

Ammoniakemissie uit een ligboxenstal voor rundvee met sleufvloer en mestkelder

D. Swierstra
M.C.J. Smits
H. Gunnink

imag-dlo



Ammoniakemissie uit een ligboxenstal voor rundvee met sleufvloer en mestkelder

D. Swierstra
M.C.J. Smits
H. Gunnink

Intern verslag

Nota V 97-16
Maart 1997

DLO-Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG-DLO)
Mansholtlaan 10-12
Postbus 43, 6700 AA Wageningen
Telefoon 0317 - 476300
Telefax 0317 - 425670

Interne mededeling IMAG-DLO. Niets uit deze nota mag elders worden vermeld, of worden vermenigvuldigd op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het instituut.

Bronvermelding zonder weergave van de feitelijke inhoud is evenwel toegestaan, op voorwaarde van de volledige vermelding van: auteursnaam, jaartal, titel, instituut en notanummer en de toevoeging: 'niet gepubliceerd'.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of the institute.

Inhoud

| | |
|----------------------------------|-----------|
| Samenvatting | 3 |
| 1 Inleiding | 4 |
| 2 Materiaal en methoden | 5 |
| 2.1 Materiaal | 5 |
| 2.2 Methoden | 7 |
| 3 Resultaten en discussie | 10 |
| 4 Conclusies | 12 |
| Literatuur | 13 |
| Bijlage | 14 |

Samenvatting

In een IMAG-DLO ligboxenstal voor rundvee werd een vergelijkend onderzoek uitgevoerd naar emissie-arme vloersystemen. Onderzocht werd een betonnen sleufvloer voorzien van perforaties. De vaste mest werd regelmatig met een mestschuif verwijderd. De ammoniakemissie uit een stalafdeling met de sleufvloer werd vergeleken met die uit een afdeling met een traditionele roostervloer. De metingen hadden betrekking op de winterperiode van november 1996 tot februari 1997.

De reductie van de ammoniakemissie uit de afdeling met de sleufvloer bedroeg gedurende de winterperiode 46% ten opzichte van de emissie uit de afdeling met een standaardroostervloer. Tijdens het gebruik van de sleufvloer raakte niet meer dan 10% van het totaal aantal perforaties verstopt.

Door de perforaties in de sleufvloer kunstmatig volledig af te sluiten bedroeg de emissiereductie 35%. De perforaties droegen substantieel bij aan de emissiereductie.

1 Inleiding

In de milieu-onderzoekstal op IMAG-DLO Proefbedrijf 'De Vijf Roeden' te Duiven is de afgelopen jaren onderzoek verricht naar verschillende emissie-arme vloersystemen en vloerafwerkingen. Door Braam en Van den Hoorn (1996) is experimenteel en toegepast onderzoek naar dichte betonnen stalvloeren voor ligboxenstallen beschreven. In het toegepaste onderzoek zijn vlakke, eenzijdig en tweezijdig hellende vloeren beproefd. Tweezijdig 3% hellende dichte vloeren voorzien van een giergoot gaven een ammoniakemissiereductie van 50% indien luchtuitwisseling tussen mestkelder en stalruimte was tegengegaan.

Geconcludeerd werd, dat een snelle afvoer van urine en het verhinderen van luchtbeweging boven het mestoppervlak in de mestkelder essentieel zijn voor het verkrijgen van een substantiële (circa 50%) ammoniakemissiereductie.

