

EFFEKT AF JH FORSURING NH₄⁺ I SLAGTESVINESTALDE MED DRÆNET GULV

MEDDELELSE NR. 1078

Afprøvning af forsøringsanlægget "JH Forsuring NH₄⁺" viste, at ammoniakemissionen blev reduceret med gennemsnitlig 64 % fra slagtesvinestalde med drænet gulv. Anlægget havde ikke en lugtreducerende effekt.

INSTITUTION: VIDENCENTER FOR SVINEPRODUKTION, DEN RULLENDE AFPRØVNING

FORFATTER: **ANDERS LEEGAARD RIIS**

UDGIVET: 23. MAJ 2016

Dyregruppe: Slagtesvin

Fagområde: Stalde og Miljø

Sammendrag

Formålet med nærværende afprøvning var at dokumentere effekten af forsøringsanlægget "JH Forsuring NH₄⁺" fra Jørgen Hyltdgaard Staldservice A/S på ammoniak- og lugtreduktion fra en slagtesvinestald med drænet gulv. Ligeledes var målet at dokumentere driftsomkostninger og driftsstabiliteten ved anvendelse af forsøringsanlægget. Afprøvningen blev gennemført i to besætninger, lokalitet A og B. Resultaterne viste, at ved anvendelsen af forsøringsanlægget "JH Forsuring NH₄⁺" i slagtesvinestalde med drænet gulv blev ammoniakemissionen gennemsnitlig reduceret med 64 %.

På lokalitet A var der over året 29 % lavere lugtemission fra forsøgssektionerne ved at anvende forsøringsanlægget "JH Forsuring NH4+" i forhold til kontrolsektionerne. Derimod var der på lokalitet B ikke statistisk sikker lavere lugtemission fra forsøgssektionerne, selvom om lugtemissionen var numerisk lavere end fra kontrolsektionerne. På begge lokaliteter var der statistisk sikker lavere svovlbrinteemission fra forsøgssektionerne i forhold til kontrolsektionerne. Forsøringsanlægget "JH Forsuring NH4+" kan ikke tilskrives en lugtreducerende effekt, selvom resultaterne indikerer, at forsøringsprocessen i nogen grad påvirker lugtemissionen fra stalden. Det skal nævnes, at der i forbindelse med afprøvningsne blev observeret lugtafgivelse fra selve forsøringsanlægget i forbindelse med behandling af gyllen på begge lokaliteter.

Forbruget af svovlsyre til forsøringsprocessen udgjorde 7,1 kg pr. produceret gris på lokalitet A, mens det på lokalitet B gennemsnitligt var 5,8 kg pr. produceret gris. Elforbruget til forsøringsprocessen udgjorde 1,5 kWh pr. produceret gris.

Baggrund

Der er et stigende behov for at kunne reducere lugt- og ammoniakemissionen fra bedrifter med svineproduktion i Danmark og andre europæiske lande. Det har resulteret i, at flere firmaer arbejder med udvikling af miljøteknologier, der kan reducere miljøbelastningen fra svineproduktionen. Ét af dem er Jørgen Hyldgaard Staldservice A/S, som har udviklet "JH Forsuring NH4+" forsøringsanlægget.

Ved behandling af gyllen med et JH Forsøringsanlæg udsluses gyllen fra en eller flere staldsektioner til en behandlingstank, hvor koncentreret svovlsyre tilsættes under omrøring. Efter at gyllen er forsuret ned til et ønsket pH-niveau bliver hovedparten af gyllemængden pumpet retur til staldsektionen, mens en mindre del bliver pumpet over i en lagertank. Ved sænkning af pH i gyllen omdannes ammoniak til ammoniumkvælstof. Det betyder, at ammoniakemissionen fra gyllekanalerne, stalden og lager reduceres, samt at gyllen har en større gødningseffekt i marken.

Videncenter for Svineproduktion har tidligere gennemført en afprøvning af "JH Forsuring NH4+" i en slagtesvinebesætning med drænet gulv, hvor ammoniakemissionen blev reduceret med 71 % [1]. I den tidligere gennemførte afprøvning [1] blev ammoniakreduktionen målt med en målemetode, der ikke opfylder nuværende krav til dokumentation af miljøteknologiers miljøeffekt i forhold til optagelse på Miljøstyrelsens Teknologiliste [2].

Formålet med nærværende afprøvning var at dokumentere den opnåelige ammoniak- og lugtreduktion fra en slagtesvinestald med drænet gulv ved brug af produktet "JH Forsuring NH4+" fra Jørgen Hyldgaard Staldservice A/S. Ligeledes var målet at dokumentere driftsomkostninger og

driftsstabiliteten ved anvendelse af forsuringsanlægget. Afprøvningen blev foretaget således, at teknologien efterfølgende kunne optages på Miljøstyrelsens Teknologiliste, hvorfor der også blev gennemført supplerende målinger i den besætning, hvor den første afprøvning af "JH Forsuring NH4+" var foretaget [1], med henblik på at opfylde de nye krav til målemetoder.

Materiale og metode

Forsuringsanlægget "JH Forsuring NH4+" fra Jørgen Hyldgaard Staldservice A/S var opsat i to slagtesvinebesætninger (lokalitet A og B).

Lokalitet A: I afprøvningen på lokalitet A indgik en slagtesvinestald med seks sektioner. I hver sektion var der 12 stier med i alt 192 stipladser. Hver sektion var 14,7 m lang, 11,4 m bred og med en væghøjde på 2,6 m samt en lofthældning på 20 grader. Hver sti var 5,2 m lang og 2,25 m bred. Stiindretningen bestod af 1/3 drænet gulv bagerst i stien samt 2/3 spaltegulv og grisene blev tildelt restriktiv vådfodring, jf. figur A1 i appendiks. Mellem hvert hold grise blev stalden vasket, desinficeret og udtørret før indsættelse af nye grise. Stalden var indrettet med vakuumudslusning af gylle fra kanaler, der var 60 cm dybe. Ventilationsanlægget var fra SKOV A/S og etableret med luftindtag via vægventiler samt to loftsudsugninger i hver sektion.

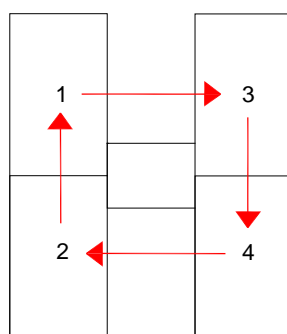
Videncenter for Svineproduktions tidligere afprøvning af "JH Forsuring NH4+" blev gennemført på lokalitet A [1]. I forbindelse med den tidligere afprøvning indgik der to sektioner som forsøg, hvor gyllen blev forsuret samt to kontrolsektioner uden forsuring med traditionel udslusning af gylle til lager efter behov. Ved den aktuelle afprøvningsperiode i forbindelse med de supplerende målinger indgik der én forsøgssektion og én kontrolsektion. I begge afprøvningsperioder blev grisene i både forsøg- og kontrolsektioner indsat ved 30 kg og på samme tid.

