

Wageningen UR Livestock Research

Partner in livestock innovations



Rapport 340

Fijnstofemissie uit stallen: nertsen

Januari 2011



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

Colofon

Uitgever

Wageningen UR Livestock Research
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 - 238238
Fax 0320 - 238050
E-mail info.livestockresearch@wur.nl
Internet <http://www.livestockresearch.wur.nl>

Redactie

Communication Services

Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel
van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek,
2011

Overname van de inhoud is toegestaan,
mits met duidelijke bronvermelding.

Aansprakelijkheid

Wageningen UR Livestock Research aanvaardt
geen aansprakelijkheid voor eventuele schade
voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van
dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen UR Livestock Research en Central
Veterinary Institute, beiden onderdeel van Stichting
Dienst Landbouwkundig Onderzoek vormen samen
met het Departement Dierwetenschappen van
Wageningen University de Animal Sciences Group
van Wageningen UR (University & Research
centre).

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV
onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op al onze
onderzoeksopdrachten zijn de Algemene
Voorwaarden van de Animal Sciences Group
van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de
Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Abstract

In this study emissions of fine dust (PM10 and PM2.5) from houses for minks were determined. In addition, emissions of ammonia, greenhouse gases and odour were determined.

Keywords

Fine dust, emission, minks

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteurs

J. Mosquera
J.M.G. Hol
A. Winkel
J.W.H. Huis in 't Veld
F. Dousma
N.W.M. Ogink
C.M. Groenestein

Titel

Fijnstofemissie uit stallen: nertsen
Rapport 340

Samenvatting

In dit onderzoek zijn de emissies bepaald van
fijnstof (PM10 en PM2,5) uit nertsenstallen.
Additioneel zijn de emissies van ammoniak,
broeikasgassen en geur bepaald.

Trefwoorden

Fijnstof, emissie, nertsen

Rapport 340

Fijnstofemissie uit stallen: nertsen

Dust emission from animal houses: minks

J. Mosquera

J.M.G. Hol

A. Winkel

J.W.H. Huis in 't Veld

F. Dousma

N.W.M. Ogink

C.M. Groenestein

Januari 2011

Voorwoord

Voor het vergroten van de kennis over de fijnstofproblematiek (PM10 en PM2,5) in Nederland is het van belang dat betrouwbare en actuele informatie over de fijnstofuitstoot uit de verschillende bronnen beschikbaar is. Fijnstofemissie uit stallen is één van deze bronnen. Van deze bron was tot dusver slechts beperkte informatie beschikbaar, gebaseerd op stofmetingen uitgevoerd in de jaren negentig. Naast de omstandigheid dat deze informatie mogelijk is verouderd door aanpassing aan stalsystemen en bedrijfsvoering, zijn de meetcijfers niet gebaseerd op de huidige standaarden voor het meten van PM10 en PM2,5. Gegeven deze achtergrond bestaat er behoefte aan nauwkeurige en actuele cijfers over de fijnstofemissie uit de veehouderij. In deze behoefte kan nu worden voorzien met de resultaten uit het meetprogramma (2007-2009) dat door Wageningen UR Livestock Research is uitgevoerd in het kader van het 'Programma luchtwassers' van de Ministeries van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie en van Infrastructuur en Milieu.

Bij de uitvoering van een systematisch opgezet meetprogramma voor stofemissie uit de veehouderij werd een onderzoeksterrein betreden waarin tot dusver nationaal en internationaal geen of zeer weinig ervaring was opgedaan. Dit stelde de betrokken onderzoekers voor tal van geheel nieuwe meettechnische en logistieke uitdagingen. Dankzij de inzet, ervaring en kennis van alle betrokken medewerkers kon de uitvoering tot een goed einde worden gebracht, waarvoor dank. Door de opdrachtgevers is het onderzoek met grote betrokkenheid en vertrouwen begeleid, waarvoor onze dank. Dank is ook verschuldigd aan de sector en aan de ondernemers van de betrokken veehouderijbedrijven die hun stallen beschikbaar hebben gesteld voor het uitvoeren van de metingen. Dankzij de medewerking van alle betrokken personen levert dit onderzoeksprogramma een belangrijke, internationaal unieke dataset op, waarmee een belangrijke bijdrage wordt geleverd aan het vergroten van de kennis over de fijnstofproblematiek in Nederland.

Dr. ir. C.M. Groenestein
Projectleider
Wageningen UR Livestock Research

Samenvatting

Om een beter beeld te krijgen van de huidige situatie ten aanzien van fijnstofemissies uit de veehouderij is een uitgebreid onderzoeksproject opgestart. In dit project zijn bij verschillende diercategorieën en voor verschillende staltypen de fijnstofemissies gemeten. Emissies van deeltjes kleiner dan $10\text{ }\mu\text{m}$ (PM10) en van deeltjes kleiner dan $2,5\text{ }\mu\text{m}$ (PM2,5) zijn bepaald.

Het doel van het project was om op basis van de meetresultaten emissiefactoren voor fijnstof (PM10 en PM2,5) vast te stellen. Aangezien er ook behoefte was aan emissiecijfers van methaan en lachgas, zijn deze tevens meegenomen in het meetprogramma. Daarnaast zijn de emissies van ammoniak en geur gemeten om een volledige meetset van emissies te krijgen. Dit past in de lijn van integrale oplossingen voor het emissieprobleem in de veehouderij. In dit rapport zijn de metingen gerapporteerd die in het kader van het hiervoor genoemde onderzoeksproject uitgevoerd zijn in nertsenstallen.

Alle metingen zijn uitgevoerd conform een werkwijze die gelijkwaardig is aan eerder vastgestelde meetprotocollen. De metingen zijn gedaan aan vier nertsenstallen op verschillende locaties. Per locatie zijn vijf metingen van 24 uur (voor geur twee uur) verricht, verspreid over het jaar en over de productiecycclus van een fokteef.

Op basis van het onderzoek in vier nertsenstallen zijn de volgende jaaremissies bepaald, waarbij niet is gecorrigeerd voor leegstand (berekende emissiefactor $\pm$ de standaarddeviatie tussen de bedrijven):

- PM10 emissie: $8,1 \pm 3,6$ g/fokteefplaats per jaar
- PM2,5 emissie: $4,2 \pm 2,1$ g/fokteefplaats per jaar
- Ammoniakemissie: $1,0 \pm 0,1$ kg/fokteefplaats per jaar
- Geuremissie: $4,9 \pm 2,4$ OUE/fokteefplaats per s
- Methaanemissie: $0,2 \pm 0,1$ kg/fokteefplaats per jaar
- Lachgasemissie: 0 g/fokteefplaats per jaar

Summary

For a better understanding of the present fine dust emissions from livestock production an extensive research project was started. Within this project fine dust emissions were determined for different livestock categories and for different housing types. Emissions of particles smaller than 10 µm (PM10) and of particles smaller than 2.5 µm (PM2.5) have been determined.

The objective of this project was to provide emission figures that can be used to establish emission factors for fine dust (PM10). Because of additional need for emission data for methane and nitrous oxide, these gases have been included in the program as well. Furthermore, the emissions of ammonia and odour have been measured to complete the emission data set. This fits in the line of integral solutions of the emission problem in livestock production. In this report measurements in mink houses are reported that were carried out in the framework of the overall measurement program.

All measurements have been performed according to a procedure similar to described protocols. Measurements have been done in four mink houses at different locations. For each location, at least five 24-h measurements (for odour two h) have been performed spread over the year and spread over the production cycle of the breeding mink.

Based on this study in mink houses the following yearly emissions have been determined, no correction for an empty period (calculated emission factors $\pm$ standard deviation between locations):

- PM10 emission: 8.1 ± 3.6 g/breeding mink place per year
- PM2.5 emission: 4.2 ± 2.1 g/breeding mink place per year
- Ammonia emission: 1.0 ± 0.1 kg/breeding mink place per year
- Odor emission: 4.9 ± 2.4 OU_E/breeding mink place per s
- Methane emission: 0.2 ± 0.1 kg/breeding mink place per year
- Nitrous oxide emission: 0 g/breeding mink place per year

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Materiaal en methode	2
2.1	Hoofddijn opzet meetprogramma.....	2
2.2	Beschrijving nertsenstallen	3
2.3	Metingen	4
2.3.1	Stofmetingen.....	5
2.3.2	Ammoniakmetingen	6
2.3.3	Geurmetingen	7
2.3.4	Broeikasgasmetingen	7
2.3.5	Ventilatiedebiet	7
2.3.6	Metingen temperatuur en RV.....	8
2.4	Verwerking gegevens.....	8
3	Resultaten.....	9
3.1	Meetomstandigheden.....	9
3.2	Ventilatiedebiet.....	10
3.3	PM10 emissie.....	10
3.4	PM2,5 emissie.....	11
3.5	Ammoniakemissie	12
3.6	Geuremissie	12
3.7	Methaanemissie	13
3.8	Lachgasemissie	13
4	Discussie	14
5	Conclusies	16
	Literatuur.....	17
	Bijlagen.....	18
Bijlage 1	Bedrijf 1	18
Bijlage 2	Bedrijf 2	20
Bijlage 3	Bedrijf 3	22
Bijlage 4	Bedrijf 4	24

1 Inleiding

Per 1 januari 2005 heeft de Europese Unie grenswaarden opgesteld voor alle EU-lidstaten voor maximale concentraties fijnstof: jaargemiddeld maximaal 40 microgram per m³ lucht en daggemiddeld maximaal 50 microgram per m³ lucht, met maximaal 35 overschrijdingen van het toegestane daggemiddelde. Fijnstof is stof dat voor het merendeel bestaat uit deeltjes met een diameter kleiner dan 10 micrometer. Dit stof wordt aangeduid als PM₁₀ (PM; Particulate Matter). In 2008 is een nieuwe richtlijn van kracht geworden waarin de jaargemiddelde maximale norm voor deeltjes kleiner dan 2,5 micrometer (zeer fijnstof, PM_{2,5}) is vastgesteld op 25 microgram per m³ lucht.