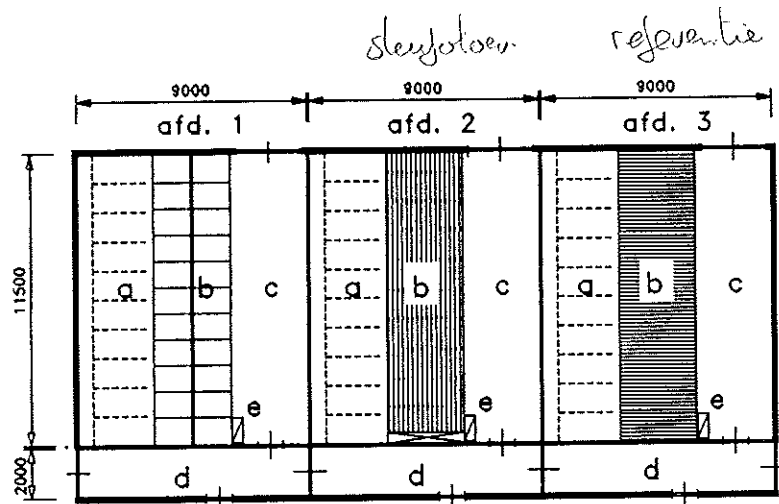
Op basis van de verkregen kennis uit dit voorgaande onderzoek is een dicht, vlak betonnen vloerelement ontwikkeld, uitgevoerd met sleuven en perforaties en voorzien van een mestschuif, de zgn. sleufvloer. De vloerelementen zijn niet voorzien van een coating en worden niet besproeid. In de periode van november 1996 tot februari 1997 werd de ammoniakemissie uit een afdeling met de sleufvloer gemeten en vergeleken met die uit een afdeling met een roostervloer. In dit experiment werd tevens de invloed van de perforaties in de sleufvloer op de ammoniakemissie onderzocht. Het onderzoek naar de sleufvloer wordt gecontinueerd tot en met april 1997. De in dit rapport vermelde resultaten geven een eerste indruk van de prestatie van het sleufvloersysteem.

2 Materiaal en methoden

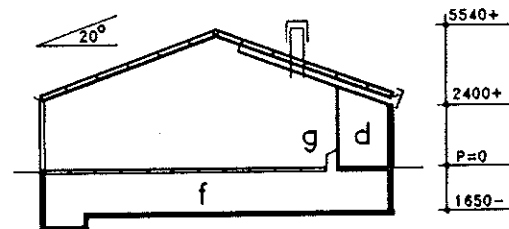
2.1 Materiaal

Proefstal

Het onderzoek werd uitgevoerd in de milieu-onderzoekstal bestaande uit drie afdelingen zoals is beschreven door Smits *et al.* (1993). In figuur 1 zijn de plattegrond en de doorsnede van de stal te zien. De afdelingen zijn uitgevoerd als een 1-rijige ligboxenstal voor 10 dieren. Afdeling 3 fungeerde referentie-afdeling. De vloer in de loopgang van de referentie-afdeling bestond uit een standaard betonnen roostervloer. Afdeling 2, de proefafdeling, was uitgevoerd met een sleufvloer, waarbij de sleuven evenwijdig aan het voerhek waren gelegen.



