



AMMONIAKREDUKTION OG DRIFTSOMKOSTNINGER VED FARM AIRCLEAN BIO SYSTEM FRA SKOV A/S I EN SMÅGRISESTALD.

MEDDELELSE NR. 915

Luftrensere reducerede ammoniakkoncentration fra gennemsnitlig 4,2 ppm til 0,2 ppm i den del af luften fra smågrisestalden, der blev ledt igennem luftrensere. Driftsomkostninger udgjorde 3,50 kr. pr. produceret smågris.

INSTITUTION: VIDENCENTER FOR SVINEPRODUKTION, DEN RULLENDE AFPRØVNING

FORFATTER: [ANDERS LEEGAARD RIIIS](#)

UDGIVET: 3. OKTOBER 2011

Dyregruppe: Smågrise

Fagområde: Stalde og Miljø

Sammendrag

Formålet med nærværende afprøvning var at fastlægge ammoniakreduktionen og driftsomkostningerne ved to Farm AirClean BIO moduler fra SKOV A/S i en smågrisestald gennem målinger over et helt år.

Ammoniakkoncentrationen i den del af luften, der blev ledt igennem to Farm AirClean BIO moduler, blev over året reduceret statistisk sikkert fra 4,2 ppm til 0,2 ppm, svarende til en reduktionseffektivitet på 95 %. Ammoniakemissionen fra de fire staldsektioner blev reduceret med 81 % ved, at 62 % af den samlede luftmængde over året blev ledt igennem de to luftrensere.

Forbrugsomkostninger til el og vand udgjorde 0,70 kr. pr. produceret smågris. Der blev i afprøvningsperioden udført service syv gange på den ene luftrenser og fire gange på den anden luftrenser. Service- og vedligeholdelsesomkostningerne for de to luftrensere udgjorde 2,20 kr. pr. produceret smågris. Med forbrugsomkostningerne og filterskift udgjorde de samlede driftsomkostninger ved anvendelse af luftrensere 3,50 kr. pr. produceret smågris i afprøvningsperioden. De reservedele, der blev udskiftet i de to luftrensere i afprøvningsperioden, vedrørte primært den automatiske vasker.

Der blev i afprøvningsperioden anvendt gennemsnitlig 11 minutter pr. uge til at tilse driften af den enkelte luftrenser inklusiv arbejdstiden til filterskift. Landmandstilsynene blev i afprøvningsperioden udført af professionelle servicefolk fra SKOV A/S, hvorfor der under normale omstændigheder må forventes at skulle anvendes mere end 11 minutter pr. anlæg til tilsyn med driften. Selvom luftrensere var installeret med en automatisk vasker, var det i afprøvningsperioden nødvendigt at vaske det første filterelement manuelt to til tre gange i begge luftrensere på grund af begyndende tilstopning. Afprøvningsperioden underbygger, at der én gang ugentlig bør foretages tilsyn af luftrensere for at sikre en stabil drift.

TILSKUD

Projektet har fået tilskud fra EU og Fødevareministeriets Landdistriktsprogram og har Projekt ID: 09/10/60 og journalnummer 3663-D-09-00365.

Baggrund

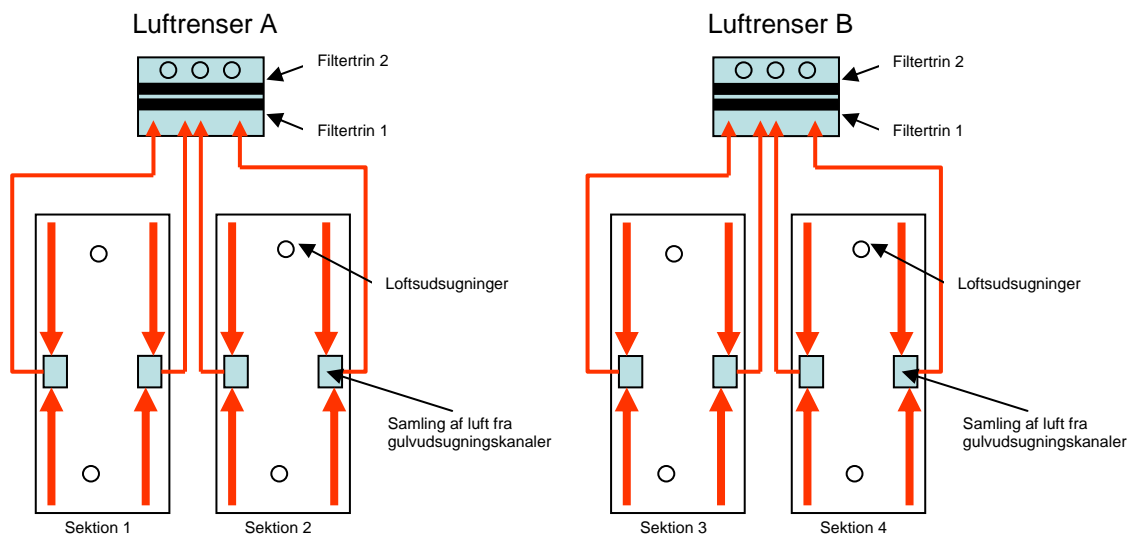
I biologiske luftrensningsanlæg fra SKOV A/S passerer staldluften gennem et fugtigt filtermateriale bestående af cellulosepads, der er placeret vertikalt. Luftrensningsanlægget er tidligere blevet afprøvet med hensyn til lugtreduktion i både slagtesvine- og smågrisestalde af Videncenter for Svineproduktion [1],[2],[3]. Afprøvningsperioden har dokumenteret luftrensningsanlæggets renseseffektivitet for lugt, så det i dag er på Miljøstyrelsens Teknologiliste med en reduktion på 73 %. Afprøvningsperioden i slagtesvinestaldene blev gennemført over et helt år for samtidig at kunne fastlægge forbrugsomkostningerne. Til gengæld er driftsomkostningerne samt ammoniakreduktionen over et helt års drift aldrig blevet undersøgt i smågrisestalde.

Formålet med nærværende afprøvning var derfor at fastlægge ammoniakreduktionen og driftsomkostningerne ved to Farm AirClean BIO moduler fra SKOV A/S i en smågrisestald ved målinger gennem et helt år.

Materiale og metode

Afprøvningen blev gennemført i en smågrisestald med seks identiske sektioner. I hver sektion var der 700 stipladser, hvor stierne var indrettet med 40 % spaltegulv i form af støbejernsriste og 60 % fast betongulv med gulvvarme samt to-klimaoverdækning. Fodringsprincippet bestod af tørfodring via rørfodringsautomater med volumenkasser.

Ventilationsanlægget var indrettet med diffust luftindtag, og al ventilationsluft fra minimumsventilationen og op til 40 % af den maksimale udsugningskapacitet blev suget ud via gulvet og ledt igennem FarmAirClean BIO moduler fra SKOV A/S. Den sidste del af luftmængden fra hver sektion blev ledt urensset ud via loftsudsugninger i sektionen. På staldens loft var der monteret tre FarmAirClean BIO moduler fra SKOV A/S. Hvert modul rensede luften fra to sektioner og havde en kapacitet på 28.000 m³/time, jf. figur 1. Det var kun to af de tre luftrensingsmoduler, der indgik i afprøvningen.



Figur 1. Principskitse af hhv. luftrensere A og B, som hver var tilkoblet smågrisesektioner. I hver staldsektion var der fire gulvudsugningskanaler, hvori luften blev samlet og ført op på loftet til et FarmAirClean BIO modul. Al ventilationsluft fra minimumsventilationen og op til ca. 40 % af den maksimale udsugningskapacitet blev ledt igennem det biologiske luftrensningssystem. Den sidste del af luftmængden blev ledt urensset ud via loftsudsugninger i sektionerne.