Naast verkeer en industrie leveren veehouderijbedrijven een bijdrage aan de uitstoot van fijnstof in Nederland. Voor de terugdringing van de fijnstofuitstoot is het van belang de actuele uitstoot van fijnstof uit stallen vast te stellen. De tot dusver bekende emissies van fijnstof (PM₁₀) uit stallen zijn gebaseerd op metingen die gedaan zijn in de periode van september 1993 tot november 1995 binnen het EU-project Aerial Pollutants (Groot Koerkamp e.a., 1996). Door Chardon en van der Hoek (2002) zijn deze later voor verschillende diercategorieën omgerekend naar emissies van PM₁₀. Sinds de metingen in de jaren negentig zijn er veel ontwikkelingen geweest in de veehouderij, met name naar milieu- en welzijnsvriendelijke huisvestingssystemen die zowel een toename als afname in de uitstoot van fijnstof tot gevolg kunnen hebben gehad. Welzijnsvriendelijke systemen lijken een belangrijke toename te geven van de fijnstofemissie. Bij de omschakeling van het batterijsysteem naar strooiselsystemen in de pluimveehouderij wordt bijvoorbeeld een forse toename van de stofemissie verwacht. Sommige milieuvriendelijke huisvestingssystemen in combinatie met aangepaste ventilatiesystemen, bijvoorbeeld in de varkenshouderij, zullen waarschijnlijk een stofreducerend effect hebben. Door ontwikkelingen in de huisvesting sinds 1993-1995 (o.a. bolle vloeren en metalen roosters in de varkenshouderij) en de voeding van dieren (o.a. meer brijvoersystemen in de varkenshouderij, vervanging tapioca door granen in varkens- en pluimveevoer) kunnen stofemissies van stalsystemen zijn veranderd. Voor een onderbouwing van de impact van deze ontwikkelingen gedurende de laatste jaren op de stofemissie zijn daarom additionele metingen gewenst.

Daarnaast is in additioneel onderzoek een validatie van de tot dusver beschikbare dataset gewenst. De gehanteerde PM₁₀ cijfers zijn omrekeningen van gemeten totaalstof (overeenkomend met PM₅₀) en PM₅ waarden, waardoor deze minder nauwkeurig zijn. Bovendien was het onderzoek waarin de meetcijfers zijn verzameld niet gericht op het meten van stofemissies, maar op stofconcentraties. Concentraties zijn op verschillende plekken in de stal gemeten, deze zijn niet per definitie representatief voor de stofconcentraties in de uitgaande stallucht.

Omdat de EU ook grenswaarden voor PM_{2,5} heeft vastgesteld is het van belang om in additioneel onderzoek PM_{2,5} op te nemen. Om de huidige dataset waarop de berekende emissiefactoren zijn gebaseerd ook in de toekomst te kunnen gebruiken, is het gewenst naast PM₁₀ en PM_{2,5} tevens totaalstof te meten volgens de methode die gebruikt is in het onderzoek van Groot Koerkamp e.a. (1996).

Om een beter beeld te verkrijgen van de huidige situatie ten aanzien van fijnstofemissies uit de veehouderij is in 2008 een uitgebreid onderzoeksproject opgestart. In dit project zijn bij verschillende diercategorieën en voor verschillende stalsystemen de fijnstofemissies bepaald. Het doel van dit project was om op basis van deze cijfers emissiefactoren voor fijnstof vast te stellen. Vanwege de nieuwe richtlijn voor PM_{2,5} is binnen dit project naast PM₁₀ gelijktijdig ook PM_{2,5} gemeten. Bij eerdere vaststelling van fijnstofemissies uit de veehouderij zijn conversiefactoren gehanteerd voor de omrekening van totaalstof naar PM₁₀. Een tweede doel van dit project was om met metingen onderbouwde conversiefactoren voor omrekening van totaalstof naar PM₁₀ en PM_{2,5} te verkrijgen (niet voor nertsen).

Aangezien er ook behoefte is aan emissiecijfers van methaan en lachgas, zijn deze tevens meegenomen in het meetprogramma. Daarnaast worden de emissies van ammoniak en geur gemeten ter validatie van de huidige meetgegevens en om een volledige meetset van emissies te krijgen. Dit past in de lijn van integrale oplossingen voor het emissieprobleem in de veehouderij.

In dit rapport worden de metingen gerapporteerd die in het kader van het hiervoor genoemde onderzoeksprogramma uitgevoerd zijn in vier nertsenstallen.

2 Materiaal en methode

2.1 Hoofddijn opzet meetprogramma

De metingen aan nertsenstallen zijn onderdeel van een over meerdere diercategorieën uitgevoerd meetprogramma. De opzet van dit programma zal in deze paragraaf worden toegelicht. Voor de keuze van de te bemeten stallen en diercategorieën is allereerst een prioritering aangebracht op basis van de volgende criteria:

- diercategorieën die de grootste bijdrage leveren aan de fijnstofemissie in Nederland;
- stalsystemen binnen diercategorieën die de grootste bijdrage leveren aan de fijnstofemissie in Nederland (o.a. strooiselsystemen in de pluimveehouderij);
- systemen die op dit moment al worden toegepast en die waarschijnlijk een significante reductie geven van de stofemissie in Nederland t.o.v. het referentiejaar 1990 (bijvoorbeeld luchtwassystemen, brijvoer bij varkens, optimaal hok bij vleesvarkens/biggen);
- systemen die op dit moment al worden toegepast en die waarschijnlijk een significante toename geven van de stofemissie in Nederland t.o.v. het referentiejaar 1990 (bijvoorbeeld strooisel- en mestdroogsystemen bij pluimvee; welzijnsvriendelijke stro(oisel)systemen in de varkenshouderij);
- nieuwe ammoniakemissiearme systemen die waarschijnlijk binnen enkele jaren breed worden toegepast;
- systemen die reeds bemeten zijn, maar met een ander protocol (stallen opgenomen in eerder onderzoek EU-project Aerial Pollutants).

Om gegeven de beschikbare financiële middelen zoveel mogelijk informatie te verkrijgen is bovendien per stalcategorie een afweging gemaakt voor het bemeten van vier of twee bedrijfslocaties. In afstemming met de opdrachtgevers heeft dit geleid tot de volgende lijst met te bemeten stallen en de aantallen (Tabel 1).

Tabel 1 Stalsystemen die zijn opgenomen in het meetprogramma met nummer Regeling ammoniak en veehouderij (Rav-nummer), stalomschrijving en aantal stallen per bemeten systeem

Rav-nummer	Omschrijving stalsysteem	Aantal te bemeten stallen
A 1.100	Melkkoeien in ligboxenstal; overige huisvestingssystemen	4*)
D 1.1.4.1	Biggen, gedeeltelijk roostervloerstal met verkleind mestoppervlak, droogvoer	2*)
D 1.1.13	Biggen, volledig roostervloerstal (water en mestkanaal), droogvoer	2
D 1.3.1	Guste en dragende zeugen in individuele huisvesting met smalle ondiepe kanalen	2*)
D 1.3.101	Guste en dragende zeugen in groepshuisvesting zonder stro met voerligboxen	2
D 3.2.7.2.1	Vleesvarkens, gedeeltelijk roostervloerstal met bolle vloer (water en mestkanaal; optimaal hok), droogvoer	2
D 3.2.7.2.1	Vleesvarkens, gedeeltelijk roostervloerstal met bolle vloer (water en mestkanaal; optimaal hok), brijvoer	2
D 3.2.8.1	Vleesvarkens, biologisch luchtwassysteem 70% emissiereductie voor ammoniak; kan in combinatie met één van de voorgaande systemen worden onderzocht	2
D 3.2.9.1	Vleesvarkens, chemisch luchtwassysteem 70% emissiereductie voor ammoniak; kan in combinatie met één van de voorgaande systemen worden onderzocht	2
D 3.100	Vleesvarkens, overige huisvestingssystemen	4*)
E 2.11.3	Legkippen, volièrestal zonder uitloop (voor stallen met uitloop wordt dezelfde systematiek gehanteerd als voor ammoniak)	4
E 2.100	Legkippen, overig huisvestingssysteem niet batterijhuisvesting	4*)
E 4.100	(Groot)ouderdieren van vleeskuikens, overige huisvestingssystemen	2
E 5.100	Vleeskuikens, overig huisvestingssysteem	4*)
E 6.1	Legkippen, nadroging van de mest in een droogtunnel; kan in combinatie met één van de voorgaande systemen worden onderzocht	2
F 4.100	Vleeskalkoenen, overige huisvestingssystemen	2
H 1.2	Nertsen; dagontmesting met afvoer naar een gesloten opslag	4

*) Bij deze categorieën zijn naast PM10 en PM2,5 eveneens totaalstofmetingen uitgevoerd

In het onderzoeksprogramma zijn PM10 en PM2,5 metingen uitgevoerd gelijkwaardig aan het protocol zoals beschreven in het rapport van Hofschreuder e.a. (2008). Dit meetprotocol schrijft per locatie, verspreid over het jaar, zes meetdagen van 24 uur voor. Daarmee houdt het meetprotocol rekening met periodieke variaties in fijnstofemissie, bijvoorbeeld variaties binnen een dag als gevolg van verschillen in dieractiviteit en variaties tussen dagen als gevolg van verschillen tussen seizoenen en variaties als gevolg van groei van dieren. Afhankelijk van het optreden van ronde-effecten dienen bij een aantal diercategorieën metingen verdeeld over de ronde uitgevoerd te worden. Het aantal locaties per stalsysteem dient volgens het voornoemde protocol vier te zijn. Om, gegeven de beschikbare middelen, een zo nauwkeurig mogelijke inschatting te maken van de emissiedeken in Nederland is in dit project hiervan voor een aantal stalsystemen afgeweken. Voor deze systemen is het aantal locaties teruggebracht van vier naar twee (Tabel 1).

Bij een aantal stalsystemen (niet voor nertsen) zijn tevens metingen uitgevoerd voor het bepalen van de emissie van totaalstof. Deze stalsystemen zijn eerder eveneens onderzocht in het EU-project Aerial Pollutants. De toen gevolgde meetmethode zoals beschreven in Takai e.a. (1998) en Groot Koerkamp e.a. (1996), wordt ook in dit programma toegepast. In Tabel 1 staat aangegeven voor welke categorieën dit geldt. Op deze wijze wordt het mogelijk de verhouding tussen totaalstof en PM10/PM2,5 op een directe wijze vast te stellen. Daardoor kunnen eerder gemeten emissies van totaalstof op basis van gemeten conversiefactoren worden omgerekend naar PM10 en PM2,5 emissies.

