

Meetrichtlijnen voor het bepalen van het
verwijderingsrendement van
nageschakelde luchtzuiveringssystemen
voor ammoniak- en geuremissies

1 Inhoud

Lijst met afkortingen.....	5
Betekenenissen van begrippen.....	6
2 Inleiding.....	9
2.1 Doel/Scope.....	9
3 Organisatorische aspecten.....	10
3.1 Ontwikkelfase en definitieve testfase.....	10
3.2 Actoren en verantwoordelijkheden.....	10
3.3 Eisen aan de meetinstantie.....	11
3.4 Conformiteit regelgeving diergezondheid, dierwelzijn en veiligheid.....	12
3.5 Meetplan.....	12
4 Onderzoekslocatie en te onderzoeken luchtzuiveringssysteem.....	13
4.1 Veehouderij/onderzoekslocatie.....	13
4.2 Luchtzuiveringssysteem met gerelateerde operationele variabelen.....	14
4.2.1 Systeembeschrijving luchtzuiveringssysteem.....	14
4.2.2 Gerelateerde operationele variabelen.....	15
5 Proefopzet en onderzoekslocaties.....	17
5.1 Uitgangspunten.....	17
5.2 Beschrijving van de proefopzet.....	17
5.3 Aantal onderzoekslocaties.....	17
5.4 Vervolgmetingen.....	18
5.5 Verplichte opvolgmetingen voor alle nieuwe luchtzuiveringssystemen.....	18
5.6 Transfereerbaarheid verwijderingsrendementen naar andere diersoorten en -categorieën.....	18
5.7 Bemeetbaarheid van meetlocatie.....	20
5.7.1 Bereikbaarheid in- en uitlaten.....	20
5.7.2 Homogeniteit.....	20
6 Meetstrategie.....	24
6.1 Uitgangspunten.....	24
6.2 Discontinue metingen.....	24
6.3 Continue metingen.....	24
6.3.1 Meetprincipe.....	24
6.3.2 Meetduur.....	24
6.3.3 Verificatie van de continue metingen met SRM.....	24
6.4 Meetposities.....	25
6.4.1 Drukkamer.....	25

6.4.2	Uitlaat	25
6.4.3	Controle van windinslag bij de staalnamepunten aan de uitgang van het luchtzuiveringssysteem.....	25
7	Meetmethoden ventilatiedebiet.....	27
8	Monsternamen en analyse.....	28
8.1	Ammoniak.....	28
8.1.1	Standaard referentiemethode (SRM).....	28
8.1.2	Continue methoden met gevalideerde sensoren	29
8.1.3	Equivalente methoden ter vervanging van de SRM.....	29
8.1.4	Eisen aan de meetinstantie.....	29
8.2	Geur	29
8.2.1	Eisen aan monsternamen en analyse.....	29
8.2.2	Eisen aan de meetinstantie.....	30
8.2.3	Meetonzekerheid.....	30
9	Dataverwerking en -analyse	31
9.1	Controle op volledigheid	31
9.2	Controle op kwaliteit - uitsluiting van data	31
9.3	Controle op afwijkingen door drift bij continue meetsystemen - toepassing van correcties 32	
9.4	Data-aggregatie.....	33
9.5	Berekening van het verwijderingsrendement.....	33
9.5.1	Ammoniak.....	33
9.5.2	Geur	35
9.6	Data-exploratie.....	36
9.7	Bepalen meetonzekerheid.....	36
10	Rapportage.....	37
10.1	Omslag/titelpagina/colofon.....	37
10.2	Inhoudsopgave.....	37
10.3	Inleiding.....	37
10.4	Beschrijving onderzoekslocatie.....	37
10.4.1	Systeembeschrijving	37
10.4.2	Evaluatie representativiteit	37
10.5	Beschrijving luchtzuiveringssysteem	37
10.6	Rapportering en evaluatie van operationele variabelen.....	37
10.7	Oplijsting en controle van variabelen specifiek voor de meetcampagne.....	38
10.7.1	Meetvariabelen en meetmethoden.....	38
10.7.2	Datacontrole en - aggregatie.....	38

10.7.3	Berekening verwijderingsrendement.....	38
10.8	Rapportering, datavisualisatie en -analyse.....	38
10.8.1	Resultaten.....	38
10.8.2	Discussie.....	39
10.9	Conclusies.....	39
10.10	Bronnenlijst.....	39
10.11	Bijlagen.....	39
10.11.1	Ruwe data	39
10.11.2	Logboek.....	39
11	Referenties.....	40

Lijst met afkortingen

AEA	Ammoniak emissie-arm, Vlaamse lijst huisvestingssystemen
AM	Alternatieve methode
CO ₂	Koolstofdioxide
EM	Equivalenten methode
GC	Gaschromatograaf
LOQ	Limit of quantification: bepalingsgrens
MB	Ministerieel Besluit
NH ₃	Ammoniak
ou _E	European Odour Units (EN 13725)
ppm	Parts per million
Rav	Regeling ammoniak en veehouderij
RVO	Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
SRM	Standaard referentiemethode
TAP	Technische Advies Pool, een beoordelende en adviserende commissie binnen RVO
VERA	Verification of Environmental Technologies for Agricultural Production
WeComV	Wetenschappelijk Comité Luchtemissies Veehouderij in Vlaanderen

Betekeningen van begrippen

Biobed	Een luchtzuiveringssysteem waarbij de verontreinigingen door de microbiologie gehecht aan vulmateriaal worden omgezet. In het geval van ammoniak, wordt deze omgezet in nitriet en nitraat (nitrificatie), en mogelijk nog gedenitrificeerd tot stikstofgas.
Biofilter	- Synoniem voor biobed - https://emis.vito.be/nl/bbt/bbt-tools/selectiesystemen/luss/technieken/biofilter - In de praktijk ook wel gebruikt als ruimere omschrijving voor zowel biobedden als luchtwassers. Om verwarring te vermijden, wordt de term 'biofilter' daarom niet gebruikt in dit document.
Biologisch luchtwassysteem	Een luchtwassysteem waarbij de verontreinigingen eerst worden afgevangen in een wasvloeistof. In het geval van ammoniak, wordt deze daarna door microbiologie omgezet in nitriet en nitraat (nitrificatie), en mogelijk nog gedenitrificeerd tot stikstofgas.
Chemisch luchtwassysteem	Een luchtwassysteem waarbij de verontreinigingen worden afgevangen in een wasvloeistof. In het geval van ammoniak wordt deze daarna door toevoeging van zuren gebonden tot een zout
Controlemeting	Rendementsmeting op bestaande luchtzuiveringssystemen ter controle van de verwijderingsefficiëntie, zoals bepaald in het Ministerieel besluit van 16 juli 2021 ¹ .
Diercategorie	Verdere onderverdeling per diersoort vb bij diersoort varkens zijn de diercategorieën: biggen, zeugen, andere varkens,...
Diersoort	Indeling van dieren in varkens, pluimvee, runderen, ...
Downtime	Tijdsduur van buiten werking zijn van het luchtzuiveringssysteem (zie ook: uptime)
Gecombineerd luchtwassysteem	Een combinatie van verschillende luchtwassystemen (biologisch, chemisch, biobed of met elkaar of met een waterwasser.
LOQ = Limit of Quantification	bepalingslimiet, i.e. laagste concentratie die men kwantitatief kan detecteren
Luchtbehandelings techniek	Een techniek die toegepast wordt om de emissie uit veestallen te reduceren via behandeling van de stallucht. Synoniemen: luchtreinigingstechniek, luchtzuiveringstechniek.

¹ Ministerieel besluit tot wijziging van bijlage I en bijlage II van het ministerieel besluit van 19 maart 2004 houdende vaststelling van de lijst van ammoniakemissiearme stalsystemen in uitvoering van artikel 1.1.2 en artikel 5.9.2.1bis van het besluit van de Vlaamse Regering van 1 juni 1995 houdende algemene en sectorale bepalingen inzake milieuhygiëne, wat betreft de melding van de ingebruikname van een stalsysteem, het systeem P-6.4, de voorwaarden voor luchtzuiveringssystemen en de aanvraagprocedure voor opname in de lijst van ammoniakemissiearme stalsystemen.

Luchtreinigings-techniek	Een techniek die toegepast wordt om de emissie uit veestallen te reduceren via behandeling van de stallucht. Synoniemen: luchtbehandelingstechniek, luchtzuiveringstechniek.
Luchtwassysteem	Een systeem waarbij de verontreinigingen worden afgevangen in een wasvloeistof en vervolgens al dan niet verwijderd worden
Luchtzuiverings-techniek	Een techniek die toegepast wordt om de emissie uit veestallen te reduceren via behandeling van de stallucht. Synoniemen: luchtbehandelingstechniek, luchtreinigingstechniek.
Meetcampagne	De verzameling van alle voorbereidingen, metingen, dataverwerking en rapportering uitgevoerd volgens vooraf opgesteld(e) meetplan(nen) in praktijkstallen.
Meetdag	De dag waarop je een staal neemt of gaat meten, onafhankelijk van de duur meting.
Meetlocatie	Geografisch adres waar de metingen worden uitgevoerd. Kan bestaan uit meerdere units, compartimenten, stallen, ...
Meetmethode	Alle procedures en middelen om een grootte te bepalen. Vb. nat-chemisch, tunable diode laser, cavity ringdown spectroscopie, foto-akoestische spectroscopie.
Meetperiode	De tijdsduur afgebakend door de start van de eerste metingen tot het einde van de laatste metingen.
Meetplan	Een document met als doel een gedetailleerde omschrijving te geven van de uitvoering van emissiemetingen op een bepaalde meetlocatie.
Meetrichtlijn / Richtlijn	Een meetrichtlijn is een generiek document dat algemene principes en methoden beschrijft om emissies of verwijderingsrendementen op correcte wijze te bepalen. Deze omvatten het geheel van eisen aan het meetplan, de meetstrategie, de berekeningen en rapportering.
Meetstrategie	De meetstrategie behelst het aantal metingen en de verdeling van dit aantal in tijd, binnen en over meetlocaties.
Nageschakelde techniek	Een techniek die nageschakeld wordt aan de ventilatiestroom uit het huisvestingssysteem (stal) om componenten of energie uit de luchtstroom te verwijderen voor die het huisvestingssysteem verlaat. Voorbeelden: luchtwassers, biobedden, biofilters, droogfilters, elektrostatische precipitatoren, warmtewisselaars en mestdroogtunnels.
Opvolgmeting	Meting van het verwijderingsrendement van een nieuw geplaatste installatie van een type luchtzuiveringssysteem waaraan reeds een verwijderings-efficiëntie werd toegekend, ter verificatie van de goede werking van de installatie.
Uptime	Tijdsduur van in werking zijn van het luchtzuiveringssysteem (zie ook: downtime)

Vervolgmetingen	Metingen van het verwijderingsrendement van een type luchtzuiveringssysteem waarvan het voorlopige verwijderingsrendement werd vastgesteld, en die noodzakelijk zijn ter evaluatie en eventuele bijstelling van de initieel toegekende verwijderingsefficiëntie.
Waterwasser	Een waterwasser haalt fijnstof uit de stallucht met water als wasvloeistof (Bron: Typen luchtwassers Informatiepunt Leefomgeving)

2 Inleiding

2.1 Doel/Scope

De scope van deze richtlijn is het omschrijven van algemene principes en methoden om het gemiddelde verwijderingsrendement, inclusief de meetonzekerheid, van **nageschakelde luchtzuiveringssystemen** bij veestallen te bepalen voor ammoniak-, geur- en fijn stofemissies².

De richtlijnen werden uitgewerkt voor nageschakelde luchtzuiveringssystemen geïnstalleerd op volledig mechanisch geventileerde stallen.³

Een luchtbehandelingstechniek, ook wel luchtzuiverings- of luchtreinigingstechniek genoemd, wordt gedefinieerd als een techniek die toegepast wordt om de emissie uit veestallen te reduceren via behandeling van de stallucht.

Luchtbehandelingstechnieken kunnen op basis van verschillende principes werken (vb. fysisch, chemisch en/of biologisch). Momenteel worden biologische luchtwassersystemen, chemische luchtwassersystemen, biobedden en gecombineerde luchtwassersystemen toegepast op veestallen. Deze verschillende types luchtbehandelingstechnieken worden als volgt gedefinieerd¹:

Luchtwassersysteem: Een systeem waarbij de verontreinigingen worden afgevangen in een wasvloeistof en vervolgens al dan niet verwijderd worden.

Biologisch luchtwassersysteem: Een luchtwassersysteem waarbij de verontreinigingen eerst worden afgevangen in een wasvloeistof. In het geval van ammoniak, wordt deze daarna door microbiologie omgezet in nitriet en nitraat (nitrificatie), en mogelijk nog gedenitrificeerd tot stikstofgas.

Chemisch luchtwassersysteem: Een luchtwassersysteem waarbij de verontreinigingen worden afgevangen in een wasvloeistof. In het geval van ammoniak wordt deze daarna door toevoeging van zuren gebonden tot een zout.