Forsuringsanlægget på lokalitet A bestod af en 400 m³ procestank, hvor der var monteret to pH-sensorer, som blev skyllet med vand umiddelbart før gyllen kom ind i tanken. Gyllen fra forsøgssektionerne blev én gang dagligt udsluset til en pumpebrønd via Ø315 mm rør. Fra pumpebrønden blev gyllen pumpet over i procestanken. Derefter startede omrøringen i procestanken samtidig med, at hele kanalanlægget under stalden blev bagskyllet med gylle for at modvirke evt. tørstofophobning i kanalanlægget. Efter 10-20 minutters omrøring i procestanken blev koncentreret svovlsyre (96 %) tilsat under kontinuerlig omrøring. Den koncentrerede svovlsyre blev opbevaret i en tank, som kunne rumme 42 tons. Når pH var sænket til 5,5 blev tilsætningen af syre indstillet og omrøringen stoppet, hvilket typisk var efter 30-60 minutter. Efter forsuring af gyllen var foretaget blev hovedparten af gyllen pumpet retur til staldsektionen via Ø160 mm rør. En mindre del af gyllen fra procestanken, svarende til daglige gylleproduktion i stalden, blev pumpet til lagertank. Forsuringsprocessen blev automatisk reguleret dels via spjælede monteret i kanalanlægget, og dels via en styring, hvor informationer fra de enkelte behandlinger samtidig blev logget.



Figur 1. Forsøringsanlægget “JH Forsuring NH4+” ved lokalitet A.

Lokalitet B: I afprøvningen på lokalitet B indgik to slagtesvinestalde, som hver var opdelt i to sektioner, jf. figur 2. Sektion 1 og 3 var hver 37 m lange, 13 m brede og havde en væghøjde på 2,6 m. Sektionerne var inddelt i 32 stier med i alt 640 stipladser. Sektion 2 og 4 var hver 42 m lange, 13 m brede og havde en væghøjde på 2,6 m og var inddelt med 36 stier og i alt 720 stipladser. Hver sti var 6,0 m lang og 2,2 m bred. Stiindretningen bestod af 2,0 m drænet gulv bagerst i stien samt 4,0 m spaltegulv og grisene blev tildelt restriktiv vådfodring, jf. figur A2 i appendiks. Mellem hvert hold grise blev stalden vasket, desinficeret og udtørret før indsættelse af nye grise. Stalden var indrettet med vakuumudslusning af gylle fra kanaler, der var 50 cm dybe. Ventilationsanlægget var fra SKOV A/S og etableret med diffust luftindtag samt fem loftsudsugninger i hver sektion. Der var supplerende luftindtag via én loftsventil monteret i loftet over hver sti fem meter fra ydervæggen. Loftsventilerne var indstillet til at åbne ved en staldrumstemperatur 3,0 °C over den ønskede temperatur i stalden.



Forsørings
anlæg

Figur 2. Placeringen af de to slagtesvinestalde på lokalitet B. De røde pile angiver indsættelsesrækkefølgen i de fire staldsektioner.

For at udligne vægtforskellen mellem grisene i forsøg- og kontrolgruppen blev der anvendt to sektioner som forsøg og to sektioner som kontrol. Grise med en gennemsnitlig vægt på 30 kg blev indsat i sektionerne med én uges mellemrum i følgende rækkefølge:

- 1. indsættelse: sektion 1 – forsøgssektion
- 2. indsættelse: sektion 3 – kontrolsektion
- 3. indsættelse: sektion 4 – kontrolsektion
- 4. indsættelse: sektion 2 – forsøgssektion

I forsøgssektionerne blev gyllen dagligt forsuret, mens gyllen i de to kontrolsektioner var uden forsuring og med traditionel udslusning af gylle til lager efter behov.

Forsuringsanlægget "JH Forsuring NH4+" var identisk til anlægget på lokalitet A, jf. figur 3. Dog var anlægget etableret med en 315 m³ procestank på lokalitet B.



Figur 3. Forsuringsanlægget "JH Forsuring NH4+" ved lokalitet B.

Gennemførelse

Begge lokaliteter blev besøgt ca. hver 14. dag i afprøvningsperioden af teknikere fra SEGES Videncenter for Svineproduktion for at registrere driftsstabiliteten af "JH Forsuring NH4+". Derudover blev der på begge lokaliteter gennemført måledage i løbet af året for at dokumentere lugt- og ammoniakreduktionen ved anvendelse af "JH Forsuring NH4+".

På lokalitet A blev ammoniakemissionen i den første afprøvning af "JH Forsuring NH4+" målt med et elektrokemisk sensorsystem fra VengSystem A/S [1]. Denne metode var som tidligere nævnt ikke i overensstemmelse med dokumentationskravene til optagelse på Miljøstyrelsens Teknologiliste. Supplerende målinger af ammoniakemissionen blev derfor gennemført på 32 dage fordelt i perioder mellem d. 9. juni og 1. maj det følgende år. Ligeledes var der i den første afprøvningsperiode foretaget lugtmålinger på otte dage i sommer- og efterårsperioden. For at opfylde kravene til optagelse på

Teknologilisten blev der foretaget lugtmålinger på yderligere fem måledage mellem d. 31. oktober og 1. maj. Ved gennemførelse af de supplerende målinger blev der på hver måledag foretaget tre lugtmålinger i hhv. forsøg- og kontrolsektionen.

Afprøvningen på lokalitet B blev gennemført i perioden fra d. 16. april til 15. april det følgende år. I denne periode blev der ved fire hold produceret 10.600 slagtesvin (34,5 – 107,4 kg) i de to forsøgs- og de to kontrolsektioner. Målinger af ammoniakemissionen blev gennemført på 48 dage fordelt i perioder mellem d. 16. april og 7. februar. Lugtmålinger blev foretaget på ni måledage om sommeren og fem dage i den øvrige del af året. På ti af måledagene blev der foretaget lugtmålinger i begge forsøgs- og begge kontrolsektioner, hvorfor der på hver måledag blev foretaget to lugtmålinger i hver sektion. Ved gennemførelse af de fire øvrige måledage blev der på hver måledag foretaget tre lugtmålinger i hhv. én forsøg- og én kontrolsektion. Foderforbruget og –indhold er vist i tabel A1 og A2 i appendiks.

Registreringer

Ammoniak og kuldioxid

Koncentrationen af ammoniak og kuldioxid i luften blev målt kontinuerligt over døgnet med infrarød spektrometri (INNOVA 1412 Photoacoustic gas analyse og 1309 Multipoint samplers, LumaSense Technologies A/S). Koncentrationerne blev målt i én loftsudsugning i henholdsvis forsøgs- og kontrolsektionerne samt i udeluften. Der blev foretaget 10 gentagne målinger i hvert målepunkt, hvoraf den sidst loggede værdi i hver målerunde blev anvendt. Ved teknikerbesøg og på måledage med lugtmålinger blev koncentrationen af ammoniak og kuldioxid desuden målt i de samme målepunkter med sporgasrør (Kitagawa 105 SD og 126 SF) som kontrolmåling af INNOVA.

Lugt

Der blev udtaget lugtprøver i de målesteder i sektionerne, hvor der blev målt ammoniak. Lugtprøverne blev opsamlet ved at indsætte en Teflon-slange i hvert målested. Teflonslangen med en længde på ca. 2,5 meter var forbundet med en 30 liter Nalophan®-pose, som var placeret i en tæt lukket kasse. Til kassen var der koblet en pumpe, som dannede undertryk i kassen, hvorved posen blev fyldt med luft fra målestedet. Inden prøverne blev udtaget, blev poserne konditioneret, hvorved poserne blev fyldt med staldluft og tømt igen, før den endelige opsamling af prøve. Opsamlingsperioden var 30 minutter med et flow på 0,9 liter pr. minut. Der blev opsamlet to eller tre luftprøver pr. dag pr. målested, jf. beskrivelsen ovenfor. Luftprøverne blev opsamlet i tidsrummet kl. 11.00-11.30, kl. 12.30-13.00 og 14.00-14.30. Kasserne med pumpe blev placeret på loftsrummet, så grisene ikke blev forstyrret under prøveudtagningen. Luftprøverne blev udtaget efter den europæiske CEN standard [3]. Prøverne blev efterfølgende sendt til lugtlaboratoriet LUFA Nord-West i Tyskland, hvor de blev analyseret den følgende dag i henhold til CEN Standard [3].

