

JH SMELLFIGHTERS EFFEKT PÅ LUGT I TO SLAGTESVINESTALDE

MEDDELELSE NR. 1132

I to slagtesvinestalde blev lugtemissionen reduceret med henholdsvis 53 pct. og 49 pct. målt over hele året ved at forsure og separere gyllen med JH Smellfighter fra firmaet JH Staldservice A/S.

INSTITUTION: SEGES SVINEPRODUKTION, DEN RULLENDE AFPRØVNING

FORFATTERE: MICHAEL HOLM, KRISTOFFER JONASSEN¹

1) Ansat i SEGES Svineproduktion, da afprøvningen i besætning A blev gennemført

UDGIVET: 25. APRIL 2018

Dyregruppe: Slagtesvin

Fagområde: Miljøteknologi, gyllebehandling

Sammendrag

Afprøvningen, som blev foretaget i to slagtesvinestalde, viste at ved at separere gyllen i forbindelse med gylleforsuringsprocessen, blev der opnået en reduktion af lugtemissionen på hhv. 53 pct. og 49 pct. målt over hele året sammenlignet med staldsektioner uden gyllebehandling. I den ene slagtesvinestald blev lugtemissionen fra procestank og separator målt under behandlingen af gyllen. Dette er en proces, der foretages dagligt, men processen gav kun et minimalt merbidrag til staldens lugtemission svarende til mindre end en procent.

Ammoniakemissionen i de to afprøvninger blev reduceret med hhv. 60 pct. og 52 pct. målt over hele året. Forsuring er godkendt på Miljøstyrelsens Teknologiliste til reduktion af ammoniakemissionen på 64 pct. Den mindre effekt i besætning A ligger indenfor usikkerhedsmarginen, mens den lavere effekt i besætning B sandsynligvis skyldes perioder med mange stop på den snegl, der skulle flytte fiberfraktionen fra separatoren til gyllebeholderen, da hele anlægget stod stille når der var stop på

sneglen. Sneglen var monteret for at undgå tømning af fibercontainer en til to gange ugentligt, som det blev gjort i besætning A. Men løsningen med en snegl var altså ikke fuld driftssikker.

Forbrugsudgifterne til forsuring blev opgjort til hhv. 7,0 kg og 5,7 kg syre pr. produceret gris og et merforbrug af el til separationen på i gennemsnit 0,4 kWh pr. produceret gris. Det samlede elforbrug til forsuring og separation blev kun målt i besætning B og udgjorde 1,8 kWh pr. produceret gris. De samlede forbrugsudgifter til syre og el blev i gennemsnit 7,9 kr. pr. produceret gris.

JH Smellfighter fra JH Staldservice A/S er en udvidelse af deres gylleforsuringsanlæg med en tromlesi som separator, således at gyllen dagligt separeres i forbindelse med forsuringsprocessen.

Afprøvningen blev gennemført over et år i hver af de to slagtesvinebesætninger. Den ene besætning med 7.200 stipladser fordelt på 12 sektioner, hvoraf to sektioner indgik i afprøvningen. Den anden besætning med 6.200 stiplader, hvoraf de 4.300 var i en nyere stald fordelt på ni sektioner. Fire af disse sektioner indgik i afprøvningen (to af gangen). Målingerne i de to stalde blev gennemført med henblik på optagelse af teknologien "JH Smellfighter" på Miljøstyrelsens Teknologiliste.

Baggrund

Staldforsuring af gylle med svovlsyre begrænser ammoniakemissionen fra stald, lager og mark [1]. Flere undersøgelser har vist, at det er muligt at opnå en reduktion af ammoniakemissionen fra slagtesvinestalde ved gylleforsuring [2], [3], [4], [5], og gylleforsuring fra JH Staldservice A/S er i dag optaget på Miljøstyrelsens Teknologiliste med en reduktion af ammoniakemissionen på 64 pct. [1]. Desuden viser andre undersøgelser på Forsøgsstation Grønhøj, at lugtemissionen fra stalden kan reduceres ved at fjerne en del af tørstoffet fra gyllen som et led i gyllebehandling med ozon og syre [6], [7]. I forbindelse med gennemførelsen af et landdistriktsprojekt udviklede firmaet Infarm A/S (nu JH Staldservice A/S) en add-on løsning til forsuringsanlæg i form af en simpel separator, således at behandlingen af gylle, udover ammoniak, også reducerede lugt fra stalde. I en afprøvning på Forsøgsstation Grønhøj blev der over et år målt 43 pct. mindre lugt fra stalde, hvor gyllen dagligt blev separeret og forsuret i forhold til stalde uden gyllebehandling [8]. I afprøvningen påvirkede separationen ikke gylleforsuringens effekt på ammoniakemissionen fra stalde.

Formålet med denne afprøvning var at eftervise effekten af gylleforsuring kombineret med separation på lugt og ammoniak i to produktionsbesætninger med slagtesvin, således at teknologien (kaldet "JH Smellfighter" fra firmaet JH Staldservice A/S) kan blive optaget, som en lugt- og ammoniakreducerende teknologi på Miljøstyrelsens Teknologiliste. Endvidere var formålet at dokumentere forbrugsudgifterne til svovlsyre og el til behandlingen af gyllen.

Materiale og metode

Nærværende afprøvninger blev gennemført efter de krav til test og dokumentation, der fremgår af VERA-protokollen for staldsystemer [9]. Protokollen foreskriver test i to besætninger, hvorfor denne meddelelse omhandler gennemførelse og resultater fra begge besætninger betegnet henholdsvis besætning A og besætning B.

Besætningsbeskrivelse

Besætning A

Afprøvningen blev gennemført i en slagtesvinestald med ca. 7.200 stipladser. Stalden var bygget i 2012 og bestod af 12 sektioner, hvoraf den ene sektion fungerede som bufferstald. Hver sektion havde 36 stier (længde 510 cm og bredde 230 cm), heraf to sygestier med overdækning og gummimåtter. Hver sektion var 41,4 m lang og 11,2 m bred og havde en loftshøjde på 2,6 m. Stierne var indrettet med 120 cm fast gulv bagerst i stien, 80 cm drænet gulv i midten og 310 cm spaltegulv forrest (se figur 1). Der var gulvvarme i det faste gulv samt ribberør på væggen over det faste gulv. Der var lavtryks-overbrusning over gødeområdet i hver sti, og som beskæftigelses- og rodemateriale var monteret to holdere med trælægter. Hver sti havde en drikkenippel over langkrybben. Der blev fodret med vådfodring fem gange dagligt. Ved en vægt på 50 til 55 kg blev der skiftet fra ungsvineblanding til slagtesvineblanding (se fodersammensætning i tabel A1 og A2 i appendiks).