Biobed of biofilter (synoniem): Een luchtzuiveringssysteem waarbij de verontreinigingen door de microbiologie gehecht aan vulmateriaal worden omgezet. In het geval van ammoniak, wordt deze omgezet in nitriet en nitraat (nitrificatie), en mogelijk nog gedenitrificeerd tot stikstofgas.

Gecombineerd luchtwassersysteem: een combinatie van bovenstaande systemen met elkaar of met een waterwasser. Een waterwasser haalt fijn stof uit de stallucht met water als wasvloeistof⁴.

² In Vlaanderen wordt dit vermeld in het Ministerieel Besluit van 16 juli 2021: [MB_AFA_210715.pdf \(vlm.be\)](https://www.vlaanderen.be/document/mb-afa-210715.pdf)

³ Voor luchtzuiveringssystemen die hier niet door gevat worden, kunnen meetplannen ter beoordeling worden voorgelegd. De indiener dient te omschrijven in welk opzicht het luchtzuiveringssysteem afwijkt van een luchtzuiveringssysteem op een volledig mechanisch geventileerde stal en welke bijkomende metingen uitgevoerd zullen worden om het verwijderingsrendement te bepalen.

3 Organisatorische aspecten

3.1 Ontwikkelfase en definitieve testfase

Bij het ontwerpen van een luchtzuiveringssysteem en het testen met het oog op erkenning kan onderscheid gemaakt worden in een ontwikkelfase en een definitieve testfase. Het wordt sterk aanbevolen een **ontwikkelfase** te doorlopen alvorens de definitieve testfase te starten, waaruit het werkingsmechanisme, optimale configuratie, stabiliteit/bedrijfszekerheid, afwezigheid van bijeffecten en veiligheid is gebleken. In de **definitieve testfase** wordt van een (naar het oordeel van de producent) voldoende ontwikkeld luchtzuiveringssysteem de **emissie of emissiereductie bepaald**. Eenmaal de testfase **gestart** is, wordt de ontwikkelfase formeel afgesloten en zijn **geen systeemoptimalisaties** die invloed hebben op de emissies **meer toegestaan**. Dit behoudens overmacht en formele evaluatie ten einde te kunnen nagaan of er al dan niet noodzaak is tot het heropstarten van de definitieve testfase. Metingen in de definitieve testfase starten ten vroegste wanneer alle stallen waarin gemeten wordt gedurende drie maanden effectief in gebruik zijn (dat wil zeggen exclusief eventuele downtime (stilstand-tijd), van de wasser, leegstandsperioden van de stal en beweidingsuren). Dit teneinde een normaal niveau van bevuiling te bereiken, en te voorkomen dat het reguliere emissieproces beïnvloed wordt door het eventuele uitreageren van gebruikte materialen.

3.2 Actoren en verantwoordelijkheden

De uitvoering van de meetcampagne voor het vaststellen van de emissie en/of emissiereductie van een luchtzuiveringssysteem kent doorgaans de volgende actoren:

1. de producent die een luchtzuiveringssysteem wil laten onderzoeken;
2. de meetinstantie die het onderzoek uitvoert, waarbij al dan niet gebruik gemaakt wordt van onderzoekslocatie(s) in eigen beheer of van derden;
3. de veehouder(s) die hun veehouderij beschikbaar stellen als onderzoekslocatie.

De producent is verantwoordelijk voor:

- het beschikbaar stellen van een volledige beschrijving van het te beproeven luchtzuiveringssysteem aan de meetinstantie;
- het beschikbaar stellen van gedetailleerde instructies met betrekking tot gebruik/bediening, controle, onderhoud, veiligheid, milieu, gezondheid en te nemen acties bij calamiteiten;
- het vastleggen van variabelen gerelateerd aan het functioneren van het luchtzuiveringssysteem, met inbegrip van de operationele variabelen die volgens het MB van 19 maart 2004⁵ artikel 5.2.3.4 onderhevig zijn aan verplichte, constante elektronische monitoring.
- het voorleggen van het meetplan aan een adviserend orgaan;
- het indienen van de rapportage bij een adviserend orgaan voor het verkrijgen van een erkenning.

Tijdens de definitieve fase is toegang tot de onderzoekslocatie voor de producent van het luchtzuiveringssysteem alleen toegestaan in het bijzijn van de meetinstantie. Dergelijk bezoek en eventuele ondernomen acties worden opgenomen in het logboek van de installatie, opgemaakt door de veehouder en gecontroleerd door de meetinstantie, en maken als dusdanig deel uit van de rapportage (zie sectie 9).

De meetinstantie is verantwoordelijk voor:

- het opstellen van een beschrijving van de veehouderij/onderzoekslocatie;
- het opstellen van een meetplan per betrokken veehouderij/onderzoekslocatie (zie Sectie 2.5);

⁵ https://www.vlm.be/nl/SiteCollectionDocuments/Mestbank/AEA-lijst/MB-AEA_210715.pdf

- het bieden van technische ondersteuning aan de producent bij het voorleggen van het meetplan aan een adviserend orgaan;
- het uitvoeren van het onderzoek (metingen, datacontrole, -verwerking en -analyse, rapportage);
- het opstellen, controleren en eventueel aanvullen van het door de veehouderij/onderzoekslocatie bijgehouden logboek (zie volgende actor);
- het berekenen van de uptime en downtime van het luchtzuiveringssysteem. Hierbij dient ook de nodige stilstand aangetoond te worden na het uitvoeren van een reiniging (min. Jaarlijks) bij chemische en biologische luchtwassystemen of na het opschudden (min. 2 maal per jaar) en vervangen (min. om de 2 jaar) van vulmateriaal bij biobedden.

De veehouderij/onderzoekslocatie is verantwoordelijk voor:

- het verzamelen en beschikbaar stellen van de informatie nodig voor het opstellen van een beschrijving van de veehouderij/onderzoekslocatie;
- het verzamelen en beschikbaar stellen van gegevens met betrekking tot dieren, technische resultaten, en andere relevantie acties die invloed hebben op het emissieniveau (mestafvoer, aan/afvoer van dieren, rantsoensamenstelling, wisseling van rantsoen, schoonmaak enz.;;
- het bijhouden van een logboek ten aanzien van het functioneren van het luchtzuiveringssysteem. Dit logboek bevat data/tijden van optreden van problemen, de aard van het probleem, mogelijke oorzaken van het probleem, de ondernomen actie, het effect van de actie, en de tijd besteed aan het probleem;
- in het logboek worden ook de bezoeken van de producent genoteerd inclusief reden van het bezoek
- het bijhouden en doorgeven aan de meetinstantie van de tijd besteed aan problemen met het luchtzuiveringssysteem;

3.3 Eisen aan de meetinstantie

De meetinstantie dient aan te tonen dat de uitgevoerde metingen van goede kwaliteit zijn door te voldoen aan minimaal één van de onderstaande voorwaarden. Deze voorwaarden zijn een stand van zaken en kunnen desgevallend verder verfijnd worden op basis van actuele inzichten.

Voorwaarde A: beschikken over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2018 accreditatie, met verwijzing naar de relevante normen in de scope en inachtneming van deze richtlijnen en voldoen aan de voorwaarde C.

Voorwaarde B (ammoniak): minimaal beschikken over een Vlaamse VLAREL erkenning voor pakket L.19 Bepaling van emissies van NH₃-verwijderingsrendement van gaswassers, opgenomen in de lijst van ammoniakemissiearme stallen en beschikken over kennis van de veehouderij en het meten van emissies in die sector en voldoen aan voorwaarde C.

Voorwaarde C:

Beschikken over de nodige expertise in de veehouderij en het meten van emissies bij luchtzuiveringssystemen en/of huisvestingssystemen in die sector. Voor de beoordeling van deze expertise bezorgt de meetinstantie alle nodige informatie zoals aangegeven in de checklist minimale kwaliteitseisen voor een meetinstantie: <https://wecomv.be/nl/meetrichtlijnen>.

De bijkomende vereisten voor de monstername en analyse worden apart en per gemeten component vermeld in Sectie 7.

De wijze waarop voldaan is aan de kwaliteitsvereisten worden opgenomen in het meetplan en in de rapportage.

3.4 Conformiteit regelgeving diergezondheid, dierenwelzijn en veiligheid⁶

De veehouderij/onderzoekslocatie, het te onderzoeken luchtzuiveringssysteem en de onderzoeksactiviteiten moeten voldoen aan de vereisten met betrekking tot diergezondheid, veterinaire zorg, dierenwelzijn, en veiligheid zoals die in geldende wet- en regelgeving worden voorgeschreven.

3.5 Meetplan

Het wordt sterk aanbevolen om, vooraleer meetlocaties definitief vast te leggen en metingen op te starten, de meetplannen steeds te laten evalueren door WeComV. De behandeling van een dossier, indien uitgevoerd volgens een eerder ingediend meetplan, richt zich dan op de beoordeling van de meetresultaten en de kritische aandachtspunten zoals aangegeven in de beoordeling van het meetplan. Indien er geen meetplan ingediend wordt, maakt de beoordeling van de gevolgde meetrichtlijn ook onderdeel uit van de evaluatie van het dossier (zie <https://wecomv.be/nl/meetrichtlijnen>).

Na de beoordeling van het meetplan door het WeComV dienen de metingen binnen het jaar te worden aangevat⁷, tenzij een gemotiveerde afwijking hierop wordt aangevraagd.

Verdere instructies m.b.t. de aanvraag voor de goedkeuring van een meetplan en bijhorende documenten zijn te vinden op de VLM-website: [Emissiereducerende maatregelen voor de veeteelt | Vlaamse Landmaatschappij \(vlm.be\)](https://vlm.be).

Het melden van de meetdagen is verplicht zoals bepaald in het [Ministerieel besluit van 16 juli 2021](#)⁸ (Art. 2.6.) (zie Addendum 1) en volgens de voorwaarden zoals hierin omschreven:

- Indien er geen exacte data in het meetplan zijn vermeld, dan moet deze melding gebeuren aan het administratief team, uiterlijk drie werkdagen voordat de eerste meting van de betreffende meetperiode uitgevoerd wordt.
- Indien een geplande meting uitzonderlijk niet kan doorgaan, wordt dit zo snel mogelijk, en uiterlijk dezelfde dag gemeld (met vermelding van eventuele alternatieve data waarop er gemeten zal worden)
- Meldingen aan het administratief team kunnen via mail: at.luchtemissiesveeteelt@vlm.be

Hoe omgegaan moet worden met de gemeten data wordt omschreven in 8 Dataverwerking en -analyse.

⁶ Overgenomen uit Werkgroep Richtlijnen emissies veehouderij (2024). Richtlijnen voor het bepalen van emissies uit veestallen. Wageningen Livestock Research, rapport 1470. <https://doi.org/10.18174/646830>

⁷ Beslist op de plenaire vergadering van het WeComV van 19/12/2023, zie <https://wecomv.be/nl/meetrichtlijnen>

⁸ Ministerieel besluit tot wijziging van bijlage I en bijlage II van het ministerieel besluit van 19 maart 2004 houdende vaststelling van de lijst van ammoniakemissiearme stalsystemen in uitvoering van artikel 1.1.2 en artikel 5.9.2.1bis van het besluit van de Vlaamse Regering van 1 juni 1995 houdende algemene en sectorale bepalingen inzake milieuhygiëne, wat betreft de melding van de ingebruikname van een stalstelsel, het stelsel P-6.4, de voorwaarden voor luchtzuiveringssystemen en de aanvraagprocedure voor opname in de lijst van ammoniakemissiearme stalsystemen.

4 Onderzoekslocatie en te onderzoeken luchtzuiveringssysteem

4.1 Veehouderij/onderzoekslocatie

Er dient aangetoond te worden door de indiener dat de gekozen meetlocatie voldoende representatief is voor de algemene Vlaamse praktijk. Men kan zich hiervoor baseren op de landbouwkundige randvoorwaarden zoals opgenomen in de meetrichtlijnen voor huisvestings- en managementsystemen⁹.

