUOSEP (V) Systeem

Figuur 9: Foto van de staalname voor geur en fijn stof aan de luchtinlaat.

2.4.3 Fijn stof

STAALNAMEPUNTEN

Tijdens de 6 meetdagen werden er 2 staalnamepunten in duplo bemonsterd:

- 1 staalnamepunt in de stal aan de ventilator (op ca. 5 m hoogte) voor bemonstering van de stallucht
- 1 centraal staalnamepunt voor de bemonstering van de inkomende buitenlucht (achtergrondconcentratie)[4], waar deze de stal binnen gaat.

Om een correcte staalname te garanderen is het belangrijk dat de luchtsnelheid t.h.v. de luchtinlaat van de monsternamekoppen voor fijn stof niet hoger is dan 2 m/s. Bij luchtsnelheden hoger dan 2 m/s kan namelijk geen isokinetische bemonstering meer worden verwacht. Conform het protocol (Ogink et al., 2011) werd het monsternamepunt op ca. 0,5 meter afstand van de ventilatorring en ca. 0,1 meter onder de inlaathoogte van de ventilator geplaatst.

De afstand tussen het staalnamepunt en de pomp voor de staalname voor fijn stof werd zo klein mogelijk gehouden: de pompen bevonden zich dus in de stal en buiten naast het meetpunt. De filter waarop het stof werd opgevangen bevond zich dicht bij de inlaat van de monsternamekop. Een overzicht van de staalnamepunten en het verloop van de meetleidingen wordt afgebeeld in Figuur 8. Een foto van de staalname voor fijn stof aan de luchtinlaat is te zien in Figuur 9.

DUUR STAALNAME

24 uur

MEETMETHODE

Fijn stof werd bemonsterd aan de hand van een gravimetrische referentiemethode EN 12341 (CEN, 2023). Bij deze methode wordt de gewenste fractie PM van het aanwezige stof (in dit geval PM_{10}) in de aangezogen lucht gescheiden en opgevangen op een filter. Het verschil in gewicht van de onbeladen en beladen filter geeft de hoeveelheid afgevangen PM_{10}. In combinatie met het aangezogen debiet tijdens de monstername, kan de concentratie aan PM_{10} in de lucht worden bepaald.

Deze referentiemethode gebruikt impactor-voorafscheiders om de gewenste fractie te bekomen. De impactorplaten raken echter vlug overbeladen in stoffige omgevingen zoals veestallen. Wageningen Livestock Research heeft daarom een gelijkaardige methode ontwikkeld en gevalideerd, waarbij de impactor-voorafscheider wordt vervangen door een cycloon-voorafscheider (Hofschreuder et al., 2008; Ogink et al., 2011). Het voordeel van deze cyclonen is dat deze veel grotere hoeveelheden grof stof kunnen afvangen en dus wel geschikt zijn voor metingen in veestallen. Voor de staalnamepunten van de stallucht werd dus een cycloon-voorafscheider (URG-2000-30ENB, URG corp., Chapel Hill, North Carolina VS) gebruikt terwijl voor de ingaande verse buitenlucht de standaard referentiemethode met een impactor-voorafscheider (impactorkop met inlaat voor PM_{10} volgens norm EN 12341:2023) werd gebruikt.

De gewenste fractie stof (PM10) werd verzameld op glasvezelfilters met een diameter van 47 mm (type MN GF-3, Macherey-Nagel GmbH & Co., Düren, Duitsland). Lucht werd door inlaat, cycloon en filter gezogen door middel van constant-flow monsternamepompen (Derenda MVS 6.1, Comde-Derenda GmbH, Stahnsdorf, Duitsland). Het debiet van deze monsternamepompen blijft constant bij toename van de drukval over de filter, waardoor een stabiele luchtstroom wordt verkregen binnen 2% van de nominale waarde. De pompen werden geprogrammeerd op een flow van 1,0

[4] Door de achtergrond te meten kunnen mogelijke effecten van nabij gelegen (varkens)stallen op de ingaande lucht gecorrigeerd worden.

m^3/uur om correcte werking van de cyclonen te garanderen. Voor de impactor (achtergrondconcentratie) werd een flow van 2,3 m^3/uur aangehouden.

De filters werden zowel voor als na de staalname geacclimatiseerd voor minimaal 48 uur bij 20 ±1°C en 45-50% RV in een klimaatkast (Memmert Model HPP110 eco, Schwabach, Germany). Nadien werd elke filter 4x gewogen over een periode van 48 uur op een precisiebalans met resolutie van 10 µg (MSA225S-100-DI, Sartorius GmbH, Göttingen, Duitsland). Het gemiddelde van de 4 metingen bepaalde het gewicht van elke filter. De maximale toegelaten standaarddeviatie tussen deze 4 metingen was 0,0005 gram. Indien de standaarddeviatie te hoog was, dan werden de filters verder geacclimatiseerd en gewogen (2x per dag) totdat er wel 4 metingen achtereenvolgens waren die voldeden aan het criterium. Het verschil in gewicht voor en na de metingen werd gebruikt om de hoeveelheid verzameld stof te bepalen.

WAARBORGING KWALITEIT

De metingen van de verse buitenlucht werden uitgevoerd volgens EN 12341:2023. De metingen van de stallucht werden uitgevoerd volgens een methode die equivalent is aan de methode beschreven in norm EN 12341:2023, namelijk een gravimetrisch systeem met cycloon voorafscheider in plaats van een impactor-voorafscheider. De methode zoals ontwikkeld en gebruikt door WLR werd volledig gevolgd. Verschillende borgingen voor de kwaliteit werden gehandhaafd, zoals bijvoorbeeld nauwkeurig opvolgen van temperatuur en relatieve vochtigheid tijdens acclimatisatie en weging van de filters, beoordelen standaarddeviatie tussen opeenvolgende wegingen van dezelfde filter, gebruik kalibratiegewicht (gecertificeerd ijkgewicht) ter controle van de balans voor elk gebruik en jaarlijkse kalibratie van de pompen, flowmeter en balans.

2.4.4 Ventilatiedebiet

Het ventilatiedebiet werd bepaald via de CO_2-massabalans methode. Hiervoor werd de gemodelleerde uitstoot van CO_2 (afkomstig van varkens en mest) vergeleken met de CO_2-concentraties gemeten (zie 2.4.1 Ammoniak, methaan en koolstofdioxide) in een representatief staal van de stallucht (=$[CO_2]_{stal}$), gecorrigeerd voor de achtergrondconcentratie van CO_2 (=$[CO_2]_{buiten}$).

Het ventilatiedebiet V wordt dan via volgende vergelijking bepaald:

$$V = \frac{PCO_2}{[CO_2]_{stal} - [CO_2]_{buiten}}$$

Waarbij na het werpen (voor lacterende zeugen):

$$PCO_2 = 0{,}18 * \left(4{,}85 * m^{0{,}75} + 28 * Y_1\right)$$ (CIGR, 2002; Pedersen et al., 2008)

Met m = het gemiddelde gewicht van de zeugen [kg], op basis van inschatting (180 kg)
Y_1 = de melkproductie [kg melk/dag/dier], op basis van inschatting (6 kg)

Nadien werd de PCO_2 nog gecorrigeerd voor de temperatuur via volgende vergelijking:

$$PCO_{2_T-corrected} = PCO2 * (1000 + 12 * (20 - T))/1000$$

Met T = gemiddelde temperatuur in de stal per dag [°C]

2.4.5 Relatieve vochtigheid en temperatuur

Op alle meetdagen werden de temperatuur en relatieve vochtigheid van de stallucht gemeten aan de hand van een temperatuur- en relatieve vochtigheidssensor (Testo 175-H1). De sensor hing aan het katrolsysteem waar de meetleiding voor NH_3, CH_4 en CO_2 en de monsternamekoppen voor meting van fijn stof aan bevestigd waren. De sensor registreerde elke minuut de gemeten waarde.

Voor de gemiddelde temperatuur, relatieve vochtigheid en windrichting van de buitenlucht tijdens de meetdagen werd gebruikt gemaakt van het dichtstbijzijnde KNMI meetstation te Ell.

2.4.6 Productiegegevens

Voor elke kraamperiode waarin metingen uitgevoerd werden, werden o.a. volgende productiegegevens verzameld om na te gaan of voldaan werd aan de landbouwkundige voorwaarden zoals vermeld in de Nederlandse protocollen:

- Totaal aantal kg verstrekt voer in de afdeling
- Voersamenstelling
- Totale hoeveelheid waterverbruik in de meetafdeling
- Aantal aanwezige + ingaande en uitgaande dieren (inclusief aantal biggen per worp)
- Hoeveelheid verbruikt schoonmaakwater (schatting) inclusief het restant in de mestput.
- Tijdstippen van verwijderen van (drijf)mest uit de mestput (via het aflaatschema)

2.5 Kalibratie en controle

Voor aanvang van de metingen werden alle sensoren, analyzers en randapparatuur gecontroleerd en indien noodzakelijk gekalibreerd.

2.5.1 Kalibratie en validatie Axetris meetbox

Zoals beschreven in 2.4.1 Ammoniak, methaan en koolstofdioxide, werd de Axetris meetbox zowel gekalibreerd als gevalideerd.

Zowel aan het begin van de meetcampagne als na afloop hiervan werd de Axetris meetbox gekalibreerd d.m.v. metingen aan een ringleiding bij de geaccrediteerde onderzoeksorganisatie VITO (Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek, Mol). VITO (tevens het Vlaams referentielaboratorium voor milieuanalyses en -metingen) bezit een verdunningssysteem waardoor gekende concentraties zeer nauwkeurig konden worden aangeboden en de gasanalyzer dus nauwkeurig kon worden gekalibreerd.

Tijdens deze kalibratietesten werd een gasmengsel van NH_3, CH_4, N_2O en CO_2 aangeboden. De aangeboden gasconcentraties verschilden zowel in samenstelling van het gasmengsel (NH_3: 0 - 10 ppm; CH_4: 0 - 250 ppm; N_2O: 0 - 1,6 ppm; CO_2: 0 - 3000 ppm) als in relatieve luchtvochtigheid (ca. 50%, 70% en 90%). Hierdoor kon ook mogelijke interferentie van andere gassen (zoals N_2O) of luchtvochtigheid in rekening worden gebracht. Per gas werd een kalibratievergelijking opgemaakt die werd toegepast op de gemeten ruwe waarden. Daarnaast werden de resultaten van opeenvolgende deelnames met elkaar vergeleken en beoordeeld op drift.

Voor of na elke meetweek werd tevens een validatie van de meetbox uitgevoerd in het laboratorium door gekende gasconcentraties (menggas van NH_3, CH_4, N_2O en CO_2) uit gascilinders in verschillende concentraties aan te bieden. De concentratierange werd per gas aangepast aan de verwachte concentraties in de te meten (stal)lucht (ranges: NH_3 (0 – 10 ppm), CO_2 (0 – 3000 ppm), CH_4 (0 – 15 ppm) en N_2O (0 – 1 ppm). Er werd telkens gebruik gemaakt van een menggas om interferentie te

beoordelen en indien nodig in rekening te brengen. De onzekerheid op de concentratie in de gasflessen die gebruikt werden bij de validatie is 5%. Daarnaast werd ook vocht toegevoegd tijdens deze validatie (RV 31-48%).
Indien drift zou optreden, dan zou de meetbox opnieuw gekalibreerd worden. Indien er geen significante en tevens relevante drift aanwezig was, werden de meetbox inclusief de kalibratiecurves zoals bepaald a.d.h.v. de kalibratietesten bij VITO gebruikt.