Opbygning af luftrensere

Farm AirClean BIO modulerne var opbygget af to filtertrin af cellulose, som blev overrislet med vand. Hvert filtertrin havde et volumen på 1,62 m³, idet det målte 5,4 m. i bredden, 2,0 m. i højden og 0,15 m. i dybden. Det samlede filtervolumen i et Farm AirClean BIO modul var dermed 3,24 m³. Overrislingsvandet til de to filtertrin blev recirkuleret fra et kar under hvert filtertrin. Rent vand blev tilført i karret på det andet filtertrin, hvor der var overløb til karret på det første filtertrin. Al læsning af vand fra luftrenseren skete fra karret under det første filtertrin og blev ført til gylleopbevaring. I mellem

det første og andet filtertrin var der placeret en automatisk vasker, som vaskede filtrene med jævne mellemrum. Den automatiske vasker vaskede det første filtertrin fra bagsiden mod luftstrømmen og på forsiden af det andet filtertrin med luftstrømmen.

Efter det andet filtertrin i hvert modul var der monteret tre ventilatorer, som blev reguleret efter forskellige styringsprincipper. I det ene modul (luftrenser A) var der monteret tre frekvensregulerede DA600-5F ventilatorer, som blev reguleret trinløst parallelt. I det andet modul (luftrenser B) blev ventilatorerne reguleret som Multistep, idet den ene ventilator var en frekvensreguleret DA600-5F og de to øvrige var af typen DA600-5, som blev reguleret ON/OFF.

Registreringer

Målingerne blev gennemført over et helt år fra november 2009 til november 2010. Besætningen blev i perioden besøgt hver 14. dag af en tekniker fra Videntcenter for Svineproduktion (VSP).

På hver måledag blev der på hvert luftrensingsmodul foretaget en måling af ammoniak- og kuldioxidkoncentrationen henholdsvis før luftrenseren samt efter første og andet filtertrin i luftrenseren. Ammoniakkoncentrationen blev målt med Kitagawa sporgasrør 105SD, mens kuldioxidkoncentrationen blev målt med Kitagawa sporgasrør 126SF. I de sidste fire måneder af afprøvningsperioden blev der endvidere foretaget måling af ammoniak- og kuldioxidkoncentrationen under et af de supplerende ventilationsafkast i hver af de fire staldsektioner. Samtidig blev det noteret om de supplerende ventilationsafkast blev anvendt.

I november 2010 blev koncentrationen af ammoniak kontinuerlig målt med en INNOVA 1412 fotoakustisk gasmåler på luftrenser B i en 4 ugers periode. Der blev via en 1309 Multipoint Sampler skiftevis leveret luft via teflonslanger fra henholdsvis før luftrenseren, efter 1. filtertrin, efter 2. filtertrin samt i udeluften til INNOVA 1412 gasmåleren. I løbet af måleperioden blev der foretaget kontrollerende målinger af ammoniakkoncentrationen med Kitagawa sporgasrør. Kontrolmålingerne blev anvendt til at korrigere de loggede data fra INNOVA gasmåleren jf. figur A6 i appendiks.

Luftydelsen blev registreret via Fancom målevinger monteret på ventilationsafkastene i luftrenserne, og på de ventilationsafkast i staldsektionerne, hvor luften blev ledt urensset ud. Ventilationsydelsen fra hver målevinge blev logget elektronisk hvert 5. minut.

Antallet af dyr og dyrenes vægt blev visuelt registreret i stalden på hver måledag. Luftens temperatur og relative fugtighed blev målt i luften før luftrenserne på hver måledag. Udeluftens temperatur og relative fugtighed blev målt før første måling, og efter den sidste måling var foretaget. Målingerne af luftens temperatur og relative fugtighed blev foretaget med TSI VelociCalc 8347 måler. Tryktabet over de enkelte filterelementer blev på hver måledag målt med et væskemanometer. Energiforbrug til drift af luftrenserne samt ventilationen blev registreret separat med elmålere.

Tilført og lænset vand blev registreret med vandmålere. På måledagene blev der foretaget målinger af pH og ledningsevne i vandkarrene under filterelement 1 og 2 og sammenholdt med værdier aflæst på luftrensernes styring. På hver måledag blev der udtaget en prøve af overrislingsvandet i karret under hvert filterelement, som efterfølgende blev frosset ned med henblik på analyse for indholdet af total N, ammoniumkvælstof, nitrit-N, nitrat-N og tørstof, samt måling af pH og ledningsevnen. Udtagne prøver fra hver anden måledag blev efterfølgende sendt til analyse hos Eurofins Miljø i Vejen.

Tørstofindholdet blev bestemt efter metoden "DS 204", total N efter "DS/EN I 11905-1", mens ammoniak+ammonium-N, nitrit-N og nitrat-N blev bestemt efter metoden "SM 17 udg. 4500".

Ammoniakemissionen blev beregnet ud fra ammoniakkoncentration, ventilationsydelse og antallet af grise i sektionen ved følgende formel:

$$\text{g NH}_3\text{-N/time/dyr} = (\text{M} \times \text{V} \times \text{Q} \times \text{P}) / (\text{R} \times \text{T} \times \text{N} \times 1.000)$$

hvor

M: Molvægten af N, 14,007 g/mol

V: Koncentration, ppm = ml/m³

Q: Ventilationsydelsen, m³/time

P: Tryk, 1 atm.

R: Gaskonstanten, 0,0821 l. x atm/(mol x K)

T: Temperaturen i Kelvin

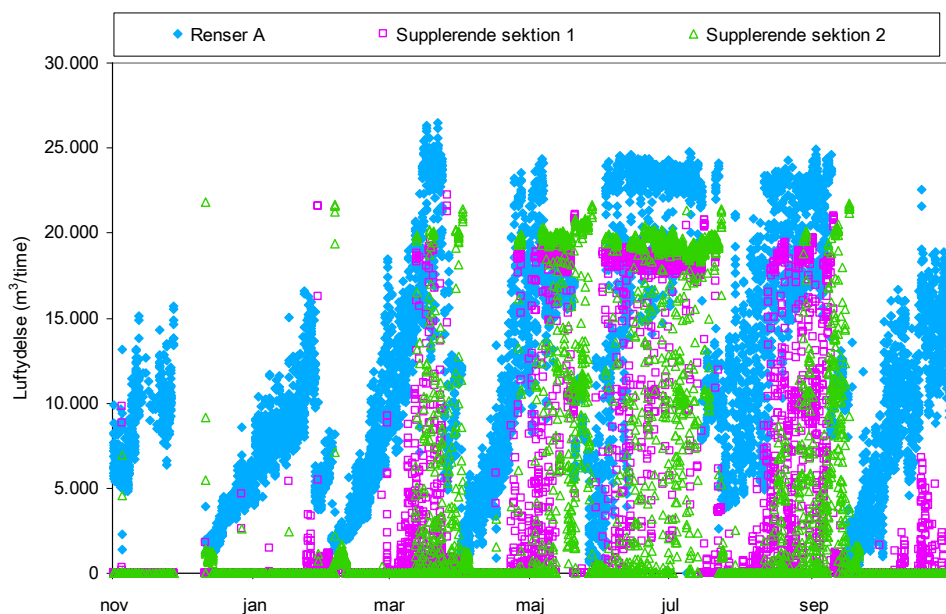
N: Antal grise i sektionen, stk.