Voorafgaand aan het onderzoek stelt de meetinstantie van elke veehouderij/onderzoekslocatie een beschrijving op. Deze beschrijving maakt onderdeel uit van het meetplan. De beschrijving is tevens onderdeel van de rapportage van het onderzoek. De beschrijving bevat alle aspecten die relevant zijn voor bedrijfsuitrusting, bedrijfsvoering, te onderzoeken luchtzuiveringssysteem en emissie. De beschrijving bevat (indien van toepassing maar tegelijk niet uitputtend) de volgende aspecten:

Stalgebouw en huisvestingssysteem

- Bouwjaar
- Wettelijke code (AERM voor Vlaanderen of Omgevingsregeling, bijlage V en VI voor Nederland) en bijbehorende beschrijving huisvestingssysteem
- Bijbehorende emissiefactoren voor ammoniak, geur en fijnstof
- Oriëntatie lengterichting stal (bijvoorbeeld ZW-NO)
- Lengte, breedte, goothoogte en nokhoogte van het stalgebouw en (indien aanwezig) de afdelingen binnen het stalgebouw
- Lengte, breedte en oppervlak (m²) van het dierenverblijf in het stalgebouw
- Indeling van het stalgebouw (gangen, afdelingen, hokken, enzovoort)
- Diepte (keldervloer tot onderkant loopvloer) van mestkelders onder het stalgebouw
- Beschrijving of tekening van aanwezige keldergangen en mixpunten
- Totale drijfmestopslagcapaciteit (m³)
- Drijfmestopslagcapaciteit per dierplaats (m³/dierplaats)
- Beschrijving van aanwezige vormen van thermische isolatie

Dieren

- Diersoort en diercategorie
- Dierenras
- Aantal dierplaatsen: het aantal geplaatste dieren aan het begin van een groeironde en/of het aantal dieren dat in de stal aanwezig mag zijn conform geldende wet- en regelgeving
- Leefoppervlak: het aantal dieren per m² vloeroppervlak en leefoppervlak (gangbaar bij pluimvee) of het aantal m² vloeroppervlak per dier (gangbaar bij rundvee en varkens)
- Bezettingsgraad: fractie/percentage van het aantal beschikbare dierplaatsen dat daadwerkelijk in gebruik is
- Gemiddelde diergewicht of het gewichtstraject in combinatie met het leeftijdstraject

Bedrijfsinrichting/installaties

- Beschrijving huisvestingssysteem, inclusief uitvoering van hokken, vloeren, ligplaatsen, enzovoort
- Plattegrond van het stalgebouw/dierenverblijf
- Beschrijving wijze van mestverwijdering
- Beschrijving voersysteem
- Beschrijving drinkstelsel
- Beschrijving verwarmingssysteem
- Beschrijving koelsysteem

⁹ <https://wecomv.be/nl/meetrichtlijnen>

- Beschrijving verlichtingssysteem
- Beschrijving (overdekte) uitlopen, inclusief inrichting en uitloopopeningen
- Beschrijving melkinstallatie (melkgevende dieren)

Ventilatie en klimaat

- Beschrijving van luchtinlaatsysteem, eventueel luchtverdeelsysteem en luchtuitlaatsysteem
- Aantal, afmetingen en plaatsing van luchtinlaten en -uitlaten
- Merk, type, aantal, interne diameter, plaatsing, capaciteit (m³/uur), regeling (aan/uit, frequentiegezegeld, enz.) van ventilatoren
- Merk, type, aantal van meetwaaiers en smoorunits
- Ventilatie-instellingen en ventilatieregime (opbouw van ventilatoren/ventilatorgroepen)
- Temperatuurinstellingen

Bedrijfsmanagement

- Diermanagement (bv varkens: het weken-systeem; koeien: gestuurd koeverkeer of vrij koeverkeer...)
- Rantsoensamenstelling met informatie m.b.t. de ingrediënten en voeradditieven en hun aandelen binnen het rantsoen naast een gedetailleerde chemische en nutritionele samenstelling van het rantsoen
- Voertijden, ad libitum of gerantsoeneerd, aanschuiptijden
- Watertijden
- Strooiselgebruik: soort, hoeveelheid, frequentie en manier van verspreiding
- Beweiding: aantal uren per jaar, gangbare tijdsverdeling over de dag
- (overdekte) Uitlopen: toegangstijden
- Melktijden
- Wijze en frequentie van mestverwijdering
- Het lichtregime (XXL:XXD) en de verlichtingstijden
- Veterinaire behandelingen, uitval(-momenten)
- Schoonmaakregime (al dan niet tussen rondes)

Productiecyclus

- Beschrijving productiecyclus
- Duur van de leegstand tussen rondes

Visualisaties van belangrijke aspecten van bedrijfsinrichting en bedrijfsmanagement, emissieprocessen en metingen

- Schematische weergave (milieutekening) met de ligging van bedrijfsgebouwen en hun functie. De tekening bevat tevens voer- en mestopslagen, evenals locaties van eventuele mestbe- of -verwerkingsstappen
- Foto's

Aanbevolen wordt in openbare rapportages af te zien van het gebruik van visualisaties waarop elementen te zien zijn die informatie bevatten over de identiteit van de veehouderij/onderzoekslocatie, zoals: personen, oormerknummers, kentekenplaten van voertuigen, bedrijfsaanzichten of omgevingskenmerken buiten de bedrijfslocatie.

4.2 Luchtzuiveringssysteem met gerelateerde operationele variabelen

4.2.1 Systeembeschrijving luchtzuiveringssysteem

Voorafgaand aan het onderzoek stelt de producent een systeembeschrijving van het te onderzoeken nageschakelde luchtzuiveringssysteem op. Deze systeembeschrijving is onderdeel van het meetplan, en van de rapportage van het onderzoek.

Zoals bepaald in het [Ministerieel besluit van 16 juli 2021](#)¹⁰ (art. 5.2.1.3.) (zie [Addendum 2](#)) worden voor de plaatsing van het luchtzuiveringssysteem de volgende drie documenten opgemaakt: (1) een dimensioneringsberekening, (2) een uitvoeringsplan en (3) een technisch plan. Deze moeten toegevoegd worden aan het meetplan.

Aanvullend omvat de beschrijving (indien van toepassing) de volgende aspecten:

- de aard van het nageschakelde luchtzuiveringssysteem (wat is het);
- de specifieke identiteit van het nageschakelde luchtzuiveringssysteem: merk, model, type, productnaam, enz. (welke is het);
- de aspecten waarin het nageschakelde luchtzuiveringssysteem verschilt van eerdere modellen/types of soortgelijke luchtzuiveringssystemen al aanwezig op de markt;
- werkingsprincipe waarlangs emissie ontstaat of gereduceerd wordt, met inbegrip van de technische principes waarmee dit gebeurt;
- de te verwachten omvang van het reducerend effect van het nageschakelde luchtzuiveringssysteem op de emissies;
- eventuele opstarttijd van het luchtzuiveringssysteem totdat de omvang van het effect volledig is;
- de **ontwerpparameters** waarvoor het luchtzuiveringssysteem werd gedimensioneerd. Dit betreft minimaal het te verwachten bereik aan:
 - Ventilatie debieten
 - Polluentconcentraties (enkel voor diegene die bemeten gaan worden)
 - Verblijftijd leeg bed ('Empty bed residence time', EBRT), i.e., de tijdsperiode berekend als de verhouding van het volume van het lege filterbed tot het ventilatie debiet
- de aanwezige **processturing en regelkringen**
 - Het al dan niet aanwezig zijn van een pH-regeling (stabilisatiesysteem) met toevoeging van zuur en base
 - De te verwachten pollutieconcentraties in het waswater, spui regime en regeling op tijdsbasis, meting van conductiviteit en eventuele andere.
 - Eventuele andere regelkringen en sturingen.

4.2.2 Gerelateerde operationele variabelen

- **Essentiële operationele variabelen** die van doorslaggevend belang zijn voor het functioneren en tijdens het onderzoek gemonitord moeten worden:

Voor Vlaanderen betreft dit minimaal de operationele variabelen die volgens het MB van 19 maart 2004¹¹ artikel 5.2.3.4 onderhevig zijn aan verplichte, constante elektronische monitoring. Hierbij gelden de in het MB gespecificeerde registratiefrequentie en eisen voor ijking en kalibratie van de sensoren.

Voor luchtwassersystemen:

 - de zuurtegraad van het waswater, uitgedrukt in pH
 - de geleidbaarheid van het waswater, uitgedrukt in mS per cm
 - de spuiwaterproductie, uitgedrukt in m³
 - de drukval over de luchtwasser, uitgedrukt in Pa

¹⁰ Ministerieel besluit tot wijziging van bijlage I en bijlage II van het ministerieel besluit van 19 maart 2004 houdende vaststelling van de lijst van ammoniakemissiearme stalsystemen in uitvoering van artikel 1.1.2 en artikel 5.9.2.1bis van het besluit van de Vlaamse Regering van 1 juni 1995 houdende algemene en sectorale bepalingen inzake milieuhygiëne, wat betreft de melding van de ingebruikname van een stalstelsel, het stelsel P-6.4, de voorwaarden voor luchtzuiveringssystemen en de aanvraagprocedure voor opname in de lijst van ammoniakemissiearme stalsystemen.

¹¹ https://www.vlm.be/nl/SiteCollectionDocuments/Mestbank/AEA-lijst/MB-AEA_210715.pdf

- het elektriciteitsverbruik van de waswaterpomp of waswaterpompen, uitgedrukt in kWh
- het waswaterdebiet, uitgedrukt in m³ per uur

Voor biobedden:

- het elektriciteitsverbruik en het waterdebiet van de waswaterpomp of de waswaterpompen die de ingaande stallucht bevochtigen, uitgedrukt in kWh;
- de drukval over het biobed met een minimum van 3 druksensoren, uitgedrukt in Pa;
- de luchtvochtigheid bovenaan, in het midden en onderaan in het vulmateriaal van het biobed, uitgedrukt in een percentage relatieve vochtigheid.

Bijkomend moeten op alle dagen waarop een rendementsmeting gebeurt (zie 5.2), ook de nodige bemonsteringen en analyses gebeuren van het was- en spuiwater (te meten variabelen cf. artikels 5.3.1.6 & 5.4.1.6 van het [Ministerieel besluit van 16 juli 2021](#)¹²). Voor biobedden moet op deze dagen ook het bevochtigingspatroon van het vulmateriaal gecontroleerd worden (cf. artikel 5.5.1.5 van het [Ministerieel besluit van 16 juli 2021](#)¹²). Zoals omschreven in het MB moet de monsternamen, vervoer en analyse van het waswater en de rapportage over de analyse gebeuren door een erkend labo (zie het compendium voor de monsterneming, meting en analyse van water ([WAC MB 2025](#))).

- onderhoud van het nageschakelde luchtzuiveringssysteem;
- een beschrijving en kwantificering van in- en uitgaande stromen (vloeistoffen, materialen, energie, afval, enz.);
- visualisaties van het nageschakelde luchtzuiveringssysteem middels een schematische tekening, procesdiagram en/of foto's.

Alle operationele variabelen dienen gerapporteerd over de periode van het jaar waarover gemeten werd.

¹² Ministerieel besluit tot wijziging van bijlage I en bijlage II van het ministerieel besluit van 19 maart 2004 houdende vaststelling van de lijst van ammoniakemissiearme stalsystemen in uitvoering van artikel 1.1.2 en artikel 5.9.2.1bis van het besluit van de Vlaamse Regering van 1 juni 1995 houdende algemene en sectorale bepalingen inzake milieuhygiëne, wat betreft de melding van de ingebruikname van een stalsysteem, het systeem P-6.4, de voorwaarden voor luchtzuiveringssystemen en de aanvraagprocedure voor opname in de lijst van ammoniakemissiearme stalsystemen.

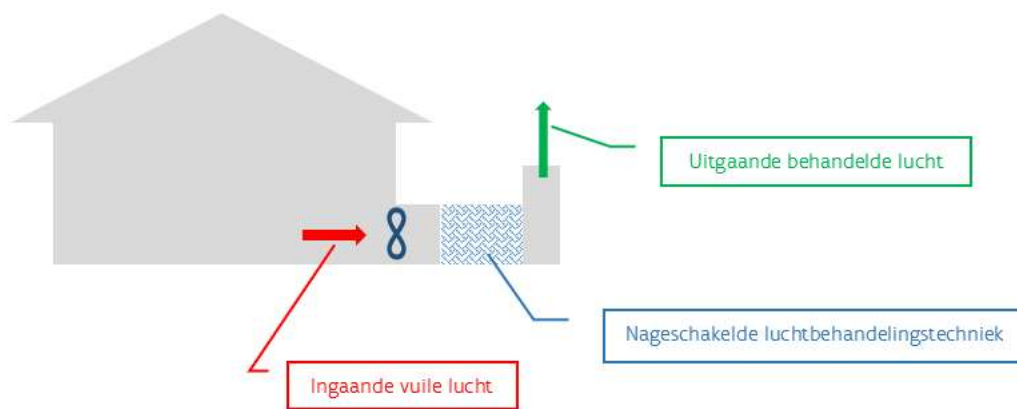
5 Proefopzet en onderzoekslocaties

5.1 Uitgangspunten

De proefopzet is het experimenteel ontwerp waarmee het verwijderingsrendement van het te onderzoeken nageschakelde luchtzuiveringssysteem wordt vastgesteld, terwijl verstorende effecten van niet aan het nageschakelde luchtzuiveringssysteem verbonden factoren zoveel als mogelijk worden geminimaliseerd.

5.2 Beschrijving van de proefopzet

In deze richtlijn wordt de efficiëntie van nageschakelde luchtzuiveringssystemen behandeld. Er dient te worden verzekerd dat alle stallucht te allen tijde naar het luchtzuiveringssysteem wordt gestuurd. Bypassventilatie bij ventilatiedebieten is niet toegelaten. Deze meetrichtlijn betreft enkel de in- en uitgaande luchtstromen van het luchtzuiveringssysteem.