Naast stofmetingen zijn ook metingen gedaan aan ammoniak, geur, methaan en lachgas volgens meetprotocollen beschreven door respectievelijk Ogink e.a. (2008), Ogink (2008), Groenestein e.a. (2007) en Mosquera en Groenestein (2008). Deze rapportages bevatten toelichting op en onderbouwing van de wijze waarop de meetprotocollen zijn ontworpen, evenals de beschrijving van het protocol. De protocollen zullen in de nabije toekomst nog als zelfstandige documenten worden gepubliceerd. De specifieke uitvoering van de toegepaste werkwijze bij nertsenstallen wordt in de volgende paragrafen verder toegelicht.

2.2 Beschrijving nertsenstallen

De nertsenstallen waren natuurlijk geventileerd. De lucht kwam via de zijwanden de stal binnen en werd via de nok van de stal weer afgevoerd. Het klimaat in de stal werd bepaald door de weersomstandigheden buiten de stal. De dieren werden een deel van het jaar individueel gehuisvest (januari tot half april) daarna volgde een kraamperiode waarbij het moederdier de jongen verzorgde. Vanaf 1 juli werden de jongen verspeend en in kleine groepen (3 tot 4 dieren per kooi) gehuisvest totdat de dieren werden gedood. Dit vond plaats aan het einde van het jaar. De dieren werden gehouden in zogenaamde etagekooien, uitgerust met nestkasten. Per kooi was een drinknippel beschikbaar en werd afhankelijk van de voerbehoefte een of meerdere malen per dag gevoerd. Onder de kooien bevond zich aan de achterzijde een mestgoot. De geproduceerde mest en urine werd hierin opgevangen en afhankelijk van de hoeveelheid mestproductie werd een of meerdere malen per dag de goot leeg geschoven in een afvoerbuiss die in verbinding stond met een ondergrondse mestopslag buiten de stal. De afvoerbuiss was op de Bedrijven 1, 3 en 4 afgesloten met een klep, op Bedrijf 2 was deze open. De belangrijkste kenmerken en foto-impressies van alle bemeten nertsenstallen in dit onderzoek worden weergegeven in bijlagen 1 t/m 4.

In de Regeling ammoniak veehouderij (www.infomil.nl) staat de beschrijving voor nertsenstallen (Rav code H 1.2). De kooien hebben een voorziening voor dagontmesting met afvoer naar een gesloten opslag. De emissies worden uitgedrukt per teefplaats per jaar. Een teefplaats behelst de fokteef inclusief pups en reu. Volgens KWIN 2008-2009 zijn gemiddeld per teef 5.5 pups en 0.24 reu aanwezig. Het aantal dieren wat werd opgezet in de afdelingen was representatief voor het bedrijf, maar kwam niet helemaal overeen met deze cijfers. Dat werd mede veroorzaakt door het verplaatsen van de dieren tijdens spenen. Dit had tot gevolg dat per teef vaak minder pups en reuen in de stal waren dan het gemiddeld aantal pups en reuen op bedrijfsniveau. Daarom werd het aantal fokteefplaatsen gecorrigeerd op basis van het quotiënt van het aanwezig (metabool) diergewicht in de stal en het diergewicht op basis van het gemiddelde aantal aanwezige dieren volgens KWIN. Bij deze berekeningen is de groeicurve van de dieren meegenomen. Het aantal aanwezige teven en het aantal teefplaatsen is in Tabel 2 aangegeven.

2.3 Metingen

In Tabel 2 worden de data waarop de metingen zijn uitgevoerd aangegeven.

Tabel 2 Data waarop metingen zijn uitgevoerd met het dagnummer, de levensfase in de productiecyclus van de nertsen (1: moederdieren en reuen, 2: dracht- en kraamperiode, 3: groeiperiode pups), het aantal aanwezige teven en teefplaatsen, en de gemiddelde 24-uurs klimaatgegevens: temperatuur (°C) en relatieve luchtvochtigheid [%] buiten en in de stal. (-): storing meetapparatuur

Bedrijf		Meting				
		1	2	3	4	5
1	Datum	02-04-2009	19-06-2009	17-08-2009	21-09-2009	19-10-2009
	Dagnr.	92	170	229	264	292
	Levensfase	1	2	3	3	3
	Teven	1292	1134	852	852	852
	Teefplaatsen ¹	1106	1196	740	738	738
	T-buiten	13,5	17,3	19,5	16,4	8,9
	RV-buiten	67	61	72	70	78
	T-stal	13,7	18,1	20,3	17,2	7,9
	RV-stal	61	60	79	69	71
2	Datum	16-04-2009	25-06-2009	20-08-2009	29-10-2009	18-02-2010
	Dagnr.	106	176	232	302	49
	Levensfase	1	2	3	3	1
	Teven	1104	1067	1074	1076	953
	Teefplaatsen ¹	813	1079	743	724	893
	T-buiten	-	21,3	23,3	10,6	4,7
	RV-buiten	-	74	76	92	84
	T-stal	15,1	22,5	24,8	12,9	5,1
	RV-stal	80	68	64	84	82
3	Datum	08-04-2009	15-06-2009	24-08-2009	28-09-2009	26-10-2009
	Dagnr.	98	166	236	271	299
	Levensfase	1	2	3	3	3
	Teven	3022	2990	1345	1345	1345
	Teefplaatsen ¹	2226	2706	1297	1310	1317
	T-buiten	10,1	16,1	23,7	16,3	12,1
	RV-buiten	93	96	62	80	100
	T-stal	9,8	17,6	25,6	18,3	13,1
	RV-stal	94	82	66	86	85
4	Datum	22-04-2009	10-06-2009	27-08-2009	01-10-2009	22-10-2009
	Dagnr.	112	161	239	274	259
	Levensfase	1	2	3	3	3
	Teven	1750	1650	1303	1303	1303
	Teefplaatsen ¹	1289	1587	1174	1185	996
	T-buiten	10,6	15,6	21,7	11,5	8,0
	RV-buiten	64	87	78	97	95
	T-stal	11,7	15,7	22,8	12,9	10,4
	RV-stal	61	83	67	77	89

¹ Het aantal teefplaatsten is berekend op basis van het aantal teven en het gemiddeld aantal pups en reuen per teef volgens KWIN 2008-2009

2.3.1 Stofmetingen

De volgende stofmonsters zijn genomen tijdens meetdagen van 24 uur:

- duplo 24-uurs monsters van deeltjes kleiner dan 10 μm (PM10) van de uitgaande stallucht en enkelvoudige 24-uurs monsters van PM10 van de ingaande stallucht;
- duplo 24-uurs monsters van deeltjes kleiner dan 2,5 μm (PM2,5) van de uitgaande stallucht en enkelvoudige 24-uurs monsters van PM2,5 van de ingaande stallucht;
- minuutmonsters van deeltjes kleiner dan 10 μm (PM10) van de uitgaande stallucht;



Figuur 1 Monsterapparatuur voor PM10 en PM2,5. Linksboven: de 'constant flow' monsternamerpomp. Rechtsboven: de DustTrak model 8520 voor optische en continue metingen van het verloop in PM10 concentratie. Linksonder (van links naar rechts): inlaat, PM10 cycloon, PM2,5 cycloon en filterhouder. Rechtsonder (van links naar rechts): de constructie van de inlaat.

Figuur 1 laat de monsternam-apparatuur zien voor PM10 en PM2,5. De apparatuur voor gravimetrische meting is gebaseerd op de standaard referentie monsternametekoppen voor bepaling van PM10 en PM2,5 concentraties in de buitenlucht (NEN-EN 12341, 1998; NEN-EN 14907, 2005). Het verschil tussen de gebruikte apparatuur en deze standaard apparatuur voor de buitenlucht is dat de impactor voorafscheider is vervangen door een cycloon voorafscheider. Dit vanwege het gevaar van overbelading van de impactieplaat, vooral bij bemonstering van PM2,5 (Zhao e.a., 2009).

PM10 en PM2,5 werd verzameld op een filter, nadat de grotere stofdeeltjes waren afgescheiden met behulp van een PM10 of PM2,5 cycloon (URG corp., Chapel Hill, VS). Het stof werd verzameld op glasvezelfilters met een diameter van 47 mm (type MN GF-3, Macherey-Nagel GmbH & Co., Düren,

Duitsland). De filters werden voor en na de stofmonsternamname gewogen onder standaard condities: temperatuur $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ en $50\% \pm 5\%$ relatieve luchtvochtigheid. Deze voorwaarden staan beschreven in NEN-EN 14907 (2005). Uit het verschil in gewicht voor en na de metingen werd de hoeveelheid verzameld stof berekend. Lucht werd door inlaat, cycloon en filter gezogen met monsternamnamepompen van het type Charlie HV (roterend, $6\text{ m}^3/\text{uur}$, Ravebo Supply BV, Brielle). Deze 'constant flow' pompen regelen het debiet automatisch op basis van de gemeten temperatuur bij de monsternamnamekop (inlaat). Het debiet van deze pompen blijft ook constant bij toename van de drukval over het filter. Hierdoor werd een stabiele luchtstroom verkregen binnen 2% van de nominale waarde. De pompen werden geprogrammeerd op een flow van $1,0\text{ m}^3/\text{uur}$ en op een start- en eindtijd van de monsternamnameperiode. De werkelijke hoeveelheid lucht die bij de monsternamnamepunten werd aangezogen werd met een gasmeter gemeten (gecorrigeerd naar de temperatuur bij de monsternamnamepunten).