De resultaten van de kalibraties bij VITO en de gebruikte kalibratievergelijkingen zijn terug te vinden in Bijlage III: Kalibratie en validatie van de Axetris meetbox (NH_3, CH_4 en CO_2). Er werd geen drift vastgesteld tijdens het meetjaar.

3. Dataverwerking en -analyse

3.1 Polluentemissies

STAP 1A: CONCENTRATIE PER MEETPUNT PER MEETDAG (AMMONIAK, METHAAN EN CO_2)

Voor ammoniak, methaan en CO_2 werden de concentraties gemeten door een multigas analyzer in combinatie met een multisampler. Door gebruik van de mulitsampler werd elk meetpunt 3 keer per uur bemeten gedurende 10 minuten. Van deze 10 minuten werd telkens de gemiddelde waarde van de laatste minuut gebruikt voor verdere berekeningen zodat er zeker een stabiel uitgangssignaal werd bekomen. In totaal werden over 24 uur 3 * 24 = 72 datapunten bekomen. Uit deze datapunten werd de gemiddelde concentratie voor de ingaande en de uitgaande (stal)lucht bepaald. Deze gemiddelde concentraties werden verder gebruikt in stap 2, waarbij eerst het verschil tussen uitgaand en ingaand werd berekend, vervolgens deze concentratie (in ppm) werd omgezet naar mg/m³, waarna deze werd vermenigvuldigd met het gemiddelde ventilatiedebiet over de 24 uur. Voor omrekening van de concentratie van een bepaalde polluent (ammoniak, methaan of CO_2) in ppm naar mg/m³ werd volgende formule gebruikt:

$$\Delta polluent_{mg/m^3} = \frac{\Delta polluent_{ppm} * p * MW}{R * T} / 10^6$$

Met $\Delta \text{polluent}_{mg/m^3}$ = concentratie in de uitgaande stallucht – concentratie in de ingaande lucht van een bepaalde polluent [mg/m³]

$\Delta \text{polluent}_{ppm}$ = concentratie in de uitgaande stallucht – concentratie in de ingaande lucht van een bepaalde polluent [ppm]

p = druk [bar], hier werd de standaard atmosferische druk gebruikt (1,01325 bar)

MW = moleculairgewicht [g/mol] (NH_3: 17,03 g/mol of CH_4: 16,04 g/mol)

R = algemene gasconstante [J K^{-1} mol^{-1}], zijnde 8,314510 J K^{-1} mol^{-1}

T = Temperatuur [K]

STAP 1B: CONCENTRATIE PER MEETPUNT PER MEETDAG (GEUR)

Voor geur werden 2 concentraties verkregen per staalnamepunt (1 per uur). Om de emissie te berekenen per staalnamepunt (OU_E/dier/s) werd de meetkundig gemiddelde concentratie van elk staalnamepunt (OU_E/m^3) berekend uit de 2 waarden per uur, en werd deze gemiddelde concentratie vervolgens vermenigvuldigd met het gemiddelde debiet (m^3/s) doorheen dit punt gedurende de 2 uur.

STAP 2: EMISSIES STAL PER MEETDAG

Voor ammoniak, geur, fijn stof en methaan werd per meetdag (24 uur) één emissiewaarde verkregen via volgende formule:

$$E_{meetdag} = V * (C_{uitgaande\ lucht} - C_{ingaande\ lucht}{}^{\#})$$

Met $E_{meetdag}$ = Emissie van een polluent op een specifieke meetdag
[ammoniak en methaan: kg/dag; fijn stof: g/dag; geur: OU_E/s]

V = gemiddelde ventilatiedebiet
[ammoniak, methaan en fijn stof: m^3/dag; geur: m^3/s voor geur]

$C_{uitgaande\ lucht}$ = polluentconcentratie in de uitgaande luchtstroom
[ammoniak en methaan: kg/m^3; geur: OU_E/m^3; fijn stof: g/m^3]

$C_{ingaande\ lucht}$ = polluentconcentratie in de ingaande luchtstroom
[ammoniak en methaan: kg/m^3; geur: OU_E/m^3; fijn stof: g/m^3]

[#] Met uitzondering van geur waar geen concentratie in de ingaande lucht in rekening wordt gebracht

Daarna werden de emissies gedeeld door het aantal aanwezige dieren. Daaruit volgt de emissie per meetdag per dier (kg of g per dier per meetdag of OU_E per dier per seconde).

STAP 3: INSCHATTING GEMIDDELDE EMISSIE PER JAAR

Deze meetcampagne betreft metingen op 1 stal uitgerust met het *DUOSEP (V) systeem (DUO Vak Separatie Systeem)*. Op basis van deze meetgegevens is het onmogelijk om de gemiddelde performantie van het systeem bij vrijloopkraamzeugen vast te stellen omwille van het ontbreken van herhalingen op andere meetlocaties.

Op basis van deze metingen kan wel worden ingeschat of het systeem het potentieel heeft om de emissies van ammoniak, geur, fijn stof en methaan te verlagen ten opzichte van de traditionele huisvesting van (vrijloop)kraamzeugen. Om deze inschatting te kunnen maken werd het gemiddelde genomen van de berekende dagemissies en voor fijn stof, ammoniak en methaan gecorrigeerd voor de leegstand. Hierbij is zowel de standaard leegstand voor kraamzeugen (inclusief biggen tot spenen) uit de Nederlandse protocollen (10%) als de werkelijke leegstand in de afdeling waarin werd gemeten gebruikt, telkens op jaarbasis.

$$E_{jaargemiddelde} = Gemiddelde\ E_{meetdagen}{}^{\#} * 365 * leegstandspercetage^{\$}$$

Met $E_{jaargemiddelde}$ = Emissie per dier per jaar [ammoniak en methaan: kg/dier/jaar; geur: OU_E/dier/s; fijn stof: g/dier/jaar]

$E_{meetdag}$ = Emissie van een polluent op een specifieke meetdag [ammoniak en methaan: kg/dag; fijn stof: g/dag; geur: OU_E/s]

Leegstandspercentage = percentage leegstand van de afdeling op jaarbasis (standaard leegstand en werkelijke leegstand)

[#] Rekenkundig gemiddelde; voor geur het geometrisch gemiddelde

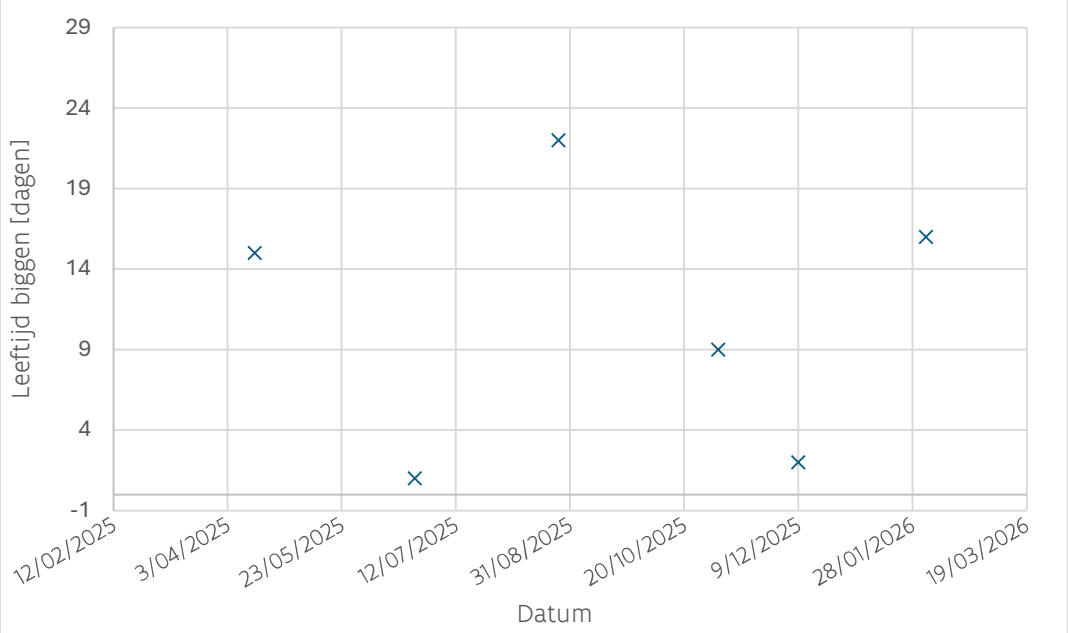
[$] Voor geur wordt geen leegstandspercentage in rekening gebracht

4. Resultaten

4.1 Algemene informatie

De Nederlandse protocollen schrijven voor dat voor diergroepen met een rechtlijnig toenemend emissiepatroon (i.e. kraamzeugen, incl. biggen tot spenen), metingen moeten plaatsvinden in opeenvolgende tweemaandelijkse periodes. Aanvullend moeten de metingen zo worden verdeeld dat de helft van de metingen in het eerste deel en de andere helft in het tweede deel van de productieperiode valt, en dat de metingen in het tweede deel van de productieperiode gelijkmatig over de kwartalen zijn verdeeld.

De metingen werden uitgevoerd tussen 15 april 2025 t.e.m. 4 februari 2026, over zes kraamperiodes (Figuur 10).



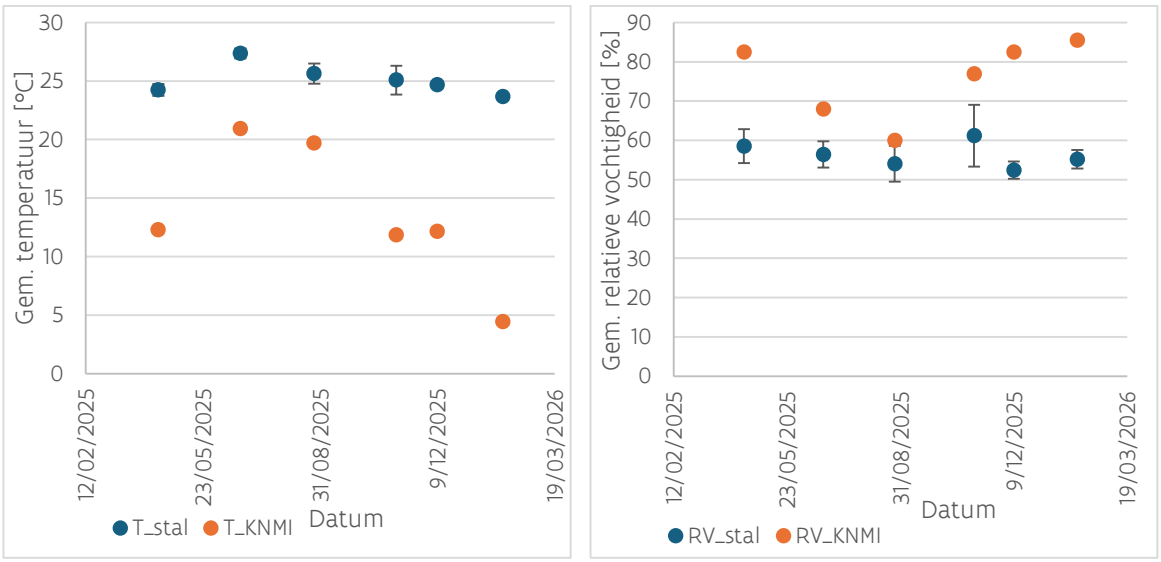
Het verloop van de zes kraamperiodes in de bemeten afdeling (met het aantal aanwezige dieren), wordt weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2: Aantal dagen leegstand en aanwezige dieren per kraamperiode.