Figuur 1 Schematisch overzicht van een nageschakeld luchtzuiveringssysteem

5.3 Aantal onderzoekslocaties

Bij nageschakelde technieken wordt het verwijderingsrendement bepaald door het ontwerp (i.h.b. het volume van het filterbed), de operationele variabelen (bv. pH) en de influentkarakteristieken. Van de influentkarakteristieken is het ventilatiedebiet de belangrijkste (bepaalt de verblijftijd – EBRT), naast de aard (o.a. de aanwezigheid van stof) en de concentratie van de polluenten.

Voor nageschakelde luchtzuiveringssystemen is de invloed van de meetlocatie minder groot dan de invloed van verblijftijd, concentraties en stofbelasting, in tegenstelling tot wat mogelijk het geval is bij emissiereducerende technieken die toegepast worden in de stal.

Het **aantal te bemeten onderzoekslocaties voor het vaststellen van een initieel erkende verwijderingsefficiëntie wordt daarom vastgesteld op een minimum van 1.**

Hieraan zijn twee voorwaarden onlosmakelijk verbonden:

- 1) het initieel conservatief inschatten van de gemeten verwijderingsefficiëntie, als de gemiddelde gemeten waarde verminderd met de standaardafwijking, over de duur van de meetcampagne
- 2) het uitvoeren van vervolgmetingen voor verdere evaluatie van het verwijderingsrendement

De aanvrager kan er ook voor kiezen om **bij de eerste aanvraag meteen minstens twee locaties** door te meten, volgens de bepalingen in deze richtlijn. In dit geval wordt de verwijderingsefficiëntie waarvoor het luchtzuiveringssysteem wordt erkend, berekend als de gemiddelde verwijderingsefficiëntie van de (minstens) twee meetcampagnes en dus niet via de conservatieve inschatting die geldt bij één meetcampagne.

5.4 Vervolgmetingen

In het geval de doorgemeten techniek erkend werd op basis van metingen op 1 locatie dienen **vervolgmetingen** te worden gedaan, ter verifiëring van de initieel toegekende verwijderingsefficiëntie. Voor de invulling van deze **vervolgmetingen** wordt op één of meerdere andere locatie(s) voorzien in bijkomende rendementsmetingen op dagniveau. Eens de vervolgmetingen voltooid zijn (met minstens twee locaties voldoende bemeten) zoals hieronder beschreven, wordt overgegaan tot evaluatie en **herberekening van de verwijderingsefficiëntie**, als de gemiddelde verwijderingsefficiëntie van de meetcampagnes. Dit houdt dus een bijstelling in van de conservatieve inschatting die geldt bij één meetcampagne.

Voor de **vervolgmetingen** kan gekozen worden tussen **1, 2 of 3 extra locaties bovenop de eerste locatie**, steeds gespreid over het jaar. Indien met **discontinue** metingen wordt gewerkt, dienen er minimum 12 extra meetdagen te worden voorzien, gelijkmatig verspreid over het jaar en over de verschillende locaties. In het geval van **continue** metingen, dienen deze worden uitgevoerd over een periode van 1 jaar, gespreid ingepland in het geval van verschillende locaties.

Een overzicht van de invulling van deze metingen is terug te vinden in Tabel 1.

Tabel 1: Overzicht van de invulling van de vervolgmetingen

aantal extra locaties	<i>Bij discontinue metingen</i> minimum aantal meetdagen per locatie	<i>Bij continue metingen</i> minimum aantal maanden per locatie
1	12	12
2	6	6
3	4	4

5.5 Verplichte opvolgmetingen voor alle nieuwe luchtzuiveringssystemen

Deze meetrichtlijnen werden opgesteld in de veronderstelling van **verplichte opvolgmetingen** van de verwijderingsefficiëntie **voor alle nieuwe luchtzuiveringssystemen** (éénmalig en op dagniveau), ter verifiëring van de toegekende verwijderingsefficiëntie. Deze zullen op regelmatige basis worden geëvalueerd; desgevallend kan het erkende verwijderingsrendement van het betrokken luchtzuiveringssysteem worden bijgesteld.

5.6 Transfereerbaarheid verwijderingsrendementen naar andere diersoorten en -categorieën

De vastgestelde verwijderingsrendementen zijn geldig binnen een diersoort (varkens, pluimvee, runderen) voor de bereiken aan pollutantbelasting, aan pollutantconcentraties en aan verblijftijden die vastgesteld werd tijdens de meetcampagne.

De rendementen zijn afhankelijk van de samenstelling van de ingaande lucht (type verbindingen en concentratiebereiken), het luchtdebiet en de technische kenmerken van de installatie. We gaan ervan uit dat het type verbindingen gelijkaardig zijn binnen een diersoort.

Het is niet mogelijk om een uitbreiding van een algemene erkenning te vragen naar een andere diersoort zonder metingen bij die andere diersoort. Het is bijvoorbeeld niet mogelijk om op basis van metingen uitgevoerd bij varkens de certificering uit te breiden naar kippen zonder metingen bij kippen.

Wat betreft transfereerbaarheid binnen een diersoort wordt door de indiener een evaluatie gemaakt op vlak van vergelijkbaarheid van de betreffende stalsystemen, mede in relatie tot specifieke productiekenmerken met impact op emissies (bv. emissieoppervlakken, ventilatiesysteem en -management, mesteigenschappen, dier/mestgedrag, stofbelading van de lucht, concentratieranges pollutanten).

5.7 Bemeetbaarheid van meetlocatie

5.7.1 Bereikbaarheid in- en uitlaten

De in – en uitlaten van het nageschakelde luchtzuiveringssysteem moeten op een veilige manier bereikbaar zijn voor de meetinstantie.

5.7.2 Homogeniteit

5.7.2.1 Homogeniteitseisen

Alvorens over te gaan tot de eigenlijke metingen, wordt de homogeniteit van het emitterend oppervlak gecontroleerd.

- Voor **luchtwassersystemen** is deze controle gebaseerd op ammoniakconcentratiemetingen (zie 5.7.2.2).
- Voor **biobedden** dienen naast ammoniakconcentratiemetingen ook snelheidsmetingen te worden uitgevoerd ter controle van de homogeniteit (zie 5.7.2.3). Voor **biobedden waarvoor enkel een certificering voor geurreductie** wordt aangevraagd en niet voor ammoniakreductie, dient geen homogeniteitscontrole gebaseerd op ammoniak-concentratiemetingen te worden uitgevoerd. Om de geurreductiecapaciteit van biobedden te bepalen, dient enkel aan de homogeniteitsvoorwaarde op basis van snelheidsmetingen te worden voldaan.

Er moet voldaan zijn aan de eis van homogeniteit (zie voorwaarden zoals gesteld in 5.7.2.2 en/of 5.7.2.3. Niet-homogene luchtwassersystemen en biobedden komen NIET in aanmerking voor certificering.

5.7.2.2 Homogeniteitscontrole op basis van ammoniakmetingen

De homogeniteitscontrole is afgeleid van het Vlaamse Compendium LUC (2022)¹³ en is gebaseerd op ammoniakmetingen. De homogeniteitscontrole wordt uitgevoerd aan de uitgang van het luchtzuiveringssysteem waarbij een opzetstuk tegen windinslag wordt gebruikt zodat interferentie met verse buitenlucht wordt vermeden (LUC/VII/001). Hiervoor wordt op 6 meetplaatsen, gelijkmatig verdeeld over het totale oppervlak de NH₃-concentratie gemeten.

Er moet voldaan zijn aan de eis van homogeniteit, die stelt dat de relatieve standaardafwijking (RSD, ook wel variatiecoëfficiënt genoemd) van de zes NH₃-concentratie metingen ten hoogste 30% bedraagt.

De relatieve standaardafwijking (RSD) is een maat voor de afwijking van een reeks getallen verspreid rond het gemiddelde en wordt als volgt berekend:

$$\% \text{ RSD} = \frac{s}{\bar{x}} \times 100\% \quad (1)$$

waarin s de standaardafwijking en $\bar{x}$ de gemiddelde waarde voorstelt, beide in eenheid analyseresultaat.

De standaardafwijking s wordt berekend met volgende formule:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2)$$

n	=	aantal analyses
x_i	=	i -de analyseresultaat ($i = 1, \dots, n$)
$\bar{x}$	=	gemiddelde van n analyseresultaten

¹³ [NH3 rendementsbepaling van luchtwassers bij stalsystemen \(vito.be\)](https://vito.be/nh3-rendementsbepaling-van-luchtwassers-bij-stalsystemen)

De homogeniteitscontrole wordt uitgevoerd m.b.v. één van volgende middelen: **gasdetectiebuisjes/draagbare elektronische toestellen/een on-line monitor**. De herhaalbaarheid (precisie) van de gebruikte meetmethode moet gecontroleerd worden zoals hieronder beschreven.

De **herhaalbaarheid van de gebruikte meetmethode** wordt verkregen bij uitvoering van alle betreffende metingen door dezelfde analist, met dezelfde meetapparatuur, op zo dicht mogelijk bij elkaar gelegen tijdstippen, typisch op eenzelfde monster. Bepaling van de herhaalbaarheid van een meetmethode gebeurt in principe op praktijkmonsters of monsters die hierop zoveel mogelijk gelijken. Eén van de beschreven methoden uit WAC/VI/A/001 (4.2.1) is een herhaalde analyse (minstens 5 keer) van eenzelfde monster. Voor de berekening van de herhaalbaarheidsstandaardafwijking s wordt dezelfde formule (2) gebruikt. **De relatieve standaardafwijking mag niet meer dan 10% bedragen (formule 1).**

De **herhaalbaarheid** van de meetmethode ter bepaling van de homogeniteit van de gaswasser dient bij voorkeur **op twee NH_3 - concentratieniveaus** (resp. in het bereik 1 - 3 ppm en 5 - 25 ppm) gecontroleerd te worden, **of minimaal in het concentratiebereik** waarop de homogeniteitsbepaling gebeurt. Een dergelijke herhaalbaarheidstest met gasdetectiebuisjes werd uitgevoerd door VITO en wordt omschreven in sectie 10.4 van het Vlaamse Compendium LUC (2022)¹⁴.

5.7.2.3 Homogeniteitscontrole op basis van snelheidsmetingen (voor biobedden)

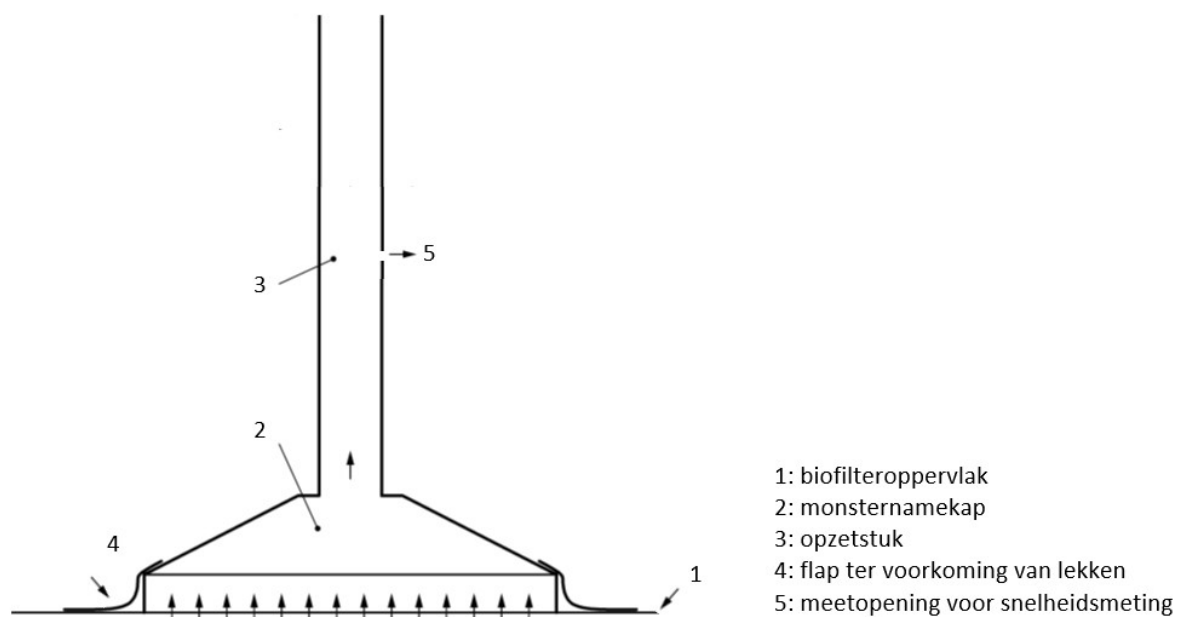
De homogeniteitscontrole wordt, conform de bepalingen uit de EN13725:2022, uitgevoerd door middel van snelheids-/debietsmetingen op verschillende plaatsen op het oppervlak van het biobed. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een kegel- of piramidevormige monsternamekap met een oppervlakte van minimum 1 m² waarop een cilindrisch opzetstuk geplaatst wordt voor de omzetting van de uitgaande luchtstroom naar een meer geleide emissie (zie Figuur 2). De lengte van het opzetstuk moet gelijk zijn aan minstens 6 keer de diameter van dit opzetstuk. In het opzetstuk wordt een meetopening aangebracht, zodanig dat zowel stroomopwaarts als stroomafwaarts van deze opening de lengte van de leiding/het gedeelte van het opzetstuk gelijk is aan minstens drie keer de diameter. Ter hoogte van deze meetopening wordt een snelheidsmeting uitgevoerd m.b.v. een gekalibreerde vleugelradanemometer of hittedraadanemometer. Bij de uitvoering van de meting dient windinslag vermeden te worden (vandaar ook de voorwaarde voor het gebruik van een voldoende lang opzetstuk).