Statistik

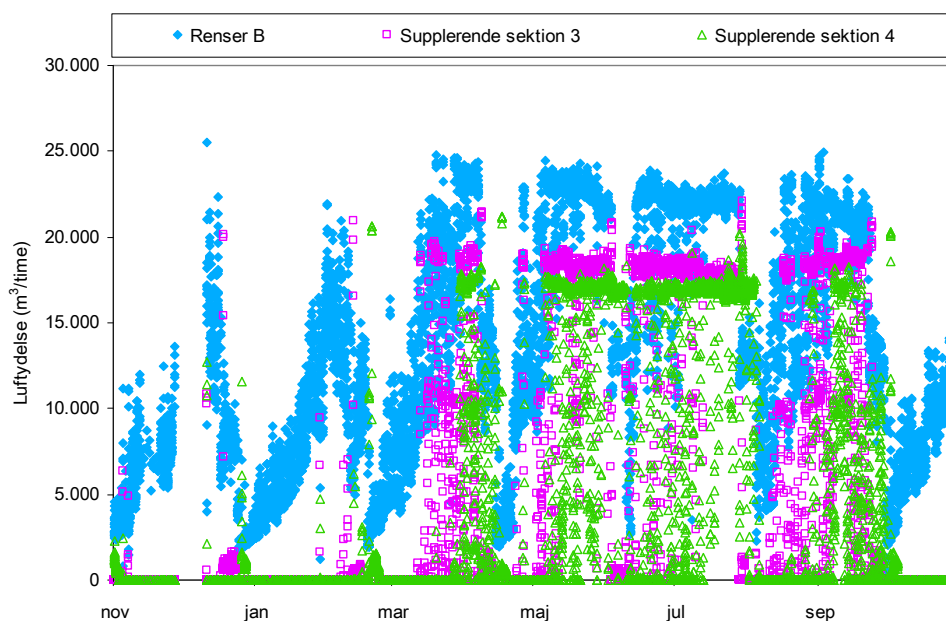
Ammoniakkoncentrationer blev analyseret i en variansanalyse med proceduren MIXED i SAS under hensyn til gentagne målinger pr. dag.

Resultater og diskussion

I afprøvningsperioden blev der ved seks hold grise i hver af de fire sektioner produceret i alt 15.895 smågrise. I figur 2 og 3 er vist luftydelsen, som blev ledt igennem henholdsvis luftrensere A og B samt den supplerende ventilation fra de fire staldsektioner i afprøvningsperioden. Den supplerende ventilation i hver staldsektion blev ledt urensset ud. Den supplerende ventilation i staldsektionerne blev primært anvendt i sommerperioden, mens hovedparten af luftmængden fra de fire sektioner blev rensset i vinterperioden, jf. figur 2 og 3. Ved at op til 40 % af udsugningskapaciteten blev ledt i gennem luftrensere, blev 62 % af den samlede luftmængde fra de fire sektioner over året ledt igennem de to luftrensere.



Figur 2. Luftydelse fra sektion 1 og 2, som blev ledt igennem luftrensere A, samt luftydelsen fra den supplerende ventilation i de to sektioner gennem afprøvningsperioden. Hvert punkt er en timemiddelværdi.



Figur 3. Luftydelse fra sektion 3 og 4, som blev ledt igennem luftrensere B, samt luftydelsen fra den supplerende ventilation i de to sektioner gennem afprøvningsperioden. Hvert punkt er en timemiddelværdi.

Ammoniakreduktion

I tabel 1 er vist den gennemsnitlige ammoniakkoncentration i luften henholdsvis før de to luftrensere, efter 1. filtertrin, og efter at den havde passeret luftrensere. Ammoniakkoncentrationen i den del af luften fra smågrisestalden, der blev ledt i gennem luftrensere, blev over året reduceret statistisk sikkert fra 4,2 ppm til 0,2 ppm ($P < 0,001$), svarende til en reduktionseffektivitet på 95 %. Der var ikke

signifikant forskel på de to luftrensere med hensyn til reduktionseffektiviteten. Langt størstedelen af ammoniakreduktionen skete over det første filtertrin. Målinger af ammoniakkoncentrationer på de enkelte måledage kan ses i appendiks figur A1 og A2.

Tabel 1. Gennemsnitlig ammoniakkoncentration (ppm) målt i luften henholdsvis før de to luftrensere, efter 1. filtertrin i hver luftreenser og efter luftreenserne hver 14. dag gennem et helt år. Desuden er angivet den gennemsnitlige ammoniakkoncentration for begge luftrensere. 95 % konfidensinterval er angivet i parentes. N angiver antal målinger.

	Ammoniakkoncentration (ppm)		
	Luftreenser A	Luftreenser B	Gennemsnit
N	26	26	52
Før luftreenser	4,0 (3,2 – 4,8)	4,4 (3,6 – 5,2)	4,2 (3,5 – 4,9)
Efter trin 1	1,2 (0,8 – 1,6)	0,8 (0,5 – 1,2)	1,0 (0,8 – 1,3)
Efter luftreenser	0,1 (0 – 0,3)	0,2 (0,1 – 0,4)	0,2 (0,1 – 0,3)

Delrensning

Ammoniakkoncentrationen blev i de sidste fire måneder af afprøvningsperioden også målt i luften under de supplerende ventilationsafkast i de fire staldsektioner. På måledagene fra august til og med november 2010, hvor de supplerende ventilationsafkast var i drift, var den gennemsnitlige ammoniakkoncentration under afkastene 1,0 ppm (95 % konfidensinterval: 0,7 – 1,3), jf. figur A3 i appendiks. Under antagelse af at ammoniakkoncentrationen i staldrummet gennemsnitlig var 1,0 ppm over hele året, når de supplerende afkast blev anvendt, blev ammoniakemissionen i de supplerende ventilationsafkast beregnet, jf. tabel 2. I tabel 2 er endvidere vist gennemsnitlig ammoniakemission hhv. før og efter de to luftrensere. Ammoniakemissionen fra de fire staldsektioner blev gennemsnitlig reduceret med 81 % ved, at 62 % af den samlede luftmængde fra de fire staldsektioner over året blev ledt igennem de to luftrensere med en reduktionseffektivitet for ammoniak på 95 %.

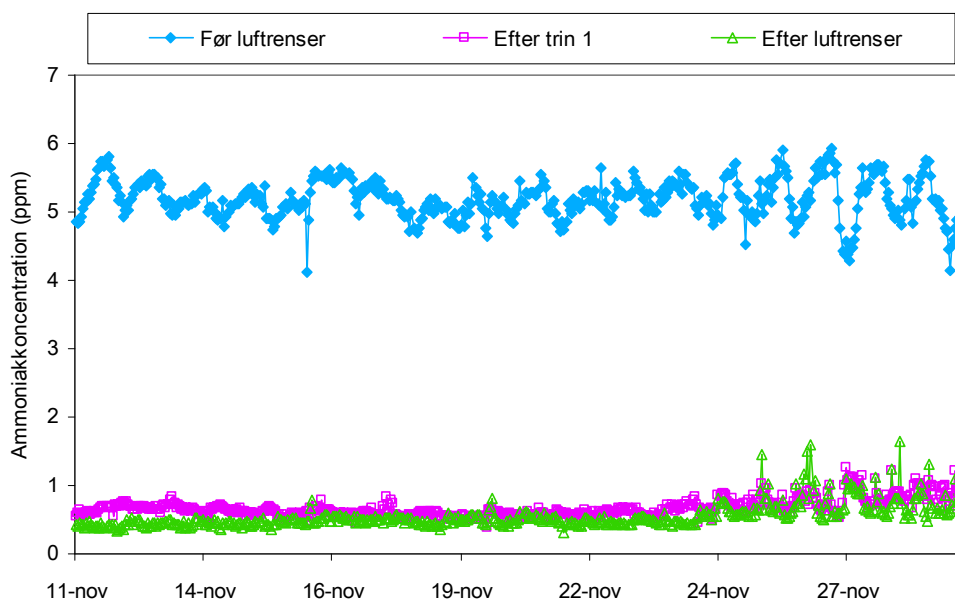
Ammoniakreduktionen fra smågrisestalden var således i overensstemmelse med de teoretiske beregninger for ammoniakreduktion ved delluftrensning af 40 % af udsugningskapaciteten med en luftreenser med 95 % ammoniakreduktion [4], jf. figur A4 i appendiks. Med delrensning af ventilationsluften udgjorde den samlede ammoniakemission fra de fire sektioner 0,005 g NH₃-N/time/dyr (95 % konfidensinterval: 0,003 – 0,006).