Leegstand [# dagen]		10
Kraamperiode meting 1	Datum opleg	27/03/2025
	Werpdatum	01/04/2025
	Speendatum	28/04/2025
	Duur ronde [# dagen]	28
	Aantal dieren start	30 zeugen
	Aantal dieren bij spenen	32 zeugen 463 biggen
Leegstand [# dagen]		10
Kraamperiode meting 2	Datum start	19/06/2025
	Werpdatum	24/06/2025
	Speendatum	21/07/2025
	Duur ronde [# dagen]	28
	Aantal dieren start	27 zeugen
	Aantal dieren bij spenen	30 zeugen 422 biggen
Leegstand [# dagen]		10
Kraamperiode meting 3	Datum start	31/07/2025
	Werpdatum	05/08/2025
	Speendatum	01/09/2025
	Duur ronde [# dagen]	28
	Aantal dieren start	29 zeugen
	Aantal dieren bij spenen	32 zeugen 429 biggen
Leegstand [# dagen]		10
Kraamperiode meting 4	Datum start	22/10/2025
	Werpdatum	27/10/2025
	Speendatum	24/11/2025
	Duur ronde [# dagen]	29
	Aantal dieren start	32 zeugen
	Aantal dieren bij spenen	32 zeugen 456 biggen
Leegstand [# dagen]		9
Kraamperiode meting 5	Datum start	03/12/2025
	Werpdatum	08/12/2025
	Speendatum	05/01/2026
	Duur ronde [# dagen]	29
	Aantal dieren start	28 zeugen
	Aantal dieren bij spenen	30 zeugen 412 biggen
Leegstand [# dagen]		9
Kraamperiode meting 6	Datum start	14/01/2026
	Werpdatum	19/01/2026
	Speendatum	16/02/2026
	Duur ronde [# dagen]	29
	Aantal dieren start	32 zeugen
	Aantal dieren bij spenen	32 zeugen 464 biggen
Leegstand [# dagen]		9
Leegstandspercentage op jaarbasis [%]		21,1

4.2 Stalklimaat

Figuur 11 toont de gemiddelde temperatuur en relatieve vochtigheid zowel in de stal als buiten de stal (geregistreerd door het KNMI-station te Ell) gedurende de verschillende meetdagen. De staltemperatuur was relatief stabiel met een gemiddelde temperatuur van 25,1 °C, een minimum van 23,7 °C in de winter en een maximum van 27,4 °C in de zomer. Het relatieve vochtgehalte in de stal was ook relatief stabiel met een gemiddelde van 56%, een minimum en maximum van 52 % en 61 %, respectievelijk.



Figuur 11: Temperatuur (links) en relatieve vochtigheid (rechts) gemeten in de stal (incl. standaarddeviatie) en in de buitenlucht volgens het KNMI-station te Ell voor de verschillende meetdagen.

4.3 Technische resultaten, klimaatomstandigheden en voedergegevens

De technische resultaten en klimaatomstandigheden voor elke meetweek en de voedergegevens voor de kraamperiodes worden weergegeven in Bijlage II: Technische resultaten, klimaatomstandigheden, voedergegevens en aflaatschema's.

4.4 Emissie en verwijderingsrendement polluenten

4.4.1 Ammoniak

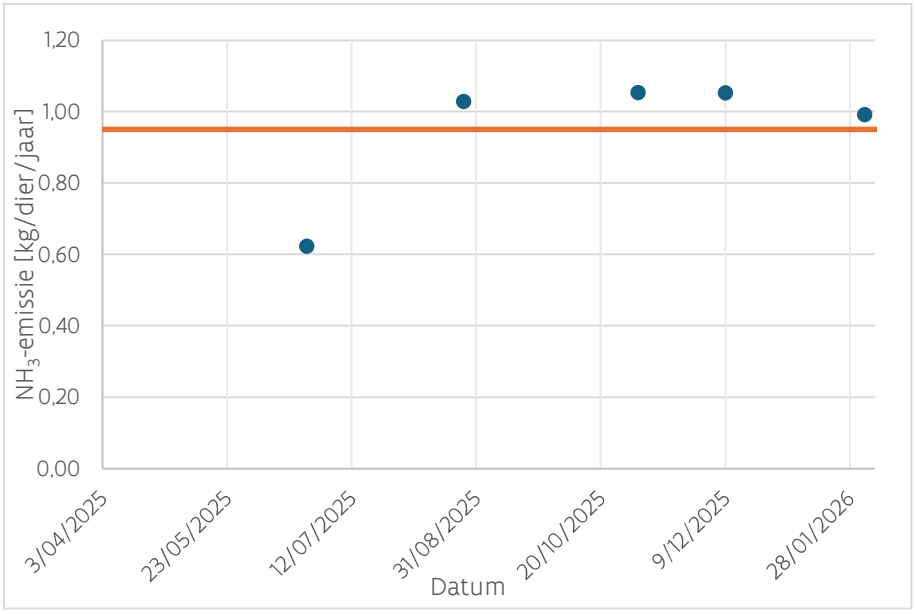
Tabel 3 toont de datums van de ammoniakmetingen, het ventilatiedebiet, de ammoniakconcentraties in de buitenlucht en de stallucht en de berekende ammoniakemissies.

Tabel 3: Data waarop de ammoniakmetingen zijn uitgevoerd met aantal dieren bij aanvang van de meting, het ventilatiedebiet, de gemeten ammoniakconcentratie in de stallucht en verse buitenlucht en de ammoniakemissie van de afdeling.

Variabele [eenheid]	Meting 1 *	Meting 2	Meting 3	Meting 4	Meting 5	Meting 6	GEM
Datum en tijd start meting [dd/mm/yyyy] [hh:mm]	15/04/2025 12:00	24/06/2025 12:00	26/08/2025 11:00	05/11/2025 12:00	09/12/2025 10:15	03/02/2026 11:15	NVT
Datum en tijd stop meting [dd/mm/yyyy] [hh:mm]	16/04/'25 12:00	25/06/'25 12:00	27/08/2025 11:00	06/11/2025 12:00	10/12/2025 10:15	04/02/2026 11:15	NVT
Aantal zeugen bij aanvang van de meting	32	31	32	32	29	32	31
Gemiddelde ventilatiedebiet [m^3/u/dier]	71,2	126,2	104,8	59,4	80,1	42,1	80,6
Gemiddelde NH_3-concentratie stallucht ± SD [ppm]	/	1,1 ±0,2	2,0 ± 0,1	3,5 ± 0,3	2,6 ± 0,3	4,4 ± 0,5	2,7
Gemiddelde NH_3-concentratie buitenlucht ± SD [ppm]	/	0,2 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,2 ±0,1	0,2 ± 0,1	0,1 ± 0,1	0,2
Gemiddelde emissie NH_3 [g/dier/dag]	/	1,9	3,1	3,2	3,2	3,0	2,9
Gemiddelde emissie NH_3 10% leegstand [kg/dier/jaar]	/	0,62	1,03	1,05	1,05	0,99	0,95
Gemiddelde emissie NH_3 Werkelijke leegstand (21,1%) [kg/dier/jaar]	/	0,55	0,90	0,92	0,92	0,87	0,83

* geen ammoniakmeting wegens technische problemen met de ammoniakmodule van de Axetris meetbox

De berekende ammoniakemissies (met 10% leegstand) worden weergegeven in Figuur 12. De totale gemiddelde emissie bedraagt 0,95 kg/dier/jaar en wordt in Figuur 12 aangeduid met een oranje lijn. Bij gebruik van de werkelijke leegstand (21,1%) is de gemiddelde berekende ammoniakemissie 0,83 kg/dier/jaar.



Figuur 12: Ammoniakemissie per meting met inbegrip van 10% leegstand. De oranje lijn duidt het jaargemiddelde van de ammoniakemissie aan.

4.4.2 Geur

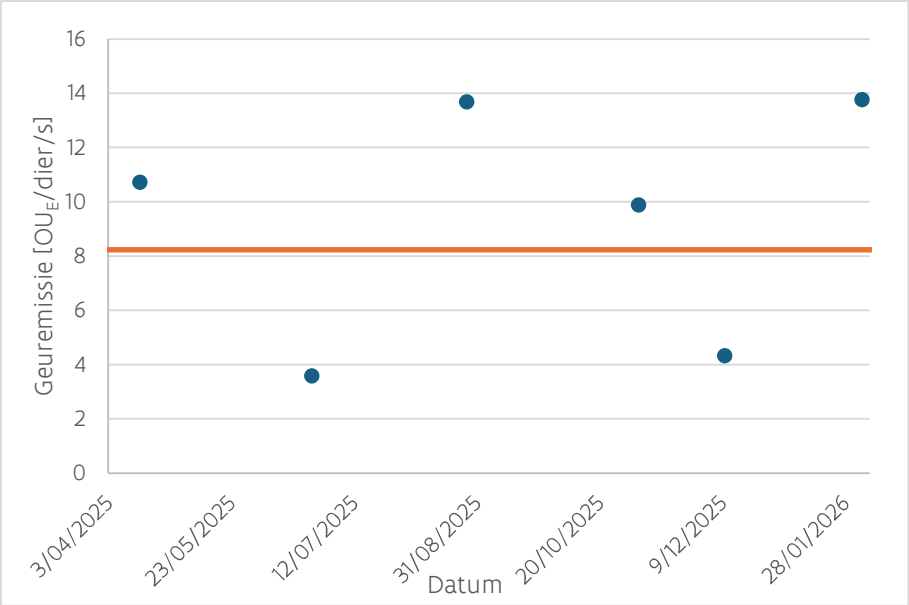
Tabel 4 toont de datums van de geurmetingen, het ventilatiedebiet, de geurconcentraties in de buitenlucht en de stallucht en de berekende geuremissies.

Tabel 4: Data waarop de geurmetingen zijn uitgevoerd met aantal dieren bij aanvang van de meting, het ventilatiedebiet, de gemeten geurconcentratie in de stallucht en verse buitenlucht en de geuremissie van de afdeling.