Svovlbrinte

Svovlbrintekonzentrationen blev efter hver lugtprøveudtagning målt i de samme målepunkter med en svovlbrintemåler af typen Jerome 631 XE. Der blev foretaget fire registreringer efter hinanden i hvert målepunkt, hvoraf den første måling konsekvent blev kasseret.

Temperaturer og luftmængder

Ventilationsydelsen på lokalitet A blev målt med en målevinge af typen Fancom AT(M) unit 80 på hvert afkast. På lokalitet B blev ventilationsydelsen på alle ventilationsafkast målt med Dynamic Air (SKOV A/S). De målte lufttydelser med Dynamic Air blev efterkontrolleret én gang i afprøvningsperioden med kalibrerede Fancom målevinger, jf. figur A3-A6 i appendiks. Ventilationsydelser samt ude- og staldtemperaturer blev logget hvert 5. minut via PC-log 8.0 (VengSystem) på begge lokaliteter. Herudover blev der efter hver lugtprøveudtagning på hver lokalitet foretaget en måling af temperatur og relativ luftfugtighed i de enkelte målepunkter med et multimeter af typen TSI VelociCalc 9555. Endvidere blev temperaturen og relativ luftfugtighed i udeluften på hver måledag registreret umiddelbart inden første prøveudtagning samt efter sidste prøveudtagning.

Antal grise og vægt

Antallet af grise og deres vægt blev visuelt vurderet og registreret ved hvert besøg af tekniker.

Forbrugsomkostninger

Elforbruget til forsøringsanlægget blev registreret via elmåler på lokalitet B i perioden 15. august til 18. april. Syreforbruget til forsøringsprocessen blev registreret på lokalitet A ud fra vejeceller på syrebeholderen og på lokalitet B ud fra en måler på tilførselsstrengen til procestanken. Tidsforbrug til service- og vedligeholdelse blev ligeledes registreret.

Gylleanalyser

På hver måledag med lugtmålinger blev gyllehøjden i kummerne i sektionerne registreret. Samtidig blev der udtaget en gylleprøve i både forsøgs- og kontrolsektioner ved at pumpe én liter gylle op fra gyllekummen. pH-niveauet i gylleprøven blev målt inden prøven blev frosset ned med henblik på senere analyse. Gylleprøverne blev analyseret for total N, ammoniak og ammonium-N, tørstof, pH, svovl, fosfor og kalium hos Eurofins Steins.

Statistik

Konzentration og emission af ammoniak, lugt og svovlbrinte blev analyseret i en variansanalyse med proceduren MIXED i SAS under hensyn til gentagne målinger pr. dag.

Resultater og diskussion

Ammoniak

I tabel 1 er vist den gennemsnitlige ammoniakkoncentration og -emission fra hhv. forsøgs- og kontrolsektion på lokalitet A i forbindelse med de supplerende målinger. Anvendelse af forsøringsanlægget "JH Forsuring NH4+" resulterede i, at ammoniakemissionen gennemsnitlig over året var 63 % lavere fra forsøgssektionen i forhold til kontrolsektionen. I figur A7 i appendiks er vist de daglige gennemsnit af ammoniakemissionen fra hhv. forsøgs- og kontrolsektionen på lokalitet A.

Tabel 1. Gennemsnitlig ammoniakkoncentration og -emission målt med INNOVA i ventilationsluften fra kontrol- og forsøgssektion på lokalitet A mellem d. 9. juni og 1. maj. 95 % konfidensinterval er angivet i parentes. N angiver antal måledage.

Lokalitet A	Ammoniakkoncentration (ppm)	Ammoniakemission (g NH ₃ -N/time/gris)
N	32	32
Kontrolsektion	7,9 (7,0 – 8,8)	0,15 (0,14 – 0,16)
Forsøgssektion	2,8*** (1,9 – 3,7)	0,056*** (0,043 – 0,069)

*** Statistisk sikker forskel, P<0,001 i forhold til ammoniakkoncentration og -emission fra kontrolsektion.

I tabel 2 er vist den gennemsnitlige ammoniakkoncentration og -emission fra hhv. forsøgs- og kontrolsektioner på lokalitet B. Anvendelse af forsøringsanlægget "JH Forsuring NH4+" resulterede i, at ammoniakemissionen gennemsnitlig over året var 66 % lavere fra forsøgssektionerne i forhold til kontrolsektionerne. I figur A8 i appendiks er vist de daglige gennemsnit af ammoniakemissionen fra hhv. forsøgs- og kontrolsektionerne på lokalitet B.

I gennemsnit fra de to lokaliteter blev ammoniakemissionen fra forsøgssektionerne reduceret med 64 % i forhold til kontrolsektionerne ved at anvende forsøringsanlægget "JH Forsuring NH4+".

Tabel 2. Gennemsnitlig ammoniakkoncentration og -emission målt med INNOVA i ventilationsluften fra kontrol- og forsøgssektioner på lokalitet B mellem d. 16. april og 7. februar. 95 % konfidensinterval er angivet i parentes. N angiver antal måledage.

Lokalitet B	Ammoniakkoncentration (ppm)	Ammoniakemission (g NH ₃ -N/time/gris)
N	48	48
Kontrolsektion	8,6 (8,2 – 9,1)	0,20 (0,19 – 0,21)
Forsøgssektion	3,2*** (2,7 – 3,6)	0,068*** (0,060 – 0,077)

*** Statistisk sikker forskel, P<0,001 i forhold til ammoniakkoncentration og -emission fra kontrolsektion.

Lugt

I tabel 3 er vist den gennemsnitlige lugtkoncentration fra forsøgs- og kontrolsektioner over året fra lokalitet A. Derudover er vist den gennemsnitlige lugtemission om sommeren og for hele året fra lokalitet A. Gennemsnitlig over året var lugtemissionen 29 % lavere fra forsøgssektionerne med forsuring af gyllen end fra kontrolsektionerne på lokalitet A ($P < 0,001$). På måledage med udetemperaturer over 16 °C var lugtemissionen fra forsøgssektionerne gennemsnitlig 26 % lavere end fra kontrolsektionerne ($P < 0,001$). I figur A9 i appendiks er vist lugtemissionen fra de enkelte måledage fra forsøgs- og kontrolsektioner på lokalitet A. Udetemperaturen var i gennemsnit 13,4 °C (95% konfidensinterval: 8,5 – 18,3 °C) og den relative luftfugtighed i udeluften var gennemsnitlig 69 % (95% konfidensinterval: 66 – 72) på lugtmåledagene over året.

Tabel 3. Gennemsnitlig lugtkoncentration og -emission målt i ventilationsluften fra kontrol- og forsøgssektioner på lokalitet A. 95 % konfidensinterval er angivet i parentes. N angiver antal målinger.