PLATTEGROND



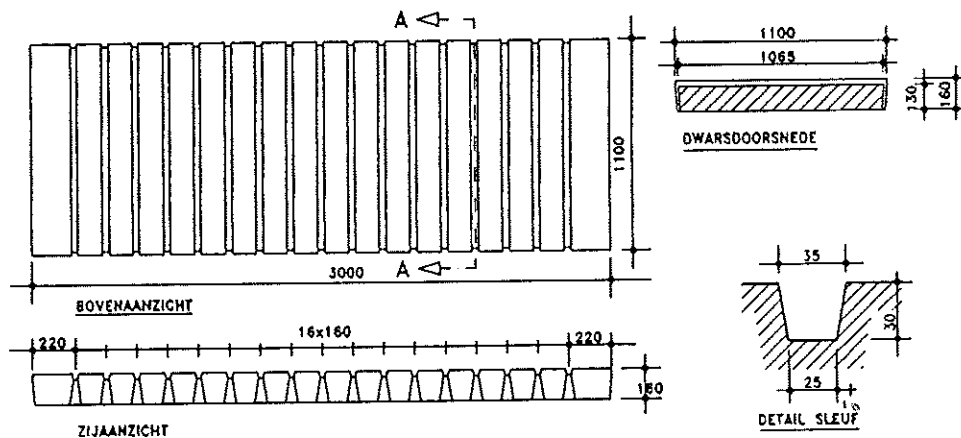
DOORSNEDE

Figuur 1 Plattegrond en doorsnede van de milieu-onderzoekstal voor rundvee met sleufvloer in afdeling 2 en roostervloer in afdeling 3 (dimensies in mm). a = ligboxen; b = loopgang; c = voerhek; d = controlegang; e = drinkbak; f = mestkelder; g = mestafstort.

De mest en urine werd als drijfmest opgeslagen in de mestkelders onder de afdelingen. Deze kelders waren onderverdeeld in twee mestkanalen, waarin de mest periodiek werd gemengd. In afdeling 3 werden de mestkanalen onder de loopgang en de voergang gebruikt en werd de mest wekelijks een uur met een elektrische mixer gemengd. In afdeling 2 werden de mestkanalen onder de loopgang en de ligboxen gebruikt en tweemaal dagelijks gedurende een half uur gemengd.

Sleufvloersysteem

De vloer in de loopgang van de proefafdeling bestond uit dichte, vlakke betonplaten, voorzien van sleuven evenwijdig aan het voerhek. De mest op de vloer van de loopruimte werd afgevoerd met een aangepaste mestschuif (Swierstra en Smits, 1997). De sleufvloerelementen hadden een breedte van 1,1 m, een lengte van 3,0 m en een hoogte van 0,16 m. De sleuven in de betonplaat hadden een onderlinge hartafstand van 160 mm en waren 35 mm breed en 30 mm diep. In totaal waren er in de breedte van de elementen 17 parallel lopende sleuven. De perforaties met een doorlaatopening van 700 mm² per stuk waren zelflossend uitgevoerd, door deze naar beneden met een helling van ca. 1:6 wijder uit te laten lopen. De totale oppervlakte van de perforaties bedroeg 0,36% ten opzichte van de totale loopoppervlakte. Ter vergelijking: de totale spleetopening van roostervloeren bedraagt ca. 20%. In figuur 2 zijn een bovenaanzicht, een zijaanzicht, een dwarsdoorsnede en een detail van een sleufvloerelement weergegeven. De vaste mest werd naar één uiteinde van het looppad geschoven met een frequentie van één keer per twee uur. De mest werd afgestort in de mestkelder via een opening in de loopgang.



Figuur 2 Dicht vloerelement van prefabbeton met sleuven en perforaties.

De afstortopening, gelegen tegen de controlegang, was afgesloten met een klep en voorzien van een rubberslab om luchtuitwisseling tussen de mestkelder en de stalruimte zoveel mogelijk te voorkomen. Het schuifblad van de mestschuif was uitgevoerd met een geprofileerde rubberstrip. De rubberprofilering in de sleuven werd gesteund door stalen strippen aan de schuif.

Dieren

De diergroepen per afdeling bestonden uit 10 niet-lacterende koeien. De groepen waren bij aanvang van de proef ingedeeld op basis van een zoveel mogelijk gelijk totaal groepsgewicht. Het dagelijkse voerrantsoen bestond uit een mengsel van kuilgras, pulpbrok, stro en krachtvoer (totaal 200 g N.koe⁻¹.dag⁻¹).