Variabele [eenheid]	Meting 1	Meting 2	Meting 3	Meting 4	Meting 5	Meting 6	GEM
Datum en tijd van de meting [dd/mm/yyyy] [hh:mm]	16/04/2025 9:03-11:04	25/06/2025 9:15-11:16	27/08/2025 9:05-11:06	05/11/2025 9:23-11:23	10/12/2025 9:00-11:01	04/02/2026 9:00-11:03	NVT
Duur meting	2 x 1:00	2 x 1:00	2 x 1:00	2 x 1:00	2 x 1:00	2 x 1:00	NVT
Aantal zeugen bij aanvang van de meting	32	31	32	32	29	32	31
Gemiddelde ventilatiedebiet [m^3/u/dier]	65,6	134,8	101,9	64,0	84,4	45,0	82,6
Meetkundig gemiddelde geurconcentratie stallucht [OU_E/m^3]	589	96	484	556	185	1102	382
Meetkundig gemiddelde geurconcentratie verse buitenlucht [OU_E/m^3]	< DL*	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL
Meetkundig gemiddelde emissie [OU_E/dier/s]	10,7	3,6	13,7	9,9	4,3	13,8	8,2

* DL= Detectielimiet (31 OU_E/m^3)

De berekende geuremissies worden weergegeven in Figuur 13. Het meetkundig jaargemiddelde van de geuremissie bedraagt 8,2 OU_E/dier/s (oranje lijn in Figuur 13).



Figuur 13: Geuremissie in OU_E/dier/s. De oranje lijn duidt het meetkundig jaargemiddelde van de geuremissie aan.

4.4.3 Fijn stof

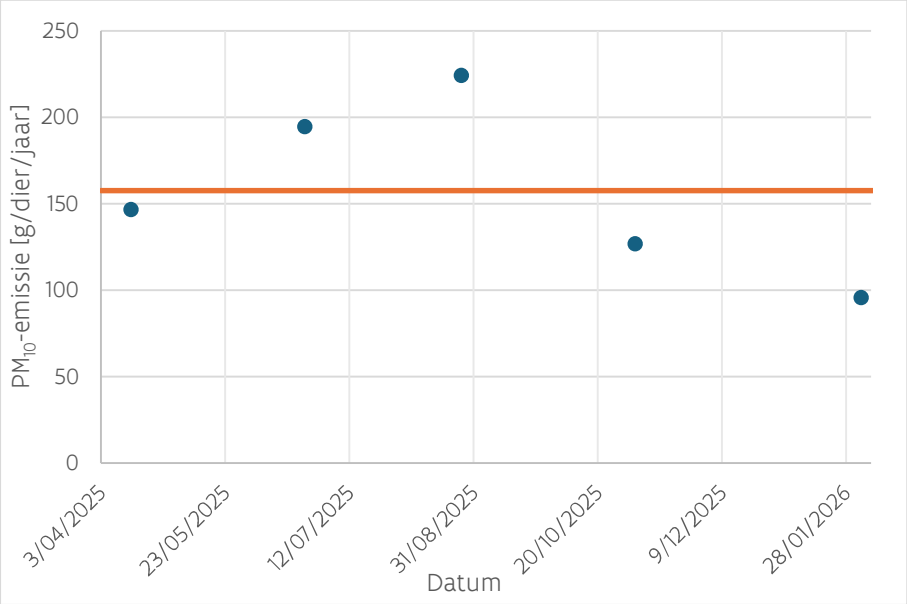
Tabel 5 toont de datums van de fijn stofmetingen, de fijn stofconcentraties in de stal en de verse buitenlucht, alsook de berekende fijn stofemissies.

Tabel 5: Data waarop de fijn stof (PM_{10}) metingen zijn uitgevoerd met aantal dieren bij aanvang van de meting, het ventilatiedebiet, de gemeten PM_{10}-concentratie in de stallucht en verse buitenlucht en de PM_{10}-emissie van de afdeling.

Variabele [eenheid]	Meting 1	Meting 2	Meting 3	Meting 4	Meting 5*	Meting 6	GEM
Datum en tijd start meting [dd/mm/yyyy] [hh:mm]	15/04/2025 11:44	24/06/2025 12:05	26/08/2025 11:15	05/11/2025 12:15	09/12/2025 10:30	03/02/2026 10:30	NVT
Datum en tijd stop meting [dd/mm/yyyy] [hh:mm]	16/04/2025 11:44	25/06/2025 12:05	27/08/2025 11:15	06/11/2025 12:15	10/12/2025 10:30	04/02/2026 10:30	NVT
Aantal dieren bij aanvang van de PM_{10} meting	32	31	32	32	29	32	31
Gemiddelde ventilatiedebiet [m^3/u/dier]	71,4	126,2	105,2	59,3	80,2	42,0	80,7
Gemiddelde PM_{10}-concentratie stallucht [mg/m^3]	0,29	0,22	0,29	0,29	/	0,32	0,28
PM_{10}-concentratie verse buitenlucht [mg/m^3]	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
Gemiddelde emissie PM_{10} [g/dier/dag]	0,45	0,59	0,68	0,39	/	0,29	0,48
Gemiddelde emissie PM_{10} 10% leegstand [g/dier/jaar]	147	195	224	127	/	96	158
Gemiddelde emissie PM_{10} Werkelijke leegstand (21,1%) [g/dier/jaar]	129	171	197	111	/	84	138

* geen fijnstofmeting wegens technische probleem met de opstelling voor monstername

De berekende PM_{10}-emissies (met 10% leegstand) worden weergegeven in Figuur 14. De totale gemiddelde emissie bedraagt 158 g/dier/jaar en wordt in Figuur 14 aangeduid met een oranje lijn. Bij gebruik van de werkelijke leegstand (21,1%) is de berekende PM_{10}-emissie 138 g/dier/jaar.



Figuur 14: PM_{10}-emissie per meting met inbegrip van 10% leegstand. De oranje lijn duidt het jaargemiddelde van de PM_{10}-emissie aan

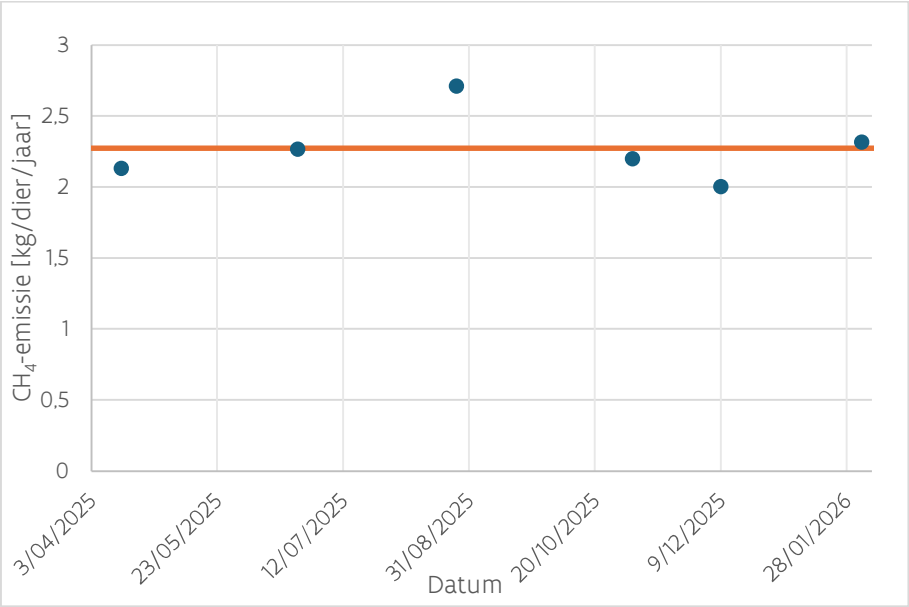
4.4.4 Methaan

Tabel 6 toont de datums van de methaanmetingen, de methaanconcentraties in de stal en de verse buitenlucht, alsook de berekende methaanemissies.

Tabel 6: Data waarop de methaanmetingen zijn uitgevoerd met aantal dieren bij aanvang van de meting, het ventilatiedebiet, de gemeten methaanconcentratie in de stallucht en verse buitenlucht en de methaanemissie van de afdeling.

Variabele [eenheid]	Meting 1	Meting 2	Meting 3	Meting 4	Meting 5	Meting 6	GEM
Datum en tijd start meting [dd/mm/yyyy] [hh:mm]	15/04/2025 12:00	24/06/2025 12:00	26/08/2025 11:00	05/11/2025 12:00	09/12/2025 10:15	03/02/2026 11:15	NVT
Datum en tijd stop meting [dd/mm/yyyy] [hh:mm]	16/04/'25 12:00	25/06/'25 12:00	27/08/2025 11:00	06/11/2025 12:00	10/12/2025 10:15	04/02/2026 11:15	NVT
Aantal dieren bij aanvang van de meting	32	31	32	32	29	32	31
Gemiddelde ventilatiedebiet [m^3/u/dier]	71,2	126,2	104,8	59,4	80,1	42,1	80,6
Gemiddelde CH_4-concentratie stallucht [mg/m^3] ± SD	7,9 ± 1,4	6,3 ± 1,1	8,3 ± 0,8	15,4 ± 2,8	7,8 ± 1,0	15,9 ± 3,3	10,3
Gemiddelde CH_4-concentratie buitenlucht [mg/m^3] ± SD	2,1 ± 0,4	2,8 ± 0,1	3,3 ± 0,4	8,2 ± 3,4	3,0 ± 0,5	5,3 ± 1.8	4,1
Gemiddelde emissie CH_4 [g/dier/dag]	6,5	6,9	8,3	6,7	6,1	7,1	6,9
Gemiddelde emissie CH_4 10% leegstand [kg/dier/jaar]	2,1	2,3	2,7	2,2	2,0	2,3	2,3
Gemiddelde emissie CH_4 Werkelijke leegstand (21,1%) [kg/dier/jaar]	1,9	2,0	2,4	1,9	1,8	2,0	2,0

De berekende methaanemissies (met 10% leegstand) worden weergegeven in Figuur 15. De totale gemiddelde emissie bedraagt 2,3 kg/dier/jaar en wordt in Figuur 15 aangeduid met een oranje lijn. Bij gebruik van de werkelijke leegstand (21,1%) is de berekende methaanemissie 2,0 kg/dier/jaar.



Figuur 15: Methaanemissie per meting met inbegrip van 10% leegstand. De oranje lijn duidt het jaargemiddelde van de methaanemissie aan.

5. Technische resultaten

In Bijlage II worden de datums waarop de metingen werden uitgevoerd met dagnummer in het jaar, dagnummer in productieronde, technische resultaten, klimaatomstandigheden (buitenklimaat en in de stal) en de aflaatschema's weergeven.

6. Conclusie

Tijdens deze meetcampagne, werden de emissies van een afdeling van een vrijloop kraamzeugenstal uitgerust met het *DUOSEP (V) systeem (DUO Vak Separatie Systeem)* bepaald.