Der var kombi diffus ventilation i stalden med supplerende luftindtag via en loftventil over hver sti, som åbnede ved en udetemperatur over 20 °C. Udsugningen foregik via otte Ø600 ventilations påstik fra hver sektion, som var placeret over stirækken længst væk fra facadevæggen. Ventilations påstikkene førte op til en luftkanal på loftet, og herfra var der fire forhøjede centrale afkast, hvoraf den ene var trinløs og de tre andre on/off regulerede afkast. Der var én luftkanal på loftet pr. sektion.



Figur 1. Stiindretning i besætning A. Stierne var indrettet med 120 cm fast gulv bagerst i stien, 80 cm drænet gulv i midten og 310 cm spaltegulv forrest.

Produktionen blev drevet med alt ind alt ud på sektionsniveau. Der blev indsat ca. 620 stk. 30 kg grise i hver sektion, fordelt på 18-19 grise i 34 stier. Ved ca. 75 kg blev der tyndet ud til 16 grise pr. sti. og 10 uger efter indsættelse blev levering af grisene løbende påbegyndt.

Stalden var etableret med et gylleforsuringsanlæg fra JH Staldservice A/S med seks ventiler, således at to sektioner i forlængelse samt en del af udleveringstalden havde samme gyllestreng. Hver sektion havde ni gyllekummer á 8,8 m gange 4,6 m, der dækkede fire stier (to på hver side af inspektionsgangen) med et Ø315 mm gyllerør. I alt var der ca. 360 m² gyllekumme pr. sektion og ca. 725 m² gyllekumme pr. gyllestreng. Gyllekummerne var 40 cm dybe.

I forbindelse med afprøvningen blev gyllebehandlingen på en af gyllestrengene standset og gyllen blev sluset ud efter behov ca. hver 5. uge fra disse to sektioner, hvoraf den ene fungerede som kontrol i afprøvningen. Afprøvningen blev gennemført i sektion 9 (kontrol uden behandling, gruppe 1) og sektion 11 (forsøg med daglig gyllebehandling, gruppe 2). Grisene blev indsat med én uges mellemrum i de to sektioner, således at grisene i kontrolsektionen gennem hele afprøvningen var en uge ældre end grisene i forsøgssektionen.

Gyllebehandling i besætning A

I forbindelse med det eksisterende gylleforsøringsanlæg fra JH Staldservice A/S, blev der tilsluttet en afvandingstromle (tromlesi) som separator (se figur 2 og 3).



Figur 2. Behandlingsanlægget med syretank i baggrunden og processtank forrest. Separatoren var placeret i containeren til venstre. Containeren til opsamling af fiberfraktionen (i midten) blev tømt to til tre gange om ugen.



Figur 3. Fiberfraktionen blev overført fra separatoren til transportcontainer via en snegl. Overgangen til transportcontaineren er lukket med en gummimuffe.

Gyllebehandlingen foregik ved, at gyllen automatisk blev sluset ud fra gyllekanalen til procestanken på 400 m³ en gang dagligt fra hver gyllestreng (to sektioner), hvor der under omrøring blev tilsat svovlsyre til det ønskede pH-niveau (pH 5,5) var opnået. Under denne proces blev der løbende pumpet gylle op fra procestanken til tromlesien, som havde en maskestørrelse på 2,5 mm x 22,5 mm. Tromlesien målte en meter i diameter og ca. to meter i længden og var monteret i en lukket container. Den roterede med ca. 8 rpm. Gyllen blev suget op fra midten af procestanken ca. en halv meter over bunden. Mængden af gylle, der gik ind i tromlen blev justeret, så den udgående fibermasse havde et tørstofindhold på 12 til 16 pct. Den tynde fraktion fra separationen blev ledt tilbage til procestanken, hvor den blev blandet med resten af tankens indhold. Når det ønskede pH-niveau var nået og var stabilt, blev gyllen pumpet tilbage til gyllekanalerne i stalden indtil der var ca. 20 cm gylle i kummerne. Overskydende gylle i procestanken blev pumpet over til en gyllebeholder indtil der var en restmængde i procestanken på ca. en meter gylle. Tiden pr. behandling af 120 til 140 m³ gylle fra udslusning til returpumpning af gyllen var ca. to timer.

Den fraseparerede fiberfraktion blev opsamlet i en container, der blev tømt to til tre gange om ugen. Under de to første hold grise i afprøvningen blev fiberfraktionen kørt til biogasanlæg. Ved de senere hold blev fiberen overført til lagertanken. Der var i denne afprøvning ikke fokus på, hverken separationseffektiviteten eller anvendelsen af fiberfraktionen, hvorfor der ikke blev udtaget prøver af den.

Besætning B

Afprøvning 2 foregik i en slagtesvinestald med ca. 3.600 stipladser. Stalden var fra 2014 og bestod af ni sektioner med hver to gange ti stier (længde 630 cm og bredde 240 cm) (se figur 4). Stierne var indrettet med ca. 40 pct. drænet gulv og 60 pct. spaltegulv, hvor det drænede gulv var placeret midt i stien. Hver sektion var 24,0 m lang og 13,6 m bred og havde en loftshøjde på 3,0 m. Der var lavtryks-overbrusning over hver sti, og der blev tildelt halm i en halmhæk over krybben. Der blev fodret med vådfodring fire gange dagligt i en langkrybbe og der var en drikkenippel over krybben. Der blev anvendt en enhedsblanding fra 30 kg frem til slagting (se fodersammensætning i appendiks).

Stalden var med kombi diffus ventilation med supplerende luftindtag via en loftventil over hver sti, som åbnede ved en udetemperatur over 20 °C. Udsugningen foregik via tre Ø600 ventilationsafkast i hver sektion, som var placeret over midtergangen. Det midterste afkast var reguleret trinløst, mens de to yderste var on/off regulerede afkast, der supplerede det midterste afkast ved tilpas høj ventilationsbehov.



Figur 4. Sektion i besætning B. Sektionen indeholdt to gange ti stier med plads til 24 grise i hver ved indsættelse og 20 grise fra ca. 65 kg. Stierne måler 240 x 630 cm og består af 40 pct. drænet gulv og 60 pct. spaltegulv.

Produktionen blev drevet med alt ind alt ud på sektionsniveau. Der blev indsat 24 grise á ca. 30 kg pr. sti, og ved ca. 65 kg blev antallet i stierne reduceret til 20 grise pr. sti. På ejendommen var der yderligere en stald med tre slagtesvinesektioner samt buffer- og sygestier i ældre staldbygninger.