Voor een uitvoerige beschrijving van het stofmeetprotocol, de achtergronden en de stofmeetapparatuur wordt verwezen naar Hofschreuder e.a. (2008). In voornoemd rapport staan tevens correctielijnen vermeld voor omrekening van de concentraties gevonden met cycloon monsternamnamekoppen naar impactor monsternamnamekoppen. De volgende correcties zijn uitgevoerd:

PM10: $< 222,6\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$: $Y = 1,0877 X$

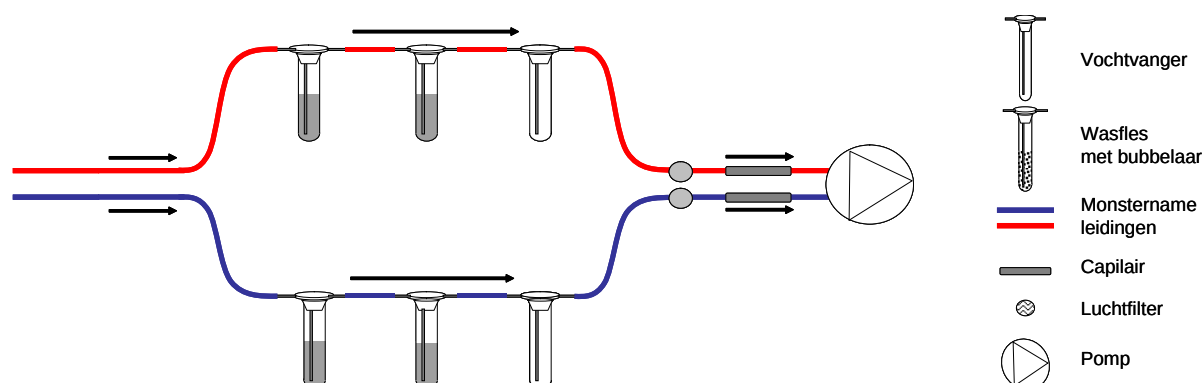
$> 222,6\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$: $Y = 0,8304 X + 57,492$

PM2,5: geen correctie

Op de meetdagen werd tevens elke seconde de PM10 concentratie (mg/m^3) gemeten in de uitgaande stallucht met behulp van de DustTrak (Figuur 1, DustTrak TM Aerosol Monitor, model 8520, TSI Incorporated, Shoreview, USA). Minuutgemiddelde PM10 concentraties werden gelogd. Deze metingen werden verricht om het verloop van de stofconcentratie gedurende de dag te bepalen.

2.3.2 Ammoniakmetingen

De ammoniakconcentratie werd volgens de natchemische meetmethode voor NH_3 (Wintjes, 1993) gemeten. Bij deze meetmethode wordt de lucht via een monsternamnameleiding met een constante luchtstroom ($\sim 1,0\text{ l}/\text{min}$) aangezogen met behulp van een pomp (Thomas Industries Inc., model 607CD32, Wabasha, Minnesota, VS) en een kritische capillair die een luchtstroom geeft van $\sim 1,0\text{ l}/\text{min}$. Alle lucht wordt door een impinger (geplaatst in een wasfles met 100 ml salpeterzuur) geleid, waarbij de NH_3 wordt opgevangen. Om rekening te houden met eventuele doorslag wordt een tweede fles in serie geplaatst. Om doorslag naar de pomp te voorkomen wordt de lucht na de impingers met zuur door een vochtvanger (impinger zonder vloeistof) geleid. De metingen werden per meetplek in duplo uitgevoerd (Figuur 3). De molariteit van de zure oplossing in de wasflessen is afhankelijk van het aanbod van NH_3 dat moet worden gebonden; voor deze stallen was deze 0,05 M. Na de bemonsteringstijd (24 uur) wordt de concentratie gebonden NH_3 spectrofotometrisch bepaald. Voor en na de meting werd de exacte luchtstroom bepaald met behulp van een flowmeter (Defender 510-m, Bios Int. Corp, USA). Door de bemonsteringsduur, de bemonsteringsflow, het NH_4^+ gehalte en de hoeveelheid opvangvloeistof te verrekenen kan de NH_3 -concentratie in de bemonsterde lucht worden bepaald. Zowel de ingaande als uitgaande stallucht werd in duplo bemonsterd.



Figuur 2 Meetopstelling natchemisch methode voor ammoniakemissiemetingen

2.3.3 Geurmetingen

Geurmonsters werden genomen tussen 10:00 en 12:00 uur. De bemonstering werd uitgevoerd volgens de zogenaamde longmethode (Ogink en Mol, 2002). Een 40 liter Nalophan geurmonsterzak werd driemaal gespoeld met geurloze lucht en in een gesloten vat geplaatst. Door lucht uit het vat met behulp van een pomp (Thomas Industries Inc., model 607CD32, Wabasha, Minnesota, VS) via een teflon slang te zuigen (0,4 l/min), ontstaat in het vat onderdruk en wordt door een stoffilter (type #1130, diameter: 50 mm, 1-2 µm, Savillex® Corp., Minnetonka, VS) stallucht aangezogen in de zak. Om condensvorming te voorkomen wordt verwarmingslint langs de monsternamleiding aangebracht. Het monster werd direct na bemonstering naar een geurlaboratorium vervoerd om binnen 30 uur te worden geanalyseerd. Het geurlaboratorium is gecertificeerd volgens de Europese norm EN 13725 (CEN, 2003) en geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie te Utrecht voor het uitvoeren van geuranalyses. Aan de geuranalyses wordt deelgenomen door een groep van vier tot zes panelleden in wisselende samenstelling. De gevoeligheid van de panelleden wordt voor de metingen getest met butanol. De geurconcentraties en –emissies worden vermeld in respectievelijk $\text{OU}_\text{E}/\text{m}^3$ en $\text{OU}_\text{E}/\text{s}$. De eenheid ' OU_E ' staat hierbij voor 'European Odour Units'. Deze aan de EN 13725 ontleende terminologie sluit aan bij de internationale literatuur op dit vakgebied. Gedurende twee van de zes meetdagen is tevens van de ingaande stallucht de geurconcentratie bepaald op dezelfde manier als de uitgaande stallucht.

2.3.4 Broeikasgasmetingen

De bepaling van de CH_4 -, N_2O - en CO_2 -concentraties in de uitgaande stallucht werd op dezelfde wijze gedaan als voor een geurmonster (zie de longmethode hierboven beschreven). De monsterzak werd t/m april 2009 in 24 uur gevuld via discontinue bemonstering. Met behulp van een tijd klok werd elk uur gedurende vijf minuten een vaste luchtstroom aangezogen van 0,4 l/min, gedurende 55 minuten werd er niet bemonsterd. Vanaf mei 2009 is de procedure aangepast. De monsterzak werd dan continu in 24 uur gevuld met een vaste luchtstroom van 0,02 l/min. Op deze wijze werd een tijdsgemiddeld monster verkregen. Het gehalte aan broeikasgassen in het monster werd bepaald met een gaschromatograaf (Interscience/Carbo Erba Instruments, GC 8000 Top; kolom: Molsieve 5A (CH_4 , CO_2), Haysep Q (N_2O); detector: CH_4 : FID, N_2O : ECD, CO_2 : HWD).

2.3.5 Ventilatie-debiet

In het oorspronkelijke meetplan werd de interne tracergas (SF_6) ratiomethode (Mosquera et al, 2002) benoemd als methode voor het bepalen van het ventilatie-debiet tijdens de metingen. Echter, in de meeste gevallen (17 van 20 metingen) werd SF_6 in de buitenlucht gemeten (>10% van de SF_6 concentratie in de stal). Dit betekent dat stallucht als buitenlucht werd gemeten. Dit impliceert dat voor deze open stallen de interne tracergas ratiomethode niet toegepast kon worden. Daarom is het ventilatie-debiet (m^3/uur) bepaald met de CO_2 -massabalansmethode die gebruik maakt van de CO_2 -productie van de dieren (CIGR, 2002; Pedersen e.a., 2008). Bij deze methode wordt de gemiddelde CO_2 -concentratie van de in- en uitgaande stallucht (respectievelijk $[\text{CO}_2]_{\text{stal}}$ en $[\text{CO}_2]_{\text{buiten}}$; ppm) gedurende 24 uur gemeten en de CO_2 -productie van de dieren (m^3/uur per dier) in de stal berekend aan de hand van CIGR rekenregels. Door de CO_2 -productie per dier te vermenigvuldigen met het aantal aanwezige dieren (n) in de stal kan de totale CO_2 -productie worden berekend. Het ventilatie-debiet V (m^3/uur) wordt dan bepaald op basis van:

$$V = \frac{\text{CO}_2 - \text{productie}}{[\text{CO}_2]_{\text{stal}} - [\text{CO}_2]_{\text{buiten}}}$$

In de situaties waar SF_6 in de buitenlucht werd gemeten, werd een constante waarde (400 ppm) voor de CO_2 -achtergrondconcentratie toegepast.

2.3.6 Metingen temperatuur en RV

Temperatuur (°C) en relatieve luchtvochtigheid (%) van de ingaande en uitgaande stallucht werden continu gemeten met behulp van temperatuur- en vochtsensoren (Rotronic; ROTRONIC Instrument Corp., Huntington, VS), met een nauwkeurigheid van respectievelijk $\pm 1,0$ °C en $\pm 2\%$, en de data werden opgeslagen in een datalogstelsel (typen: CR10, CR10X, CR23 en CR23X, Campbell Scientific Inc., Logan, VS).

2.4 Verwerking gegevens

Voor alle bedrijven ($j=1, 2, 3, 4$) werden per meetdag ($i=1, 2, \dots, 5$) de emissies van fijnstof, ammoniak, methaan en lachgas (E_{ij}) bepaald op basis van het gemiddeld ventilatiedebiet (V_{ij}) en de gemiddelde concentraties van de uitgaande lucht ($C_{uit_{ij}}$) en de ingaande lucht ($C_{in_{ij}}$) van fijnstof, ammoniak, methaan en lachgas:

$$E_{ij} = V_{ij} \times (C_{uit_{ij}} - C_{in_{ij}})$$

In de situaties waar SF₆ in de buitenlucht werd gemeten, werden de volgende waarden gebruikt voor de achtergrondconcentraties:

- PM10: 0,019 mg/m³
- PM2.5: 0,009 mg/m³
- NH₃: 0,2 ppm
- CH₄: 2,0 ppm
- N₂O: 0,3 ppm

Voor alle bedrijven ($j=1,2,3,4$) werden per meetdag ($i=1,2,\dots,6$) de emissies van geur (E_{ij}) bepaald op basis van het gemiddeld ventilatiedebiet over de meetperiode (V_{ij}) en de gemiddelde concentraties van de uitgaande lucht ($C_{uit_{ij}}$):

$$E_{ij} = V_{ij} \times C_{uit_{ij}}$$

Deze gemiddelde dagemissies werden, behalve voor geur, doorgerekend naar jaaremmissies. Hierbij werd niet gecorrigeerd voor leegstand. De emissie (E) op jaarbasis werd bepaald door rekening te houden met de verschillende stadia van de jaarcyclus van de nertsen. In tabel 3 staan de verschillende stadia benoemd. Per stadium werd een gemiddelde emissie berekend. De emissie op jaarbasis werd berekend door de gemiddelde per stadium te vermenigvuldigen met het aantal dagen van dit stadium (gewogen gemiddelde) en uiteindelijk alle berekende emissies bij elkaar op te tellen (in totaal 365 dagen). Voor geur werd de emissie uitgedrukt in OU_E/s, en uitgedrukt als natuurlijke logaritme. Hiervoor werd een gewogen (naar cyclusstadium) mediane emissie bepaald (het gemiddelde wordt op log-schaal terug getransformeerd naar de normale schaal)