Lokalitet A	Lugtkoncentration (OU _E /m ³)	Lugtemission (OU _E /s/1.000 kg dyr)	
	Årgennemsnit	Sommerperiode ¹	Årgennemsnit
N	47	20	47
Kontrolsektion	429 (301 – 612)	80 (63 – 100)	97 (77 – 120)
Forsøgssektion	335 (235 – 478)	59*** (46 – 74)	69*** (55 – 86)

*** Statistisk sikker forskel, $P < 0,001$ i forhold til lugtemission fra kontrolsektion.

¹ Målinger foretaget på dage med udetemperatur over 16 °C.

I tabel 4 er vist den gennemsnitlige lugtkoncentration fra forsøgs- og kontrolsektioner over året fra lokalitet B. Derudover er vist den gennemsnitlige lugtemission om sommeren og for hele året fra lokalitet B. Der var ikke statistisk sikker forskel på lugtemissionen over året fra forsøgssektionerne med forsuring af gylle i forhold til kontrolsektionerne uden behandling af gylle. Dog var lugtemission fra forsøgssektionerne numerisk lavere i forhold til kontrolsektionerne. Ligeledes på lugtmåledage med udetemperatur over 16 °C var lugtemissionen fra forsøgssektionerne numerisk lavere, men ikke statistisk sikker forskellig fra kontrolsektionerne. I figur A10 i appendiks er vist lugtemissionen fra de enkelte måledage fra forsøgs- og kontrolsektioner på lokalitet B. Udetemperaturen var i gennemsnit 18,1 °C (95 % konfidensinterval: 2,0 – 29,3 °C) og den relative luftfugtighed i udeluften var gennemsnitlig 65 % (95 % konfidensinterval: 51 – 79) på lugtmåledagene over året.

Resultaterne viste, at lugtemissionen fra forsøgssektionerne var signifikant lavere end fra kontrolsektionerne på lokalitet A, mens lugtemission fra forsøgssektionerne kun var numerisk lavere i forhold til kontrolsektionerne på lokalitet B. Forsuringsanlægget "JH Forsuring NH₄+" kan derfor ikke tilskrives en lugtreducerende effekt, selvom resultaterne indikerer, at forsuringprocessen i nogen grad påvirker lugtemissionen fra stalden. Det skal samtidig nævnes, at der i forbindelse med

afprøvningerne blev observeret lugtafgivelse fra selve forsøringsanlægget i forbindelse med behandling af gyllen på begge lokaliteter. Lugtafgivelsen fra selve forsøringsanlægget blev ikke målt.

Tabel 4. Gennemsnitlig lugtkoncentration og -emission målt i ventilationsluften fra kontrol- og forsøgssektioner på lokalitet B. 95 % konfidensinterval er angivet i parentes. N angiver antal målinger.

Lokalitet B	Lugtkoncentration (OU _E /m ³)	Lugtemission (OU _E /s/1.000 kg dyr)	
	Årgennemsnit	Sommerperiode ¹	Årgennemsnit
N	52	32	52
Kontrolsektion	366 (273 – 491)	112 (83 – 150)	99 (79 – 130)
Forsøgssektion	366 (273 – 490)	98 ^{NS} (73 – 130)	92 ^{NS} (73 – 120)

^{NS} Ingen signifikant forskel, P>0,05 i forhold til lugtemission fra kontrolsektion.

¹ Målinger foretaget på dage med udetemperatur over 16 °C.

Svovlbrinte

I tabel 5 er vist den gennemsnitlige svovlbrintekonzentration og –emission fra forsøgs- og kontrolsektioner på lokalitet A. Forsuring af gyllen med "JH Forsuring NH₄⁺" resulterede i en statistisk sikker lavere svovlbrinteemission fra forsøgssektionerne end fra kontrolsektionerne (P<0,001). Den gennemsnitlige svovlbrinteemission var 67 % lavere fra forsøgssektionerne i forhold til kontrolsektionerne på lokalitet A.

Tabel 5. Gennemsnitlig svovlbrintekonzentration og –emission målt i ventilationsluften fra kontrol- og forsøgssektioner på lokalitet A på dage med lugtmålinger. 95 % konfidensinterval er angivet i parentes.

Lokalitet A	Svovlbrintekonzentration (ppm)	Svovlbrinteemission (mg H ₂ S/time/gris)
N	47	47
Kontrolsektion	0,76 (0,60 – 0,91)	57 (49 – 64)
Forsøgssektion	0,32 ^{***} (0,16 – 0,47)	19 ^{***} (11 – 26)

^{***} Statistisk sikker forskel, P<0,001 i forhold til svovlbrintekonzentration og -emission fra kontrolsektion.

I tabel 6 er vist den gennemsnitlige svovlbrintekonzentration og -emission fra forsøgs- og kontrolsektioner på lokalitet B. Den gennemsnitlige svovlbrinteemission fra lokalitet B var statistisk sikker lavere fra forsøgssektionerne end fra kontrolsektionerne svarende til 90 %. Målinger af svovlbrintekonzentrationerne på begge lokaliteter blev foretaget som punktmålinger om dagen udenfor procesperioderne. I den første afprøvning af "JH Forsuring NH₄⁺" blev der i tidsrummet for den daglige behandling af gyllen i forsøgssektionerne, observeret svovlbrintekonzentrationer op til 3 og 10 ppm henholdsvis sommer og vinter. Denne højere svovlbrintekonzentration skyldes, at svovlbrinte frigives fra gyllen i forbindelse med, at gyllen udsluses til procestanken og tilbagepumpes til forsøgssektionerne igen [1]. Det vil således kræve kontinuerlige målinger for at fastlægge det eksakte niveau af svovlbrinteemissionen ved forsuring af gylle over døgnet.

Tabel 6. Gennemsnitlig svovlbrintekonzentration og -emission målt i ventilationsluften fra kontrol- og forsøgssektioner på lokalitet B på dage med lugtmålinger. 95 % konfidensinterval er angivet i parentes.

Lokalitet B	Svovlbrintekonzentration (ppm)	Svovlbrinteemission (mg H ₂ S/time/gris)
N	52	52
Kontrolsektion	0,53 (0,43 – 0,63)	43 (38 – 47)
Forsøgssektion	0,060*** (~0 – 0,16)	4,5*** (0,12 – 8,9)

*** Statistisk sikker forskel, P<0,001 i forhold til svovlbrintekonzentration og -emission fra kontrolsektion.

Ventilationsydelse, kuldioxid og temperaturer

Gennem afprøvningsperioden blev målinger af ventilationsydelse, kuldioxidkoncentrationer og temperaturer foretaget i forbindelse med de kontinuerlige målinger af ammoniakemissionen på begge lokaliteter, jf. tabel 7. Der var ingen signifikant forskel på ventilationsydelsen, kuldioxidkoncentrationen eller temperaturer mellem forsøgs- og kontrolsektioner på lokalitet A og B.

Tabel 7. Ventilationsydelse, kuldioxidkoncentration, staldrumstemperatur og udetemperatur gennem afprøvningsperioden på lokalitet A og B. 95 % konfidensinterval er angivet i parentes.