Stalden var etableret med et gylleforsuringsanlæg fra JH Staldservice A/S med fem ventiler, således at to sektioner ved siden af hinanden havde samme gyllestreng, mens den sidste sektion blev behandlet for sig. Hver sektion havde fem gyllekummer á 13,6 m gange 4,8 m, der dækkede fire stier (to på hver side af inspektionsgangen) med et Ø315 mm gyllerør placeret under inspektionsgangen. I alt var der 315 m² gyllekumme pr. sektion og 630 m² gyllekumme pr. gyllestreng. Gyllekummerne var 60 cm dybe.

I forbindelse med afprøvningen blev gyllebehandlingen på en af gyllestrengene standset (sektion 5 og 6) og gyllen blev sluset ud efter behov fra disse to sektioner. Disse to sektioner fungerede som kontrol i afprøvningen. De første to runder af afprøvningen blev gennemført i sektion 6 (kontrol uden behandling, gruppe 1) og sektion 7 (forsøg med daglig gyllebehandling, gruppe 2). Grisene blev indsat med en uges mellemrum i de to sektioner, således at grisene i kontrolsektionen var en uge ældre end grisene i forsøgssektionen. De sidste tre runder af afprøvningen blev gennemført i sektion 5 (kontrol uden behandling, gruppe 1) og sektion 4 (forsøg med daglig gyllebehandling, gruppe 2). Grisene blev indsat med en uges mellemrum i de to sektioner, men denne gang således, at grisene i kontrolsektionen var en uge yngre end grisene i forsøgssektionen.

Gyllebehandling i besætning B

Forsuringsanlægget i besætning B bestod af en forsuringstank på 300 m², hvortil en 15 kW pumpe en gang dagligt pumpede gyllen fra de fire gyllestrengte ud til forsuring og separation. Under fyldning af beholderen og forsuringen blev en del tørstof filtreret fra via en tromlesi, som var den samme tromlesi som blev anvendt i besætning A, og ligesom i besætning A blev gyllen pumpet op til tromlesien fra midten af processtanken. Tromlesien var i denne afprøvning monteret ovenpå processtanken (se figur 5). Fibrermassen blev transporteret fra tromlen til gyllebeholderen ved hjælp af en snegl og den tynde del fra separatoren blev ført tilbage til processtanken. Når gyllen var blevet separeret og forsuret ned til pH 5,5, blev størstedelen af den tynde fraktion pumpet tilbage til staldens gyllekummer indtil en gyllehøjde på ca. 30 cm, og den overskydende del blev pumpet til en gyllebeholder. Én behandling med 130 til 150 m³ gylle tog ca. to timer.



Figur 5. Gylletank og forsuringsanlæg i besætning B. Til højre i billedet ses syretanken, midt for processtanken med tromlesien placeret ovenpå, og en snegl der fører fiberdelen fra tromlesien til gylletanken.

Registreringer

De primære registreringsparametre var koncentration af lugt og ammoniak, ventilationsydelse, temperatur samt antallet af grise i sektionerne og grisenes vægt. Grisenes vægt blev beregnet ud fra indsættelsesvægten, opholdstiden i stalden og besætningens daglige tilvækst jf. effektivitetskontrollen.

De sekundære måleparametre var kuldioxid og punktmålinger af svovlbrinte i forbindelse med udtagning af lugtprøver samt udetemperatur, luftfugtighed, gyllehøjde, gyllens pH og indholdsstoffer i gyllen. Endelig blev syre- og elforbrug til gyllebehandlingen målt.

Lugt

Der blev udtaget samtidige luftprøver til olfaktometriske bestemmelse af lugtkoncentrationen i samlekanalerne over begge sektioner i besætning A. Prøverne blev udtaget ved at ophænge en PTFE-slange (Teflon®) umiddelbart under midten af den trinløse udsugningsenhed. Der blev udtaget lugtprøver på i alt 18 måledage, hvoraf de otte dage var i en koncentreret periode i juli og august for at sikre minimum seks målinger om sommeren (udetemperatur over 16 °C), hvor lugtemissionen er størst. De resterende måledage var jævnt fordelt på resten af året og ligeligt fordelt med hensyn til første og anden halvdel af grisenes vækstperiode.

I besætning B blev der udtaget luftprøver ved, at der på loftrummet blev ført en teflonslange ind midt i ventilationsafkastet over spjæld og motor i den trinløse udsugningsenhed i hver af de to staldsektioner. Der blev foretaget målinger på i alt 14 måledage, hvoraf de otte dage var ved udetemperatur over 16 °C. De resterende måledage var jævnt fordelt på resten af året og ligeligt fordelt med hensyn til første og anden halvdel af grisenes vækstperiode.

På hver måledag blev der udtaget tre luftprøver henholdsvis kl. 11.00-11.30, 12.00-12.30 og 13.00-13.30 fra hver sektion. Teflonslangen var forbundet med en 30 liter Nalophan®-pose, som var placeret i en tæt lukket kasse placeret på loftrummet udenfor kanalen i besætning A og på loftrummet i besætning B, så grisene ikke blev forstyrret under prøveudtagningen. Til kassen var der koblet en pumpe, som dannede vakuum i kassen, hvorved posen blev fyldt med luft fra samlekanalen/afkastet. Opsamlingsperioden var 30 minutter med et flow på ca. 0,9 liter pr. minut. Inden prøverne blev udtaget, blev poserne konditioneret, hvorved poserne blev fyldt med staldluft og tømt igen før den endelige opsamling af luftprøven. Ammoniak- og kuldioxidkoncentration blev målt med gasdetektorer af fabrikatet Kitagawa hhv. type 105SD og 126SF i forbindelse med lugtprøveudtagningen.

Luftprøverne blev udtaget efter den europæiske CEN standard [10]. Prøverne blev efterfølgende sendt til lugtlaboratoriet ved DMRI, Teknologisk Institut i Taastrup, hvor der dagen efter blev foretaget en olfaktometrisk bestemmelse af lugtkoncentrationen med olfaktometeret Ecoma T08 i henhold til samme standard [10].