Tabel 3 Verschillende stadia in de jaarcyclus van een teef, de tijdsperiode die erbij hoort en het aantal metingen dat daarbij is uitgevoerd

Stadium van de jaarcyclus	Tijd in het jaar	Aantal dagen	Aantal metingen
1. Moederdieren en reuen	december t/m april ⁽¹⁾	151	5
2. Dracht- en kraamperiode	mei t/m juli	92	4
3. Groeiperiode pups	augustus t/m november	122	11

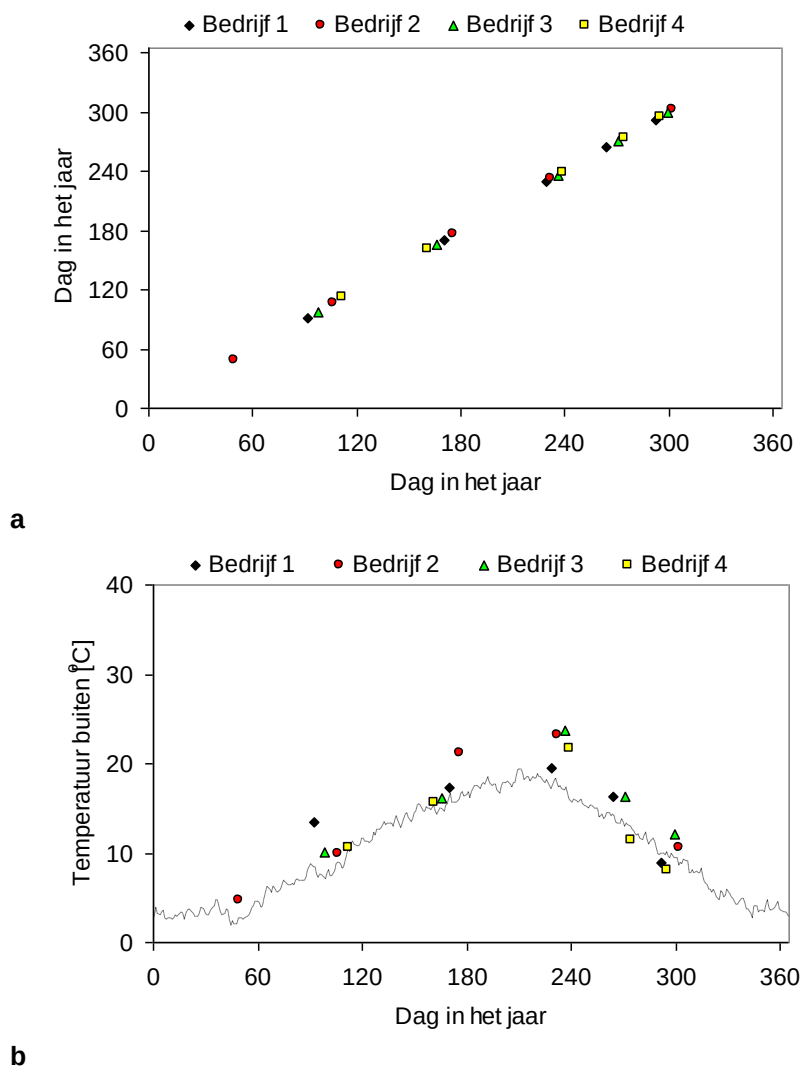
⁽¹⁾ Reuen alleen t/m paren

De emissie (E) op jaarbasis per dierplaats werd bepaald door de stalemissie te delen door het aantal tevenplaatsen (zie tabel 2). Het aantal werkelijk aanwezige dieren kan inclusief pups het drievoudige zijn van het aantal tevenplaatsen.

3 Resultaten

3.1 Meetomstandigheden

De gebruikte meetprotocollen schrijven voor dat, op alle bemeten bedrijven, zes maal gemeten moet worden. De metingen moeten verdeeld over een jaar verricht worden. Daarnaast moeten de zes metingen gebalanceerd over de jaarcyclus van een fokteef worden gedaan. Minimaal 80% van deze metingen (vijf metingen per locatie) moet betrouwbare resultaten opleveren. Figuur 3 laat zien hoe de metingen in dit onderzoek in werkelijkheid verdeeld waren.

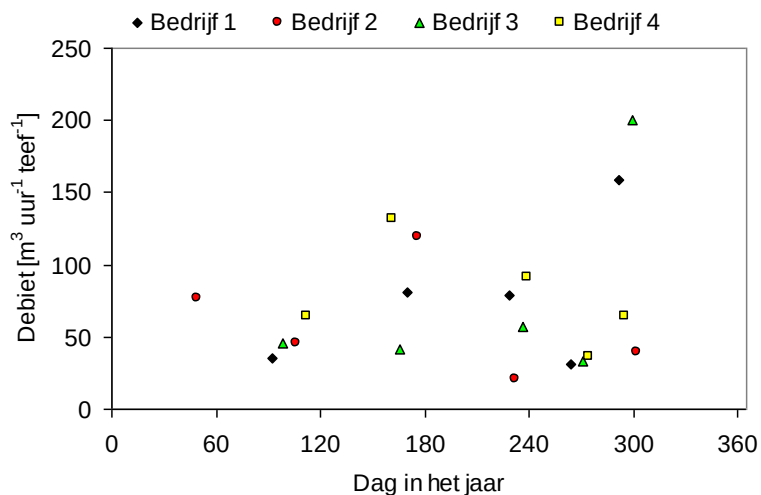


Figuur 3 Verdeling van de metingen over het jaar (a), en de buitentemperatuur (b) vergeleken met de gemiddelde waarden gemeten over de jaren 1984-2009 voor de regio Eindhoven (www.knmi.nl; als stippellijn weergegeven)

De metingen zijn verspreid over het jaar genomen met een gemiddeld dagnummer in het jaar van 203. De gemiddelde buitentemperatuur op de dagen waarop is gemeten ($14,8^{\circ}\text{C}$) is hoger dan het langjarige gemiddelde in Nederland ($10,1^{\circ}\text{C}$).

3.2 Ventilatie-debiet

In Figuur 4 wordt het ventilatiedebiet op de verschillende meetdagen voor alle bemeten nertsenstallen weergegeven.

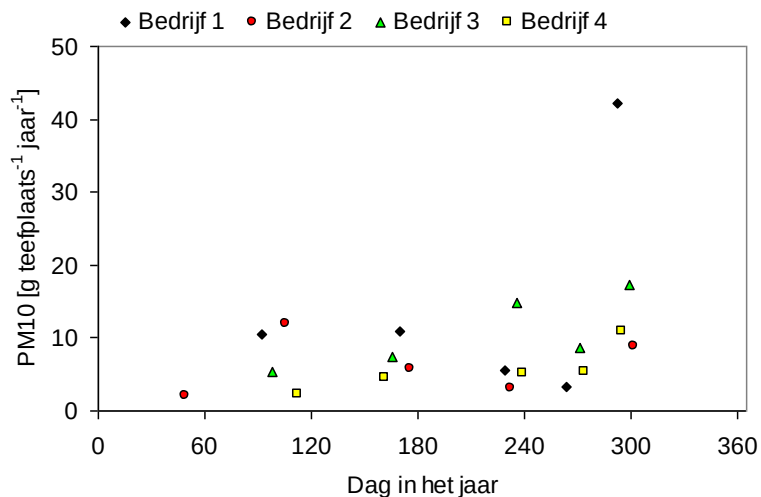


Figuur 4 Gemiddeld ventilatiedebiet op de verschillende meetdagen voor de vier nertsenstallen

Uit deze figuur blijkt dat de variatie in het ventilatiedebiet groot is en wisselt per meting en locatie. Dit is gerelateerd aan verschillen in windsnelheid en windrichting voor de meetdagen. Het gemiddelde debiet was 73 m³/uur per fokteef en 76 m³/uur per fokteefplaats.

3.3 PM10 emissie

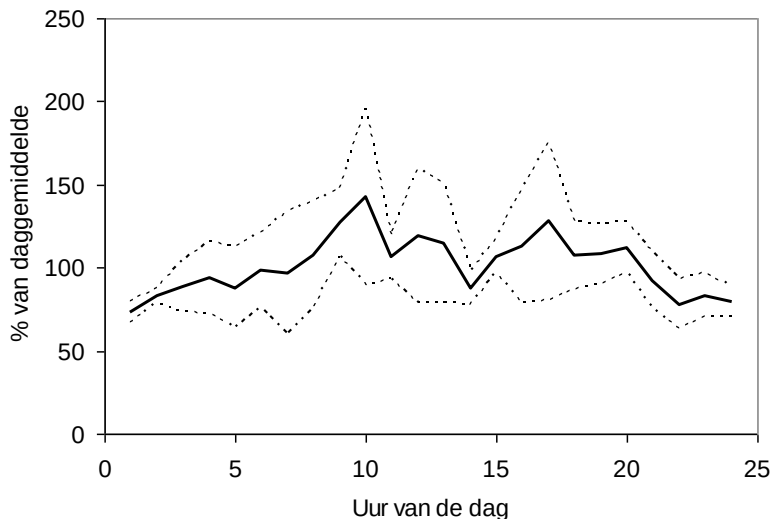
In Figuur 5 wordt de PM10 emissie op de verschillende meetdagen voor de vier nertsenstallen weergegeven.



Figuur 5 Gemiddelde PM10 emissies op de verschillende meetdagen voor de vier nertsenstallen

Uit deze figuur blijkt dat voor de PM10 emissies per teefplaats niet toeneemt gedurende de productiecyclus terwijl de diermassa wel toeneemt. Een uitzondering is de emissie rond dag 300 van bedrijf 1. Op basis van de resultaten weergegeven in Figuur 5 werd een jaaremissie berekend voor PM10 per dierplaats van $8,1 \pm 3,6$ g/jaar.