	Lokalitet A		Lokalitet B	
	Kontrolsektion	Forsøgssektion	Kontrolsektion	Forsøgssektion
Ventilationsydelse (m ³ /time)	8.470 (6.459 – 10.482)	8.304 (6.293 – 10.316)	31.771 (28.167 – 35.375)	30.245 (26.644 – 33.847)
Kuldioxidkoncentration (ppm)	2.062 (1.721 – 2.403)	2.188 (1.847 – 2.529)	1.723 (1.600 – 1.846)	1.784 (1.661 – 1.907)
Staldrumstemperatur (°C)	19,5 (18,9 – 20,0)	19,7 (19,1 – 20,2)	20,2 (19,9 – 20,6)	20,3 (19,9 – 20,6)
Udetemperatur (°C)	11,7 (-0,5 – 23,6)		12,6 (-2,2 – 30,7)	

I tabel 8 er vist gennemsnitligt antal grise og deres vægt på måledagene i afprøvningsperioderne på lokalitet A og B. Der var ingen statistisk sikker forskel på antallet af grise og deres vægt mellem forsøgs- og kontrolsektionerne på lokalitet A og B. Belægningsgraden og den maksimale luftydelse pr. gris i forsøgs- og kontrolsektionerne på lokalitet A og B er ligeledes angivet i tabel 8. Der var ingen forskel på disse parametre mellem kontrol- og forsøgssektionerne. I forsøgssektionerne blev den ønskede gyllehøjde i kummerne reguleret ud fra, hvor stor en gyllemængde, der var defineret i styringen til forsøringsanlægget "JH Forsuring NH4+". Efter forsuring pumpede "JH Forsuring NH4+" således den definerede gyllemængde tilbage til stalden. Gennemsnitlig var gyllehøjden i forsøgssektionerne 31 cm på lokalitet A, mens den på lokalitet B var 25 cm, jf. tabel 8. Gyllehøjden i kontrolsektionerne var gennemsnitligt også højere på lokalitet A end på lokalitet B, hvilket kan forklares af, at kummedybden var 60 cm på lokalitet A og 50 cm på lokalitet B. Det betød også, at den

gennemsnitlige alder på gyllen i kontrolsektionerne var højere på lokalitet A end på lokalitet B, og kan være en del af forklaringen på, at der blev registreret en statistisk sikker lugtreduktion på lokalitet A, men ikke på lokalitet B.

Hverken på lokalitet A eller B blev der observeret ophobning af gylle i gyllekummerne, som følge af forsuringprocessen. Det vurderes derfor, at den daglige behandling af gyllen med "JH Forsuring NH4+" ikke havde negativ indflydelse på gyllesystemets funktion.

Tabel 8. Gennemsnitligt antal og vægt af grise, areal pr. gris, maksimal luftydelse pr. gris samt gennemsnitlig gyllehøjde i forsøgs- og kontrolsektioner på lokalitet A og B. Middelværdi og standardafvigelse er angivet.

	Lokalitet A		Lokalitet B	
	Kontrolsektion	Forsøgssektion	Kontrolsektion	Forsøgssektion
Antal grise	190 ± 5	191 ± 5	666 ± 33	674 ± 66
Grisenes vægt (kg)	76 ± 18	76 ± 18	66 ± 9,6	66 ± 18
Areal pr. gris (m ²)	0,74	0,74	0,67	0,67
Maksimal luftydelse pr. gris (m ³ /time)	119	118	99 ¹	102 ¹
Gyllehøjde (cm)	36 ± 15	31 ± 6,7	26 ± 8,3	25 ± 2,3

¹ Med supplerende luftindtag åbent.

I tabel 9 er vist sammensætningen af gyllen på baggrund af de prøver, der blev foretaget gennem afprøvningsperioderne på lokalitet A og B. For lokalitet A er de viste resultater for prøver udtaget i perioden mellem d. 9. juni og 1. maj. Gylleanalyser fra den første afprøvning på lokalitet A kan ses i Meddelelse nr. 932 [1].

På begge lokaliteter resulterede den daglige forsuring af gyllen i forsøgssektionerne som forventet i en lavere pH i gyllen sammenlignet med kontrolsektionerne. På lokalitet B var pH-niveauet i forsøgssektionerne gennemsnitlig 0,2 pH-enheder lavere sammenlignet med forsøgssektionen på lokalitet A, hvilket kunne skyldes forskellig indstilling i styringen af "JH Forsuring NH4+". På lokalitet B var der også et marginalt højere indhold af kvælstof i gyllen i forhold til lokalitet A. Svovlindholdet i gyllen fra forsøgssektionerne var som forventet signifikant højere, som følge af den daglige behandling med svovlsyre, sammenlignet med den ubehandlede gylle i kontrolsektionerne. Generelt var det vanskeligt at udtage repræsentative prøver af gylle opbevaret i gyllekummerne, hvilket specielt gav udslag i indholdet af tørstof mellem forsøgs- og kontrolsektionerne, jf. tabel 9. Årsagen til det højere tørstofindhold i gylleprøverne fra forsøgssektionerne kan formentlig forklares af den daglige behandling af gyllen. Når gyllen dagligt sluses ud af stalden, omrøres og pumpes retur til stalden bliver gyllen mere homogen, og derfor var det mere repræsentative prøver, der blev udtaget fra forsøgssektionerne.

Tabel 9. Analyser af gylleprøver udtaget gennem afprøvningsperioden på lokalitet A og B. Middelværdi og standardafvigelse er angivet.

	Lokalitet A		Lokalitet B	
	Kontrolsektion	Forsøgssektion	Kontrolsektion	Forsøgssektion
N	8	8	26	26
pH	7,4 ± 0,1	5,7 ± 0,2	7,1 ± 0,3	5,5 ± 0,4
Tørstofindhold (%)	2,2 ± 0,8	4,2 ± 0,8	3,6 ± 2,1	4,8 ± 1,0
Total C (% of tørstof)	28 ± 5	25 ± 5	33 ± 6	29 ± 4,0
Total N (kg/ton)	3,0 ± 0,8	4,0 ± 0,5	3,9 ± 0,9	4,5 ± 0,5
Ammoniak+Ammonium-N (kg/ton)	2,5 ± 0,6	2,8 ± 0,3	2,9 ± 0,4	3,0 ± 0,2
Fosfor (kg/ton)	0,28 ± 0,1	1,0 ± 0,2	0,68 ± 0,6	0,95 ± 0,3
Kalium (kg/ton)	3,4 ± 0,7	3,3 ± 0,1	3,4 ± 0,3	3,0 ± 0,6
Svovl (kg/ton)	0,18 ± 0,06	2,9 ± 0,3	0,31 ± 0,4	2,9 ± 0,9

Driftsomkostninger

Driftsomkostninger ved anvendelse af forsøringsanlægget "JH Forsuring NH4+" udgøres af el- og syreforbrug samt service- og vedligeholdelsesomkostninger. I tabel 10 er vist forbrugsomkostninger gennem afprøvningsperioden på lokalitet A og B. Forbruget af svovlsyre udgjorde 7,1 kg pr. produceret gris på lokalitet A og 5,8 kg på lokalitet B. Det højere syreforbrug på lokalitet A kan ikke umiddelbart forklares udover, at der var en større gyllemængde, der skulle behandles hver dag sammenlignet med lokalitet B. Elforbruget til forsøringsprocessen udgjorde 1,5 kWh pr. produceret gris på lokalitet B.

Tabel 10. Forbrug af svovlsyre og el ved forsuring af gyllen gennem afprøvningsperioden på lokalitet A og B.