De hieruit berekende emissies voor de bemeten stal zijn (incl. correctie voor de standaard leegstand (10%) voor fijn stof, ammoniak en methaan):

- Ammoniak: 0,95 kg/dier/jaar
- Geur: 8,2 OU_E/dier/s
- Fijn stof (PM_{10}): 158 g/dier/jaar
- Methaan: 2,3 kg/dier/jaar

De hieruit berekende emissies voor de bemeten stal zijn (incl. correctie voor de werkelijke leegstand (21,1%) voor fijn stof, ammoniak en methaan):

- Ammoniak: 0,83 kg/dier/jaar
- Geur: 8,2 OU_E/dier/s
- Fijn stof (PM_{10}): 138 g/dier/jaar
- Methaan: 2,0 kg/dier/jaar

Uitgaande van de standaard leegstand van 10%, komt dit overeen met volgende reducties t.o.v. de emissiefactoren voor kraamzeugen:

- Ammoniak: 89% t.o.v. de emissiefactor voor kraamzeugen (8,3 kg NH_3/dierplaats/jaar)
- Geur: 70% t.o.v. de emissiefactor voor kraamzeugen (27,9 OU_E/dierplaats/seconde)
- Fijn stof (PM_{10}): 2% t.o.v. de emissiefactor voor kraamzeugen (160 g PM_{10}/dierplaats/jaar)
- Methaan: 90% t.o.v. de emissiefactor voor kraamzeugen (23,3 kg CH_4/dierplaats/jaar zoals opgenomen in de SBV-regeling)

Op basis van deze meetgegevens is het onmogelijk om de gemiddelde performantie van het systeem bij vrijloopkraamzeugen vast te stellen omwille van het ontbreken van herhalingen op andere meetlocaties. Uit deze metingen kan wel worden ingeschat dat het systeem het potentieel heeft om de emissies van ammoniak, geur, fijn stof en methaan te verlagen ten opzichte van de traditionele huisvesting van (vrijloop)kraamzeugen.

7. Landbouwkundige randvoorwaarden

Gedurende de meetperiodes werd erop toegezien dat aan de landbouwkundige randvoorwaarden werden voldaan volgens Ogink et al. (2017) (Tabel 7). Zie bijlage II voor verdere details.

Tabel 7: Landbouwkundige randvoorwaarden van toepassing voor kraamzeugen (incl. biggen tot spenen)

Onderdeel	Landbouwkundige landvoorwaarde (Kraamzeugen)	Voldoet
Huisvesting	Hoogdrachtige en lacterende zeugen worden in de kraamstal gehouden van circa één week voor het werpen tot het spenen op gemiddeld 4 weken na het werpen (25-31 d). Tijdens de meetperiode wordt voldaan aan de geldende dierwelzijnsnormen. De afdeling moet minstens één ronde gebruikt zijn voor de huisvesting van kraamzeugen.	Ja
Klimaat	De zeugen met biggen worden gehouden onder zodanige omstandigheden dat de CO_2-concentratie in de lucht van de afdeling onder de 3.000 ppm blijft.	Ja
Voeding	Voeding gebeurt volgens gangbare (CVB) normen. Minimaal 140 g RE/EW. Registratie van voersamenstelling en –hoeveelheid is noodzakelijk. Waterverstrekking gebeurt onbeperkt. Verklaring van geen gebruik van diervoedertoevoegingsmiddelen die mogelijk als hoofd- of nevenwerking een verlagend effect hebben op de pH van de urine en/of de ureumuitscheiding via de urine.	Ja
Productie	Minimaal 10 gespeende biggen per worp tijdens de meetdagen, omdat de voeropname afhankelijk is van het aantal zuigende biggen.	
Gezondheid en hygiëne	De zeugen krijgen standaard veterinaire zorg. Het percentage uitval (sterfte) mag niet hoger zijn dan 5% per jaar.	Ja
Aantal dieren	Minimaal 6 zeugen met biggen per afdeling/groep.	Ja
Registratie	Per kraamperiode van circa 5 weken: - totaal aantal kg verstrekt voer in de afdeling - totale hoeveelheid waterverbruik in de meetafdeling - aanwezige + ingaande en uitgaande dieren - schatting van de hoeveelheid verbruikt schoonmaakwater inclusief het restant in de mestput. - tijdstippen van verwijderen van (drijf)mest uit de mestput - CO_2-concentratie - de wijze waarop voldaan wordt aan tijdens de meetperiode geldende dierwelzijnsnormen	Ja

8. Referenties

CIGR (2022). 4th Report of Working Group on Climatization of animal houses. Heat and moisture production at animal and house levels (eds. Pedersen, S. & Sällvik, K.), https://www.cigr.org/sites/default/files/documets/CIGR_4TH_WORK_GR.pdf

CEN (2022). EN 13725:2022 Stationary source emissions – Determination of odour concentration by dynamic olfactometry and odour emission rate.

CEN (2023). Ambient air – Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM10 or PM2.5 mass concentration of suspended particulate matter.

Declerck, A., Coorevits, K., Laanen, L., Peeters, Q., Van den Bossche, T., Vandenbussche, C. & Brusselman, E. (2025). Meetcampagne voor de bepaling van de ammoniakemissies van een traditionele melkveestal, ILVO Mededeling D/2025/06, Meetrapport-ammoniakemissie-traditionele-melkveestal_finaal_digital.pdf

Groenestein, C.M., Mosquera, J. & Ogink, N.W.M. (2011). Protocol voor meting van methaanemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010. Rapport 493, https://edepot.wur.nl/179500

Hofschreuder, P., Zhao, Y., Aarninck, A.J.A. & Ogink, N.W.M. (2008). *Measurement Protocol for Emissions of Fine Dust from Animal Houses*. Report 134, https://edepot.wur.nl/778

Mol, G. & Ogink, N.W.M. (2002). Geuremissies uit de veehouderij II – Overzichtsrapportage 2000-2002. IMAG Rapport 2002-09, https://edepot.wur.nl/280063

Ogink, N. W. M. (2011). Protocol voor meting van geuremissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010. Rapport 491, https://edepot.wur.nl/179498

Ogink, N. W. M., Hofschreuder, P., & Hol, J. M. G. (2011). Protocol voor meting van fijnstofemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010. Rapport 492, https://edepot.wur.nl/179499

Ogink, N., Mosquera, J., & Hol, A. (2017). Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013a. Rapport 1032, https://edepot.wur.nl/418425

Pedersen, S., Blanes-Vidal, V., Joergensen, H., Chwalibog, A., Haeussermann, A., Heetkamp, M.J.W. & Aarnink, A.J.A. (2008). Carbon Dioxide Production in Animal Houses: A literature review. Agricultural Engineering International: CIGR Ejournal. Manuscript BC 08 008, Vol. X. December, 2008.

Schep, C.A., Vonk, J., Rikkers, T., van Dooren, H.J.C. & Ogink, N.W.M. (2023). Inventarisatie van methaansensoren en validatie van de Axetris LGD Compact-A CH4 ten behoeve van continue emissiemonitoring in de melkveehouderij. Rapport 1456, https://edepot.wur.nl/641807

Bijlages

Bijlage I: Voorlopige leaflet

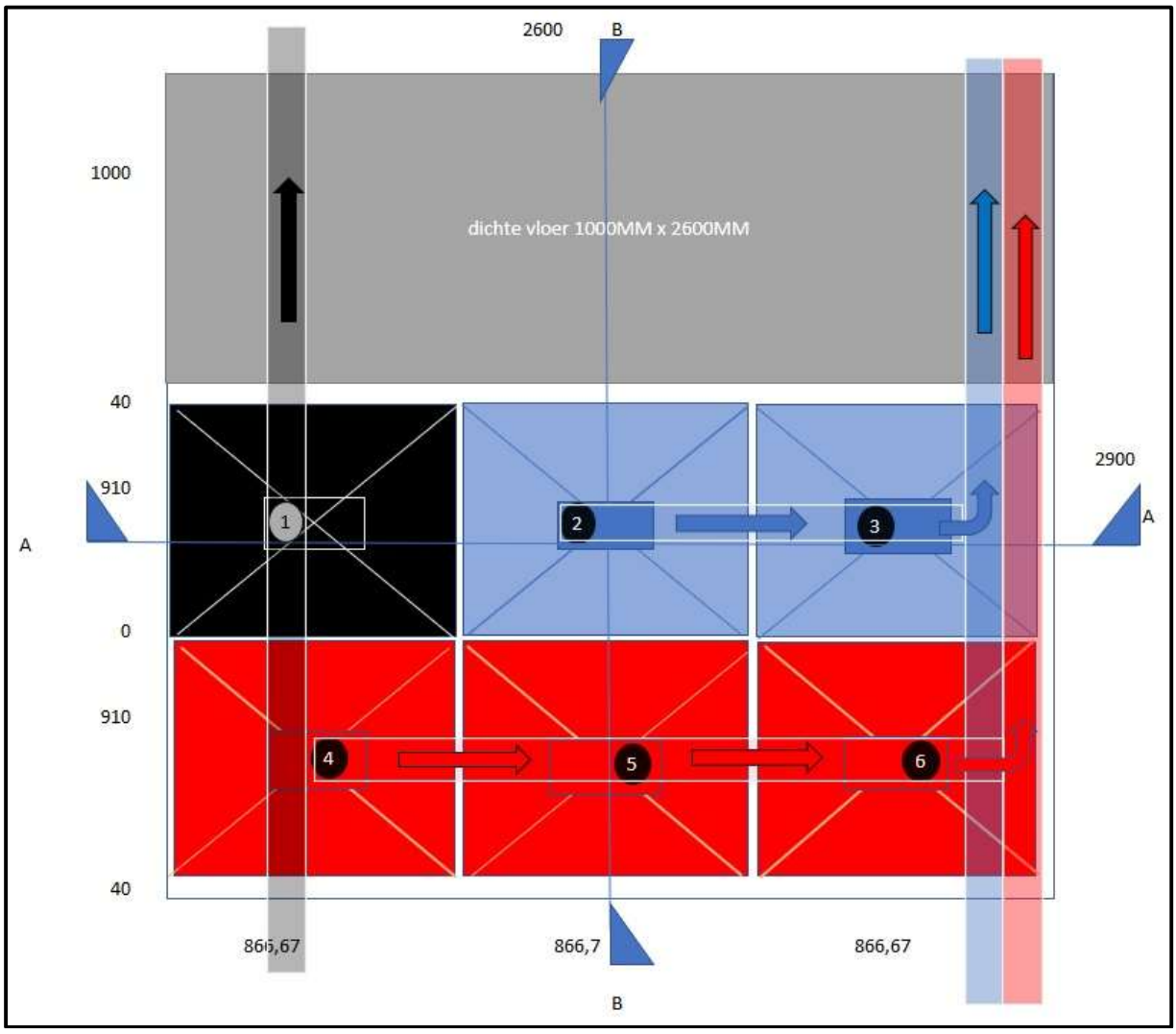
Nummer systeem	**OW …**
Naam systeem	**DUOSEP (V) – DUOSEParatie vakkensysteem** **Mestvakkensysteem met opvang van mest-urine en morswater in aparte vakken**
Diercategorie	**Kraamzeugen (inclusief biggen tot spenen) vrijloop (HD2)**
Systeembeschrijving van	**juni 2026**
Werkingsprincipe	De ammoniakemissiereductie is gebaseerd op het beperken van putemissie door het verkleinen van het emitterend mestkelderoppervlak. Dit in combinatie met een mestpan met regelmatige afvoer in aparte vakken waardoor de leeftijd van de emitterende mest minder is dan enkele dagen. Onder het kraamhok is een mestpan met minimaal 6 vakken: Zwart → Vak 1 = morswater + morsvoer (vakken direct achter de waterbak en voerbak) Blauw → Vak 2 + 3 = (minimaal) urine + mest in met name de fixatieperiode Rood → Vak 4, 5 + 6 = (opvang van) urine en mest in de vrijloopperiode