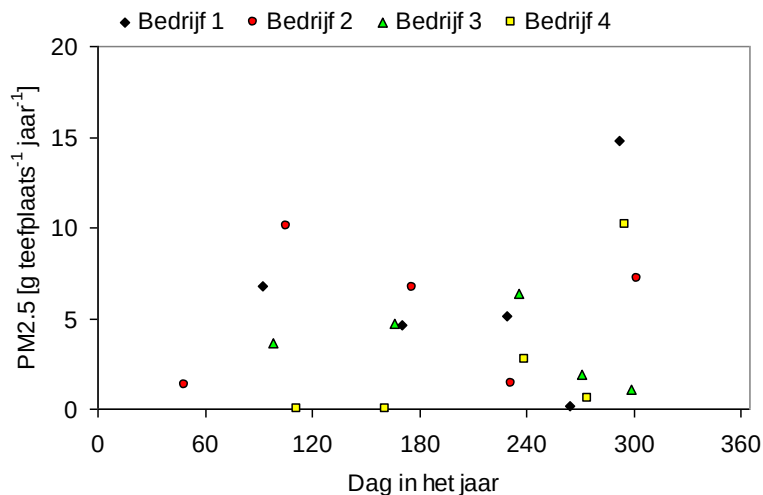
In Figuur 6 wordt, op basis van de metingen met de DustTrak, het concentratiepatroon voor PM10 weergegeven. Om het concentratiepatroon te bepalen werd eerst per bedrijf het gemiddelde uit alle metingen berekend. Daarna werd per uur het percentageverschil ten opzichte van dit gemiddelde berekend. Figuur 6 laat zien dat de concentraties 's nachts laag zijn. Het patroon overdag varieert sterk, met verschillende concentratiepieken en een grote spreiding, wat in de standaarddeviatie van de metingen (stippellijnen) te zien is.



Figuur 6 Gemiddeld concentratiepatroon voor PM10 op basis van de DustTrak metingen voor de vier nertsenstallen. Stippellijnen: $\pm$ standaard deviatie.

3.4 PM2,5 emissie

In Figuur 7 wordt de PM2,5 emissie op de verschillende meetdagen voor de vier nertsenstallen weergegeven.

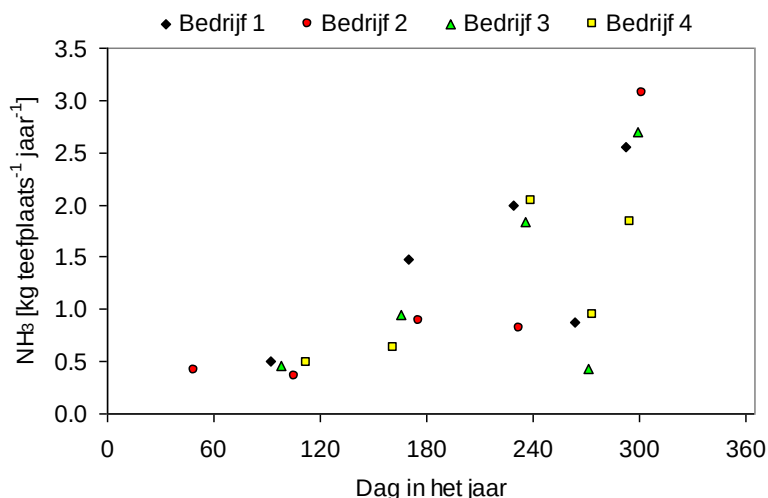


Figuur 7 Gemiddelde PM2,5 emissies op de verschillende meetdagen voor de vier nertsenstallen

In het eerste deel van het jaar wanneer de dieren paren en de pups worden geboren lijkt de emissie van PM2,5 relatief hoog, terwijl ook zeer lage concentraties worden gemeten op bedrijf 2 en 4. Op basis van deze gegevens werd een jaaremissie berekend voor PM2,5 per dierplaats van $4,2 \pm 2,1$ g/jaar.

3.5 Ammoniakemissie

In Figuur 8 wordt de ammoniakemissie op de verschillende meetdagen voor de vier nertsenstallen weergegeven.

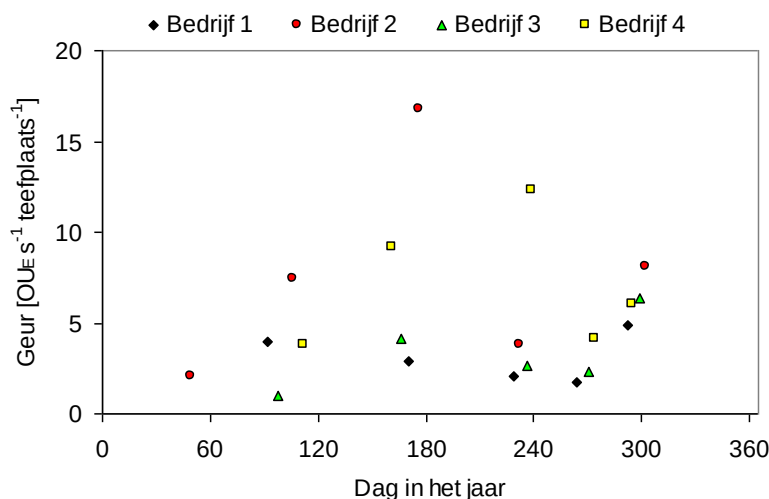


Figuur 8 Gemiddelde ammoniakemissies op de verschillende meetdagen voor vier nertsenstallen

Uit deze figuur blijkt dat de ammoniakemissie een trend laat zien waarbij de emissie toeneemt in de loop van het jaar, wanneer de pups in de stal zijn. Dit komt overeen met de verwachting dat meer NH_3 -emissie optreedt bij toenemende hoeveelheid mest, geproduceerd door de groeiende pups. Toch komen aan het eind van de productiecyclus ook lage emissies voor. Op basis van deze gegevens werd een jaaremissie berekend voor ammoniak per dierplaats van $1,0 \pm 0,1$ kg/jaar

3.6 Geuremissie

In Figuur 9 wordt de geuremissie op de verschillende meetdagen voor de vier nertsenstallen weergegeven.

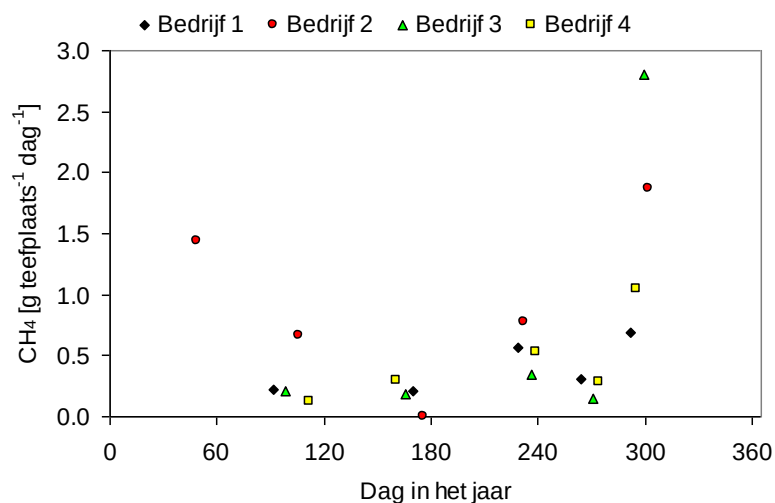


Figuur 9 Gemiddelde geuremissies op de verschillende meetdagen voor de vier nertsenstallen

Uit deze figuur blijkt dat de verschillen in geuremissies tussen de bedrijven vooral in het midden van het jaar groot waren, terwijl overige meetdata over de vier bedrijven een consistent beeld gaven. Op basis van deze gegevens werd een (mediane) geuremissie op jaarbasis berekend per dierplaats van $4,9 \pm 2,4$ OUE/s.

3.7 Methaanemissie

In Figuur 10 wordt de methaanemissie op de verschillende meetdagen voor de vier nertsenstallen weergegeven.



Figuur 10 Gemiddelde methaanemissies op de verschillende meetdagen voor de vier nertsenstallen

Overall waren de methaanemissies laag. Opvallend is de hogere emissie van 3 g per teefplaats per dag op bedrijf 3 rond dag 300. Omdat de mest frequent verwijderd werd uit de stal mag aangenomen worden dat de methaan endogeen van oorsprong is. Op basis van deze gegevens werd een gemiddelde emissie berekend voor methaan per dierplaats van $0,20 \pm 0,10$ kg/jaar.

3.8 Lachgasemissie

Voor alle metingen uitgevoerd in de 4 nertsenstallen waren de lachgasconcentraties in de stal gelijk aan de concentraties in de buitenlucht. Er kon geen emissie van lachgas worden vastgesteld.

4 Discussie

In het hoofdstuk resultaten zijn de verschillende emissies op jaarbasis berekend zonder correctie voor leegstand. Volgens de meetprotocollen dient bij de berekening van de emissiefactoren voor nertsen geen correctie voor leegstand te worden toegepast. In Tabel 4 worden de in dit onderzoek gemeten emissiecijfers weergegeven voor de vier nertsenbedrijven. Voor ammoniak worden de metingen vergeleken met de corresponderende waarden in de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav).

Tabel 4 Emissies van PM10, PM2,5, ammoniak, geur, methaan en lachgas voor de vier nertsenbedrijven, uitgedrukt per dierplaats (fokteefplaats) per jaar; zonder leegstandcorrectie zoals vereist volgens meetprotocol; gehanteerde emissiefactor (Rav-waarde, zie tekst)

Emissie	Waarde huidige metingen (niet gecorr. voor leegstand)	Gehanteerde emissiefactoren
PM10 (g/fokteefplaats per jaar)	$8,1 \pm 3,6$	-
PM2,5 (g/fokteefplaats per jaar)	$4,2 \pm 2,1$	-
Ammoniak (kg/fokteefplaats per jaar)	$1,0 \pm 0,1$	0,25
Geur (OU _E /fokteefplaats per s)	$4,9 \pm 2,4$	-
Methaan (kg/fokteefplaats per jaar)	$0,2 \pm 0,1$	-
Lachgas (g/fokteefplaats per jaar)	0	-

Zoals in paragraaf 2.3.5 besproken kon het ventilatiedebiet niet worden bepaald op basis van de interne tracergas (SF₆) ratiomethode en is gebruik gemaakt van de warmtebalansmethode met CO₂ als interne tracer. Op basis van het op deze manier berekende ventilatiedebiet en de oppervlakte van de luchtinlaat kan berekend worden dat gedurende onderhavig onderzoek de luchtsnelheid ter plekke varieerde van 0.1-0.5 m/sec. Dit zijn voor een stal reële luchtsnelheden die overeenkomen met tijdens een voorstudie oriënterend is gemeten (Groenestein en Hol, persoonlijke mededeling).