Stalklimaat

De afdelingen waren uitgevoerd met een mechanisch ventilatiesysteem. Het ventilatiesysteem, gebaseerd op onderdruk, bestond uit een dubbel plafond met aan één zijde de luchtaanvoer en de mechanische afzuiging middels een ventilator. De diameter van de ventilatiekokers bedroeg 500 mm. Iedere koker was voorzien van een stalventilator en een meetventilator, beide van het merk ITHO. De ventilatieregeling werd gestuurd door een FANCOM-klimaatcomputer (type ESA). De regeling was zodanig ingesteld dat de staltemperatuur zoveel mogelijk parallel liep aan de buitenluchttemperatuur. Bij staltemperaturen tot 8 °C bedroeg de minimale ventilatiecapaciteit 30% dit is 2200 m³/h per afdeling. Bij staltemperaturen van 18 °C en hoger werd maximaal geventileerd, hetgeen per afdeling overeenkwam met 8000 m³/h. In het traject van 8 tot 18 °C nam de ventilatie lineair toe met de staltemperatuur (580 m³ °C⁻¹.h⁻¹). Een afdeling had een volume van 462 m³.

2.2 Methoden

Proefopzet

Medio oktober 1996 is de sleufvloer in de proefstal in gebruik genomen. Na een inlooperperiode zijn gedurende vijf proefperioden metingen uitgevoerd in de referentie-afdeling en de proefafdeling. In principe bestond elke periode uit veertien dagen. Bij de analyse zijn de meetresultaten op meetdagen gedurende welke technische storingen optraden, danwel aanpassingen werden aangebracht

geëlimineerd. In eerste instantie is de sleufvloer onderzocht met de eerder omschreven perforaties, aangeduid als 'OPEN'. Als variant is de sleufvloer onderzocht nadat de perforaties kunstmatig waren afgesloten door deze te vullen met een poly-urethaan schuim. Deze variant wordt aangeduid als 'DICTH'. Bij afsluiting van periode II en IV werd de poly-urethaan afdichting handmatig uit de perforaties verwijderd. Bij beide varianten werd gebruik gemaakt van dezelfde mestschuif met een getand rubberprofiel. In tabel 1 is het proefschema aangegeven.

Tabel 1 Proefschema sleufvloer met afwisselend open en dichte perforaties.

| periode | variant | datum |
|---------|---------|-----------------------|
| I | OPEN | 8 nov t/m 18 nov '96 |
| II | DICTH | 22 nov t/m 2 dec '96 |
| III | OPEN | 6 dec t/m 16 dec '96 |
| IV | DICTH | 20 dec t/m 30 dec '96 |
| V | OPEN | 17 jan t/m 27 jan '97 |

Om bevriezingen in de onderzoekafdelingen gedurende de extreem lage temperaturen in de eerste weken van 1997 te voorkomen, is de capaciteit van de mechanische ventilatie handmatig op 10% gezet. De meetresultaten van deze periode zijn niet in de analyse opgenomen. Periode V is daardoor opgeschoven.

Perforaties

De perforaties in de sleufvloerelementen werden van wezenlijk belang geacht voor het functioneren van het sleufvloersysteem. Perforaties zouden tijdens het gebruik van de vloer verstopt kunnen raken door mest en of voerresten en daardoor het optimaal functioneren beïnvloeden. Het effect van het afsluiten van alle perforaties is als variant onderzocht. Tijdens de onderzoekperiode met OPEN sleufvloerelementen is het aantal verstopte perforaties regelmatig bijgehouden. Perforaties werden als verstopt beschouwd wanneer een peilstokje van 40 gram en een diameter van ca. 10 mm door zijn eigen gewicht niet door de perforatie zakte. Het aantal verstopte perforaties werd steeds geteld direct na het schuiven van de vloer en de locaties werden geregistreerd. De verstopt aangetroffen perforaties werden niet alsnog opengemaakt.

Ammoniakemissie

Voor het vaststellen van de ammoniakemissie werden het ventilatiedebiet en de NH₃-concentraties van de uitgaande lucht per afdeling gemeten. Hiervoor was een meetventilator en een monstername punt in de ventilatiekoker geplaatst. De metingen werden 24 uur per dag om de 5 minuten uitgevoerd. Na een uur werden alle verzamelde meetwaarden gemiddeld en als uurgemiddelden weggeschreven naar een datalogger. De metingen zijn uitgevoerd volgens de methode beschreven door Scholtens (1993). Tevens werden temperatuur en lucht-vochtigheden in de afzonderlijke afdelingen en buiten de stal continu gemeten.