	Lokalitet A		Lokalitet B	
	Totalt forbrug	Forbrug pr. produceret gris	Totalt forbrug	Forbrug pr. produceret gris
Svovlsyre (kg)	13.396	7,1	30.605	5,8
El (kWh)	-	-	8.107	1,5

I tabel A3 og A4 er angivet datoer for servicebesøg samt udførte reparationer på forsøringsanlæggene gennem afprøvningsperioden på lokalitet A og B. Behandling af gylle med forsøringsanlægget "JH Forsuring NH4+" udføres én gang dagligt. Generelt var ingen af de opståede problemer med anlæggene så alvorlige, at anlæggene var ude af drift i længere perioder, og dermed kunne påvirke miljøeffekten negativt.

Konklusion

Ved at anvende forsøringsanlægget "JH Forsuring NH4+" i slagtesvinestalde med drænet gulv blev ammoniakemissionen gennemsnitlig reduceret med 64 %. På lokalitet A blev ammoniakemissionen gennemsnitlig reduceret med 63 % i forsøgssektionerne i forhold til kontrolsektionerne ved at forsøre gyllen. På lokalitet B var effekten af daglig forsuring, at den gennemsnitlige ammoniakemission fra forsøgssektionerne var 66 % lavere end fra kontrolsektionerne.

På lokalitet A var der over året 29 % lavere lugtemission fra forsøgssektionerne ved at anvende forsøringsanlægget "JH Forsuring NH4+" i forhold til kontrolsektionerne. Derimod på lokalitet B var der ikke statistisk sikker lavere lugtemission fra forsøgssektionerne, selvom om lugtemissionen var numerisk lavere end fra kontrolsektionerne. På begge lokaliteter var der statistisk sikker lavere svovlbrinteemission fra forsøgssektionerne i forhold til kontrolsektionerne. Forsøringsanlægget "JH Forsuring NH4+" kan derfor ikke tilskrives en lugtreducerende effekt, selvom resultaterne indikerer, at forsøringsprocessen i nogen grad påvirker lugtemissionen fra stalden. Det skal samtidig nævnes, at der i forbindelse med afprøvningerne blev observeret lugtafgivelse fra selve forsøringsanlægget i forbindelse med behandling af gyllen på begge lokaliteter.

Hverken på lokalitet A eller B blev der observeret ophobning af gylle i gyllekummerne, som følge af forsøringsprocessen. Det vurderes derfor, at den daglige behandling af gyllen med "JH Forsuring NH4+" ikke havde negativ indflydelse på gyllesystemets funktion.

Forbruget af svovlsyre til forsøringsprocessen udgjorde 7,1 kg pr. produceret gris på lokalitet A, mens det på lokalitet B gennemsnitligt var 5,8 kg pr. produceret gris på lokalitet B. Elforbruget til forsøringsprocessen udgjorde 1,5 kWh pr. produceret gris.

Referencer

- [1] Pedersen, P.: (2012): JH Forsøringsanlæg i slagtesvinestald med drænet gulv. [Meddelelse nr. 932, Videncenter for Svineproduktion.](#)
- [2] Miljøstyrelsens hjemmeside: Muligheder for optagelse på Teknologilisten. <http://mst.dk/virksomhed-myndighed/landbrug/miljoeteknologi-og-bat/teknologilisten/muligheder-for-optagelse>. Citeret 18. maj 2016.
- [3] CEN. 2003. Air quality determination of odour concentration by dynamic olfactometry (EN13725). Brussels, Belgium: European Committee for Standardization.

Deltagere

Tekniker:

Thomas Lund Sørensen, SEGES Videncenter for Svineproduktion

Peter Hansen, SEGES Videncenter for Svineproduktion

Hans Peter Thomsen, SEGES Videncenter for Svineproduktion

Statistikere:

Mai Britt Friis Nielsen, SEGES Videncenter for Svineproduktion

Afprøvning nr. 1104

Aktivitetsnr.: 060-340110

//ANR//

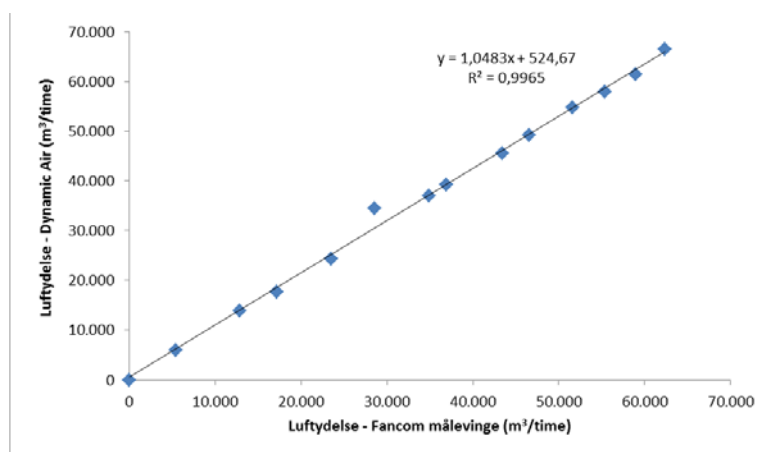
Appendiks



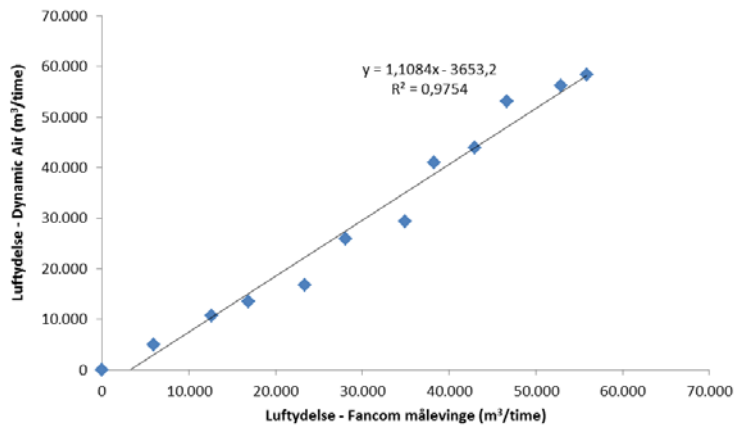
Figur A1. Indretning af slagtesvinestalden på lokalitet A.



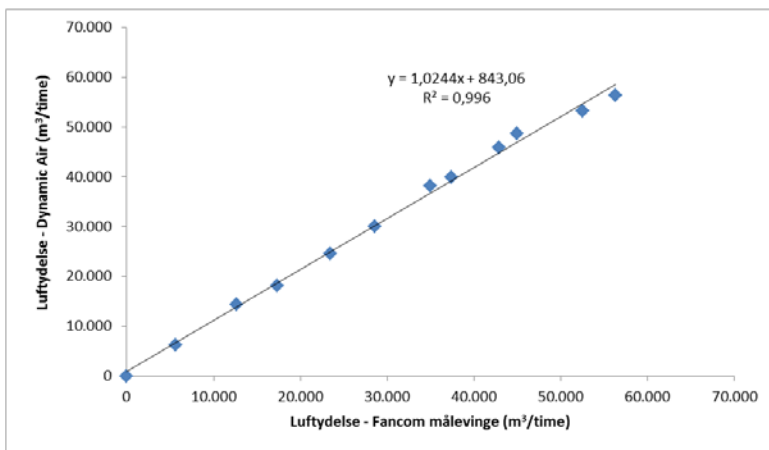
Figur A2. Indretning af slagtesvinestalden på lokalitet B.