DE TECHNISCHE UITVOERING VAN HET SYSTEEM; BOUWKUNDIG		
	Onderdeel	**Uitvoeringseis**
1a	Opvangvakken	aangebracht onder elk kraamhok.
1b		omvat het gehele roosteroppervlak in het kraamhok.
1c		is verdeeld in 2 of 3 groepen vakken.
1d		Zwart → Vak 1 = hoofdzakelijk morswater + morsvoer (vakken direct achter de waterbak en de voerbak).
1e		Blauw → Vak 2 + 3 = urine + mest in met name de fixatieperiode.
1f		Rood → Vak 4, 5 + 6 = (opvang van) urine en mest in de vrijloopperiode. Hellingshoeken van de schuine zijden minimaal 50 graden t.o.v. de putvloer. De maximale vak grootte is 110 cm x 110 cm; indien het hok groter is, dienen meer vakken te worden gemaakt.
1g		De mestvakken zijn voorzien van een gegalvaniseerd driekantrooster met een balk van 10 mm en een spleet van 10 mm.
1h		De hellingshoek van de schuine zijden is minimaal 50 graden t.o.v. de putvloer.
1i		De mestopvangvakken zijn gemaakt van glad niet absorberend materiaal, zoals bijvoorbeeld vezel versterkt polyester geproduceerd op een gelakte matrijs.
2a	Riolering	Minimaal 1 afsluiter voor de kleurgroep rood en kleurgroep blauw en een afsluiter tussen de leidingen blauw en zwart per afdeling.
2b		De opvangcapaciteit van de riolering leiding is minimaal 48 uur op basis van een productie van 10-15 liter mest/urine per zeug per dag bij de rode en de blauwe vakken. Bij afwijkende hoeveelheden dient het aflaatschema hierop te worden aangepast. De groep blauw en zwart dient op verschillende hoogtes te worden aangebracht, zodat het morswater van zwart kan worden gebruikt om de emissie in blauw te verlagen en aankoeking in blauw te voorkomen.

3a	Dichte vloer	Minimaal onder de voerbak en het biggennest is een dichte vloer uitgevoerd.
3b		De beton loopt op alle punten af richting de mestvakken. De wateropname is maximaal 5% en het cementgehalte is minimaal 340 kg/m^3. Indien de betonkwaliteit en afwerking niet voldoen aan deze eisen, dient de beton met een impregneer of coating te worden afgewerkt.
3c		Minimaal 2 m² dichte vloer met goede antislip en afschot richting roostervloer. De betonvloer heeft een stroefheid van minimaal 63 leroux.
4	Maximaal emitterend oppervlak mestkanaal	maximaal 0,5 m² per kraamhok.
5	Ruimte onder opvangvakken	De ruimte onder de opvangvakken moet droog zijn en mag geen urine of mest bevatten.
6a	Aflaat kanalen	Diameter afvoeropeningen minimaal Ø 100 mm.
6b		Diameter afvoerleidingen minimaal Ø 110 mm buitenwerks.
6c		Verval verzamelleiding bij de afsluiter naar de hoofdleiding minimaal 40 cm. Indien geen natuurlijk verval dan mag dit ook door vervangende onderdruk op de pompput.
6d		Kanalen mogen alleen volledig worden ontmest. Dit geldt niet voor de zwarte vakken. Deze mogen deels weglopen naar de blauwe vakken.
6e		Er wordt afgelaten volgens een aflaatplan. Deze dient in de eerste ronde en daarna eens per vijf jaar door een adviesbureau, ontwikkelaar van het systeem en/of overheden te worden gecontroleerd en goedgekeurd. Dit moet worden gecontroleerd in relatie tot de mesthoogte in de vakken en worden vastgelegd in een aflaatschema met onderbouwing door het doen van niveaumetingen in combinatie met ammoniakmetingen.
6f		Maximale aflaathoogte is 25 cm in de vakken, gemeten vanaf de bodem van de vakken. Bij het bereiken van de maximale hoogte moet de afsluiter worden geopend en het leidingsysteem volledig worden geledigd.
6g	Borging:	Het aflaten van de mestvakken gebeurt automatisch en is voor minimaal 30 dagen terug te zien.
7	Ventilatie	Er wordt een verdringingsventilatiesysteem toegepast, waarbij de lucht onder de loopvloer wordt binnen gelaten en geconditioneerd. De lucht wordt middels een hoog geplaatste ventilator/afzuigkoker afgezogen op een hoogte van minimaal 4 meter.
8	Ionisatie	Er wordt een ionisatiesysteem toegepast om fijnstof te reduceren: het DUSTion systeem (coronadraden). Het DUSTion systeem bestaat uit een hoogspanningsgenerator gekoppeld aan coronadraden in de vorm van prikkeldraad. Op de prikkeldraden wordt negatieve hoogspanning gezet. De prikkeldraden vormen een soort deken op het plafond die de stof vasthoudt. Het fijnstof in de omgeving van de prikkeldraden ioniseert en slaat neer op geaarde oppervlakten in de stal. Na elke ronde wordt het aangehechte stof op de wanden, de plafonds en de objecten gereinigd.

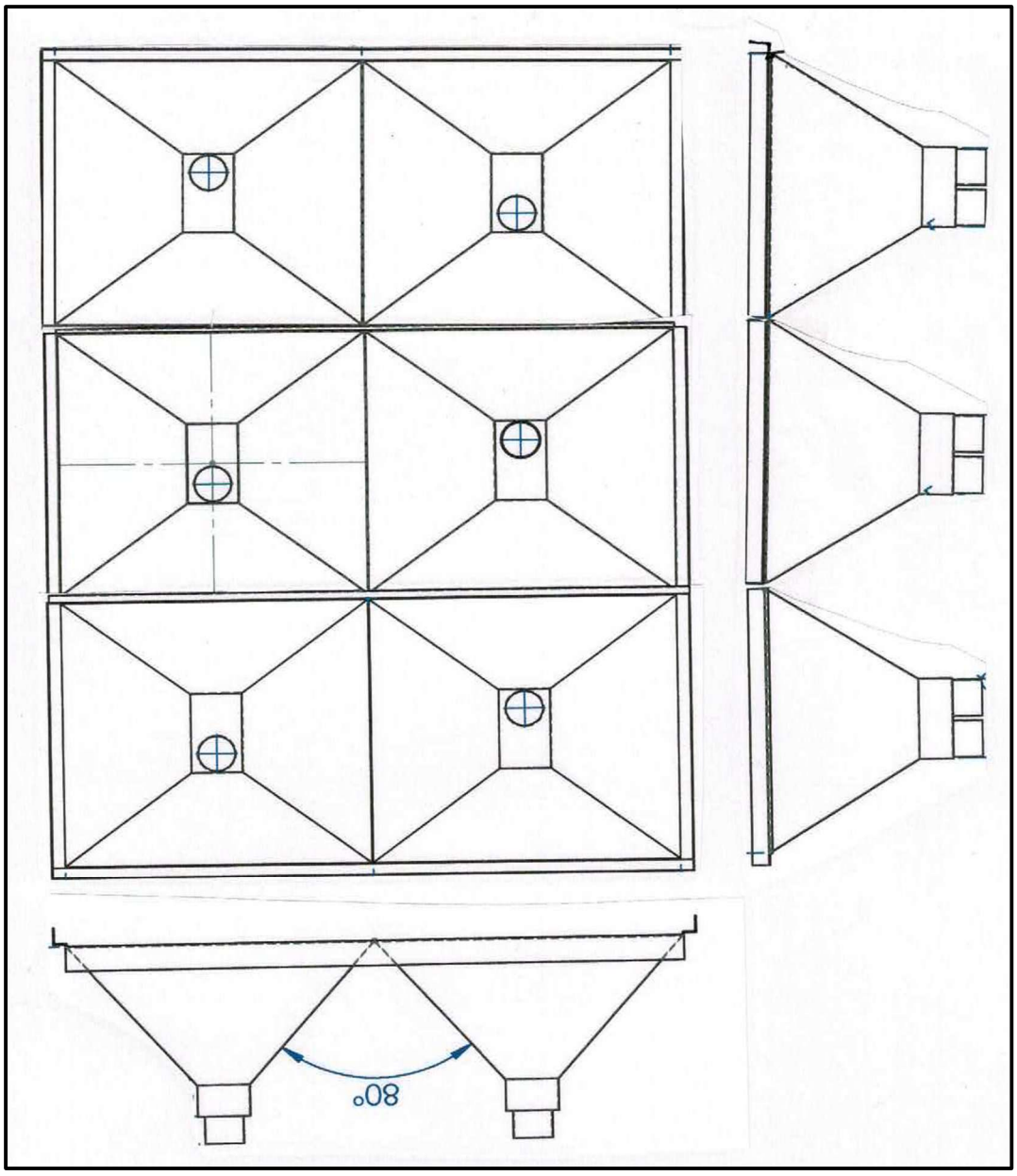
HET GEBRUIK VAN HET SYSTEEM		
	Onderdeel	**Gebruikseis**
a1	Aflaat mestkanaal	Aflaten morswater van morsvoervak (zwart) op de leiding van blauw (vakken waar mest en urine valt in fixatieperiode): continu door middel van een overloop. De overloop dient zo afgesteld te zijn dat de horizontale buis van zwart altijd gevuld blijft en de diameter van de overloop maximaal 75 mm is. Voor het reinigen wordt de leiding compleet afgelaten.

a2		Aflaten vakken blauw op dag 4, 7, 10, 16, 22, 28 en voor het reinigen van de afdeling (2de groep: blauwe vakken – vak 2 + 3).
a3		Aflaten vakken vrijloop (3de groep: rode vakken – vak 4, 5 + 6): Aflaten op dag 16 voor de eerste keer. Daarna eens per 3 dagen (72 uur) op dezelfde tijden en voor het reinigen van de afdeling. Afwijken van dit schema is mogelijk als een adviesbureau andere aflaatmomenten beter acht.
Emissiefactor	… NH_3 per dierplaats per jaar	
Verwijzing meetrapport	…	



Tekening: bovenaanzicht hok met vakverdeling

(LET OP: Indicatief! Maatvoering is een voorbeeld)



Tekening: Bovenaanzicht mestvakken + Dwarsdoorsnede mestvakken

(LET OP: Indicatief! Maatvoering is een voorbeeld)

NAAM:	NUMMER:
DUOSEP (V) – DUOSEParatie vakkensysteem Mestvakkensysteem met opvang van mest-urine en morswater in aparte vakken	OW … Systeembeschrijving: juni 2026

Bijlage II: Technische resultaten, klimaatomstandigheden, voedergegevens en aflaatschema

In onderstaande Tabel 8 wordt per meetweek de datums waarop de metingen werden uitgevoerd met dagnummer in het jaar, dagnummer in kraamperiode, technische resultaten en klimaatomstandigheden weergegeven. Tabel 9 toont per kraamperiode waarin een meting plaatsvond het aflaatschema.

Tabel 8: Datums waarop de metingen werden uitgevoerd met dagnummer in het jaar, dagnummer in kraamperiode, technische resultaten en klimaatomstandigheden.