Tabel 2. Gennemsnitlig ammoniakemission målt henholdsvis før og efter luftrensere samt ved den supplerende ventilation i de fire staldsektioner over året. 95 % konfidensinterval er angivet i parentes.

	Ammoniakemission (g NH ₃ -N/time/dyr)
Før luftrensere	0,023 (0,020 – 0,026)
Efter luftrensere	0,001 (0,000 – 0,002)
Supplerende ventilation ¹	0,003 (0,002 – 0,005)

¹ Emissionen beregnet ved antagelse af en gennemsnitlig koncentration på 1,0 ppm over hele året.

I figur 4 er vist den kontinuerlige måling af ammoniakkoncentrationen i en tre ugers periode om vinteren med INNOVA gasmåler. Målingerne viste, at der var en mindre døgnvariation i ammoniakkoncentrationen i luften fra stalden om vinteren, som skyldtes dyrenes døgnrytme og ændringer i ventilationsydelsen. Målingerne viste endvidere, at luftrenseren reducerede ammoniakkoncentrationen til et fast niveau. I appendiks tabel A1 er vist de gennemsnitlige ammoniakkoncentrationer målt med INNOVA i denne periode.



Figur 4. Ammoniakkoncentration (ppm) målt kontinuerligt med en INNOVA 1412 fotoakustisk gasmåler i luften henholdsvis før luftrensere B, efter 1. filterelement i luftrensere B og efter luftrensere B i perioden 11. november 2010 til og med 29. november 2010.

Vandanalyser

I tabel 3 er vist analyseresultaterne af de udtagne vandprøver fra kar 1 og kar 2 i luftrensere A og B. Overrislingsvandets pH-værdi var generelt lavere, end det der tidligere var målt ved SKOVs luftrensere [3], [5], [6], [7]. Den relativt lave pH er et resultat af den biologiske omsætning af ammoniak i luftrenseren, der er en syredannende proces [8]. Koncentrationen af kvælstofforbindelser var højere i

kar 1 end i kar 2. Årsagen hertil var, at der i kar 1 var overløb af vand fra kar 2, således at kvælstoffet blev akkumuleret i karet under det første filtertrin. Vand til overrisling blev som tidligere nævnt, tilført luftrensere i kar 2. Al lænsning af overrislingsvand skete fra kar 1, og det vand, der blev lænset til gylleopbevaring, havde det gennemsnitlige indhold af kvælstof, som vist under kar 1.

Koncentrationerne af kvælstofforbindelserne i karrene var på niveau med tidligere undersøgelser af SKOVs luftrensere [5], [6], [7]. Analyseresultater af de udtagne vandprøver opdelt på henholdsvis luftrensere A og B kan ses i tabel A2 i appendiks.

Tabel 3. Analyser af tørstof, pH, total N, ammoniumkvælstof, nitrit-N og nitrat-N i overrislingsvandet udtaget i karret under henholdsvis det første og andet filtertrin i luftrensere A og B på 14 måledage. Værdierne angiver det gennemsnitlige niveau for begge luftrensere. Ledningsevnen blev målt i forbindelse med udtagning af prøverne. 95 % konfidensinterval er angivet i parentes. N angiver antal målinger.

	Gennemsnit luftrensere A & B	
	Kar 1	Kar 2
N	28	28
Tørstof (mg/l)	9.661 (8.543 – 10.779)	2.874 (1.716 – 4.032)
pH	5,9 (5,6 – 6,2)	5,4 (4,8 – 6,0)
Ledningsevne (mS/cm)	16,1 ¹ (15,3 – 16,8)	5,8 ¹ (4,6 – 6,9)
Total N (mg/l)	3.057 (2.710 – 3.403)	959 (592 – 1.326)
Ammoniumkvælstof (mg/l)	1.521 (1.353 – 1.689)	468 (277 – 658)
Nitrit-N (mg/l)	7,0 (2 – 12)	8,2 (0 – 16)
Nitrat-N (mg/l)	1.523 (1.363 – 1.683)	515 (323 – 706)

¹ Der blev kun målt ledningsevne i de udtagne vandprøver på 13 af de 14 måledage.

Driftsomkostninger

Driftsomkostningerne ved anvendelse af luftrensere fra SKOV A/S udgøres af forbrugsomkostninger til el og vand samt service- og vedligeholdelsesomkostninger. I tabel 4 er vist forbrugsomkostninger til el og vand pr. produceret smågris i afprøvningsperioden for luftrensere A og B.

I luftrensere A var der monteret tre frekvensregulerede ventilatorer, som blev reguleret trinløst parallelt. I luftrensere B blev ventilatorerne reguleret som Multistep, idet den ene ventilator var frekvensreguleret og de to øvrige blev reguleret ON/OFF. Med styringsprincippet Multistep i luftrensere B blev der

anvendt 82 Wh mere pr. produceret smågris end med styringsprincippet i luftrenser A til at trække luften i gennem luftrenseren over året. Det ekstra el-forbrug ved luftrenser B svarede til 6 øre pr. produceret smågris ved en elpris på 0,75 kr. pr. kWh.

Stalden, hvor afprøvningen blev gennemført, blev bygget i 2006 og var én af de første stalde, der blev etableret med delvis gulvudsugning. Målinger har dokumenteret, at der i dette kanal anlæg er et tryktab på 93 Pa ved maksimal ventilationsydelse inklusive tryktabet over det diffuse loft [2]. Tryktabet i dette kanal anlæg er højere, end hvad der kan forventes ved etablering af et tilsvarende anlæg i dag pga. en byggeteknisk fejlkonstruktion i terrændækket, som ikke vil blive udført i dag. Derfor er det sandsynligt, at omkostningen til ventilation igennem kanal anlægget og luftrenseren vil være lavere ved et tilsvarende anlæg, som bygges i dag.

Til befugtning af filterelementerne i de to luftrensere blev der anvendt 32 l. vand pr. produceret smågris. Af den tilførte vandmængde blev 5 l. pr. produceret smågris lænset fra luftrenserne til gylleopbevaringen. Den resterende tilførte vandmængde fordampede i forbindelse med, at luften fra staldene blev ledt igennem luftrenserne.

Ved en elpris på 0,75 kr. pr. kWh og en vandpris på 3,50 kr. pr. m³ udgjorde de samlede forbrugsomkostninger til drift af luftrenserne og ventilering af staldsektionerne 1,60 kr. pr. produceret smågris. Til ventilering af smågrise stalde uden luftrensning anvendes typisk 1,2 kWh pr. produceret smågris. Fratrækkes denne omkostning til ventilation fås den reelle forbrugsomkostning for drift af luftrenserne svarende til 0,70 kr. pr. produceret smågris. Der er ikke medregnet omkostninger til opbevaring og udbringning af lænsevand, ligesom værdien af ekstra kvælstof i lagertanken ikke er medregnet.

Tabel 4. El- og vandforbrug i afprøvningsperioden gennem et helt år for luftrenser A & B.

	Luftrenser A ¹	Luftrenser B ²	Opgjort pr. produceret smågris
El luftrenser, kWh	3.107	3.141	0,39
El ventilation igennem luftrenser, kWh	8.748	9.637	1,16
El supplerende ventilation, kWh	2.885	3.691	0,41
El total, kWh	14.740	16.469	1,96
Vand tilført, m3	259	247	0,032
Vand lænset, m3	44	38	0,005

¹ Luftrenser A: Tre frekvensregulerede ventilatorer.

² Luftrenser B: En frekvensreguleret ventilator og to on/off ventilatorer.