Ud over lugtprøverne udtaget fra staldsektionerne blev der udtaget lugtprøver fra procestanken og fra tromlesien på tre måledage i besætning B. Der blev udtaget lugtprøver under to forsynings- og separationsprocesser pr. måledag, og prøverne blev udtaget under fyldningen af procestanken, da der her bliver fortrængt luft fra tanken gennem en åbning i tankens betondæksel. Lugtprøverne blev udtaget over ca. 40 minutter på samme måde som beskrevet ovenfor. Teflonslangen blev ført hen til lige under åbningen eller i et rør opsat i åbningen i betondækslet fra procestanken og ved åbningen til tromlesien (se figur 6).



a



b

Figur 6. Lugtprøveudtagning af lugt og svovlbrinte fra procestank og Smellfighter i besætning B. a) Åbningen til procestanken blev tildækket, således at luften løb gennem det overskårne rør, hvor teflonslangerne var isat. b) Afdækning af åbningen til tromlesien og teflonslangerne er ført ca. 15 cm ind i åbningen.

Svovlbrinte

Målinger af svovlbrintekonzentrationen blev foretaget på de samme dage, som der blev udtaget lugtprøver. Målingerne blev foretaget i samlekanalerne umiddelbart efter udtagning af lugtprøven i besætning A samt på loftrummet i det trinløse afkast over spjæld og motor samtidigt med udtagning af lugtprøve i besætning B. På de tre måledage fra procestanken blev der ligeledes samtidigt målt svovlbrintekonzentration. Hver måling er en middelværdi af tre på hinanden følgende målinger. Der blev ved hver måling foretaget fire målinger, men den første blev konsekvent kasseret. Der blev anvendt svovlbrintemåler af mærket Jerome 631 XE fra Arizona Instruments.

Ammoniak og kuldioxid

Konzentrationen af ammoniak og kuldioxid blev målt kontinuert med Innova udstyr (LumaSense Technology i Ballerup). Måleperioderne var fordelt hen over hele afprøvningen under hensyntagen til dyrenes størrelse. Så vidt muligt var måleperioderne sammenfaldende med lugtmålingerne. I alt blev

koncentrationerne målt på 151 dage fordelt over otte perioder af 9 til 48 dages varighed i besætning A. For besætning B blev koncentrationerne målt på 71 dage fordelt over seks perioder af 2 til 21 dages varighed. I besætning A blev luften ledt via opvarmede og isolerede teflonslanger (Ø6 mm/4 mm indre diameter) fra målepunkterne umiddelbart under den trinløse udsugningsenhed i samlekanalerne samt udeluft fra loftrummet til Innova-udstyret, der var placeret i en opvarmet målevogn udenfor stalden. I besætning B blev luften ledt fra målepunkterne under det trinløse afkast i de to sektioner samt udeluft fra under tagudhængt til Innova-udstyret, der var placeret i staldens teknikrum.

Et kontinuert flow i alle slangerne (5 l min⁻¹) blev sikret med pumper med PTFE-membran (Capex L2, Charles Austen Pumps) monteret umiddelbart før Innova-udstyret. Overskydende luft blev ledt bort via et T-stykke mellem pumpen og Innova-udstyret. Teflonslangerne var forsynet med et 0,2 µm PTFE støvfilter ved selve målepunktet samt et 0,45 µm PTFE filter mellem pumper og Innova-udstyr. Filtrene blev udskiftet ved opstart af et nyt hold grise og i øvrigt efter behov, dvs. hvis ydelsen på pumperne var under 5 l min⁻¹.

Selve målingerne blev foretaget med en Innova 1412i monitor (infrarød spektroskopi med fotoakustisk detektion, PAD) ved 941 cm⁻¹ for ammoniak (filter UA0976 og UA0973). Data blev logget med software type 7860, der automatisk kompenserede for evt. interferens fra vanddamp (filter SB0527), kuldioxid (filter UA0983), metan (filter UA0969) samt lattergas (filter UA 0985). Luft fra målepunkterne blev ledt til monitoren via en Innova 1309 multiport sampler, skylletid ved hver måling var hhv. ti sekunder for slanger og 40 sekunder for målekammeret og integrationstiden var ti sekunder for ammoniak og fem sekunder for de øvrige gasser. Der blev gennemført fem målinger på hver kanal, hvoraf kun den sidste blev anvendt i dataanalysen, inden der blev skiftet til næste kanal. Det anvendte set-up betød, at der blev målt på hver kanal ca. hver 25. minut.

Hver 14. dag blev koncentrationen af ammoniak og kuldioxid desuden målt i de samme målepunkter med sporgasrør (Kitagawa 105SD og 126SF) som kontrolmåling af Innova-udstyret.

Temperaturer og luftmængder

Ventilationsydelsen blev målt med målevinger af typen Fancor AT(M) unit 63 på hver af de fire udsugningsenheder i hver samlekanal i besætning A, mens der i besætning B blev målt på hver af de tre afkast i en sektion. Hvert femte minut blev ventilationsydelsen elektronisk registreret. Ude- og staldtemperaturen blev ligeledes registreret elektronisk hvert femte minut med en VE10 Temperatursensor fra VengSystem placeret under den primære udsugningsenhed. Herudover blev der foretaget måling af temperatur og relativ luftfugtighed. I besætning A umiddelbart under udsugningsenheden efter hver lugtprøveudtagning samt på loftet (ude temperatur) før første lugtprøveudtagning og igen efter sidste lugtprøveudtagning på alle måledage. I besætning B blev målingen foretaget under lugtprøveudtagningen i samme ventilationsafkast som lugtprøverne blev

udtaget fra. Målinger blev foretaget med multiinstrument af typen TSI VelociCalc 4386 i besætning A og Testo 435 i besætning B.

Gylledybde og gylleprøver

I besætning A blev gylledybden målt i hver sektion på alle lugtmåledage, og der blev udtaget en gylleprøve fra gyllekummerne under inspektionsgangen i hver sektion. I besætning B blev gylledybden ligeledes målt i hver sektion på alle lugtmåledagene, men gylleprøverne blev udtaget fra fem punkter ned igennem to stier i kontrolsektionerne, mens de blev udtaget under inspektionsgangen i forsøgssektionerne. I besætning B blev der endvidere udtaget prøver af fiberdelen fra separatoren på fem måledage. Gylleprøverne blev frosset ned ved $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, og de frosne prøver blev samlet sendt til analyse hos Eurofins Miljø i Vejen ved afprøvningens afslutning. Prøverne blev her analyseret for indhold af N, TAN, P, K, S, C, tørstof og aske samt pH. Derudover blev der målt pH i gylleprøven straks efter udtagningen.

Syre- og elforbrug

Svovlsyreforbruget blev opgjort for hele stalden under afprøvningen og fordelt ligeligt på de ti sektioner i stalden i besætning A og de syv sektioner i besætning B, hvor gyllen blev syrebehandlet. Derefter blev syreforbruget opgjort pr. produceret slagtesvin.