Statistisch model en analyse

De statistische techniek die toegepast wordt om afhankelijke waarnemingen die opeenvolgend in de tijd genomen zijn te onderzoeken, wordt tijdreeksanalyse genoemd. Voor een uitgebreide beschrijving van tijdreeksmodellen wordt verwezen naar De Boer (1993).

In dit onderzoek is tijdreeksanalyse toegepast om het effect op de emissie van verschillende vloeren ten opzichte van elkaar vast te stellen. Onderzocht is welke variabiliteit aanwezig was en op welke wijze de samenhang beschreven kon worden. De analyse werd uitgevoerd op de daggemiddelden van de genoemde meetperioden.

Het verschil tussen de ammoniakemissie van de afdeling met de sleufvloer (afd. 2) op log schaal en die van de roostervloer (afd. 3) op log schaal werd per dag berekend. Het analysemodel luidde als volgt:

$$\log(E_i) = C + P + e$$

waarbij:

C = constante verschil in emissie tussen afdeling 2 en 3, bij perforaties OPEN

P = effect van perforaties DICHT in de sleufvloer in afdeling 2 ten opzichte van de roostervloer met afdeling 3

e = noise ('ruis')

3 Resultaten en discussie

Ammoniakemissie

In de bijlage zijn per periode weergegeven de gemiddelden van temperatuur, relatieve luchtvochtigheid, ventilatiedebiet, ammoniakconcentratie en ammoniakemissie in de afdeling met de roostervloer en in de afdeling met de sleufvloer. Tevens is het aantal meetdagen aangegeven waarop deze gemiddelde waarden zijn gebaseerd. In tabel 2 zijn de statistisch verwerkte emissiereducties van de OPEN en DICHT varianten van de sleufvloer in procenten ten opzichte van de roostervloer aangegeven. Van de varianten is tevens het 95% betrouwbaarheidsinterval vermeld.

Tabel 2 Ammoniakemissiereductie en het 95% betrouwbaarheidsinterval van de sleufvloer met open en dichte perforaties.

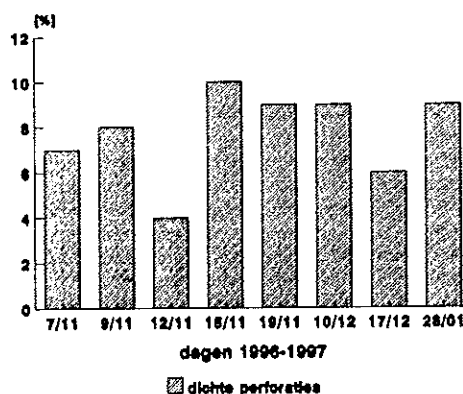
| vloervariant | NH ₃ -reductie t.o.v. roostervloer [%] |
|------------------|---------------------------------------------------|
| sleufvloer OPEN | 46 (40, 52) |
| sleufvloer DICHT | 35 (24, 42) |

Gebleken is dat de 'dichte' sleufvloer de emissiereductie met 22% doet afnemen, hetgeen resulteert in een totale reductie van 35% ten opzichte van de roostervloer. De emissiereductie van een 'dichte' sleufvloer is wellicht gerelateerd aan de maximale afstroomlengte van de urine. Deze was in de proefstal gelijk aan de stallengte van 11,5 m. De gemiddelde staltemperaturen in de perioden II, III, IV en V lagen onder de 10°C en onder de langjarige gemiddelden in de corresponderende maanden. Uit de resultaten bleek dat er de tendens was, dat bij lagere staltemperaturen de reductie afneemt. Gedurende een normaal stalseizoen zou de emissiereductie door toepassing van een sleufvloer dus iets hoger kunnen zijn.