I besætningen var det aftalt, at servicefolk fra SKOV A/S foretog tilsynet med driften af luftrensere, det såkaldte "landmandstilsyn". Der blev gennemsnitlig anvendt 10 minutter hver 14. dag til tilsyn med driften af luftrensere. Derudover blev forsiden af første filterrække vasket manuelt tre gange i luftrenser A og to gange i luftrenser B i afprøvningsperioden. Til de manuelle vaske af første filterrække blev der gennemsnitlig anvendt 90 minutter pr. gang. Der blev således gennemsnitlig anvendt 9 minutter pr. uge til at tilse driften af den enkelte luftrenser. Såfremt arbejdstiden til filterskift medregnes, jf. Miljøstyrelsens beregninger, svarer den ugentlige arbejdstid til 11 minutter pr. luftrenser. Denne arbejdstid til landmandstilsyn er væsentlig lavere end det der er anført i forudsætningerne for de økonomiske beregninger for biologisk luftrensning [9], hvor der er anført 20 minutter pr. luftrenser pr. uge. Idet landmandstilsynene i afprøvningen blev udført af professionelle servicefolk fra SKOV A/S, må der under normale omstændigheder forventes at skulle anvendes mere end 11 minutter pr. uge til tilsyn med driften af den enkelte luftrenser.

I tabel 5 er service- og vedligeholdelsesomkostningerne angivet for luftrenser A og B i afprøvningsperioden. Seks dage i afprøvningsperioden blev der udført service på luftrenser A, mens der for luftrenser B blev udført service på tre dage. Derudover var der én dag, hvor der blev udført service på begge luftrensere. Transportomkostninger for SKOV A/S til besætningen vil afhænge af afstanden for SKOVs servicebil til besætningen. I tabel 5 er der regnet med en transportafstand for SKOV A/S til besætningen på 75 km og en transporttid hver vej på en time pr. besøg. I appendiks tabel A3 er det anført hvilke reservedele, der blev udskiftet i afprøvningsperioden. De reservedele, der blev udskiftet i de to luftrensere i afprøvningsperioden, vedrørte primært den automatiske vasker. Vaskemotoren blev udskiftet to gange i luftrenser A og en gang i luftrenser B. Over året udgjorde service- og vedligeholdelsesomkostningerne for de to luftrensere 35.041 kr., svarende til 2,20 kr. pr. produceret smågris. Inklusive forbrugsomkostningerne udgjorde driftsomkostninger 2,90 kr. pr. produceret smågris.

Der blev foretaget et filterskift af anden filterrække i luftrenser A, hvilket ikke er medregnet i opgørelsen af service- og vedligeholdelsesomkostningerne i afprøvningsperioden, idet filterskift typisk foretages med flere års mellemrum. I forudsætningerne for Miljøstyrelsens økonomiske beregninger for biologisk luftrensning [9] er der indlagt et filterskift af første filterrække i luftrenseren hvert andet år. Anden filterrække i luftrenseren er anført til at skulle udskiftes hver 3,5 år. Over en 10 års afskrivningsperiode for anlægget vil den årlige omkostning i henholdsvis luftrenser A og B udgøre 4.050 kr. til filtre og 450 kr. i arbejds løn. Det betyder, at driftsomkostningerne inkl. filterskift i afprøvningen udgjorde 3,50 kr. pr. produceret smågris.

Tabel 5. Service- og vedligeholdelsesomkostninger over et år for biologisk luftrensere A & B.

	Luftrensere A	Luftrensere B
Tilsyn med driften "landmandstilsyn", kr. ²	2.167 ¹	1.917
Serviceomkostninger – arbejds løn, kr. ³	3.227	3.080
Serviceomkostninger – reservedele, kr.	6.948 ¹	3.563
Transportomkostninger, kr. ⁴	9.191	4.949
Totale omkostninger, kr.	21.532	13.509

¹ Der blev i afprøvningsperioden foretaget filterskift af 2. filterrække, som ikke er medregnet.

² For landmandstilsyn er der regnet med en timepris på 250 kr.

³ For arbejds løn til service er der regnet med en timepris på 440 kr.

⁴ Servicebesøg: 2 timers transporttid og 150 km.

Luftrensernes drift blev registreret ved besøg af teknikere fra VSP hver 14. dag i afprøvningsperioden. I tabel 6 er noteret de fundne alarmer og fejl i luftrensernes drift på måledagene. Enkelte af alarmerne var såkaldte "bløde" alarmer, som blot skulle nulstilles. Ingen af alarmerne var såkaldte kritiske alarmer i relation til miljøeffekt og dyrevelfærd. I afprøvningsperioden havde SKOV A/S endvidere mulighed for at tilse luftrensernes drift via elektronisk fjernopkobling.

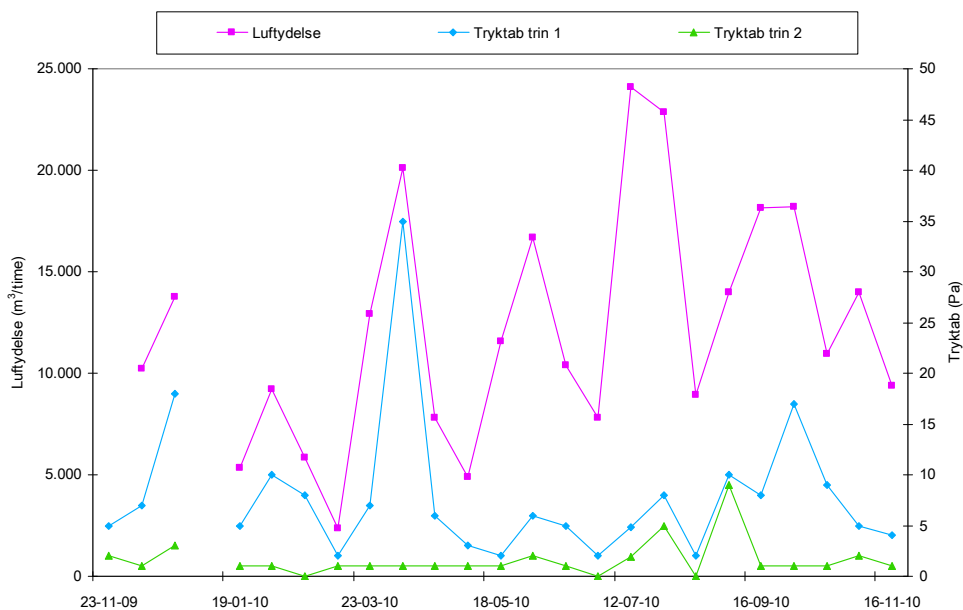
Tabel 6. Alarmer og fejl i driften af luftrensere A og B ved besøg af teknikere fra VSP i afprøvningsperioden.

Dato	Luftrensere A	Luftrensere B
08-12-2009		Alarm for manglende lænsning.
05-01-2010	Alarm for højt tryk på filtertrin 1.	Alarm for højt tryk på filtertrin 1, vandstand høj og vasketid overskredet.
19-01-2010	Filtertrin 2 var sunket sammen og krævede udskiftning.	Alarm for overskredet vasketid.
23-02-2010		Den automatiske vasker hang skævt og var ikke kørt tilbage på plads, samt beslag var knækket.
08-04-2010	Alarm for højt tryk på filtertrin 1.	
04-05-2010	Vaskemotoren sad løst og havde beskadiget kablet.	
17-08-2010		Midterste ventilator kører mod ventilationsrøret.
28-09-2010	Slange til vaskeren var knækket.	
13-10-2010		Alarm for højt tryk på filtertrin 1.