Elforbruget til gylleseparationen blev aflæst på en bimåler på behandlingsanlægget i perioden 11. november 2014 til 28. december 2015 i besætning A og i besætning B blev elforbruget til den daglige behandling med syre målt i perioden 11. maj 2016 til 19. april 2017 og til gylleseparationen i perioden 3. august 2016 til 19. april 2017. Elforbruget pr. produceret slagtesvin blev derefter opgjort efter samme princip som svovlsyreforbruget.

Statistik

Lugtemissionerne blev beregnet ud fra lugtkoncentrationen, ventilationsydelsen samt grisenes antal og vægt. Den beregnede lugtemission blev log transformeret inden den indgik i den statistiske analyse. Ammoniak- og svovlbrinteemissionen blev beregnet ud fra de målte koncentrationer, ventilationsydelsen, temperaturen og antallet af grise i sektionerne.

Punktmålingerne af lugt- og svovlbrinteemissionen blev analyseret i en variansanalyse med proceduren MIXED i statistikprogrammet SAS under hensyn til gentagne målinger pr. dag og med kovariaterne udetemperatur samt grisenes vægt.

Målingerne af ammoniakemissionen blev samlet til døgnmidler og analyseret i en variansanalyse med proceduren MIXED i statistikprogrammet SAS med kovariaterne udetemperatur og grisenes vægt samt et tilfældigt led af typen AR (1).

Formler for beregning af emissioner kan ses i appendiks 1.

Resultater og diskussion

Produktionsresultater og foderforbrug

I besætning A blev grisene indsat med en gennemsnitsvægt på 29,5 kg i kontrolsektionen og 29,0 kg i forsøgssektionen. I de fem hold grise blev der indsat i alt 6.200 grise, og 675 af grisene blev sorteret ud fra sektionerne, når den gennemsnitlige vægt på grisene i sektionerne var ca. 75 kg. Den gennemsnitlige leveringsvægt på grisene i besætning A var 111 kg jf. besætningens E-kontrol, og den gennemsnitlige daglige tilvækst var 874 g og foderforbruget 2,66 FEsv pr. kg tilvækst, se tabel A1 i appendiks. Indholdet af råprotein i de to foderblandinger var hhv. 157 g pr. FEsv i ungsvineblandingen og 142 g pr. FEsv i slagtesvineblandingen. Foderets sammensætning kan ses i tabel A2 i appendiks.

I besætning B blev grisene indsat med en gennemsnitsvægt på 30,2 kg i kontrolsektionerne og 28,9 kg i forsøgssektionerne. I de fem hold grise blev der indsat i alt 4.800 grise, og 771 af grisene blev sorteret ud fra sektionerne, når den gennemsnitlige vægt på grisene i sektionerne var ca. 65 kg. Den gennemsnitlige leveringsvægt på grisene i besætning B var 115 kg jf. besætningens E-kontrol og den gennemsnitlige daglige tilvækst var 994 g og foderforbruget 2,80 FEsv pr. kg tilvækst, se tabel A1 i appendiks. Indholdet af råprotein i foderblandingen var 146 g pr. FEsv. Foderets sammensætning kan ses i tabel A2 i appendiks.

Lugt

Der blev udtaget lugtprøver i 18 dage i besætning A og 14 dage i besætning B. Der blev dog kasseret én lugtdag fra hver besætning pga. for lav belægning i sektionerne på måledagen. Nedenfor i tabel 1 er gennemsnitstallene for registreringerne af antal og vægt på grisene, temperaturen i stalden, ventilationsydelsen, den målte kuldioxidkoncentration samt udetemperaturen angivet for besætning A og besætning B i forbindelse med lugtprøveudtagningerne. Lugtprøverne i besætning A blev udtaget i perioden november 2014 til november 2015 og lugtprøverne i besætning B blev udtaget i perioden maj 2016 til april 2017.

Tabel 1. Gennemsnit og standard afvigelse af supplerende registreringer i forbindelse med lugtprøveudtagningen i besætning A og besætning B. N angiver antallet af lugtprøvedage.

	Besætning A		Besætning B	
	Kontrol	Separation + forsuring	Kontrol	Separation + forsuring
Antal måledage, N	17	17	13	13
Antal grise, stk.	615 ± 4	615 ± 3	446 ± 39	448 ± 40
Vægt, kg	71 ± 18	63 ± 17	64 ± 13	62 ± 14
Temperatur i stalden, °C	21,4 ± 3,0	21,3 ± 2,6	22,4 ± 4,2	22,0 ± 4,3
Ventilationsydelse, m ³ /time	43.100 ± 11.000	41.100 ± 14.400	31.500 ± 12.300	32.500 ± 11.200
Ventilationsydelse, m ³ /gris/time	70 ± 18	67 ± 23	71 ± 30	73 ± 27
CO ₂ , ppm	1.180 ± 320	1.200 ± 370	1.400 ± 640	1.350 ± 520
Udetemperatur, °C	14,4 (3,7 – 22,2) ¹		17,5 (2,3 – 29,7) ¹	

¹) Minimum og maksimum temperatur ved prøveudtagningen i parentes.

Som det ses af tabel 1 var grisenes vægt i besætning A lavere i forsøgssektionen end i kontrolsektionen, hvilket skyldes at grisene var én uge yngre i forsøgssektionen. I besætning B ses grisenes vægt at være mere ens i kontrol- og forsøgssektionerne, hvilket skyldes at aldersmæssigt var grisene i kontrolsektionen én uge ældre for de første to hold grise, mens de var en uge yngre for de sidste tre hold grise.

I tabel 2 er de beregnede middelværdier (med 95 % konfidensinterval i parentes) for koncentration og emission af lugt fra de to besætninger angivet. Koncentrationsmålingerne, der ligger til grund for de beregnede værdier, er vist i figur A1 og A2 i appendiks.

Tabel 2. Beregnede middelværdier for lugtkoncentration og –emission for besætning A og besætning B (95 % konfidensinterval i parentes). N angiver antallet af måling fordelt på tre målinger pr. dag pr. staldsektion.

	Besætning A		Besætning B	
	Kontrol	Separation + forsuring	Kontrol	Separation + forsuring
Antal målinger, N	50 ¹	50 ²	39	39
Lugtkoncentration, OUE m ⁻³	550 (430-690)	260 (210-330)	630 (490-820)	300 (230-380)
Lugtemission, OUE/ s/ 1.000 kg dyr	154 (120-190)	72 (57-90)	171 (140-220)	88 (70-110)
Effekt af separation + forsuring ³⁾ , %		53 ^{***}		49 ^{***}

¹⁾ Der udgik én måling fra kontrolsektionen i besætning A, da den målte lugtkoncentration var urealistisk høj.