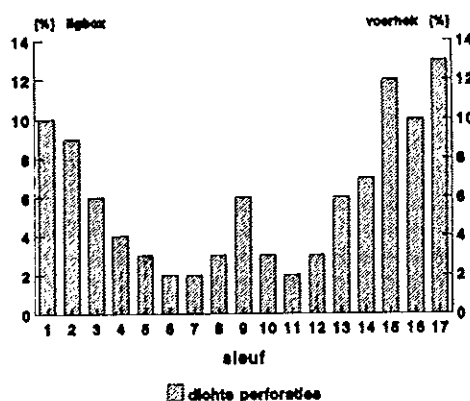
Perforaties

In figuur 3 zijn de aantallen verstopte perforaties in procenten van het totaal aantal aanwezige perforaties (n=170) grafisch weergegeven. Opvallend is dat het percentage verstopte perforaties nooit meer dan 10% bedroeg. Het bleek dat de lokatie van de verstopte perforaties steeds wisselde. De zelflossende uitvoering van de perforaties in combinatie met aanvoer van urine zorgde waarschijnlijk voor het spontaan ontstoppen van de meeste perforaties.

Figuur 4 geeft een verdeling in procenten van het totaal aantal verstopte perforaties per sleuf in de breedte van de loopgang van alle acht waarnemingen. De meeste verstopte perforaties werden aangetroffen achter het voerhek en tegen de ligboxen. Tegen de boxen kunnen de hier vallende extra mest en strooisel uit de boxen een verklaring zijn. Achter het voerhek kunnen voerresten en de weinige urine die hier op de vloer terechtkomt debet aan zijn. Echter, hier zijn de perforaties van minder belang aangezien hier slechts weinig urine behoeft te worden afgevoerd. Het verhoogde percentage verstopte perforaties in de midden van de loopgang wordt veroorzaakt door het ter plaatse ontbreken van een vertanding aan de schuif.



Figuur 3 Overzicht van het aantal verstopte perforaties in procenten van het totaal aanwezige perforaties (100% = 170) tijdens acht opeenvolgende waarnemingen.



Figuur 4 Verdeling van het totaal aantal verstopte perforaties per sleuf ten opzichte van het totaal aantal aanwezige perforaties (100% = 8x170 = 1360) in de breedte van de loopgang tijdens in totaal acht waarnemingen.

4 Conclusies

Het onderzoek naar de ammoniakemissie uit een stalafdeling voorzien van een van een sleufvloer en ondergelegen kelder gedurende een 12-weekse winterperiode leidde tot de volgende conclusies:

- een sleufvloer met perforaties gaf een emissiereductie van 46% ten opzichte van een roostervloer. Deze reductie werd gemeten bij gemiddelde dagtemperaturen in de stal van 10°C en minder;
- een sleufvloer zonder perforaties gaf een emissiereductie van 35%. Deze reductie werd gemeten bij een afstroomlengte van de urine van 11,5 m;
- tijdens het gebruik van de sleufvloer waren maximaal 10% van de perforaties verstopt. De verstopping van een perforatie werd veelal teniet gedaan door aanvoer van urine. De lokatie van de verstopte perforaties wisselde steeds;
- direct achter het voerhek was het aantal verstoppingen van de perforaties het grootst. Hier zijn de perforaties van minder belang, daar achter het voerhek de minste urine valt.

Literatuur

Braam, C.R. en C.J. van den Hoorn, 1996.

Ammoniakemissie-arme betonnen stalvloeren: resultaten van experimenteel en toegepast onderzoek. Gouda, CUR rapport 188, Wageningen, IMAG-DLO rapport 1996-12, 207 pp.

Boer, W.J. de, 1993.

Box-Jenkins tijdreeksanalyse, toegepast op de resultaten van ammoniakmetingen in een rundveestal. Wageningen, IMAG-DLO rapport 93-6, 37 pp.

Scholtens, R. 1993.