De gassnelheid in de leiding dient voldoende hoog te zijn om gemeten te kunnen worden met een gekalibreerde vleugelradanemometer (vanaf 0,5 m/s) of een hittedraadanemometer (vanaf 0,3 m/s). Om de opbouw van tegendruk onder de monsternamekap en het ontstaan van lekken te vermijden, mag de snelheid in het opzetstuk echter niet meer dan 3 m/s bedragen.

Om ter hoogte van het biobedoppervlak een goede afdichting te verkrijgen en lekken te vermijden, dient de monsternemingskap voorzien te worden van flappen (zie Figuur 2).

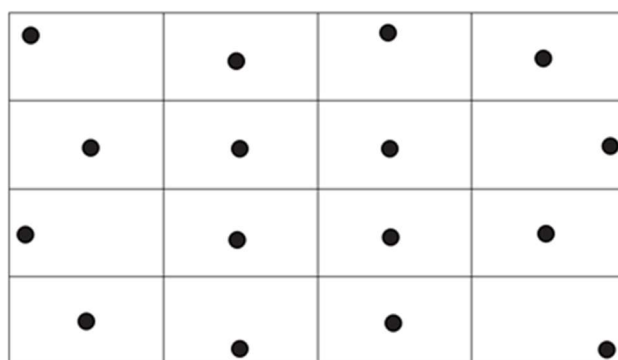
Voor het uitvoeren van de homogeniteitscontrole wordt het biobed verdeeld in een aantal cellen van gelijke grootte die gelijkmatig verdeeld zijn over het biobedoppervlak (zie Figuur 3). Binnen iedere cel wordt de monsternamekap op één plaats gezet voor de uitvoering van de debietsmetingen. De monsternamekap wordt hierbij zodanig geplaatst dat ook de hoeken en de randen van het biobed mee in rekening gebracht worden.

¹⁴ [NH3 rendementsbepaling van luchtwassers bij stalsystemen \(vito.be\)](https://www.vito.be/nh3-rendementsbepaling-van-luchtwassers-bij-stalsystemen)



Figuur 2: Schematische weergave monsternamekap (gebaseerd op VDI3880 en EN13725:2022)

Het minimumaantal te beschouwen cellen in functie van het totale biobedoppervlak wordt weergegeven in Tabel 1. Naast de bepalingen uit de norm, wordt als richtlijn meegegeven dat in minimaal 25 % van de cellen een hoek- of randmeting wordt uitgevoerd.



Figuur 3: Voorbeeld verdeling van de meetlocaties voor debietsbepaling over het biobedoppervlak (punten op de rand/hoeke moeten mee in rekening gebracht worden)

Tabel 1: Minimum aantal meetpunten in functie van het oppervlak van het biobed

Oppervlakte van het biobed	Min. aantal meetpunten voor debietsbepaling
< 100 m ²	10
100-2000 m ²	9 + 1 per 100 m ²
> 2000 m ²	30

Eventuele verschillen in de opgemeten snelheid of het opgemeten debiet, geven informatie over het al dan niet homogeen zijn van het biobed. **Wanneer de verhouding tussen de maximale gemeten snelheid/het maximale debiet enerzijds en de minimale gemeten snelheid/het minimale**

debiet anderzijds kleiner is dan een factor twee, wordt het biobed als homogeen emitterende bron beschouwd en wordt het dus als bemeetbaar beschouwd.

6 Meetstrategie

6.1 Uitgangspunten

De bepaling van het verwijderingsrendement kan gebeuren op basis van zowel discontinue als continue meetsystemen. Het continu meten van emissies voor ammoniak is toegestaan maar niet verplicht.

6.2 Discontinue metingen

Er moeten **minimaal 12 discontinue metingen** uitgevoerd worden per locatie, met een minimum van 1 meting per maand. Tussen de eerste en de laatste meetdag moeten minimaal 11 maanden zitten zodat seizoens- en ronde-effecten opgenomen zijn in de metingen.

Er dienen **minimaal 14 dagen te zitten tussen opeenvolgende metingen**, of – ingeval van meerdere (bijkomende) meetdagen in eenzelfde maand - tussen de eerste meetdag in een maand en de laatste meetdag in de daaropvolgende maand.

De **duur van bemonstering** is afhankelijk van de component. Ze bedraagt 24 uur voor ammoniak; voor geur wordt 3 keer sequentieel 30 minuten per dag bemonsterd (zie sectie 7.2.1).

Meer metingen op dezelfde locatie zijn toegelaten, bv om het bereik aan debieten/EBRT te vergroten. In elk geval moeten wijzigingen van meetdagen worden gemeld zoals beschreven in het MB en moeten steeds alle data worden gerapporteerd.

6.3 Continue metingen

6.3.1 Meetprincipe

Continue metingen zijn toegelaten, mits de hiertoe gebruikte **methode/meettechniek/meetapparatuur gevalideerd is**. De validatie moet uitgevoerd zijn in de te verwachten concentratieranges, ook rekening houdend met de laagst voorkomende concentratieniveaus (zie tabel 1 in Vonk et al., 2021). Minimaal dienen volgende aspecten onderzocht te worden: lineariteit, drift, interferentie, bepalinglimiet.

6.3.2 Meetduur

De continue metingen dienen te worden uitgevoerd over een **aaneensluitende periode van 1 jaar in het geval van de initiële keuze voor 1 of meerdere meetlocaties**.

In het geval van vervolgmetingen op 2 of 3 bijkomende locaties (zie Sectie 5.4), dient de spreiding over het jaar gewaarborgd te worden door een gespreide inplanning van de metingen over de verschillende locaties.

6.3.3 Verificatie van de continue metingen met SRM

Naast de continue metingen met de gevalideerde methode worden er **op regelmatige tijdstippen discontinue metingen met de standaard referentiemethode (SRM, Sectie 7.1.1) uitgevoerd ter verificatie**, per sensor of analyser en zowel op ingaande als uitgaande lucht naar en van het luchtzuiveringssysteem. Indien van toepassing, wordt een correctie doorgevoerd (zie 8.3 Controle van afwijkingen (o.a. drift) bij continue meetsystemen).

Wat de uitgaande lucht betreft, volstaat 1 SRM validatie per sensor. De frequentie waarmee de SRM metingen moeten worden uitgevoerd bedraagt minimaal 1 maal per twee maanden of meer indien dit nodig blijkt op basis van het validatiedossier van het gebruikte meetsysteem. Indien gewerkt wordt met 1 analyser in combinatie met een multi-sampler die schakelt tussen verschillende kanalen (drukkamer en verschillende meetpunten aan de uitlaat), dan wordt de staalname van de

analyseer tijdens de duur van de SRM beperkt tot de locaties waar de monsternamen van de SRM gebeuren.

Tussen de eerste en de laatste meetdag met de SRM moeten minimaal 11 maanden zitten zodat seizoens- en ronde-effecten opgenomen zijn in de metingen.

6.4 Meetposities

6.4.1 Drukkamer

De monsternamen van de ventilatielucht aan de ingang van het luchtzuiveringssysteem gebeurt gelijktijdig op minimaal 3 plaatsen verspreid in de drukkamer. De drie monsters worden vervolgens samengevoegd via een verdeelstuk. Er dient hierbij voor gezorgd te worden dat de debieten doorheen de verschillende aanzuigleidingen naar het verdeelstuk onderling maximaal 20% verschillen. Er dient aangetoond te worden dat het gebruikte verdeelsysteem voldoet aan dit criterium.

6.4.2 Uitlaat

Voor het meten van **ammoniak** worden aan de uitlaat minimaal 6 meetpunten bemeet, gelijkmatig verdeeld over het totaal emitterend oppervlak. Alternatief wordt minimaal 10% van het totaal emitterend oppervlak bemonsterd, tevens gelijkmatig verdeeld over het totaal emitterend oppervlak.

De bemonstering van **geur** gebeurt conform de omschrijving in de norm EN13725:2022¹⁵. Aan de uitgang van het luchtreinigingssysteem gebeurt dit door het volledig of gedeeltelijk afdekken/overkappen van het oppervlak en het bemonsteren van het geurstaal ter hoogte van een in de afkapping aangebrachte opening of schouw.

Wat betreft de afkapping, kan gekozen worden uit volgende methodes die weergegeven worden in volgorde van prioriteit van toepassing:

1. volledige afdekking van het luchtreinigingssysteem (preferentiële methode, indien mogelijk)
2. gedeeltelijke afdekking van deeloppervlakken van het luchtreinigingssysteem
 - o minstens 25% van het oppervlak wordt bemonsterd
3. gebruik van een monsternamenamek (minimum 1 m²)
 - o het oppervlak wordt verdeeld in een aantal cellen van gelijke grootte die gelijkmatig verdeeld zijn over het oppervlak. Tijdens de meting wordt de monsternamenamek achtereenvolgens op de verschillende cellen/deelvlakken geplaatst. Binnen iedere cel wordt de monsternamenamek op één plaats gezet voor het bemonsteren van een (deel)staal. In totaal wordt minstens 10 % van het oppervlak bemonsterd.

De methode wordt gekozen in functie van de grootte en de bereikbaarheid van het luchtreinigingssysteem.

6.4.3 Controle van windinslag bij de staalnamepunten aan de uitgang van het luchtzuiveringssysteem

Windinslag bij staalname aan de uitgang van het luchtreinigingssysteem moet te allen tijde vermeden worden. Indien dit wel zou optreden, dan zou de gemeten uitgaande concentratie

¹⁵ EN 13725:2022 Stationaire bronemissies – Bepaling van de geurconcentratie door middel van dynamische olfactometrie en geurconcentratie van stationaire bronnen

onderschat worden en het berekende verwijderingsrendement daardoor overschat (Maertens *et al.*, 2023).

Het is daarom **verplicht** om CO₂-concentraties te meten voor en na het luchtzuiveringssysteem, gelijktijdig met de concentratiemetingen van de componenten waarvoor het rendement dient te worden bepaald. De CO₂-concentratie wordt verwacht beperkt beïnvloed te worden door het luchtzuiveringssysteem. Als de CO₂-concentratie in de uitgaande lucht significant lager is dan in de ingaande lucht, is er mogelijks sprake van inmenging van verse buitenlucht.

Volgende criteria worden vooropgesteld:

- CO₂-concentratie in de drukkamer ≤ 1500 ppm $\Rightarrow C_{\text{drukkamer}} - C_{\text{uitlaat}} = \text{maximaal } 100$ ppm
- CO₂-concentratie in de drukkamer tussen 1500 en 3000 ppm $\Rightarrow C_{\text{drukkamer}} - C_{\text{uitlaat}} = \text{maximaal } 200$ ppm
- CO₂-concentratie in de drukkamer ≥ 3000 ppm $\Rightarrow C_{\text{drukkamer}} - C_{\text{uitlaat}} = \text{maximaal } 300$ ppm

Met: $C_{\text{drukkamer}}$ = concentratie CO₂ in de lucht in de drukkamer (ppm)

C_{uitlaat} = concentratie CO₂ in de lucht na het luchtzuiveringssysteem (ppm)

De maximaal toegelaten verschillen werden bepaald als 10% van respectievelijk 1000 ppm, 2000 ppm en 3000 ppm.

Er moeten sensoren worden gebruikt die het verschil van 100 ppm met voldoende nauwkeurigheid kunnen meten. De herhaalbaarheid (precisie) van de gebruikte sensoren mag op niveau van 1000 ppm niet hoger zijn dan 20 ppm (2% relatief).

Deze methode heeft haar beperkingen aangezien naast windinslag ook andere factoren van invloed kunnen zijn zoals bv. de productie van CO₂ door biologische processen, invloed van pH van het waswater op de oplosbaarheid van CO₂. Bij het overschrijden van de maximaal vooropgestelde verschillen moet dit toegelicht en beargumenteerd worden in het meetrapport. De argumentatie om het gemeten rendement al dan niet mee te nemen in de berekening van het verwijderingsrendement moet opgenomen worden in het meetrapport.