²⁾ Der udgik én måling fra forsøgssektionen i besætning A, da lugtposen var tom ved ankomst til laboratoriet.

³⁾ Statistisk sikre effekter er angivet med: *** (p<0,001).

Resultaterne i tabel 2 viser, at lugtemission fra staldsektionen, hvor gyllen dagligt blev separeret og forsuret med Smellfighter var statistisk sikkert lavere end fra sektionen uden gyllebehandling, hhv. 53 pct. lavere i besætning A og 49 pct. lavere i besætning B. Der er i den statistiske model taget højde for, hvor længe grisene har været i stalden og dermed størrelsesforskellen på grisene på lugtmåledagene imellem kontrol- og forsøgssektionen. Der blev ikke fundet vekselvirkning imellem besætningerne og effekten af separation og forsuring (p=0,22), og derfor kan den gennemsnitlige lugtreduktion i de to besætninger beregnes til 51 pct. ved separation og forsuring af gyllen. Det var forventet, at effekten på lugten i besætning A ville være lavere end i besætning B, da bidraget af lugt fra gyllekummen må forventes at have mindre betydning for staldens samlede lugtemission i stalde med fast gulv i lejet grundet gylleoverfladens mindre areal. Men dette kunne afprøvningen altså ikke vise.

Som forventet betød fjernelse af tørstof fra gyllen meget for lugten fra stalden, og resultaterne for lugtmålingerne viste en lugtreducerende effekt, der var højere end ved de tidligere undersøgelser af lugtreducerende gyllebehandling med separation af gyllen [5], [6], hvor effekten ved behandling har været omkring 40 pct. lugtreduktion. I en test udført under udviklingen af den i denne afprøvning testede teknologi, blev den lugtreducerende effekt i klimakamre på Forsøgsstation Grønhøj målt til 43 pct. [8]. Testen på Forsøgsstation Grønhøj blev gennemført i stalde med drænet gulv i hele lejet.

Svovlbrinte

I tabel 3 ses de beregnede middelværdier af svovlbrintekoncentration og -emission fra 16 lugtprøvedage i besætning A (der mangler svovlbrintemålinger fra én lugtmåledag pga. defekt svovlbrintemåler) samt fra 13 lugtprøvedage i besætning B. Svovlbrintekoncentrationerne blev målt umiddelbart efter lugtprøvedtagningen i besætning A og samtidig med lugtprøvedtagningen i

besætning B. Koncentrationsmålingerne, der ligger til grund for de beregnede værdier er vist i figur A3 og A4 i appendiks.

Tabel 3. Beregnede middelværdier for svovlbrintekonzentration og –emission for besætning A og besætning B (95 % konfidensinterval i parentes). N angiver antallet af målinger fordelt på tre målinger pr. dag pr. staldsektion.

	Besætning A		Besætning B	
	Kontrol	Separation + forsuring	Kontrol	Separation + forsuring
Antal målinger, N	48	48	39	39
Svovlbrintekonzentration, ppm	0,28 (0,24-0,33)	0,035 (0-0,076)	0,45 (0,17-0,72)	0,054 (0-0,33)
Svovlbrinteemission, mg H ₂ S time ⁻¹ gris ⁻¹	21 (19-24)	2,5 (0,09-4,9)	28 (22-33)	4,9 (0-11)
Effekt af separation + forsuring ¹⁾ , %		88***		82***

¹⁾ Statistisk sikre effekter er angivet med: *** (p<0,001)

Resultaterne i tabel 3 viser, at svovlbrinteemissionen statistisk sikkert blev reduceret med 88 pct. og 82 pct. i hhv. besætning A og besætning B ved at separere og forsure gyllen dagligt. I gennemsnit var den daglige emission af svovlbrinte fra kontrolsektionerne henholdsvis 500 mg pr. gris i besætning A og 670 mg pr. gris i besætning B, mens den kun var henholdsvis 60 mg og 120 mg pr. gris fra sektionerne med separation og forsuring. Tilsætning af svovl til gyllen i form af svovlsyre medførte altså ikke højere emissioner af svovlbrinte fra stalden. Dette ville kræve at sulfat (SO₄²⁻) fra svovlsyren blev mikrobielt og/eller kemisk reduceret til sulfid (S²⁻), der kan fordampe som svovlbrinte (H₂S). Dette var altså ikke tilfældet, hvilket stemmer overens med, hvad der er set i andre studier [11], [12] samt i den tidligere afprøvning af samme teknologi [8].

En anden mulig forklaring på den lavere emission fra staldene med gylleforsuring er, at en stor andel af svovlbrinten frigives fra gyllen under behandlingsprocessen uden for stalden og ved returpumpning til stalden. Denne emission blev målt i besætning B, se nedenfor.

Lugt og svovlbrinte fra Smellfighter og procestank

Der blev foretaget måling af lugt- og svovlbrintekonzentrationen på tre dage fra Smellfighter (tromlesien) og fra procestanken i besætning B. Lugtprøverne blev udtaget under pumpning af gylle fra stalden til procestanken, hvor gyllen samtidigt omrøres i procestanken, da det må forventes at være den periode med størst lugtafgivelse, da gyllen under udpumpningen fortrænger luft fra procestanken. Under udtagningen af lugtprøverne, som varede 30 til 40 min. blev der pumpet 100 til 120 m³ gylle ud til procestanken, hvilket må forventes at svare til den fortrængte luft i samme periode fra procestanken. Fra Smellfighter kender vi ikke luftudledningen, da tromlesien havde en åben front og luftskiftet derfor vil afhænge meget af vindforholdene. Smellfighter kørte under hele

gyllebehandlingsprocessen, dvs. den startede kort efter, at gyllen begyndte at blive pumpet til tanken og kørte indtil næsten al gyllen var pumpet retur til stalden svarende til halvanden til to timer pr. gyllestreng.

Tabel 4. Gennemsnitlig lugtkoncentration fra Smellfighter og procestank samt beregnet emission fra procestanken (minimum og maksimum er angivet i parentes). N angiver antallet af målinger fordelt på to målinger pr. dag på tre måledage.

	Smellfighter	Procestank
Antal målinger, N	6	6
Lugtkoncentration, OU _E m ⁻³	170 (56 – 560)	2420 (750 – 6500)
Lugtemission ¹⁾ , OU _E / s/ 1.000 kg dyr		< 1 (0,3 – 2)

¹⁾ Beregnet ved luftfortrængning på 200 m³ pr. time, og behandling af gylle fra 3.000 grise med en gns. vægt på 65 kg.