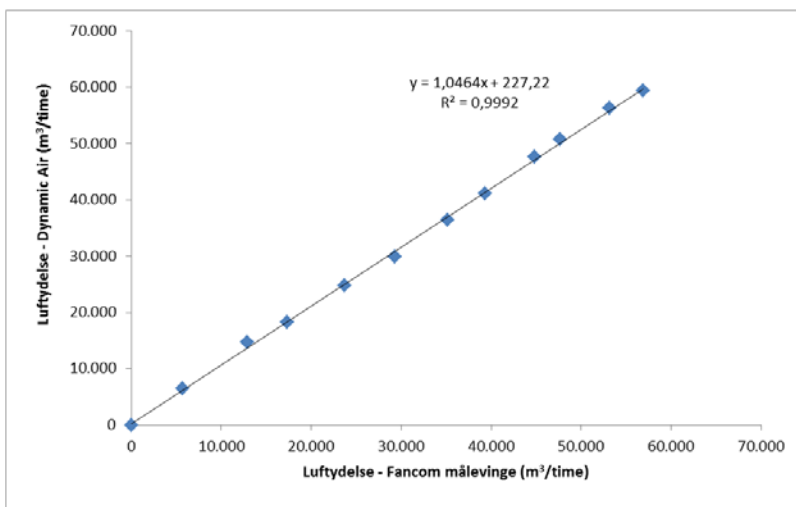
Figur A3. Sammenhængen mellem luftydelse målt med Dynamic Air og en kalibreret Fancom målevinge i forsøgssektion 1 på lokalitet B.



Figur A4. Sammenhængen mellem luftydelse målt med Dynamic Air og en kalibreret Fancom målevinge i forsøgssektion 2 på lokalitet B.



Figur A5. Sammenhængen mellem luftydelse målt med Dynamic Air og en kalibreret Fancom målevinge i kontrolsektion 3 på lokalitet B.



Figur A6. Sammenhængen mellem luftydelse målt med Dynamic Air og en kalibreret Fancom målevinge i kontrolsektion 4 på lokalitet B.

Tabel A1. Fodersammensætning på lokalitet B i afprøvningsperioden.

Komponenter	Indhold
	Indhold pr. 100 kg tørfoder
Råprotein, %	15,99
Foderenheder (FEsv) pr. 100 kg	100
Råfedt, %	1,73
Aske, %	5,71
	Indhold pr. 100 kg vådfoder
Hvede, %	6,63
Byg, %	12,3
Soja, %	6,13
Mineraler, %	0,8
Valle, %	37,1
Vand, %	37,1

Tabel A2. Foderforbrug på lokalitet B i perioden fra d. 16. april til d. 15. april.

	Forsøgssektioner 1 & 2	Kontrolsektioner 3 & 4
Foderenheder (FEsv), totalt	1.046.500	975.750
Foderenheder (FEsv) pr. produceret gris	197	184

Beregning af emissioner

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

$$\text{g NH}_3\text{-N/t pr. gris} = (M \times V \times Q \times P) / (R \times T \times N \times 1.000)$$

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 liter × atm/(mol × K)

T: Temperaturen i Kelvin

N: Antal dyr

Lugtemissionen pr. 1.000 kg dyr blev beregnet ud fra lugtkoncentration, ventilationsydelse samt gennemsnitlig vægt og antallet af grise i staldsektionerne ved følgende formel:

$$\text{OU}_E/\text{s pr. 1.000 kg dyr} = (L \times Q \times 1.000) / (W \times N \times 3.600)$$

Hvor:

L: Lugtkoncentrationen, OU_E/m^3

Q: Ventilationsydelsen, m^3/time

W: Gennemsnitsvægt pr. dyr på måledagen, kg

N: Antal dyr i sektionerne, stk.

De målte lugtkoncentrationer var lognormal fordelt, og lugtdata blev derfor logaritmetransformerede, inden de indgik i den statistiske analyse.

Svovlbrinteemissionen blev beregnet ud fra svovlbrintekoncentration, ventilationsydelse og antallet af grise i sektionerne ved følgende formel:

$$\text{mg H}_2\text{S}/\text{t pr. gris} = (M \times V \times Q \times P) / (R \times T \times N)$$

Hvor:

M: Molvægten af H_2S , 34,08 g/mol

V: Koncentration, ppm = ml/m^3

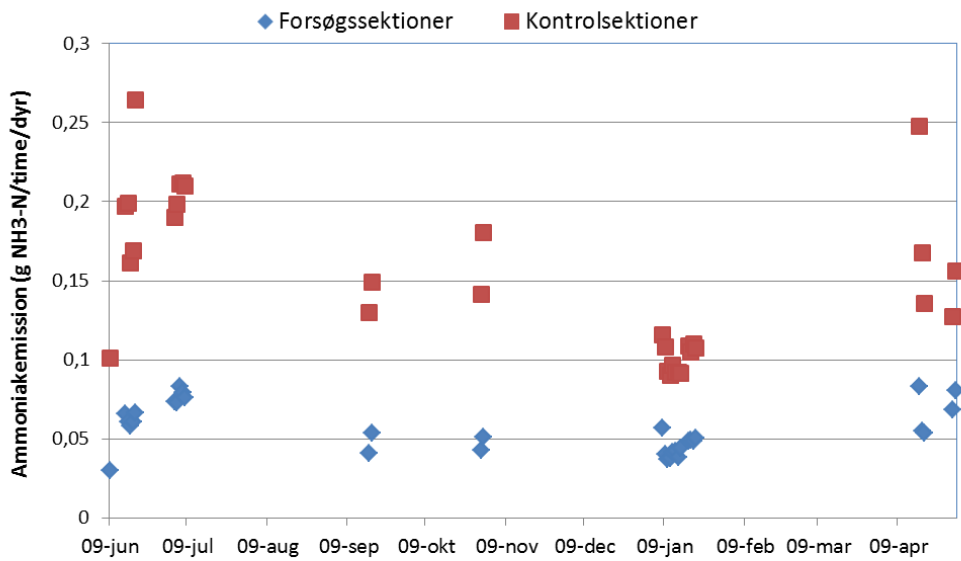
Q: Ventilationsydelsen, m^3/time

P: Tryk, 1 atm.