Voor fijnstof is in de betreffende regeling (Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007) geen emissiefactor voor nertsen opgenomen. Er is ook nooit eerder onderzoek uitgevoerd naar de fijnstofemissie bij nertsen zodat de resultaten van dit onderzoek niet kunnen worden vergeleken. In verhouding tot andere diersoorten waarvoor in de Rbl een emissiefactor voor fijnstof is opgenomen is de emissiefactor voor nertsen laag.

De berekende ammoniakemissie op basis van de huidige metingen ($1,0 \pm 0,1$ g/fokteefplaats per jaar) is hoger dan de huidige emissiefactor voor ammoniak (0,25 kg/fokteefplaats per jaar) in de Rav. Er zijn in de literatuur slechts enkele verslagen van metingen aan nertsenstallen te vinden. Van Beek e.a. (1991) concludeerde op basis van metingen aan een groep van 18 reuen dat de huidige emissiefactor van 580 g/fokteefplaats per jaar te laag was. Pedersen and Sandbol (2002) maten de ammoniakemissies van 24 kooien met in elke kooi een reu en een teef. De ammoniakemissies waren per dier vergelijkbaar met die van van Beek e.a. (1991), en lager dan tijdens onderhavige studie. Beide studies bevestigen dat frequent verwijderen van mest uit de stal een goede methode is om de ammoniakemissie te reduceren. Een verklaring voor de lagere ammoniakemissies van van Beek et al (1991) en Pedersen and Sandbol (2002) is de bezetting van een of twee dieren per kooi, terwijl in deze studie is uitgegaan van emissie per teefplaats inclusief reuen en pups. Een ander substantieel verschil is de hoeveelheid geventileerde lucht. In onderhavige studie werden de stallen natuurlijk geventileerd, de aangehaalde studies hadden mechanisch geventileerd om het debiet te kunnen bepalen. Dit veroorzaakte een lager debiet met een lagere luchtbeweging over de emitterende oppervlakken, wat de ammoniakemissie reduceert. Pedersen and Sandbol (2002) ventileerde maximaal ca. 10 m³/uur per dier terwijl in dit onderzoek gemiddeld 82 m³/uur per teefplaats geventileerd werd. Van Beek e.a. (1991) ventileerde 28 m³/uur per reu en een ventilatievoud van 5,3 keer per uur. Tijdens dit onderzoek werd de lucht in de stal gemiddeld 19 keer per uur ververst.

De metingen zijn verspreid over het jaar genomen met een gemiddeld dagnummer in het jaar van 203. De gewogen gemiddelde buitentemperatuur op de dagen waarop is gemeten (14,0 °C) is hoger dan het langjarige gemiddelde in Nederland (10,1 °C). Pedersen and Sandbol (2002) hebben over een temperatuurstraject van 6-16°C een ammoniakemissiereductie van 5% per graad geconstateerd. Echter, in een mechanisch geventileerde stal wordt het ventilatiedebiet bepaald door de temperatuur. Hoge temperaturen gaan derhalve gepaard met hoge debieten en effecten van temperatuur en luchtbeweging op de emissie zijn gestapeld. In een natuurlijk geventileerde omgeving bestaat die

relatie tussen temperatuur en ventilatie niet en zal het effect van temperatuur op de emissie daarom lager zijn.

De regelgeving voor nertsbedrijven betreffende de geuremissie wordt bepaald met de afstandentabel. Dit betekent dat er geen emissiefactor voor geur in de Rgv is vastgesteld. In Nederland is ook nooit eerder onderzoek uitgevoerd naar de geuremissie bij nertsen zodat de resultaten van dit onderzoek niet kunnen worden vergeleken. In orde van grootte komt de geuremissie van de nertsen overeen met die van biggen.

Om op basis van de meetwaarden te komen tot een jaarcijfer is in deze studie rekening gehouden met de verschillende levensfasen gedurende de productiecyclus van de nertsen: alleen moederdieren en reuen, dracht- en kraamperiode en de periode met groeiende pups. Wanneer geen gewogen gemiddelde berekend was geweest, maar gewone gemiddelden, zouden de gemiddelde emissies voor fijnstof 15%, voor NH_3 20% en voor CH_4 25% hoger gelegen hebben dan de waarden weergegeven in tabel 4. Voor geur zouden de gemiddelde emissies 10% lager geweest zijn dan de waarden in tabel 4.

Het is moeilijk om bedrijven die in het onderzoek hebben meegedaan met elkaar te vergelijken ten aanzien van emissies. Dit is vooral lastig omdat zes metingen van één bedrijf onvoldoende zijn om het bedrijf voldoende nauwkeurig te karakteriseren ten aanzien van emissies. Het meetprotocol is dusdanig opgezet dat alle metingen van alle bedrijven (ca. 24) nodig zijn om een voldoende nauwkeurige emissiefactor vast te stellen voor een stalsysteem. Vijf metingen op één bedrijf is onvoldoende om voor dat bedrijf zelf een emissiefactor vast te stellen. Deze vijf metingen kunnen voor één bedrijf net gunstig uitvallen, of juist ongunstig uitvallen. Het heeft daarom niet veel zin om te proberen te verklaren waarom één bedrijf een hogere of juist een lagere emissie heeft dan een ander bedrijf. Dit afgezien van het feit dat er zoveel factoren verschillend zijn dat het zeer moeilijk is om een duidelijke oorzaak aan te wijzen.

5 Conclusies

Op basis van dit onderzoek in vier nertsenstallen zijn de volgende jaaremissies bepaald waarbij niet gecorrigeerd is voor leegstand, zoals vereist volgens meetprotocol (berekende emissiefactor $\pm$ de standaarddeviatie tussen de bedrijven):

- PM10 emissie: $8,1 \pm 3,6$ g/fokteefplaats per jaar
- PM2,5 emissie: $4,2 \pm 2,1$ g/fokteefplaats per jaar
- Ammoniakemissie: $1,0 \pm 0,1$ kg/fokteefplaats per jaar
- Geuremissie: $4,9 \pm 2,4$ OU_E/fokteefplaats per s
- Methaanemissie: $0,2 \pm 0,1$ kg/fokteefplaats per jaar
- Lachgasemissie: 0 g/fokteefplaats per jaar

Literatuur

- Aarnink, A.J.A., J. van Harn, T.G. van Hattum, Y. Zhao, J.W. Snoek, I. Vermeij en J. Mosquera. 2008. Reductie stofemissie bij vleeskuikens door aanbrengen oliefilm. Rapport 154, Animal Sciences Group, Lelystad.
- CEN standard 13725. 2003. Air quality - determination of odour concentration by dynamic olfactometry, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- Chardon, W.J., and K.W. Van der Hoek. 2002. Berekeningsmethode voor de emissie van fijn stof vanuit de landbouw. p 35. Alterra / RIVM, Wageningen.
- CIGR. 2002. 4th Report of Working Group on Climatization of animal houses. Heat and moisture production at animal and house levels (eds. Pedersen, S.; K. Sällvik).
- Groot Koerkamp, P. W. G., G. H. Uenk, and H. Drost. 1996. De uitstoot van respirabelstof door de Nederlandse veehouderij. Rapport 96-10, Instituut voor Milieu- en Agritechniek.
- Groenestein, C.M., J. Mosquera, N.W.M. Ogink en J.M.G. Hol. 2007 Meetprotocol voor het bepalen van een emissiefactor voor methaan uit stalsystemen. Intern rapport, Animal Sciences Group, Wageningen.
- Hofschreuder, P., Y. Zhao, A.J.A. Aarnink, and N.W.M. Ogink. 2008. Measurement protocol for emissions of fine dust from animal housings. Considerations, draft protocol and validation. Report 134, Animal Sciences Group, Lelystad.
- Mosquera, J., P. Hofschreuder, J.W. Erisman, E. Mulder, C.E. van 't Klooster, N. Ogink, D. Swierstra en N. Verdoes. 2002. Meetmethode gasvormige emissies uit de veehouderij. Wageningen, IMAG rapport 2002-12.
- Mosquera, J. en C.M. Groenestein. 2008. Bouwstenen voor een meetprotocol voor het bepalen van een emissiefactor voor lachgas uit stalsystemen. Intern rapport, Animal Sciences Group, Wageningen.
- NEN-EN 12341. 1998. Luchtkwaliteit - bepaling van de pm10 fractie van zwevend stof - referentiemethode en veldonderzoek om de referentiegetrouwheid aan te tonen van meetmethoden, Nederlands Normalisatie-instituut, Delft.
- NEN-EN 14907. 2005. Ambient air quality - standard gravimetric measurement method for the determination of the pm2,5 mass fraction of suspended particulate matter, Nederlands Normalisatie-instituut, Delft.
- Ogink, N.W.M. 2008. Protocol voor het meten van de geuremissie uit stalsystemen in de veehouderij. Intern rapport, Animal Sciences Group, Wageningen.
- Ogink, N.W.M., J.M.G. Hol, J. Mosquera, and H.M. Vermeer. 2008. Bouwstenen voor een nieuw meetprotocol ammoniak emissiemetingen voor huisvestingssystemen in de veehouderij. Intern rapport, Animal Sciences Group, Wageningen.
- Ogink, N.W.M., G. Mol. 2002. Uitwerking van een protocol voor het meten van de geuremissie uit stallocaties en stalsystemen in de veehouderij. IMAG nota P 2002-57, 31 pp.
- Pedersen, S. en P. Sandbol. 2002. Ammonia emission and nitrogen balances in mink houses. Biosystems Engineering 82 (4), 469-477.
- Pedersen, S., V. Blanes-Vidal, M.J.W. Heetkamp, and A.J.A. Aarnink. 2008. Carbon dioxide production in animal houses: A literature review. Agricultural Engineering International: CIGR Ejournal. Manuscript BC 08 008, Vol. X. December, 2008.
- Takai, H., S. Pedersen, J.O. Johnsen, J.H.M. Metz, P.W.G. Groot Koerkamp, G.H. Uenk, V.R. Phillips, M.R. Holden, R.W. Sneath, J.L. Short, R.P. White, J. Hartung, J. Seedorf, M. Schroeder, K.H. Linkert, C.M. Wathes. 1998. Concentrations and emissions of airborne dust in livestock buildings in northern europe. J. agric. Engng Res. 70: 59-77.
- Van Beek, G., F. de Buisson en G. de Jonge. 1991. Invloed van temperatuur en ontmest-frekwentie op de ammoniak-emissie van nertsen gehuisvest in een mechanisch geventileerde stal. Spelderholt Uitgave No. 559.
- Wintjens, Y. 1993. Gaswasfles. In Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniak- problematiek in de veehouderij 16 (eds E.N.J. van Ouwerkerk), pp. 38-40. DLO, Wageningen.
- Zhao, Y., A.J.A. Aarnink, P. Hofschreuder, and P.W.G. Groot Koerkamp. 2009. Validation of cyclone as a pre-separator for airborne dust sampling in animal houses. Journal of Aerosol Science, Vol. 40, Issue 10, October 2009, pp. 868-878.