Som det fremgår af tabel 4 var de målte lugtkoncentrationer omsat til en lugtemission fra de grise, der var tilknyttet gylleforsuringsanlægget ubetydelige i forhold til lugtemissionen fra stalden (tabel 2). Dette merbidrag vil endvidere kun være i den tid forsuringprocessen foregår – i dette tilfælde seks til otte timer pr. døgn for at forsure gylle fra ca. 3.000 stipladser. Der kunne ikke beregnes en lugtemission fra Smellfightereren, men den er sandsynligvis lav, da de målte lugtkoncentrationer var betydelig mindre end fra procestanken.

I tabel 5 ses de målte svovlbrintekoncentrationer på de tre måledage fra Smellfightereren og procestanken.

Tabel 5. Gennemsnitlig svovlbrintekoncentration fra Smellfighter og procestank samt beregnet emission fra procestanken (minimum og maksimum er angivet i parentes). N angiver antallet af målinger fordelt på to målinger pr. dag på tre måledage.

	Smellfighter	Procestank
Antal målinger, N	6	6
Svovlbrintekoncentration, ppm	3,8 (0,5 – 12)	279 (72 – 600)
Svovlbrinteemission, mg H ₂ S time ⁻¹ gris ⁻¹		27 (6,9 – 57)

¹⁾ Beregnet ved luftfortrængning på 200 m³ pr. time, og behandling af gylle fra 3.000 grise med en gns. vægt på 65 kg.

Svovlbrintekoncentrationerne omkring åbningen på procestanken ses af tabel 5 at være meget høj under fyldningen af procestanken. Denne koncentration overstiger langt faregrænsen for svovlbrinte (>30 ppm), og man bør derfor være forsigtig, hvis man færdes omkring procestanken under forsuringprocessen. Den høje svovlbrintekoncentration omkring procestanken vil give kraftige

lugtgener lige omkring procestanken, hvilket også ofte omtales. Bidraget af svovlbrinte fra procestanken vil igen kun være i den periode forsuringprocessen foregår (seks til otte timer pr. dag). Den daglige svovlbrinteemission fra procestanken vil altså udgøre ca. 190 mg pr. gris. Selv med den kraftige svovlbrinteemission fra procestanken under gyllebehandlingen bliver den samlede emission af svovlbrinte fra stald og procestank ved forsuring af gylle altså kun 310 mg pr. gris pr. dag, hvilket er under 50 pct. af svovlbrinteemissionen fra stalden uden forsuring. Det ses af tabel 5, at de målte svovlbrintekoncentrationer fra Smellfighterer var ubetydelige i forhold til koncentrationerne målt fra procestanken.

Ammoniak

Nedenfor i tabel 6 er opgjort gennemsnitstallene for registreringerne af antal og vægt af grise, temperaturen i stalden, ventilationsydelsen, den målte CO₂ koncentration samt udetemperaturen angivet for besætning A og besætning B. Afprøvningen i besætning A forløb fra november 2014 til november 2015, og der blev målt ammoniak i sammenlagt 151 dage. Afprøvningen i besætning B forløb fra maj 2016 til april 2017, og der blev målt ammoniak i sammenlagt 71 dage.

Tabel 6. Gennemsnit og standard afvigelse af supplerende registreringer i forbindelse med Innova målinger i besætning A og besætning B. N angiver antallet af måledage.

	Besætning A		Besætning B	
	Kontrol	Separation + forsuring	Kontrol	Separation + forsuring
Antal måledage, N	151	151	71	71
Antal grise, stk.	610 ± 28	610 ± 20	438 ± 40	433 ± 48
Vægt, kg	61 ± 24	56 ± 22	66 ± 15	67 ± 15
Temperatur i stalden, °C	20,2 ± 2,0	20,5 ± 2,0	19,6 ± 2,8	19,4 ± 2,7
Ventilationsydelse, m ³ / time	31.400 ± 15.800	28.400 ± 18.100	27.200 ± 12.000	27.600 ± 12.700
Ventilationsydelse, m ³ / gris/ time	52 ± 26	46 ± 29	64 ± 31	65 ± 32
CO ₂ , ppm	1.350 ± 500	1.450 ± 590	1.610 ± 560	1.540 ± 570
Udetemperatur, °C	10,0 (-3,2 – 20,3) ¹		11,4 (-5,3 – 23,7) ¹	

¹) Minimum og maksimum af døgnmiddeltemperaturen i parentes.

Som det ses af tabel 6 var grisenes vægt og ventilationsydelsen i besætning A lidt lavere i forsøgssektionen end i kontrolsektionen, hvilket skyldes at grisene var én uge yngre i forsøgssektionen. I besætning B ses parametrene at være meget ens i kontrol- og forsøgssektionerne.

I tabel 7 ses de beregnede middelværdier for koncentration og emission af ammoniak fra de to besætninger. Koncentrationsmålingerne, der ligger til grund for de beregnede værdier, er vist i figur A5 og A6 i appendiks.

Tabel 7. Beregnede middelværdier for ammoniakkoncentration- og emission (med 95 % konfidensinterval i parentes) samt relativ effekt på ammoniakemissionen. N angiver antallet af måledage.

	Besætning A		Besætning B	
	Kontrol	Separation + forsuring	Kontrol	Separation + forsuring
Antal målinger, N	151	151	71	71
Ammoniakkoncentration, ppm	7,4 (5,7 – 9,0)	2,6 (0,84 – 4,3)	9,0 (6,3 – 11,7)	4,4 (1,7 – 7,1)
Ammoniakemission, g NH ₃ -N time ⁻¹ gris ⁻¹	0,193 (0,182 – 0,203)	0,078 (0,068 – 0,087)	0,281 (0,200 – 0,362)	0,135 (0,053 – 0,216)
Effekt af separation + forsuring ¹⁾ , %		60***		52*

¹⁾ Statistisk sikre effekter er angivet med: * (p<0,05), *** (p<0,001)

Som det ses ud fra data i tabel 7, var ammoniakemissionen statistisk sikker henholdsvis 60 pct. og 52 pct. lavere i besætning A og besætning B fra sektionerne med separation og forsuring end fra kontrolsektionerne. Resultatet fra besætning A er i samme størrelsesorden af, hvad der tidligere er observeret ved andre undersøgelser af gylleforsuring [2], [3], [4], [7]. Årsagen til den lavere effekt i besætning B skyldes specielt nogle perioder med stop på den snegl, der skulle flytte fiberfraktionen fra separatoren til gyllebeholderen. Når sneglen havde stop standsede hele procesanlægget, hvilket gjorde at gyllen ikke blev forsuret i de perioder. Sneglen var monteret for at undgå tømning af fibercontainer to til tre gange ugentligt som det blev gjort i besætning A. Men løsningen med en snegl var altså ikke fuldt driftssikker, og er heller ikke den metode firmaet JH Staldservice A/S i dag anbefaler, at der anvendes.