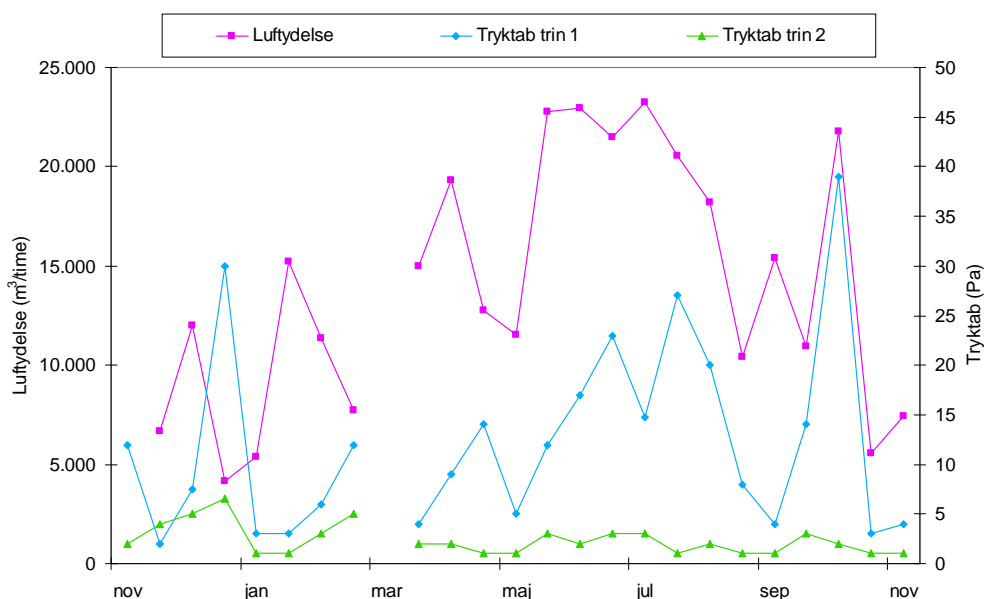
Luftfyldelse og tryktab

I figur 5 og 6 er vist luftfyldelse og tryktab i henholdsvis luftrensere A og B på måledagene. Hovedparten af tryktabet lå på det første filtertrin i luftrenseren, hvilket skyldtes at en del af støvet i luften fra stalden sætter sig i dette filter. I luftrenserne var der placeret en automatisk vasker, som med jævne mellemrum vaskede det første filtertrin fra bagsiden, det vil sige mod luftstrømmen, og fra forsiden af

det andet filtertrin med luftstrømmen, se figur A5 i appendiks. Selvom luftrensere var installeret med en automatisk vasker, var det nødvendigt at vaske det første filtertrin manuelt i begge luftrensere på grund af begyndende tilstopning. Forsiden af det første filtertrin i luftrensere A blev vasket manuelt d. 8. april, d. 21. april og d. 25. oktober. I luftrensere B blev forsiden af det første filtertrin vasket manuelt d. 2. december og d. 9. marts. Det er således nødvendigt med jævne mellemrum manuelt at rengøre det første filtertrin, dels for at sikre at der er en tilstrækkelig ventilationsydelse i stalden, men også for at minimere elforbruget til ventilation. Et øget tryktab over luftrenseren kræver mere energi til ventilatoren for at levere samme luftfyldelse.



Figur 5. Luftfyldelse igennem luftrensere A på måledagene i afprøvningsperioden samt tryktabet over henholdsvis første og andet filtertrin.



Figur 6. Luftfyldelse igennem luftrensere B på måledagene i afprøvningsperioden samt tryktabet over henholdsvis første og andet filtertrin.

Konklusion

Ammoniakkoncentrationen i den del af luften fra smågriseholdet, der blev ledt igennem to Farm AirClean BIO moduler, blev over året reduceret statistisk sikkert fra 4,2 ppm til 0,2 ppm, svarende til reduktionseffektivitet på 95 %. Ammoniakemissionen fra de fire staldsektioner blev gennemsnitlig reduceret med 81 % ved, at 62 % af den samlede luftmængde fra de fire staldsektioner over året blev ledt igennem de to luftrensere.

Til befugtning af filtertrinene i de to luftrensere blev der anvendt 32 l. vand pr. produceret smågris. Af den tilførte vandmængde blev 5 l. pr. produceret smågris lænset fra luftrensere til gylleopbevaringen, som kvælstofholdig gødningsvæske. Forbrugsomkostninger til el og vand udgjorde 0,70 kr. pr. produceret smågris. Omkostninger til opbevaring og udbringning af lænsevand, ligesom værdien af ekstra kvælstof i lagertanken er ikke medregnet.

Der blev anvendt 9 minutter pr. uge til at tilse driften af den enkelte luftrenser. Såfremt arbejdstiden til filterskift medregnes, svarer den ugentlige arbejdstid til 11 minutter pr. luftrenser. Denne arbejdstid til landmandstilsyn er væsentlig lavere, end det der er anført i forudsætningerne for de økonomiske beregninger ved biologisk luftrensning, hvor der er anført 20 minutter pr. luftrenser pr. uge. Idet landmandstilsynene i afprøvningen blev udført af professionelle servicefolk fra SKOV A/S, må der under normale omstændigheder forventes at skulle anvendes mere end 11 minutter pr. anlæg til tilsyn med driften.

Over året udgjorde service- og vedligeholdelsesomkostningerne for de to luftrensere 2,20 kr. pr. produceret smågris. Inklusive forbrugsomkostningerne og filterskift udgjorde de samlede driftsomkostninger ved anvendelse af luftrensere dermed 3,50 kr. pr. produceret smågris i afprøvningsperioden. De reservedele, der blev udskiftet i de to luftrensere i afprøvningsperioden, vedrørte primært den automatiske vasker.

Selvom luftrenseren var installeret med en automatisk vasker, der med jævne mellemrum rengjorde filterelementerne, var det i afprøvningsperioden nødvendigt at vaske det første filterelement manuelt to til tre gange i begge luftrensere på grund af begyndende tilstopning. Afprøvningen underbygger, at der én gang ugentlig bør foretages tilsyn af luftrensere for at sikre en stabil drift.

Referencer

- [1] Jensen, T.L.; Hansen, M.J. (2006): Slagtesvinestald med biologisk luftrensning fra SKOV A/S. [Meddelelse nr. 737, Videncenter for Svineproduktion.](#)
- [2] Lyngbye, M. (2008): Test af filterareal og demonstration af Farm AirClean – BIO modul fra SKOV A/S i en smågrisestald ved maksimumventilation. [Meddelelse nr. 830, Videncenter for Svineproduktion.](#)
- [3] Riis, A.L. (2011): Sommermålinger ved Farm AirClean 3-trins BIO Flex fra SKOV A/S. [Meddelelse nr. 896, Videncenter for Svineproduktion.](#)
- [4] Miljøstyrelsen (2011): Teknologiblad: Biologisk luftrensning ved smågrise. 1. udgave. Miljøstyrelsens hjemmeside www.mst.dk.
- [5] Juhler, S.; Revsbech N.P.; Schramm, A.; Herrmann, M.; Ottosen, L.D.M.; Nielsen, L.P. (2009): Distribution and rate of microbial processes in an ammonia-loaded air filter biofilm. *Applied and Environmental Microbiology* 75(11):3705-3713.
- [6] Sørensen, K. (2006): Emission af N₂O og NO fra biologiske luftfiltre. Specialrapport, Biologisk Institut, Århus Universitet.
- [7] Riis, A.L. (2011): Biofilter kombineret med Farm AirClean Bio modul fra SKOV A/S. [Erfaring nr. 1001, Videncenter for Svineproduktion.](#)
- [8] Henze, M.; Harremoës, P.; Jansen, J.L.C.; Arvin, E. (1992): Spildevandsrensning: Biologisk og kemisk. Polyteknisk forlag, 2. udgave, 1. oplag.
- [9] Miljøstyrelsen (2010): Forudsætninger for de økonomiske beregninger ved biologisk luftrensning. Miljøstyrelsens hjemmeside www.mst.dk.