Bijlagen

Bijlage 1 Bedrijf 1

Algemeen	Nertsen
Rav-code mei 2009 en emissiefactoren (www.infomil.nl)	H1.2 NH ₃ : 0,25 kg/jaar per fokteef Geur: afstandentabel Fijnstof PM10: geen emissiefactor
Stalbeschrijving	Dagontmesting met afvoer naar een gesloten opslag
Stalsituatie	
Aantal dierplaatsen	1007
Beschrijving kooi	Etagekooien, maximaal 3 dieren per kooi
Aantal kooien en kooioppervlak	1.704 ; 4.800 cm ²
Loopoppervlakte per dier [m ²]	
Individuele huisvesting	4.800
Groepshuisvesting	1.600
Mestgoten	
Beschrijving	Half ronde goot (diameter 30 cm) onder de achterzijde van de kooi, openingen naar de mestopslag afgedekt
Afvoer mest uit de afdeling	Afhankelijk van de jaarcyclus een tot tweemaal per dag
Klimaatregeling	
Ventilatie	Natuurlijk geventileerd
Ventilatieopeningen	Nok 68 m ² ; Zijwand west met vogelgaas 175 m ² Zijwand oost met vogelgaas 77 m ²
Inhoud van de stal	4.133 m ³ (72,5 m lengte, 15,2 m breedte, 2,50 m goothoogte, 5,0 m nokhoogte)
Interne ventilatie	2 ventilatoren aanwezig (tijdens de metingen stonden deze stil)
Bedrijfsvoering	
Voersysteem en voertijden	Voer boven op de kooien; afhankelijk van de aanwezigheid en de leeftijd van de jongen wordt twee- of driemaal per dag gevoerd tussen 8:00 en 19:00 uur
Type voer	Slachtafval gemengd met meel en additieven
Verteerbare energie [nerts]	Tussen 1.197 en 1.765
Re [%]	Tussen 12,7 en 15,4
Gewichtstraject pubs [kg]	Groeiperiode vanaf half april tot begin november
teven	0-1,7 kg
reuen	0-3,2 kg
Drinkwatersysteem en -tijden	Nippel in het hok; onbeperkt beschikbaar
Lichtregime	Natuurlijk
Schoonmaakregime	Eenmaal per jaar in de winter (in de winter: na het afleveren voor het paren) wordt de stal geheel schoongemaakt



Luchtinlaat oost



Luchtinlaat west



Nertsenkooien met houten nesten voor de kooi en mestgoot onder de kooi



Uitgaande lucht via de nok van de stal

Bijlage 2 Bedrijf 2

Algemeen	Nertsen
Rav-code mei 2009 en emissiefactoren (www.infomil.nl)	H1.2 NH ₃ : 0,25 kg/jaar per fokteef Geur: afstandentabel Fijnstof PM10: geen emissiefactor
Stalbeschrijving	Dagontmesting met afvoer naar een gesloten opslag
Stalsituatie	
Aantal dierplaatsen	1.104
Beschrijving kooi	Etagekooien, maximaal 4 dieren per kooi
Aantal kooien en kooioppervlak	1.304 ; 4.800 cm ²
Oppervlakte per dier [m ²]	
Individuele huisvesting	4.800
Groepshuisvesting	1.200
Mestgoten	
Beschrijving	Half ronde goot (diameter 30 cm) onder de achterzijde van de kooi, openingen naar de mestopslag niet afgedekt
Afvoer mest uit de afdeling	Afhankelijk van de jaarcyclus twee tot driemaal per dag
Klimaatregeling	
Ventilatie	Natuurlijk geventileerd
Ventilatieopeningen	Nok 20,1 m ² ; zijwanden met windbreekgaas 134 m ² per wand
Inhoud van de stal	3.687 m ³ (67 m lengte, 15,5 m breedte, 2,00 m goothoogte, 5,1 m nokhoogte)
Interne ventilatie	Geen
Bedrijfsvoering	
Voersysteem en voertijden	Voer boven op de kooien; afhankelijk van de aanwezigheid en de leeftijd van de jongen wordt twee- of driemaal per dag gevoerd tussen 9:00 en 16:30 uur
Type voer	Slachtafval gemengd met meel en additieven
Verteerbare energie [nerts]	Tussen 1.149 en 1.765
Re [%]	Tussen 13,1 en 15,4
Gewichtstraject pubs [kg]	Groeiperiode vanaf half april tot begin november
teven	0-1,7 kg
reuen	0-3,2 kg
Drinkwatersysteem en -tijden	Nippel in het hok; onbeperkt beschikbaar
Lichtregime	Natuurlijk
Schoonmaakregime	Eenmaal per jaar in de winter (in de winter: na het afleveren en voor het paren) wordt de stal geheel schoongemaakt



Natuurlijk geventileerde nertsenstal



Luchtinlaat met meetapparatuur



Binnenzijde stal met meetapparatuur in de nok



Mestgoot met open afvoer naar de mestopslag

Bijlage 3 Bedrijf 3

Algemeen	Nertsen
Rav-code mei 2009 en emissiefactoren (www.infomil.nl)	H1.2 NH ₃ : 0,25 kg/jaar per fokteef Geur: afstandentabel Fijnstof PM10: geen emissiefactor
Stalbeschrijving	Dagontmesting met afvoer naar een gesloten opslag
Stalsituatie	
Aantal dierplaatsen	1.345
Beschrijving kooi	Etageskooien, maximaal 3 dieren per kooi
Aantal kooien en kooioppervlak	3.060; 4.800 cm ²
Loopoppervlakte per dier [m ²]	
Individuele huisvesting	4.800
Groepshuisvesting	1.600
Mestgoten	
Beschrijving	Half ronde goot (diameter 30 cm) onder de achterzijde van de kooi, openingen naar de mestopslag afgedekt
Afvoer mest uit de afdeling	Afhankelijk van de jaarcyclus een tot tweemaal per dag
Klimaatregeling	
Ventilatie	Natuurlijk geventileerd
Ventilatieopeningen	Nok 32,4 m ² ; zijwanden met windbreekgaas 270 m ² per wand;
Inhoud van de stal	8.311 m ³ (108 m lengte, 19 m breedte, 2,50 m goothoogte, 5,6 m nokhoogte)
Interne ventilatie	Geen
Bedrijfsvoering	
Voersysteem en voertijden	Voer boven op de kooien; afhankelijk van de aanwezigheid en de leeftijd van de jongen wordt een- of tweemaal per dag gevoerd tussen 9:00 en 19:00 uur
Type voer	Slachtafval gemengd met meel en additieven
Verteerbare energie [nerts]	Tussen 1.070 en 1.580
Re [%]	Tussen 11,4 en 13,0
Gewichtstraject pubs [kg]	Groeiperiode vanaf half april tot begin november
teven	0-1,7 kg
reuen	0-3,2 kg
Drinkwatersysteem en -tijden	Nippel in het hok; onbeperkt beschikbaar
Lichtregime	Natuurlijk
Schoonmaakregime	Eenmaal per jaar in de winter (in de winter: na het afleveren en voor het paren) wordt de stal geheel schoongemaakt



Voorzijde stal met deuropeningen



Luchtinlaat stal, 50% vogel-, 50% windbreekgaas



Nertsenstal met kooien, de houten bakjes voor de kooien zijn nesten. Bovenin de stal is de luchtuitlaat zichtbaar



Nerts in een kooi

Bijlage 4 Bedrijf 4

Algemeen	Nertsen
Rav-code mei 2009 en emissiefactoren (www.infomil.nl)	H1.2 NH ₃ : 0,25 kg/jaar per fokteef Geur: afstandentabel Fijnstof PM10: geen emissiefactor
Stalbeschrijving	Dagontmesting met afvoer naar een gesloten opslag
Stalsituatie	
Aantal dierplaatsen	1.433
Beschrijving kooi	Etageskooien, maximaal 4 dieren per kooi
Aantal kooien en kooioppervlak	2.094; 4.800 cm ²
Loopoppervlakte per dier [m ²]	
Individuele huisvesting	4.800
Groepshuisvesting	1.200
Mestgoten	
Beschrijving	Half ronde goot (diameter 30 cm) onder de achterzijde van de kooi, openingen naar de mestopslag afgedekt
Afvoer mest uit de afdeling	Afhankelijk van de jaarcyclus één- tot tweemaal per dag
Klimaatregeling	
Ventilatie	Natuurlijk geventileerd
Ventilatieopeningen	Nok 85 m ² ; zijwanden met windbreekgaas 127,5 m ² per wand;
Inhoud van de stal	4.582 m ³ (85 m lengte, 15,4 m breedte, 2,2 m goothoogte, 4,8 m nokhoogte)
Interne ventilatie	Geen
Bedrijfsvoering	
Voersysteem en voertijden	Voer boven op de kooien; afhankelijk van de aanwezigheid en de leeftijd van de jongen wordt een- of tweemaal per dag gevoerd tussen 9:00 en 19:00 uur
Type voer	Slachtafval gemengd met meel en additieven
Verteerbare energie [nerts]	Tussen 1.152 en 1.765
Re [%]	Tussen 12,0 en 15,8
Gewichtstraject pubs [kg]	Groeiperiode vanaf half april tot begin november
teven	0-1,7 kg
reuen	0-3,2 kg
Drinkwatersysteem en -tijden	Nippel in het hok; onbeperkt beschikbaar
Lichtregime	Natuurlijk
Schoonmaakregime	Eenmaal per jaar in de winter (in de winter: na het afleveren en voor het paren) wordt de stal geheel schoongemaakt



Luchtinlaat met vogelgaas
(plafondventilatie)



Luchtuitlaat met meetapparatuur in de nok



Nertsenstal



Nertsenkooi met houten nest voor de kooi en
mestgoot onder de achterzijde van de kooi



Wageningen UR Livestock Research

Edelhertweg 15, 8219 PH Lelystad T 0320 238238 F 0320 238050

E info.livestockresearch@wur.nl | www.livestockresearch.wur.nl