NH₃-converter + NO_x-analyser (H.2.1) en Meetventilator (H.3.1.). In: E.N.J. van Ouwkerk (Ed.): Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. Onderzoek inzake mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16. Werkgroep meetmethoden NH₃-emissie uit stallen, 178 pp.

Smits, M.C.J., W. Kroodsma, D. Swierstra en W.J. de Boer, 1993.

De opzet van het onderzoek in de milieu-onderzoekstal voor rundvee te Duiven. Wageningen, IMAG-DLO rapport 93-8, 32 pp.

Swierstra, D. en M.C.J Smits, 1997.

Goed beloofbare emissie-arme sleufvloer voor ligboxenstallen. Landbouwmecanisatie 43(1), p. 60-61.

BIJLAGE

Meetgegevens (gemiddelde waarden) van klimaatomstandigheden en emissiemetingen van sleufvloer en roostervloer in milieu-onderzoekstal.

| meetperiode | afdeling 2 sleufvloer | afdeling 3 roostervloer |
|-------------------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Periode I - variant: OPEN | | |
| aantal meetdagen | 8 | 8 |
| temperatuur bi/bu ¹⁾ [°C] | 10,1 / 4,2 | 11,2 / 4,2 |
| relatieve vochtigheid [%] | 75 | 78 |
| ventilatie debiet [m ³ /h] | 3360 | 3450 |
| ammoniakconcentratie [gr/m ³] | 3,0 | 6,4 |
| ammoniakemissie - NH ₃ [g/h] | 9,7 | 21,1 |
| emissiereductie t.o.v referentie [%] | 54 | -- |
| Periode II - variant: DICHT | | |
| aantal meetdagen | 6 | 6 |
| temperatuur bi/bu [°C] | 8,4 / 1,6 | 9,4 / 1,6 |
| relatieve vochtigheid [%] | 78 | 81 |
| ventilatie debiet [m ³ /h] | 2620 | 2700 |
| ammoniakconcentratie [gr/m ³] | 5,1 | 8,0 |
| ammoniakemissie - NH ₃ [g/h] | 13,1 | 21,4 |
| emissiereductie t.o.v referentie [%] | 39 | -- |
| Periode III - variant: OPEN | | |
| aantal meetdagen | 8 | 8 |
| temperatuur bi/bu [°C] | 8,9 / 2,5 | 9,7 / 2,5 |
| relatieve vochtigheid [%] | 81 | 82 |
| ventilatie debiet [m ³ /h] | 2820 | 2900 |
| ammoniakconcentratie [gr/m ³] | 4,8 | 8,1 |
| ammoniakemissie - NH ₃ [g/h] | 13,1 | 22,9 |
| emissiereductie t.o.v referentie [%] | 43 | -- |
| Periode IV - variant: DICHT | | |
| aantal meetdagen | 11 | 11 |
| temperatuur bi/bu [°C] | 4,0 / -4,7 | 4,4 / -4,7 |
| relatieve vochtigheid [%] | 71 | 76 |
| ventilatie debiet [m ³ /h] | 2275 | 2390 |
| ammoniakconcentratie [gr/m ³] | 5,5 | 7,7 |
| ammoniakemissie - NH ₃ [g/h] | 12,5 | 18,4 |
| emissiereductie t.o.v referentie [%] | 32 | -- |
| Periode V - variant: OPEN | | |
| aantal meetdagen | 11 | 11 |
| temperatuur bi/bu [°C] | 8,2 / 1,3 | 8,7 / 1,3 |
| relatieve vochtigheid [%] | 81 | 84 |
| ventilatie debiet [m ³ /h] | 2580 | 2660 |
| ammoniakconcentratie [gr/m ³] | 4,9 | 8,0 |
| ammoniakemissie - NH ₃ [g/h] | 12,4 | 20,8 |
| emissiereductie t.o.v referentie [%] | 40 | -- |

¹⁾ bi = binnen; bu = buiten