Variabele [eenheid]	Meetweek 1	Meetweek 2	Meetweek 3	Meetweek 4	Meetweek 5	Meetweek 6
Algemeen						
Datum meetdagen	15/04/2025-16/04/2025	24/06/2025-25/06/2025	26/08/2025-27/08/2025	05/11/202-06/11/2025	09/12/2025-10/12/2025	03/02/2026-04/02/2026
Dagnummer in jaar	105-106	175-176	238-239	309-310	343-344	34-35
Dagnummer in productieronde	15	1	22	9	2	16
Aantal dieren gedurende metingen	32 zeugen 471 biggen	31 zeugen 394-408 biggen	32 zeugen 424 biggen	32 zeugen 463-462 biggen	29 zeugen 417 biggen	32 zeugen 459-460 biggen
Technische resultaten (registratie voor volledige kraamperiode waarin meting valt)						
Hoeveelheid verstrekt voer in de afdeling (schatting) [kg]	7.645	7.406	7.645	7.968	7.221	7.968
%Ruw eiwit in voeder [%]	15,4	15,4	15,4	15,6	15,6	15,6
Hoeveelheid waterverbruik in de afdeling [L]	41891	31645	26618	31150	27350	29634
Aantal zeugen (opleg)	30	27	29	31	28	32
Aantal dieren bij werpen	30 zeugen 509 biggen	27 zeugen 470 biggen	29 zeugen 490 biggen	31 zeugen 510 biggen	28 zeugen 451 biggen	32 zeugen 549 biggen
Aantal dieren bij spenen	32 zeugen 463 biggen	30 zeugen 422 biggen	32 zeugen 429 biggen	32 zeugen 456 biggen	30 zeugen 412 biggen	32 zeugen 464 biggen*
Gem. aantal gespeende biggen per worp	14,5	14,1	13,4	14,3	13,7	14,5
Hoeveelheid verbruikt schoonmaakwater (schatting) [m³]	6	6	6	6	6	6
Restant schoonmaakwater in mestput na reiniging (schatting) [m³]	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6

* 40 biggen verlegd naar pleegzeugen in andere afdeling

Variabele [eenheid]	Meetweek 1		Meetweek 2		Meetweek 3		Meetweek 4		Meetweek 5		Meetweek 6	
Buitenluchtcondities												
Windrichting in graden (KNMI) #	165	209	235	230	181	212	140	123	189	220	98	98
Gem. temperatuur (KNMI) [°C]	13,8	10,8	18,8	23,1	19,7	19,9	11,0	9,5	12,4	11,9	3,6	5,3
Gem. relatieve luchtvochtigheid (KNMI) [%]	79	86	70	66	60	67	76	82	81	84	85	86
Stallucht condities												
Gem. luchttemperatuur [°C]	24,2		27,4		25,6		25,1		24,7		23,7	
Gem. relatieve luchtvochtigheid [%]	59		56		54		61		52		55	
Gem. CO_2 (min – max) [ppm]	1.406 (1.270-1.673)		941 (853-1.095)		1.077 (927-1.347)		1.618 (1.277-1.844)		1.295 (1.164-1.462)		2.112 (1.781-2.836)	

360=noord; 90=oost; 180=zuid; 270=west; 0=windstil/variabel

Tabel 9: Schema voor het aflaten van de verschillende vakken tijdens de rondes waarin gemeten is geweest (B = blauw, R = rood)

Ronde meetweek 1				Ronde meetweek 2				Ronde meetweek 3			
Datum	Vak	Tijdstip aflaten	Opmerking	Datum	Vak	Tijdstip aflaten	Opmerking	Datum	Vak	Tijdstip aflaten	Opmerking
27/03/2025			Opleg	19-6-2025			Opleg	31-7-2025			Opleg
28/03/2025				20-6-2025				1-8-2025			
29/03/2025			Fixatie	21-6-2025			Fixatie	2-8-2025			Fixatie
30/03/2025	B	8.00		22-6-2025	B	10.00		3-8-2025	B	8.00	
31/03/2025				23-6-2025				4-8-2025			
01/04/2025			Werpen	24-6-2025			Werpen	5-8-2025			Werpen
02/04/2025	B	8.00		25-6-2025	B	8.00		6-8-2025	B	12.00	
03/04/2025				26-6-2025				7-8-2025			
04/04/2025				27-6-2025				8-8-2025			
05/04/2025	B	7.40		28-6-2025	B	8.00		9-8-2025	B	8.30	
06/04/2025				29-6-2025				10-8-2025			
07/04/2025				30-6-2025				11-8-2025			
08/04/2025	B	11.00	Vrijloop	1-7-2025	B	8.00	Vrijloop	12-8-2025	B	8.15	Vrijloop
09/04/2025				2-7-2025				13-8-2025			
10/04/2025				3-7-2025				14-8-2025			
11/04/2025	B+R	8.00		4-7-2025	B+R	8.00		15-8-2025	B+R	11.45	
12/04/2025				5-7-2025				16-8-2025			
13/04/2025				6-7-2025				17-8-2025			
14/04/2025	R	7.25		7-7-2025	R	8.00		18-8-2025	R	8.10	
15/04/2025				8-7-2025				19-8-2025			
16/04/2025				9-7-2025				20-8-2025			
17/04/2025	B+R	8.40		10-7-2025	B+R	12.00		21-8-2025	B+R	20.45	
18/04/2025				11-7-2025				22-8-2025			
19/04/2025				12-7-2025				23-8-2025			
20/04/2025	R	8.30		13-7-2025	R	8.30		24-8-2025	R	8.00	
21/04/2025				14-7-2025				25-8-2025			
22/04/2025			Enten	15-7-2025			Enten	26-8-2025			Enten
23/04/2025	B+R	8.45		16-7-2025	B+R	8.00		27-8-2025	B+R	8.30	
24/04/2025				17-7-2025				28-8-2025			
25/04/2025				18-7-2025				29-8-2025			
26/04/2025	R	8.00		19-7-2025	R	8.00		30-8-2025	R	8.00	
27/04/2025				20-7-2025				31-8-2025			
28/04/2025	B+R		Spenen	21-7-2025	B+R		Spenen	1-9-2025	B+R		Spenen

Ronde meetweek 4				Ronde meetweek 5				Ronde meetweek 6			
Datum	Vak	Tijdstip aflaten	Opmerking	Datum	Vak	Tijdstip aflaten	Opmerking	Datum	Vak	Tijdstip aflaten	Opmerking
22/10/2025			Opleg	3-12-2025			Opleg	14-1-2026			Opleg
23/10/2025				4-12-2025				15-1-2026			
24/10/2025			Fixatie	5-12-2025			Fixatie	16-1-2026			Fixatie
25/10/2025	B	8.00		6-12-2025	B	10.00		17-1-2026	B	9.00	
26/10/2025				7-12-2025				18-1-2026			
27/10/2025			Werpen	8-12-2025			Werpen	19-1-2026			Werpen
28/10/2025	B	7.30		9-12-2025	B	9.00		20-1-2026	B	8.00	
29/10/2025				10-12-2025				21-1-2026			
30/10/2025				11-12-2025				22-1-2026			
31/10/2025	B	9.00		12-12-2025	B	10.00		23-1-2026	B	7.30	
01/11/2025				13-12-2025				24-1-2026			
02/11/2025				14-12-2025				25-1-2026			
03/11/2025	B	8.30	Vrijloop	15-12-2025	B	11.00	Vrijloop	26-1-2026	B	7.15	Vrijloop
04/11/2025				16-12-2025				27-1-2026			
05/11/2025				17-12-2025				28-1-2026			
06/11/2025	B+R	9.00		18-12-2025	B+R	11.00		29-1-2026	B+R	8.15	
07/11/2025				19-12-2025				30-1-2026			
08/11/2025				20-12-2025				31-1-2026			
09/11/2025	R	9.15		21-12-2025	R	12.00		1-2-2026	R	9.00	
10/11/2025				22-12-2025				2-2-2026			
11/11/2025				23-12-2025				3-2-2026			
12/11/2025	B+R	9.00		24-12-2025	B+R	9.00		4-2-2026	B+R	8.00	
13/11/2025				25-12-2025				5-2-2026			
14/11/2025				26-12-2025				6-2-2026			
15/11/2025	R	8.45		27-12-2025	R	8.00		7-2-2026	R	7.30	
16/11/2025				28-12-2025				8-2-2026			
17/11/2025			Enten	29-12-2025			Enten	9-2-2026			Enten
18/11/2025	B+R	9.30		30-12-2025	B+R	10.00		10-2-2026	B+R	8.30	
19/11/2025				31-12-2025				11-2-2026			
20/11/2025				1-1-2026				12-2-2026			
21/11/2025	R	8.00		2-1-2026	R	8.00		13-2-2026	R	9.00	
22/11/2025				3-1-2026				14-2-2026			
23/11/2025				4-1-2026				15-2-2026			
24/11/2025	B+R		Spenen	5-1-2026	B+R		Spenen	16-2-2026	B+R		Spenen

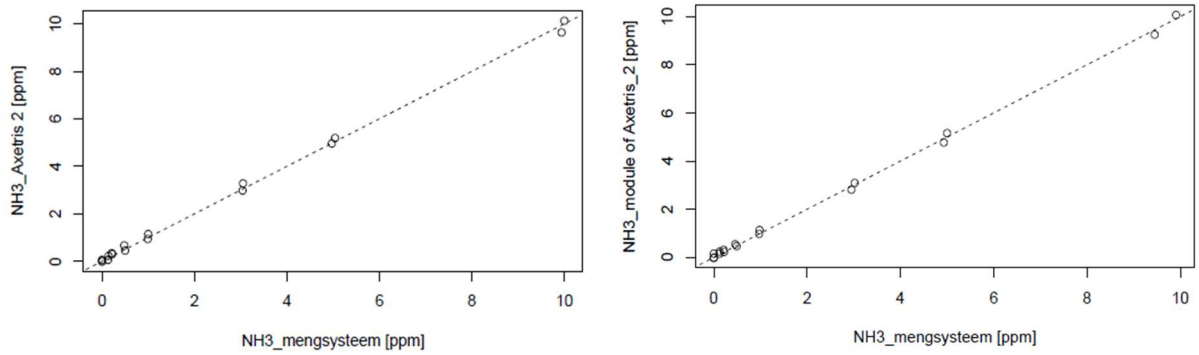
Bijlage III: Kalibratie en validatie van de Axetris meetbox (NH_3, CH_4 en CO_2)

Kalibratie van de Axetris meetbox op basis van kalibratievergelijkingen bij VITO

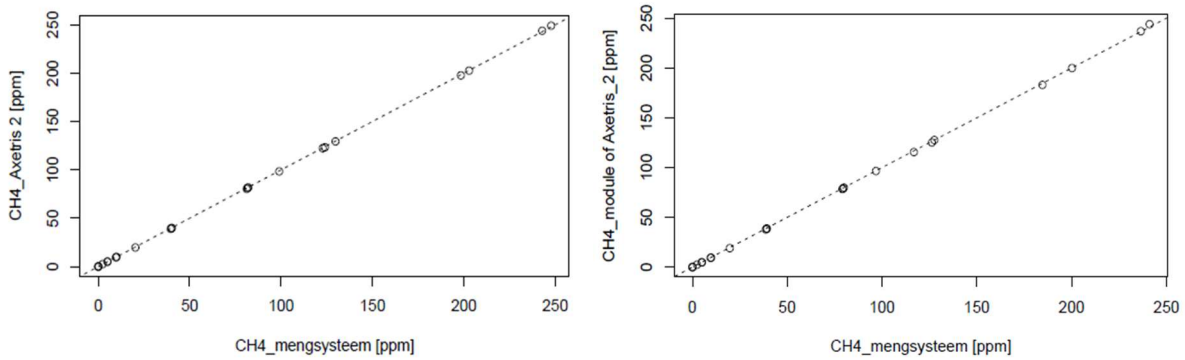
Zowel aan het begin van de meetcampagne (20/05/2025) als na afloop (26/02/2026) werd de Axetris meetbox gekalibreerd d.m.v. metingen aan de ringleiding bij de geaccrediteerde onderzoeksorganisatie VITO (Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek, Mol).