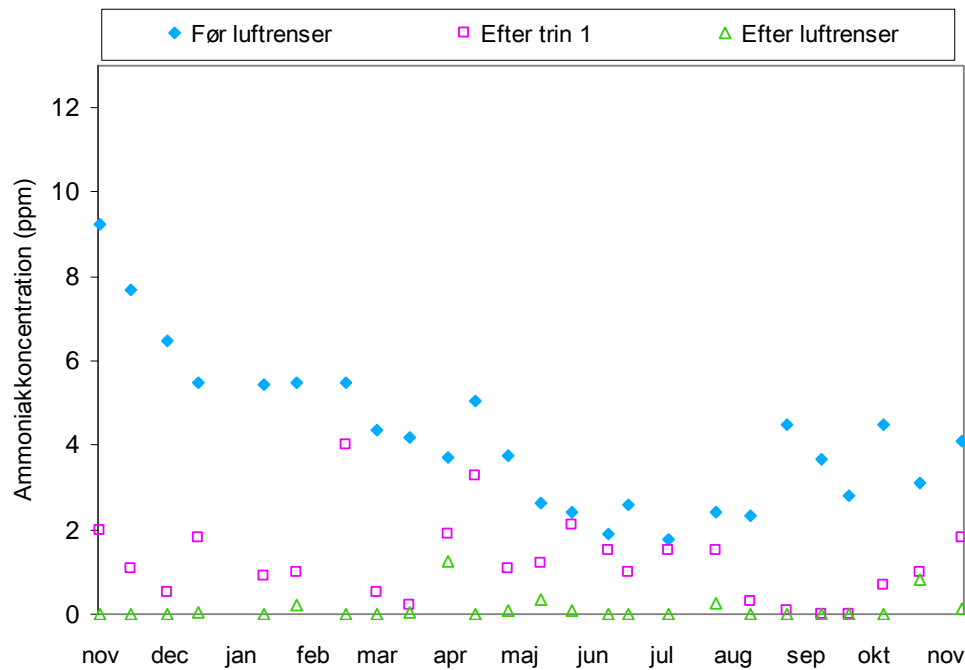
Deltagere

Tenikere: Thomas Lund Sørensen, Videncenter for Svineproduktion.

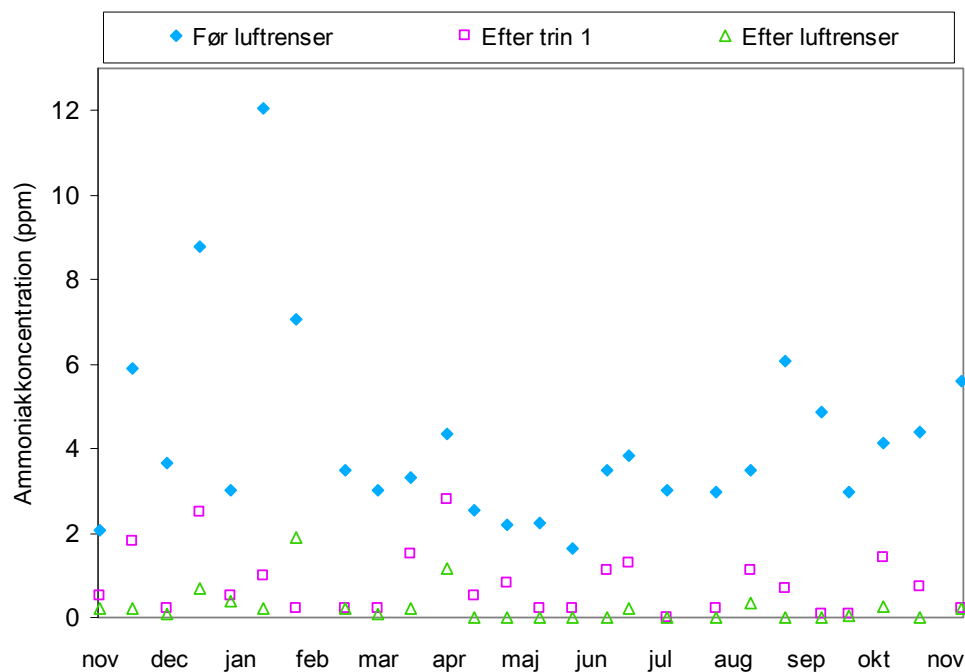
Statistikere: Mai Britt Friis Nielsen, Videncenter for Svineproduktion.

Afprøvning nr.: 1033

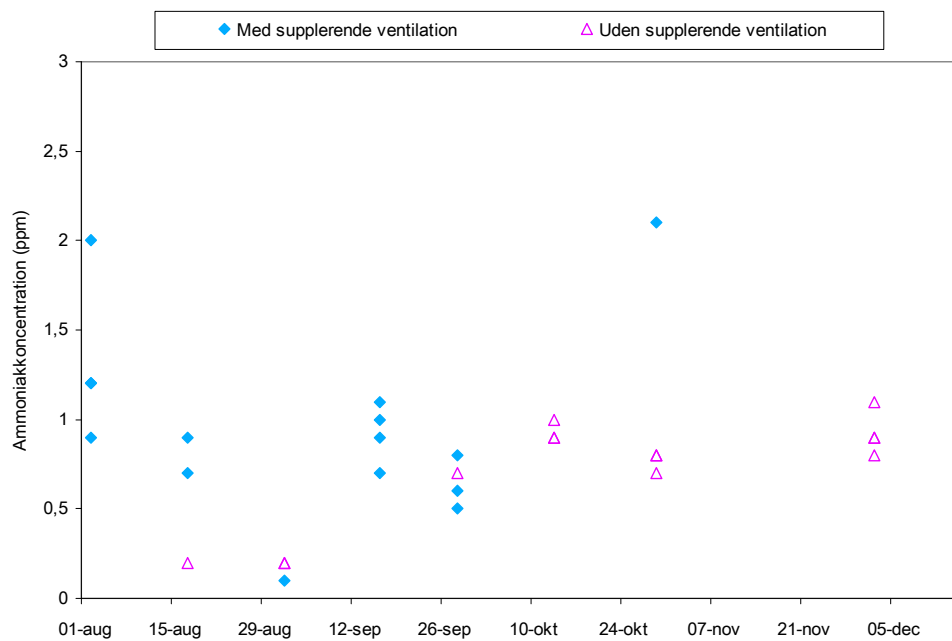
Appendiks



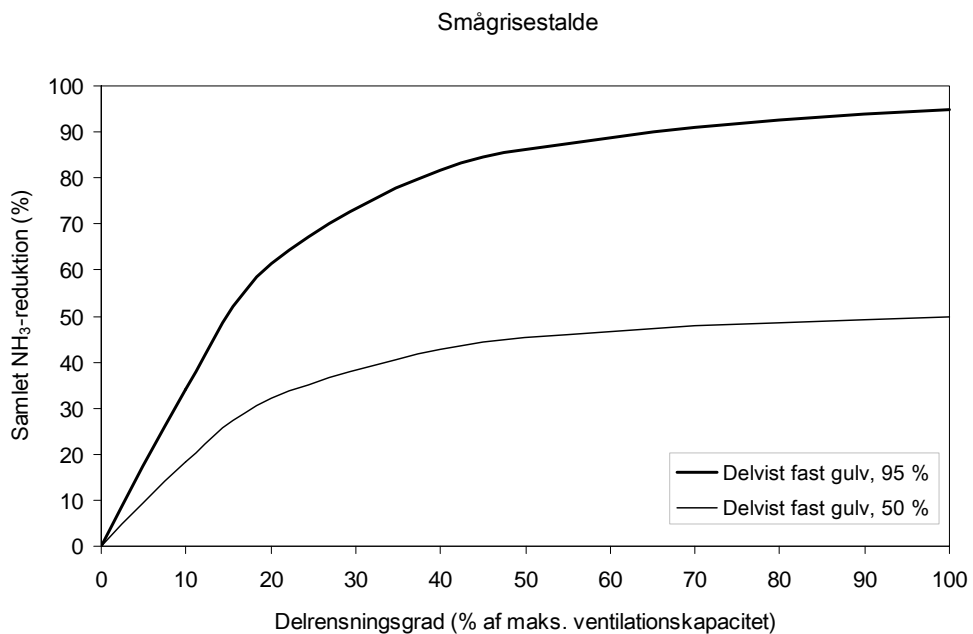
Figur A1. Ammoniakkoncentration målt i luften før luftrensere A, efter trin 1 og efter luftrensere A på de enkelte måledage i afprøvningsperioden.