7 Meetmethoden ventilatiedebiet

Het luchtzuiveringssysteem is geconnecteerd met het ventilatiesysteem van de stal zodat alle uitgaande stallucht wordt behandeld om de emissies van polluenten te reduceren. Voor de bepaling van het verwijderingsrendement is het van belang om zowel condities van minimum als maximum ventilatie te testen. De bepaling van het ventilatiedebiet is noodzakelijk om de minimale EBRT te bepalen waarbij de metingen zijn uitgevoerd.

Voor het meten van het ventilatiedebiet zijn de volgende methoden toegestaan:

1. Meetventilatoren (referentiemethode; aanbevolen)
2. Werkventilatoren met registratie

Een omschrijving van deze methoden is terug te vinden in respectievelijk secties A6.2 en A6.3 van deel A van de meetrichtlijnen.

Indien er geen geschikte meetventilatoren beschikbaar zijn omwille van de diameter van de koker van de werkventilator, kan er overgegaan worden tot een alternatieve methode die beschreven en onderbouwd dient te worden in het meetplan. Daarbij kan vb. gedacht worden aan het gebruik van ultrasone sensoren verspreid over de doorsnede van de drukkamer of het gebruik van pitotbuizen (zie ook NBN EN 15259 en compendiummethode LUC/O/001). In dat laatste geval dient er voldaan te worden aan de vier voorwaarden voor homogene stroming zoals beschreven onder paragraaf 6.2.1. c (Measurement section and measurement plane) van de NBN EN 15259. Deze vier voorwaarden stellen dat in ieder meetpunt van het meetvlak aan onderstaande vereisten moet voldaan zijn:

- Richting van de gasstroom $< 15^\circ$ t.o.v. de lengteas van het gaskanaal;
- Geen lokale negatieve gassnelheden;
- Een minimum gassnelheid afhankelijk van de meetmethode voor volumedebiet:
 - Bij gebruik van pitotbuizen moet de differentieeldruk groter dan 5 Pa zijn;
 - Bij gebruik van vleugelradanemometers moet de snelheid groter dan 0,5 m/s zijn;
- Verhouding maximale/minimale gemeten gassnelheid < 3

8 Monstername en analyse

8.1 Ammoniak

8.1.1 Standaard referentiemethode (SRM)

De **standaard referentiemethode (SRM)** ter bepaling van ammoniakconcentraties in een luchtmonster is de **natchemische methode** zoals beschreven in NEN-EN-ISO 21877:2019, NEN 2826:1999 of LUC methode LUC/III/003 en waarvan hieronder een aantal belangrijke punten zijn samengevat (niet-exhaustief).

De **natchemische meetmethode** is een discontinue methode gebaseerd op absorptie van ammoniak uit de lucht door een zure oplossing. Hierbij wordt een luchtmonster aangezogen en geborrelt door meerdere (minimaal twee) in serie geschakelde gaswasflessen gevuld met een zure oplossing (standaard is dit 0,1 N zwavelzuur) waarin ammoniak makkelijk absorbeert. Meerdere na elkaar geschakelde flessen met zure oplossing garanderen een maximale absorptie-efficiëntie. Alle aanwezige ammoniakgas in de lucht die door de gaswasflessen borrelt, accumuleert zo in de zure oplossing. Een gasteller houdt de hoeveelheid lucht bij die door de gaswasflessen stroomt. Op basis van deze hoeveelheid lucht en de ammoniumconcentratie in de oplossing, kan de ammoniakconcentratie in het luchtmonster bepaald worden. De inhoud van meerdere gaswasflessen kan worden samengevoegd voor de analyse, met uitzondering van de laatste welke als doorslag dient. De maximaal toegelaten doorslag (hoeveelheid ammonium in de laatste gaswasfles) is 5% van het totaal gehalte aan ammoniak dat was geabsorbeerd in de voorgaande gaswasflessen. Indien het criterium voor absorptie-efficiëntie in de eerste wasfles niet gehaald kan worden bij zeer lage concentraties, dan dient de concentratie in de laatste wasfles beneden de bepalingslimiet te liggen.

Voor het bepalen van de afgevangen hoeveelheid ammoniak in de zure oplossing zijn verschillende analyses mogelijk. Zo verwijst de norm EN-ISO 21877:2019 naar spectrofotometrie (EN-ISO 7150-1:2002), doorstroomanalyse met spectrofotometrie (EN-EN-ISO 11732:2005) en ionchromatografie (EN-EN-ISO 14911:1999). Het Belgisch ministerieel besluit voor ammoniakverwijderingsrendementsbepaling van luchtwassers bij stalsystemen voegt hier ook een analyse aan toe met een discreet analysesysteem en spectrofotometrische detectie (ISO 15923-1:2013).

Er moet worden aangetoond dat de gebruikte opstelling geschikt is om ammoniakconcentraties binnen het verwachte bereik te kunnen meten. De **bemonsteringsduur en volumedebiet** dienen zodanig gekozen te worden dat de methode-LOQ, i.e., de LOQ van analyse +staalname, kleiner is dan 0,4 mg NH₃/Nm³ (wat overeenkomt met 0,5 ppmv).

Het nemen van een veldblanco is verplicht (één per monstername-/staalnamedag). Daarnaast dient direct voor aanvang van elke meting een lektest te worden uitgevoerd op elke monsternametrein. De lektest bestaat eruit de opening van de monsternameslang af te sluiten en de luchtpomp gedurende een aantal minuten te laten zuigen aan de gehele monsternametrein (slang, overgangsdelen, wasflessen). Met een gasteller/flowmeter moet de flow rate worden gemeten. De gemeten flow rate mag niet meer bedragen dan 2% van de nominale waarde. De duur van de lektest moet voldoende zijn om dit criterium te kunnen afoetsen.

Ammoniak absorbeert gemakkelijk in water. Gezien de lucht aan de uitlaat van een luchtreinigingstechniek verzadigd zal zijn met water, dient condensatie zoveel mogelijk te worden vermeden. Hiervoor dienen alle onverwarmde delen van de staalnametrein gelokaliseerd voor de gaswasflessen na afloop van de meting grondig te worden gespoeld om verlies van ammoniak in de waterige fase (met een te lage gemeten ammoniakconcentratie in de aangezogen lucht tot gevolg) te voorkomen.

De duur van elke individuele SRM-meting dient minimaal 24 uur te zijn.

De bemonstering dient in duplo te gebeuren.

8.1.2 Continue methoden met gevalideerde sensoren

Zoals omschreven in 5.2 zijn continue metingen toegelaten, mits toepassing van een gevalideerde methode. De validatie moet uitgevoerd zijn in de te verwachten concentratieranges, ook rekening houdend met de laagst voorkomende concentratieniveaus (zie tabel 1 in Vonk et al., 2021). Minimaal dienen volgende aspecten onderzocht te worden: lineariteit, drift, interferentie, bepalingsslimiet.

Indien continu gemeten wordt, moeten naast de continue meting per veehouderij/onderzoekslocatie minimaal zes discontinue metingen (per sensor) met de SRM worden uitgevoerd om, indien van toepassing, een correctie door te voeren (zie 9.3 Controle op afwijkingen door drift bij continue meetsystemen). **Deze SRM-metingen hebben een minimale tijdsduur van 24 uur.** Ze worden verspreid over minimaal zes meetdagen over het volledige jaar en per meetdag worden ook steeds minimaal duplo metingen met de SRM uitgevoerd. Doel hiervan is om het volledige bereik van concentraties zoveel mogelijk af te dekken.

8.1.3 Equivalente methoden ter vervanging van de SRM

Equivalente methoden zijn methoden die voldoen aan de vergelijking met de SRM, volgens EN 14793:2017. Equivalente methoden kunnen ter vervanging van de SRM ingezet worden.

Bemerk het verschil tussen 'equivalente' en 'gevalideerde' methoden: gevalideerde methoden vervangen de SRM niet maar kunnen ingezet worden voor rendementsmetingen nadat de methode op zich werd gevalideerd. Daarnaast wordt er steeds een veldvalidatie t.a.v. de SRM gedaan.

8.1.4 Eisen aan de meetinstantie

Naast de algemene eisen aan de meetinstantie (Sectie 2.3), worden volgende specifieke eisen gesteld m.b.t. de concentratiemetingen van ammoniak.

Het is verplicht om deel te nemen aan ringtesten voor de bemonstering en analyse van ammoniak. De meetinstantie moet beschikken over een geslaagde ringtest die maximaal twee jaar oud is.

8.2 Geur

8.2.1 Eisen aan monsternamen en analyse

De standaard referentiemethode (SRM) voor het **meten van geurconcentratie van bemonsterde stallucht** is het uitvoeren van **olfactometrie** volgens de EN 13725:2022 norm. Naast de analyse van de stalen, dient ook de uitvoering van de **bemonstering** te gebeuren conform de bepalingen uit de EN13725:2022 norm. De aandacht wordt hierbij nog eens gevestigd op volgende eisen:

- Het materiaal van de monsternamleidingen en van de monsternamzakken moet voldoen aan de gestelde eisen (EN 13725:2022).
- Monsternamleidingen moeten verwarmd en geïsoleerd worden wanneer kans bestaat op condensvorming. Er mag tijdens de bemonstering en tijdens het transport geen condensvorming optreden in de monsternamleiding en/of de geurzak omdat hierin geurcomponenten kunnen oplossen. Condens kan optreden bij het plaatsen van monstervaten in onverwarmde ruimtes of in de buitenlucht. In dat geval is het nodig om de geurstalen te verdunnen tijdens de bemonstering.
- Als monsternammethode dient de zogenaamde longmethode te worden toegepast. In de longmethode wordt de monsterlucht in de geurzak gezogen zonder tussenkomst van een

pomp in de monsterleiding, door het creëren van onderdruk in de ruimte van het geurmonstervat om de geurzak heen. Het monster dient met een constante stroomsnelheid te worden aangezogen. Aan het eind van de monstername wordt het uiteinde van het aanzuigpunt luchtdicht afgesloten.

- Tijdens het transport van de stalen wordt de temperatuur gelogd.
- Gedurende de gehele periode van monstername tot analyse dient de geurzak in het luchtdicht afgesloten monstervat of, eventueel samen met andere monsters, in een stevige en ondoorzichtige doos of zak te worden opgeslagen om de integriteit van het monster zoveel mogelijk te bewaren.
- Bij het begin van iedere analysesessie wordt steeds een n-butanol-staal geanalyseerd om na te gaan of de panelleden en het panel voldoen aan de kwaliteitscriteria uit de NBN EN 13725:2022.
- Lekgeraakte geurzakken die nog ten dele zijn gevuld mogen niet geanalyseerd worden.

Bovendien gelden volgende bijkomende vereisten:

- De staalname van in- en uitgaande lucht dient simultaan én door eenzelfde labo te gebeuren.
- De analyse van de stalen dient door hetzelfde labo uitgevoerd te worden. Dit kan een ander labo zijn dan het labo dat de staalname uitvoert.
- Per meetdag worden drie seriële bemonsteringen uitgevoerd gedurende telkens 30 minuten. Uit praktische overwegingen (m.b.t. navolgende analyse) kan bemonstering in de voormiddag verkozen worden, eerder dan een later moment op de dag.
- Per meetdag dient een test van het bemonsteringsmateriaal te gebeuren via een blancotest. Dit kan gebeuren door stikstof doorheen het bemonsteringssysteem te leiden en vervolgens een monsternamezak te vullen.
- Om de afname van de geurconcentratie tijdens het bewaren van de geurstalen zoveel mogelijk te vermijden, moeten de olfactometrische analyses uitgevoerd binnen de 12 uur na bemonstering. Er wordt getracht om de tijd tussen bemonstering en analyse ongeveer gelijk te houden voor de verschillende stalen. De stalen die eerst bemonsterd worden, worden dus ook eerst geanalyseerd.

8.2.2 Eisen aan de meetinstantie

Naast de algemene eisen aan de meetinstantie (Sectie 2.3), gelden volgende kwaliteitsvereisten voor het bepalen van geurconcentraties door middel van olfactometrie:

- Monstername en analyse dienen conform EN 13725:2022 plaats te vinden.
- Minimaal elke twee jaar dient te worden deelgenomen aan een ringtest olfactometrie (n-butanol of praktijkmonsters). Rotatie van panelleden is verplicht.

8.2.3 Meetonzekerheid

Het rendement wordt berekend op basis van de gemeten ingaande en uitgaande geurconcentratie in de lucht (zie 8.5.2 Geur). Op beide concentraties zit een meetvariabiliteit. Bij de berekening van het rendement zal er foutenpropagatie optreden en daarmee moet rekening gehouden worden als men betrouwbaarheidsintervallen voor het rendement wil kennen.

De meetonzekerheid wordt gerapporteerd, zie hiervoor een voorbeeld in Annex G van EN13725:2022.

9 Dataverwerking en -analyse

De verkregen data moet worden gecontroleerd op volledigheid (Sectie 8.1) en kwaliteit (Sectie 8.2). Bij continue meetsystemen dient daarnaast een controle te gebeuren op afwijking door drift, waarop desgevallend wordt gecorrigeerd (Sectie 8.3). Vervolgens zal data-aggregatie (Sectie 8.4) worden toegepast met de berekening van de verwijderingsrendementen (Sectie 8.5). In Sectie 8.6 wordt een overzicht gegeven van de verplicht uit te voeren dataexploratie, die tevens zal moeten worden gerapporteerd in het ingediende dossier.