De resultaten van deze kalibratiemetingen zijn weergegeven in Figuur 16 (ammoniak), Figuur 17 (methaan) en Figuur 18 (CO_2). Voor Axetris meetbox 2 is geen drift opgetreden in de tussenliggende periode. De kalibratiecurves zoals bepaald tijdens de metingen van 20/05/2025 werden gebruikt om de gemeten data te kalibreren. Volgende kalibratieformules werden gebruikt:

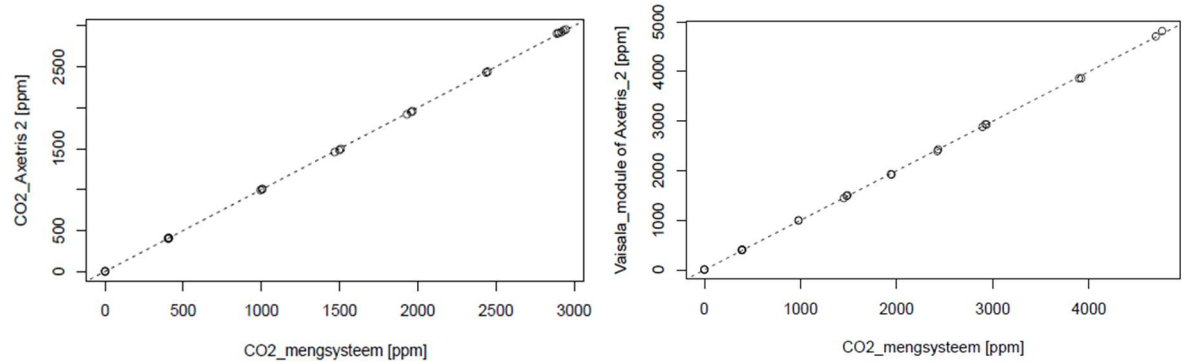
- Ammoniak: $NH_3^{ref} = 0{,}890 * NH_3$
- Methaan: $CH_4^{ref} = 0{,}981 * CH_4$
- CO_2: $CO_2^{ref} = 0{,}953 * CO_2$



Figuur 16: Resultaten van de kalibratiemetingen bij VITO voor ammoniak voor 20/05/2025 (links) en 26/02/2026 (rechts) van Axetris meetbox 2.



Figuur 17: Resultaten van de kalibratiemetingen bij VITO voor methaan voor 20/05/2025 (links) en 26/02/2026 (rechts) van Axetris meetbox 2.

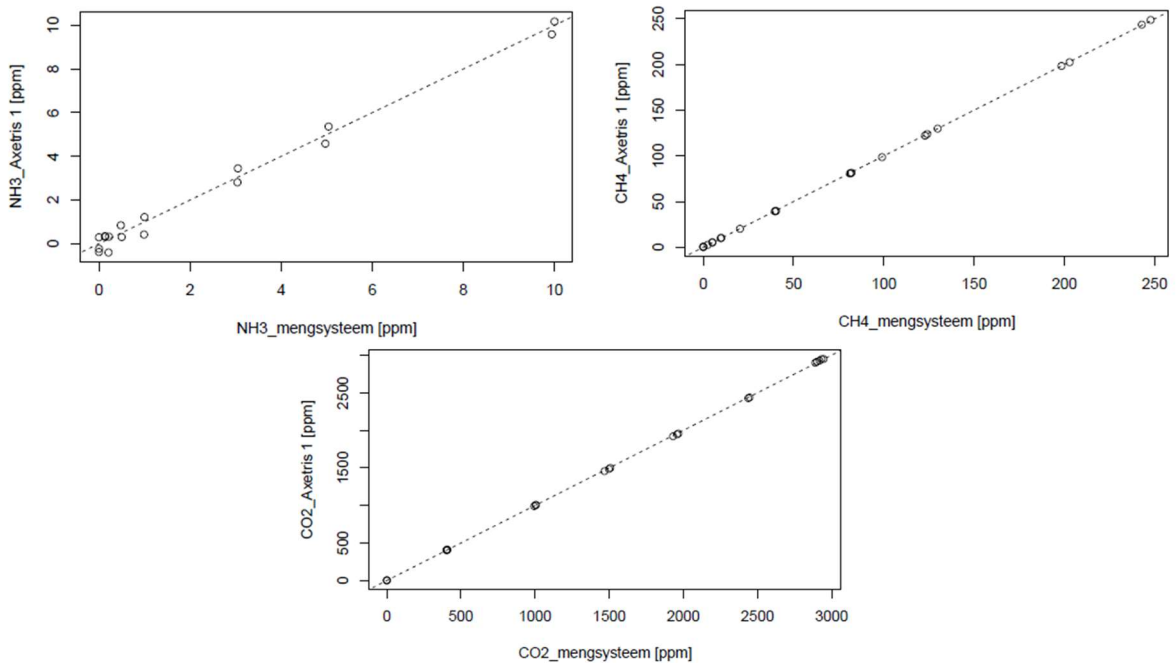


Figuur 18: Resultaten van de kalibratiemetingen bij VITO voor CO_2 voor 20/05/2025 (links) en 26/02/2026 (rechts) van Axetris meetbox 2.

Tijdens meetweek 1 is Axetris meetbox 1 gebruikt. Deze meetbox heeft tevens deelgenomen aan de kalibratiemetingen op 20/05/2025. Voor deze meetbox gelden volgende kalibratievergelijkingen:

- Ammoniak: $NH_3^{ref} = 1{,}000 * NH_3$
- Methaan: $CH_4^{ref} = 0{,}964 * CH_4 + 0{,}630$
- CO_2: $CO_2^{ref} = 0{,}954 * CO_2$

De kalibratiecurven zijn terug te vinden in Figuur 19.



Figuur 19: Resultaten van de kalibratiemetingen bij VITO op 20/05/2025 voor ammoniak (boven links), methaan (boven rechts) en CO_2 (onder) van Axetris meetbox 1.

Validatie van de Axetris meetbox op basis van controlemetingen in het labo van ILVO

Voor elke meetweek werd een mengsel van 4 kalibratiegassen aan de multigasanalyser aangeboden via mengflessen. Vervolgens werd een lineaire regressie uitgevoerd op de verkregen data (aangeboden gasconcentratie t.o.v. de gemeten gasconcentratie). In Tabel 10 worden de resulterende validatievergelijkingen weergegeven. Zoals hieruit blijkt is er geen drift opgetreden in de periode van de meetcampagne. Dit geldt zowel voor Axetris meetbox 1 (meetweek 1) als voor Axteris meetbox 2 (overige meetweken).

Tabel 10: Overzicht van de meetweken, de uitgevoerde validaties voor NH_3, CH_4 en CO_2 en de resulterende validatievergelijkingen van de ijklijnen.

Meting	Datum meting	Datum kalibratie	Kalibratievergelijking NH_3	Kalibratievergelijking CH_4	Kalibratievergelijking CO_2
1*	15/04/2025 – 16/04/2025	14/04/2025	$NH_3^{ref} = 0{,}937 * NH_3 - 0{,}111$	$CH_4^{ref} = 0{,}967 * CH_4 + 0{,}905$	$CO_2^{ref} = 0{,}968 * CO_2$
		22/04/2025	$NH_3^{ref} = 0{,}947 * NH_3$	$CH_4^{ref} = 0{,}966 * CH_4 + 0{,}763$	$CO_2^{ref} = 0{,}955 * CO_2$
2	24/06/2025 – 25/06/2025	26/06/2025	$NH_3^{ref} = 0{,}878 * NH_3$	$CH_4^{ref} = 0{,}984 * CH_4 + 0{,}536$	$CO_2^{ref} = 0{,}931 * CO_2 + 18{,}25$
3	26/08/2025 – 27/08/2025	19/08/2025	$NH_3^{ref} = 0{,}866 * NH_3$	$CH_4^{ref} = 0{,}970 * CH_4 + 0{,}460$	$CO_2^{ref} = 0{,}931 * CO_2 + 17{,}109$
4	05/11/2025 – 06/11/2025	02/10/2025	$NH_3^{ref} = 0{,}887 * NH_3 - 0{,}111$	$CH_4^{ref} = 0{,}969 * CH_4 + 0{,}463$	$CO_2^{ref} = 0{,}919 * CO_2$
5	09/12/2025 – 10/12/2025	03/12/2025	$NH_3^{ref} = 0{,}888 * NH_3$	$CH_4^{ref} = 0{,}972 * CH_4 + 0{,}396$	$CO_2^{ref} = 0{,}926 * CO_2 + 20{,}9$
6	03/02/2026 – 04/02/2026	22/01/2026	$NH_3^{ref} = 0{,}867 * NH_3$	$CH_4^{ref} = 0{,}974 * CH_4 + 0{,}379$	$CO_2^{ref} = 0{,}934 * CO_2 + 15{,}62$

* Tijdens meetweek 1 is Axteris meetbox 1 gebruikt i.p.v. 2.

Contact

Loes Laanen, Wetenschappelijk onderzoeker
Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek ILVO
Technologie & Voeding
Burg. Van Gansberghelaan 115
9820 Merelbeke-Melle (Belgium)
T +32 475 59 27 50
loes.laanen@ilvo.vlaanderen.be

Deze publicatie kan ook geraadpleegd worden op:
www.ilvo.vlaanderen.be ⇨ nieuws ⇨ type ⇨ mededeling

Vermenigvuldiging of overname van gegevens toegestaan mits duidelijke bronvermelding.

ILVO

Aansprakelijkheidsbeperking

Deze publicatie werd door ILVO met de meeste zorg en nauwkeurigheid opgesteld. Er wordt evenwel geen enkele garantie gegeven omtrent de juistheid of de volledigheid van de informatie in deze publicatie. De gebruiker van deze publicatie ziet af van elke klacht tegen ILVO of zijn ambtenaren, van welke aard ook, met betrekking tot het gebruik van de via deze publicatie beschikbaar gestelde informatie.
In geen geval zal ILVO of zijn ambtenaren aansprakelijk gesteld kunnen worden voor eventuele nadelige gevolgen die voortvloeien uit het gebruik van de via deze publicatie beschikbaar gestelde informatie.

ILVO

Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek
Burg. Van Gansberghelaan 92
9820 Merelbeke-Melle - België

T +32 9 272 25 00
ilvo@ilvo.vlaanderen.be
www.ilvo.vlaanderen.be