Figur A2. Ammoniakkoncentration målt i luften før luftrensere B, efter trin 1 og efter luftrensere B på de enkelte måledage i afprøvningsperioden.



Figur A3. Ammoniakkoncentration målt under de supplerende ventilationsafkast på måledagene i de sidste fire måneder af afprøvningsperioden henholdsvis med og uden brug af den supplerende ventilation.



Figur A4. Sammenhæng mellem procentdel af maksimal ventilationskapacitet, der passerer en luftrenser i en smågrisestalde med delvist fast gulv, og den årlige reduktion i ammoniakemission for en renser med henholdsvis 50 % og 95 % renseeffektivitet. Fra [4].

Tabel A1. Ammoniakkoncentration (ppm) målt kontinuerligt med en INNOVA 1412 fotoakustisk gasmåler i luften henholdsvis før luftrensere B, efter 1. filterelement i luftrensere B og efter luftrensere B i perioden 11. november 2010 til og med 29. november 2010. 95 % konfidensinterval er angivet i parentes.

	Ammoniakkoncentration (ppm)
	Luftrensere B
Før luftrensere	5,2 (5,1 – 5,3)
Efter trin 1	0,7 (0,6 – 0,7)
Efter luftrensere	0,6 (0,5 – 0,6)

Tabel A2. Analyser af tørstof, pH, total N, ammoniumkvælstof, nitrit-N og nitrat-N i overrindingsvandet udtaget i karret under henholdsvis det første og andet filtertrin i luftrensere A og B på 14 måledage i afprøvningsperioden. Ledningsevne blev målt i forbindelse med udtagning af prøverne. 95 % konfidensinterval er angivet i parentes. N angiver antal målinger.

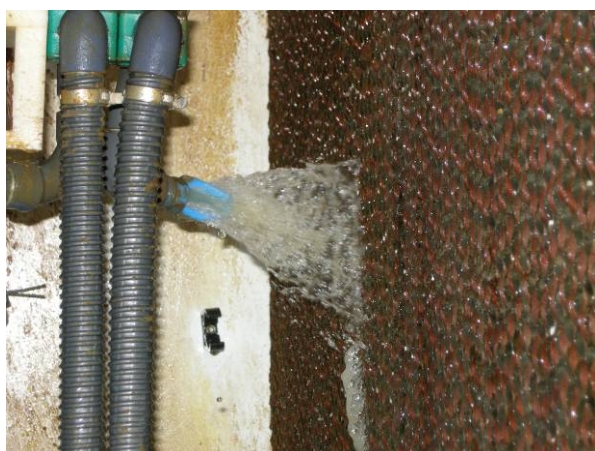
	Luftrensere A		Luftrensere B	
	Kar 1	Kar 2	Kar 1	Kar 2
N	14	14	14	14
Tørstof (mg/l)	10.429 (8.894 – 11.963)	2.788 (1.150 – 4.426)	8.893 (7.359 – 10.427)	2.960 (1.322 – 4.598)
pH	6,2 (5,8 – 6,6)	5,6 (4,9 – 6,3)	5,6 (5,2 – 6,0)	5,2 (4,5 – 6,0)
Ledningsevne (mS/cm)	15,9 ¹ (14,9 – 16,8)	5,7 ¹ (4,1 – 7,4)	16,3 ¹ (15,3 – 17,3)	5,9 ¹ (4,2 – 7,5)
Total N (mg/l)	3.286 (2.848 – 3.724)	971 (452 – 1.491)	2.828 (2.390 – 3.266)	946 (427 – 1.466)
Ammoniumkvælstof (mg/l)	1.664 ² (1.451 – 1.877)	491 (221 – 760)	1.378 ² (1.165 – 1.591)	445 (176 – 714)
Nitrit-N (mg/l)	6,0 (0 – 13)	6,4 (0 – 18)	8,0 (1 – 15)	9,9 (0 – 21)
Nitrat-N (mg/l)	1.600 (1.386 – 1.814)	514 (243 – 785)	1.446 (1.232 – 1.659)	515 (245 – 786)

¹ Der blev kun målt ledningsevne i de udtagne vandprøver på 13 af de 14 måledage.

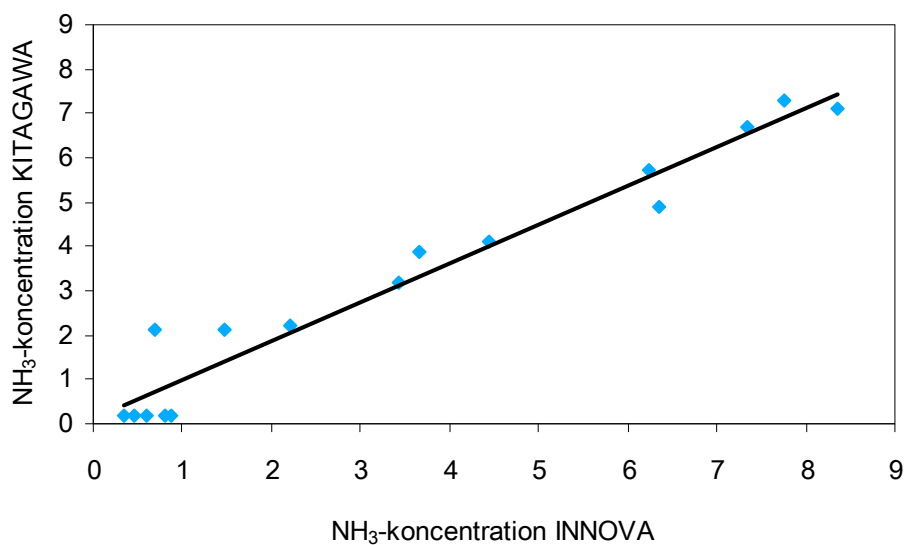
² Der var statistisk sikkert højere niveau af ammoniumkvælstof i kar 1 i luftrensere A i forhold til luftrensere B.

Tabel A3. Reservedele der blev udskiftet i luftrensere A og B i afprøvningsperioden.

Dato	Luftrensere A	Luftrensere B
17-12-2009		Slange og beslag til vasker er skiftet
21-01-2010	Motor og tandrem til vasker er skiftet	
02-02-2010		Rør til vasker er skiftet
10-02-2010	2. filtertrin er skiftet	
23-02-2010		Motor, laststrop, rør og rørholder til vasker er skiftet
11-05-2010	Motor, beslag og slange til vasker er skiftet	
17-08-2010	Slange til vasker er skiftet	
28-09-2010	Slange til vasker er skiftet	
12-11-2010	Ledning med føler til vandur er skiftet	



Figur A5. I luftrensere var der placeret en automatisk vasker, som med jævne mellemrum vaskede det første filtertrin fra bagsiden, det vil sige mod luftstrømmen, og fra forsiden af det andet filtertrin med luftstrømmen



Figur A6. Samtidige målinger ammoniakkoncentrationen med hhv. Innova 1412 måler og Kitagawa sporgasrør i luftrensere B i november 2010.