9.1 Controle op volledigheid

De controle op volledigheid omvat het toetsen van **hoeveelheid** binnengekomen data aan de verwachte hoeveelheid data op basis van meetfrequentie voor elk van de operationele variabelen en de **verklaring van eventuele afwijkingen**.

Voor zowel de **operationele variabelen** die volgens het MB van 19 maart 2004⁹, Bijlage I, artikel 5.2.3.4 onderhevig zijn aan verplichte, constante elektronische monitoring als voor **metingen van pollutanten** (NH₃, geur,...) op de in en uitgaande stroom van het luchtzuiveringssysteem, moet worden gecontroleerd of de data van deze variabelen daadwerkelijk werd opgenomen volgens de gespecificeerde **meetfrequentie** en binnen de **periode** tussen de eerste (inclusief) en laatste meetdag (inclusief) van de meetcampagne. Daarnaast wordt ook gecontroleerd of alle data voorhanden is van de bijkomende gerelateerde operationele variabelen zoals vermeld in 3.2.2 (bv. was- en spuiwatermetingen).

Indien er **meetdata ontbreken** (nullen, leeglaten, andere indicatoren van ontbrekende data) dient zowel de **periode** waarin de meetdata ontbreken als de **reden** waarom de meetdata ontbreken te worden gerapporteerd, en dit voor elk van de individuele variabelen. Het **tijdspercentage** waar geen metingen konden bekomen worden, dient te worden gerapporteerd.

Ruwe data dienen te worden aangeleverd en ook te worden gerapporteerd (Sectie 9). De verschillende gegevensstromen van de variabelen dienen te worden **gesynchroniseerd**, zodat een duidelijk overzicht kan worden verkregen van de operationele status van het systeem op specifieke tijdstippen in de aangeleverde dataset.

9.2 Controle op kwaliteit - uitsluiting van data

Alle meetresultaten van de volledige meetreeks worden **opgenomen** in de verdere berekeningen, met uitzondering van:

- Meetgegevens die door technische storingen (bv onmogelijke waarden) onbruikbaar zijn
- Meetgegevens die door menselijke fouten onbruikbaar zijn
- Meetgegevens die door niet gekalibreerde en/of niet gevalideerde meetprocedures werden verkregen
- Meetgegevens die werden bekomen door continue meetapparatuur waarbij de drift niet onder controle is (Zie Sectie 8.4)
- Data die als foutief wordt geïdentificeerd, in die zin dat het waarden betreft die met voldoende zekerheid (argumentatie is verplicht) als meetfouten kunnen worden beschouwd en om die reden worden uitgesloten van de dataset.

Een uitbijtertoets moet worden toegepast om verdachte waarden op te sporen. Voor continue metingen kan een uitbijtertoets bijvoorbeeld bestaan uit de boxplot-methode met driemaal de IKA-waarde (interkwartiel-afstand) als maat voor uitbijters. Voor alle **verdachte waarnemingen** geldt dat zij moeten worden **opgelijst en** onderworpen aan een **verdere controle** op technische

storingen of menselijke fouten in metingen en/of verdere processtappen. Bedacht moet echter worden dat verdachte waarnemingen, waaronder uitbijters, in werkelijkheid tot de normale variatie kunnen behoren omdat metingen doorgaans plaatsvinden onder (semi-) praktijkomstandigheden met alle invloeden en variaties van dien. Verdachte waarnemingen worden **uitsluitend geëxcludeerd** voor verdere verwerking en analyse wanneer deze aantoonbaar het gevolg zijn van **technische storingen of menselijke fouten** in de metingen en/of verdere processtappen.

Meetgegevens van **technisch geslaagde metingen tijdens een periode met aantoonbare afwijkingen (inclusief downtime)** van de vooropgestelde operationele condities waarbinnen het verwijderingsrendement van het luchtzuiveringssysteem wordt bepaald, worden wel opgenomen in de berekeningen en de rapportage. De invloed van deze metingen op het eindresultaat wordt gekwantificeerd door het presenteren van eindresultaten met en zonder deze perioden, en vormt het onderwerp van evaluatie van het meetrapport. Van dergelijke metingen worden nauwkeurig volgende zaken aangegeven: de tijdsperiode, aard, oorzaak en verwacht effect van het niet of minder goed werken van het luchtzuiveringssysteem. Tijdens de meetcampagne mogen echter geen fundamentele wijzigingen aan de installatie (Zie Sectie 3.2.1 systeembeschrijving, met inbegrip van sturing) en de operationele variabelen (Zie Sectie 3.2.2) worden aangebracht, zodat steeds een representatief beeld wordt verkregen van de performantie van het luchtzuiveringssysteem die het onderwerp vormt van het dossier.

Voor de **meetgegevens die dienen uitgesloten te worden** op basis van de hierboven opgelijste criteria dient zowel de periode waarin de meetdata weggelaten werden als de reden waarom de meetdata weggelaten werden te worden beargumenteerd en gerapporteerd, en dit voor elk van de individuele variabelen. Het tijdspercentage waar betrouwbare metingen (de weerhouden data) konden worden bekomen dient te worden gerapporteerd en moet tenminste 80% van de effectieve onderzoeksperiode beslaan (exclusief leegstandperioden of downtime van het luchtzuiveringssysteem, waarbij seizoens- en ronde-effecten nog steeds voldoende worden afgedekt). Voor discontinue metingen dienen sowieso minstens 12 gevalideerde meetresultaten te worden aangeleverd, zoals gespecificeerd in Sectie 5.2.

9.3 Controle op afwijkingen door drift bij continue meetsystemen - toepassing van correcties

Continue meetsystemen voor NH₃ worden conform Sectie 7.1 met een passende frequentie (en minimaal 6 maal per jaar) gecontroleerd t.o.v. de SRM-methode of een methode equivalent aan de SRM-methode. De frequentie bedraagt minimaal 6 maal per jaar of meer indien dit nodig blijkt op basis van het validatiedossier (dient meegeleverd te worden in het dossier, Sectie 9) van het gebruikte meetsysteem.

De hierbij vastgestelde afwijking wordt opgevolgd en geëvalueerd.

De **afwijking van het continue meetsysteem t.o.v. de SRM-(equivalente-)methode** wordt berekend op basis van de daggemiddelde waarden (beide metingen omvatten dezelfde 24h-tijdsperiode) van zowel het continue meetsysteem als de SRM-metingen (gemiddelde van de duplo's), als volgt:

$$\text{afwijking (\%)} = \frac{(C_{SRM} - C_{continue})}{C_{SRM}} \times 100\%$$

Met C_{SRM} = gemiddelde ammoniakconcentratie gemeten met de SRM of een equivalente methode ter vervanging van de SRM (gemiddelde van de duplowaarden)
 $C_{continue}$ = gemiddelde ammoniakconcentratie gemeten met de continue methode gedurende de uitvoering van de SRM meting. **De 24h-tijdsvensters dienen overeen te komen.**

- Indien de procentuele afwijking ligt tussen 0 en 10%, wordt er geen correctie uitgevoerd.
- Indien de procentuele afwijking ligt tussen 10% en 20%, dient er een, in de tijd lineaire, correctie doorgevoerd te worden op de concentraties gemeten met de continue methode tussen het tijdstip van de SRM meting en de voorgaande SRM meting.
- Een procentuele afwijking van meer dan 20% is een indicatie van een falend continu meetsysteem en laat geen correctie toe. In dit geval dienen de meetwaarden tussen het tijdstip van de SRM meting en de voorgaande SRM meting verworpen te worden. De SRM meting kan in dit geval opgenomen worden in de data-set van de continue metingen.
- Een afwijking op het verwerpen van de volledige bovengenoemde meetperiode is toegestaan indien de meetinstantie duidelijk kan aantonen op welk tijdstip het continue meetsysteem in faling is gegaan. De data vóór het falen kunnen dan wel nog bruikbaar zijn.

Vanaf 10% afwijking dient actie ondernomen te worden om ervoor te zorgen dat opnieuw voldoende betrouwbaar kan worden gemeten.

Bijkomend wordt er ook een **criterium opgenomen voor de maximale toegelaten cumulatieve drift (Dc)**. Cumulatieve drift is de som van de verschillende driften vastgesteld bij de SRM controlemetingen. Voor de berekening van deze cumulatieve drift worden enkel die driftwaarden meegeteld waarvoor gecorrigeerd werd en die dus hoger waren dan 10%. Positieve en negatieve driftwaarden kunnen elkaar hierbij compenseren. Indien de cumulatieve drift van het continue meetsysteem op een gegeven moment (bij een volgende vergelijkende controle tov de SRM) meer dan 30% bedraagt dient het meetsysteem voor onderhoud nagekeken te worden of vervangen te worden door een gelijkaardig ander systeem. De cumulatieve drift dient, voor elk gebruikt continu meetsysteem, berekend te worden na elke SRM meting. Wanneer de cumulatieve drift meer dan 30% bedraagt, kan de data alleen gebruikt worden, indien de drift tussen laatste opeenvolgende SRM metingen lager is dan 20%. Hierbij wordt onverminderd inachtgenomen dat er tussen 10 en 20% een in de tijd lineaire correctie dient doorgevoerd te worden op de concentraties gemeten met de continue methode tussen het tijdstip van de SRM meting en de voorgaande SRM meting.

Enkel in uitzonderlijke gevallen (vb. bij heel lage ingaande concentraties) en mits grondige motivatie kan de meetinstantie afwijken van bovenstaande richtlijnen. Dit dient duidelijk in het meetrapport opgenomen te worden.

9.4 Data-aggregatie

Bij continue meetdata en operationele variabelen die volgens het MB van 19 maart 2004⁹ artikel 5.2.3.4 onderhevig zijn aan verplichte, constante elektronische monitoring worden data geaggregeerd tot gemiddelden op dagniveau en uurniveau waarbij tenminste van 80% van de tijd valide meetdata verkregen is.

Bij discontinue metingen (alle componenten) worden meetdata gemiddeld op dagniveau over het aantal herhalingen (doorgaans duplo's, waarbij het procentuele verschil tussen beide duplo-metingen dient te worden vermeld en afgetoetst aan de kwaliteitssystemen van de meetinstantie).

9.5 Berekening van het verwijderingsrendement

9.5.1 Ammoniak

In het geval er **enkel discontinue metingen** zijn uitgevoerd wordt het gemiddelde verwijderingsrendement bepaald als het rekenkundig gemiddelde van de (minstens) 12 gemeten 24-uursrendementen. De standaardafwijking dient ook te worden berekend en gerapporteerd

samen met de minimum- en maximumwaarden van het verwijderingsrendement. De individuele verwijderingsrendementen dienen in tabelvorm te worden gerapporteerd.

$$VR_{gem} (\%) = \frac{\sum VR_n}{n}$$

Met:

- VR_{gem} = gemiddelde verwijderingsrendement in %
- VR_n = verwijderingsrendement bij meting n in %
- n = totaal aantal discontinue metingen

$$VR_n = \frac{C_{in,n} - C_{uit,n}}{C_{in,n}} \times 100\%$$

Met:

- $C_{in,n}$: gemiddelde (van de duplo-metingen) ammoniakconcentratie van ingaande lucht tijdens meting n
- $C_{uit,n}$: gemiddelde (van de duplo-metingen) ammoniakconcentratie van uitgaande lucht tijdens meting n

In het geval er **continue metingen** zijn uitgevoerd, wordt het gemiddelde verwijderingsrendement bepaald als het rekenkundig gemiddelde van de berekende rendementen op uurbasis en dagbasis (zie Sectie 8.6 Data-exploratie).

$$VR_{gem} = \frac{\sum VR_m}{m}$$

Met:

- VR_{gem} = gemiddelde verwijderingsrendement in %
- VR_m = gemiddelde verwijderingsrendement op dag m in %
- m = aantal gemeten dagen

Het gemiddelde verwijderingsrendement op dag m wordt hierbij bepaald op basis van de uurgemiddelden

$$VR_m = \frac{\sum VR_{mh}}{h}$$

Met:

- VR_{mh} = verwijderingsrendement tijdens uur h gemeten op dag m in %
- h = aantal gemeten uren gedurende de dag m

$$VR_{mh} = \frac{C_{in,h} - C_{uit,h}}{C_{in,h}} \times 100\%$$

Met:

- $C_{in,h}$: ammoniakconcentratie van ingaande lucht tijdens uur h
- $C_{uit,h}$: ammoniakconcentratie van uitgaande lucht tijdens uur h

$C_{in,h}$ en $C_{uit,h}$ dienen gepaarde metingen te zijn, de meetvensters moeten overeenstemmen.

Ook dient de standaardafwijking van de verwijderingsefficiëntie op dagbasis te worden berekend en gerapporteerd, samen met de minimum- en maximumwaarden van de verwijderingsrendementen op dagbasis.