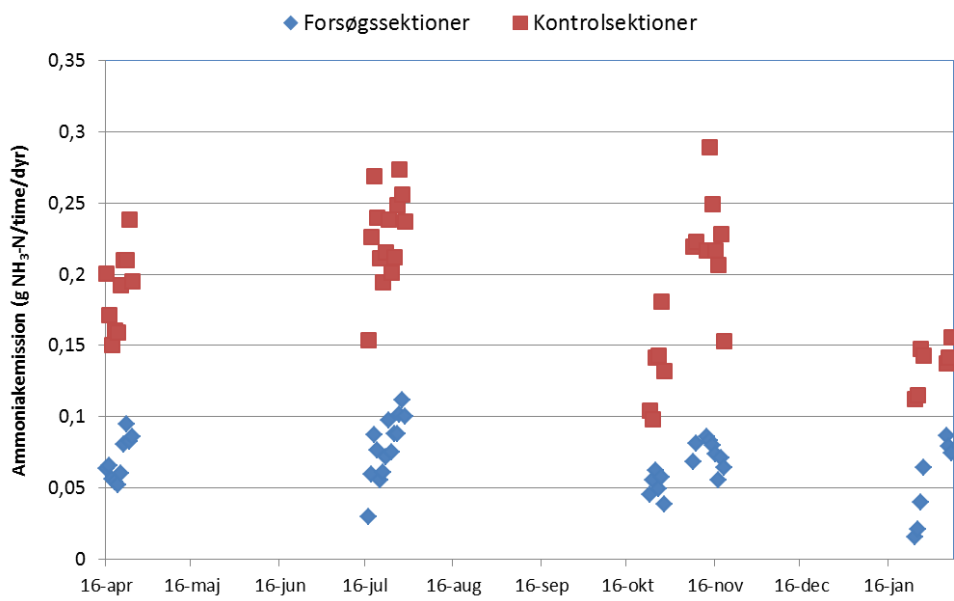
R: Gaskonstanten, 0,0821 liter \times atm/(mol \times K)

T: Temperaturen i Kelvin

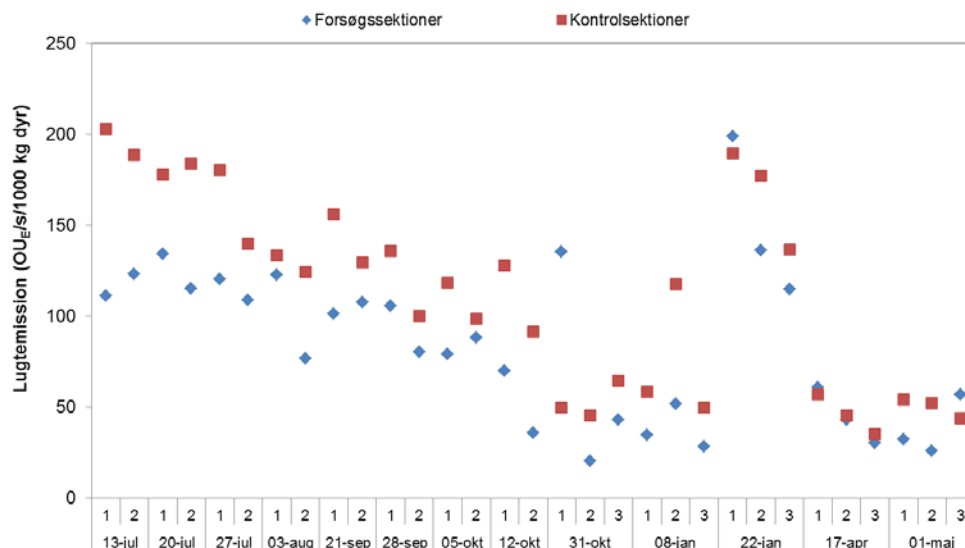
N: Antal dyr



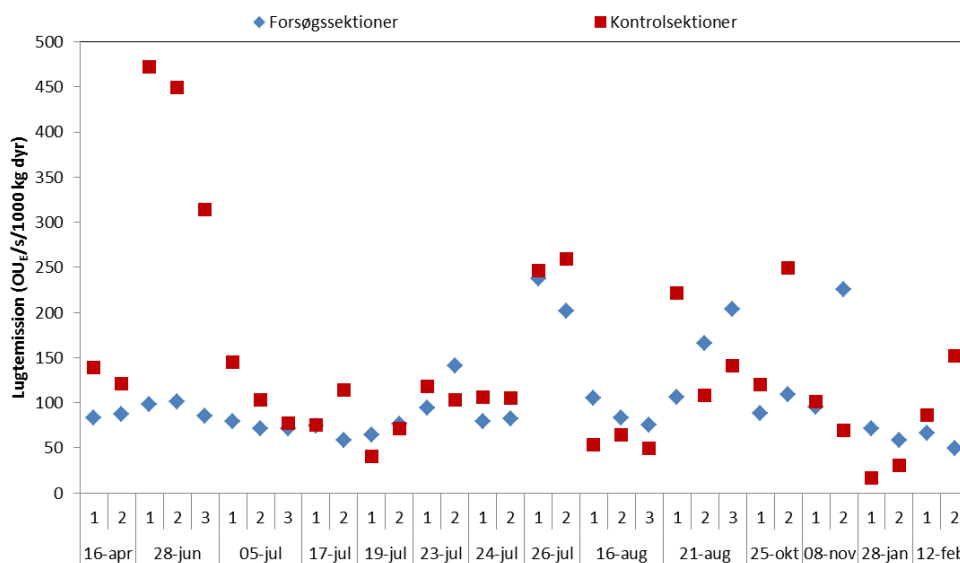
Figur A7. Ammoniakemission målt med INNOVA og målevinger i ventilationsluften fra forsøgs- og kontrolsektion på lokalitet A på 32 dage i perioden mellem d. 9. juni og 1. maj. Hvert punkt repræsenterer et dagsgennemsnit.



Figur A8. Ammoniakemission målt med INNOVA og Dynamic Air i ventilationsluften fra forsøgs- og kontrolsektioner på lokalitet B på 48 dage i perioden mellem d. 16. april og 7. februar. Hvert punkt repræsenterer et dagsgennemsnit.



Figur A9. Målinger af lugtemissionen i ventilationsluften fra forsøgs- og kontrolsektioner på lokalitet A på 8 dage mellem d. 13. juli og 12. oktober samt 5 dage mellem d. 31. oktober og 1. maj.



Figur A10. Målinger af lugtemissionen i ventilationsluften fra forsøgs- og kontrolsektioner på lokalitet B på 9 dage i sommerperioden og fem dage i den resterende del af året.

Tabel A3. Servicebesøg og udførte reparationer på forsøringsanlægget “JH Forsuring NH4+” gennem afprøvningsperioden på lokalitet A.

Dato	Problem/reparation	Udførelse/tid
27. september til 3. oktober	Forsøringsanlægget var stoppet, da syretanken var tom	Forsøringsanlægget blev startet igen d. 3. oktober

Tabel A4. Servicebesøg og udførte reparationer på forsuringsanlægget "JH Forsuring NH4+" gennem afprøvningsperioden på lokalitet B.

Dato	Problem/reparation	Udførelse/tid
20. april	Fejl på én af ventilerne, som ikke lukkede tilstrækkeligt tæt.	Repareret – 2 timer
28. april	Alarm for problemer med tre ventiler	Repareret – 2 timer
30. april	Alarm for problemer med to ventiler	Repareret – 1½ time
9. oktober	Fejl på styringen	Repareret – 2 timer
20. december	Alarm for problemer med en ventil	Repareret – 1½ time
5. marts til 7. marts	Forsuringsanlægget var manuelt stoppet, da al lagerkapacitet til gylle var fyldt.	Forsuringsanlægget blev startet igen d. 7. marts

VIDENCENTER FOR SVINEPRODUKTION

Tlf.: 33 39 45 00

Fax: 33 11 25 45

vsp-info@seges.dk

Ophavsretten tilhører Videncenter for Svineproduktion. Informationerne fra denne hjemmeside må anvendes i anden sammenhæng med kildeangivelse.

Ansvar: Informationerne på denne side er af generel karakter og søger ikke at løse individuelle eller konkrete rådgivningsbehov.

Videncenter for Svineproduktion er således i intet tilfælde ansvarlig for tab, direkte såvel som indirekte, som brugere måtte lide ved at anvende de indlagte informationer.