Ook de 'downtime' van het luchtzuiveringssysteem wordt berekend, inclusief de nodige opstarttijd verbonden met de volgens het MB verplichte voorzieningen inzake onderhoud (bv. reiniging, opschudden en vervangen opvulmateriaal).

Verwijderingsefficiëntie waarvoor erkenning wordt aangevraagd

In het geval erkenning wordt aangevraagd na doormeten op 1 locatie, wordt de verwijderingsefficiëntie conservatief ingeschat, als de gemiddelde gemeten waarde verminderd met de standaardafwijking, over de duur van de meetcampagne. Ook de downtime wordt in rekening gebracht voor het bekomen van het uiteindelijke verwijderingsefficiëntie.

Bij het doormeten van minstens twee locaties, wordt de verwijderingsefficiëntie van het luchtzuiveringssysteem waarvoor erkenning wordt aangevraagd, berekend als de gemiddelde verwijderingsefficiëntie van alle meetcampagnes, over hun volledige duur en met inbegrip van downtime.

9.5.2 Geur

Het gemiddelde geurverwijderingsrendement wordt bepaald als het rekenkundig gemiddelde van de 12 rendementen.

$$VR_{gem} (\%) = \frac{\sum VR_n}{n}$$

Met:

- VR_{gem} = gemiddelde verwijderingsrendement in %
- VR_n = verwijderingsrendement bij meting n in %
- n = totaal aantal discontinue metingen

$$VR_n = \frac{C_{in,n} - C_{uit,n}}{C_{in,n}} \times 100\%$$

Met:

- $C_{in,n}$: logaritmisches gemiddelde geurconcentratie op duplo-metingen van ingaande lucht tijdens meting n
- $C_{uit,n}$: logaritmisches gemiddelde geurconcentratie op duplo-metingen van uitgaande lucht tijdens meting n

Verwijderingsefficiëntie waarvoor erkenning wordt aangevraagd

In het geval erkenning wordt aangevraagd na doormeten op 1 locatie, wordt de verwijderingsefficiëntie conservatief ingeschat, als de gemiddelde gemeten waarde verminderd met de standaardafwijking, over de duur van de meetcampagne. Ook de downtime wordt in rekening gebracht voor het bekomen van het uiteindelijke verwijderingsefficiëntie.

Bij het doormeten van minstens twee locaties, wordt de verwijderingsefficiëntie van het luchtzuiveringssysteem waarvoor erkenning wordt aangevraagd, berekend als de gemiddelde verwijderingsefficiëntie van alle meetcampagnes, over hun volledige duur en met inbegrip van downtime.

9.6 Data-exploratie

Voor de weerhouden meetdata (Sectie 8.1; 8.2) moeten enkele relaties tussen grootheden verplicht worden gecontroleerd. Volgende datareeksen en relaties dienen expliciet te worden opgenomen in het meetrapport:

Ventilatie-debiet

- Gemiddelde 24h ventilatie-debiet tegen gemiddelde buitentemperatuur
- Gemiddelde 24h ventilatie-debiet tegen dag in ronde (per ronde weer te geven)
- Gemiddelde 1h ventilatie-debiet tegen uur in de dag (als boxplots over gehele meetperiode)

Verwijderingsefficiëntie

- Gemiddelde 24h verwijderingsefficiëntie van de pollutant tegen gemiddelde 24h EBRT
- Gemiddelde 24h verwijderingsefficiëntie van de pollutant tegen 24h gemiddelde pH waswater
- Gemiddelde 24h verwijderingsefficiëntie van de pollutant tegen 24h gemiddelde drukval
- Gemiddelde 24h verwijderingsefficiëntie van de pollutant tegen 24h gemiddelde geleidbaarheid waswater

Verwijderingsefficiëntie – extra in geval van continue data

- Gemiddelde 24h verwijderingsefficiëntie van de pollutant tegen dag in de ronde
- Gemiddelde 1h verwijderingsefficiëntie van de pollutant tegen uur in de dag
- Gemiddelde 1h verwijderingsefficiëntie van de pollutant tegen gemiddelde 1h EBRT

Door deze relaties te plotten kunnen ook eventuele afwijkingen worden opgespoord, door waarnemingen te toetsen aan relaties tussen grootheden die een vooraf voorspelbare relatie moeten opleveren en waarin verdachte of evident onjuiste waarden buiten deze relatie opvallen. Enige reflectie in dit verband wordt verwacht te worden gemaakt en opgenomen in de rapportage (zie Sectie 9).

De werking van het luchtzuiveringssysteem wordt ook beoordeeld op basis van de bekomen resultaten van de bijkomende gerelateerde operationele variabelen zoals vermeld onder 3.2.2 (o.a. was- en spuiwateranalyses). Hiervoor wordt ook teruggekoppeld met de relevante secties uit het MB (5.3.1.6, 5.4.1.6 en 5.5.1.5.).

9.7 Bepalen meetonzekerheid

Meetinstanties bepalen de meetonzekerheid van elke toegepaste meetmethoden en toetsen deze aan de waarden van de standaardmethoden of deze bekomen bij de validatie. Deze gegevens worden opgenomen in de rapportage.

10 Rapportage

10.1 Omslag/titelpagina/colofon

Deze onderdelen vermelden minimaal:

- titel;
- auteurs;
- maand en jaar van publicatie;
- de opdrachtgever van de rapportage;
- namen en handtekeningen van de eindverantwoordelijken voor het onderzoek.

10.2 Inhoudsopgave

Het rapport wordt gestructureerd in genummerde hoofdstukken, paragrafen en bijlagen waarvan het overzicht, met hun paginanummers, in de inhoudsopgave wordt weergegeven.

10.3 Inleiding

Hierin worden beschreven:

- context (vb. relevante problematiek, voorgeschiedenis, aanleiding);
- opdrachtverlening;
- doelstelling (datgene dat wordt beoogd met het onderzoek; bijvoorbeeld het bepalen van het verwijderingsrendement voor ammoniak van een luchtzuiveringssysteem);

10.4 Beschrijving onderzoekslocatie

10.4.1 Systeembeschrijving

In deze sectie wordt de meetlocatie gedetailleerd en volledig beschreven (zie Sectie 3.1).

10.4.2 Evaluatie representativiteit

Dit onderdeel omvat een onderbouwing van de representativiteit van de meetlocatie voor de algemene Vlaamse praktijk.

10.5 Beschrijving luchtzuiveringssysteem

Dit onderdeel omvat een gedetailleerde en volledige beschrijving van het luchtzuiveringssysteem (zie Sectie 3.2.1).

10.6 Rapportering en evaluatie van operationele variabelen

Dit onderdeel omvat de rapportering over en evaluatie van alle verplicht te meten operationele variabelen volgens het MB, alsook van de EBRT (i.e., verhouding volume:ventilatie-debiet).

De meetmethoden en -frequentie van alle door het MB verplicht gemeten waarden en van het ventilatie-debiet dienen te worden gespecificeerd. Daarnaast dient de ruwe meetdata te worden aangeleverd in de vorm van een Excel-sheet als digitale bijlage volgens de werkelijke meetfrequentie, gedurende de ganse periode waarin gemeten werd (typisch minstens 1 jaar).

De volgende voorstelling dient te worden gemaakt van de door het MB verplicht gemeten waarden op de meetdagen:

Voor discontinue metingen:

- dynamische grafieken en boxplots per meetdag.
- gemiddelde waarde per meetdag, zowel numerieke waarde als grafische voorstelling

Voor continue metingen:

- gemiddelde waarde per dag (24 uur), zowel numerieke waarde als grafische voorstelling

De gemeten waarden dienen te worden vergeleken met de specificaties van het luchtzuiveringssysteem waarvoor erkenning wordt aangevraagd, teneinde na te gaan of er een overeenstemming is tussen de gemeten waarden en degene die verwacht worden, m.a.w. of de testcondities representatief waren.

10.7 Oplijsting en controle van variabelen specifiek voor de meetcampagne

Alle meetdata dienen gerapporteerd, met inbegrip van data die wordt uitgesloten voor verdere verwerking. *Er wordt een Excel-sheet aangeleverd met alle ruwe data en grafieken als bijlage.*

10.7.1 Meetvariabelen en meetmethoden

Deze sectie omvat een oplijsting van alle gemeten variabelen en de omschrijving van de gebruikte materialen en methoden voor de volgende onderdelen:

- Homogeniteit (zie Sectie 4.5.2)
- Meetstrategie (zie Sectie 5)
- Meetmethoden ventilatiedebiet (zie Sectie 6)
- Monsternamen en analyse (zie Sectie 7)
- Dataverwerking en -analyse (zie Sectie 8)

De bepaling van de meetonzekerheid, horend bij elk van deze onderdelen dient tevens te worden opgenomen in de rapportage.

Alle meettoestellen dienen te worden opgelijst en een volledig kalibratie- en validatierapport dient toegevoegd te worden.

10.7.2 Datacontrole en -aggregatie

Dit omvat het geheel van zaken omschreven in Secties 8.1 'Controle op volledigheid', 8.2 'Controle op kwaliteit - uitsluiting van data', 8.3 'Controle op afwijkingen door drift bij continue meetsystemen - toepassing van correcties' en 8.4 'Data-aggregatie'.

10.7.3 Berekening verwijderingsrendement

Dit omvat de omschrijving en het resultaat van de berekening van het verwijderingsrendement. Zie Sectie 8.5.

10.8 Rapportering, datavisualisatie en -analyse

De resultaten van de meetcampagne worden in dit hoofdstuk op een overzichtelijke manier gevisualiseerd en besproken.

10.8.1 Resultaten

Deze sectie omvat een visualisatie (in de vorm van grafieken, box plots,...) van alle gemeten operationele variabelen, zowel deze onderhevig aan verplichte monitoring volgens het MB als de specifieke meetvariabelen die het onderwerp uitmaken van de meetcampagne. Dit deel omvat de loutere opsomming van de resultaten, zonder interpretatie

In het bijzonder dienen de datareeksen en relaties omtrent ventilatiedebiet en verwijderingsrendementen, zoals gespecificeerd in 8.6, expliciet te worden opgenomen.

De grafieken en boxplots worden opgenomen in het meetrapport. Daarnaast wordt een Excel-sheet aangeleverd met alle ruwe data en grafieken als bijlage.

10.8.2 Discussie

Deze sectie omvat de bespreking van de individuele variabelen en van de relevante verbanden weergegeven in Sectie 9.8.1 'resultaten'.

De representativiteit van de data op de meetdagen dient te worden geëvalueerd in relatie tot

- de systeembeschrijving van het luchtzuiveringssysteem, inclusief de ontwerpparameters en de aanwezige processturing en regelkringen (zie Sectie 3.2.1)
- het normale bereik van de gerelateerde operationele variabelen (zie Sectie 3.2.2)

10.9 Conclusies

Ter afsluiting dienen de hoofdelementen van de resultaten en de discussie in concluderende zin te worden samengevat. De focus ligt daarbij niet op het herhalen van de belangrijkste resultaten en discussiepunten maar op wat hieruit geconcludeerd kan worden in relatie tot de context en doelstelling uit de inleiding.

In het bijzonder dient hier te worden gerapporteerd:

- de essentiële onderscheidende kenmerken van het luchtzuiveringssysteem onder studie
- de diersoort en diercategorie, en de bereiken aan pollutantbelasting, aan pollutantconcentraties en aan verblijftijden waarover werd gemeten
- de gemiddelde gemeten verwijderingsefficiëntie en standaardafwijking, en daaruit afgeleid de verwijderingsefficiëntie waarvoor erkenning wordt aangevraagd

10.10 Bronnenlijst

De bronnenlijst bevat een overzicht van alle gebruikte en geciteerde bronnen. Het kan daarbij gaan om wetenschappelijke literatuur, maar ook om websites en mondelinge bronnen.

10.11 Bijlagen

10.11.1 Ruwe data

De ruwe data dienen onder de vorm van digitale files aangeleverd te worden als bijlage bij het rapport.

Daarnaast kunnen optioneel bijkomende bijlagen worden opgenomen met achtergrondmateriaal dat van nut is maar de hoofdtekst onnodig lang zou maken.

10.11.2 Logboek

Het logboek opgemaakt door de veehouder en gecontroleerd door de meetinstantie moet als bijlage aangehecht worden aan het meetrapport.

Desgevallende bezoeken van de producent van het luchtzuiveringssysteem (zie Sectie 2.2), enkel toegestaan in het bijzijn van de meetinstantie, dienen expliciet te worden aangewezen.

11 Referenties

Vonk, J., van Dinther, D., Mosquera, J. en Ogink, N.W.M (2021). Ontwikkel- en validatieprotocol meetinstrumenten voor gasconcentraties in bedrijfsmonitoring van NH₃ en CH₄ uit veehouderijen. Toepassing bij sensorsystemen voor vaststellen van stalemissies. Wageningen Livestock Research. Rapport 1285. <https://edepot.wur.nl/536495>. pp. 52.