Gyllen

Der blev udtaget gylleprøver i sektionerne i forbindelse med lugtprøvedagene i de to besætninger. Der blev endvidere udtaget prøver af fiberdelen fra Smellfightereren på fem prøvedage i besætning B. I tabel 8 ses de gennemsnitlige analyseresultater af gylleprøverne. Det var imidlertid vanskeligt at udtage repræsentative prøver af den stillestående gylle i kontrolsektionerne, hvilket særligt kunne ses på analyseresultaterne af de stoffer, der ikke er vandopløselige, hvilket er tørstof, organisk tørstof, organisk bundet kvælstof, fosfor og til dels svovl. Analyseresultaterne for disse stoffer er derfor ikke medtaget i tabel 8. Derimod forventes de udtagne prøver at være mere repræsentative i sektionerne, hvor gyllen dagligt blev sluset ud til separation og forsuring og derfor dagligt blev omrørt. Ligeledes forventes prøverne af fiberdelen i besætning B at være repræsentative, da de blev opsamlet ved udløbet af sneglen. Ud fra den fraseparerede mængde fiber i besætning B (23 pct., se nedenfor) og

den tilførte sulfatmængde via svovlsyre til den forsurede gylle kan det beregnes, at tørstofindholdet i gyllen fra kontrolsektionen burde være cirka 1,0 procentenheder højere end i den separerede og forsuredede (sulfatholdige) gylle i besætning B.

Tabel 8. Resultatet af gylleanalyser angivet som middelværdi af de målte parametre for besætning A og besætning B. I besætning B blev der analyseret fem fiberprøver fra Smellfightereren. Middelværdi og standard afvigelsen er opgjort i tabellen.

	Besætning A		Besætning B		
	Kontrol	Separation + forsuring	Kontrol	Separation + forsuring	Fiberfraktion fra Smellfighter
Antal prøver, N	17	17	13	13	5
pH	7.6 ± 0.23	5.8 ± 0.36	7.3 ± 0.28	6.0 ± 0.24	5.9 ± 0.15
Tørstof (%)		5.2 ± 1.1		4.6 ± 0.52	13.6 ± 0.56
Organisk tørstof (%)		3.4 ± 1.0		2.8 ± 0.41	11.7 ± 0.60
Total N (g/kg)		5.3 ± 0.51		5,0 ± 0.27	5.5 ± 0.36
Ammonium N (g/kg)	3.6 ± 0.38	3.9 ± 0.29	3.6 ± 0.43	3.8 ± 0.19	3.4 ± 0.16
Total P (g/kg)		1.1 ± 0.22		1.2 ± 0.17	1.8 ± 0.21
Total K (g/kg)	3.9 ± 0.29	3.8 ± 0.27	3.6 ± 0.43	3.5 ± 0.33	3.2 ± 0.20
Total S (g/kg)		4.7 ± 0.52		3.4 ± 0.33	3.6 ± 0.28
Kulstof, C (g/kg)		13 ± 2.7		11 ± 1.1	55 ± 1.0

pH blev i besætning A målt til henholdsvis 7,6 og 5,8 i kontrolsektionen og forsøgssektionen, mens pH i besætning B blev målt til henholdsvis 7,3 og 6,0. Den mindre forskel i pH imellem kontrol og forsøg i besætning B kan være forklaringen på den mindre effekt på ammoniakemissionen, der blev konstateret i denne besætning. I begge besætninger var setpunktet i procestanken pH 5,5, dvs. dagligt blev gyllen tilsat svovlsyre til dette pH. Men det målte pH i gylleprøverne, som var på gylle, der havde været i sektionen i cirka et døgn var noget højere, specielt i besætning B.

Ved at snegle fiberfraktionen i besætning B til en container, som blev vejlet og tømt dagligt, over en periode på 7 dage blev vægten af den fraseparerede fraktion holdt op imod den mængde, der i samme periode blev lænset fra procestanken, se tabel 9.

Tabel 9. Frasepareret mængde og lænset mængde fra syv dage.

	Fiberfraktion fra Smellfighter (kg)	Lænset gylle fra procestank (kg)	Andel af totalmængden opsamlet i fiberfraktion (%)
Mængde	28.500	93.500 ¹	23
Tørstof ²	3.900	4.300	48
Organisk tørstof (VS) ²	3.300	2.600	56
Kvælstof ²	160	470	25

Fosfor ²	51	110	32
Svovl ²	100	310	24

¹⁾ Vægtfylden på gylle er i beregningen sat til 1,02 tons/m³.

²⁾ Mængderne er udregnet ud fra analyseresultaterne for besætning B i tabel 9.

Det fremgår af tabel 9, at der blev opkoncentreret en stor andel af tørstof og specielt organisk tørstof (VS) i fiberandelen fra Smellfightereren. Der blev dog kun opkoncentreret en begrænset andel fosfor i fiberfraktionen, mens både kvælstof og svovl stort set ikke blev opkoncentreret. Årsagen til at svovl ikke blev opkoncentreret i fiberdelen er, at den store mængde sulfat der blev tilført gyllen via svovlsyre er vandopløselig. Svovl fra svovlsyre vil udgøre næsten 90 pct. af svovlindholdet i forsuret gylle.

Det høje indhold af VS i fiberdelen (116 kg/tons) vil gøre denne fraktion interessant for biogasanlæg. Dog vil fraktionen stadig have et højere indhold af svovl pr. kg VS end normal gylle, men til gengæld lavere end almindelig forsuret gylle. For højt indhold af svovl i biogasanlæg vil hæmme metanproduktionen. Indholdet af svovl i fiberdelen svarede til tre procent af VS mængden, mens den i normal gylle er cirka en procent og i almindelig forsuret gylle cirka syv procent. Fiberdelen fra Smellfightereren er altså væsentlig bedre end almindelig forsuret gylle med hensyn til svovlindholdet, men dog stadig med et forhøjet svovlindhold i forhold til normal gylle.

Der blev kun opkoncentreret en begrænset mængde fosfor i fiberdelen, svarende til 32 pct. af fosforen, hvor fiberfraktionen udgjorde 23 pct. af totalmængden, dvs. en opkoncentrering af fosforen i fiberfraktionen på 39 pct. Det er lidt mindre end tidligere målt i en Farmtest på en tromleseparatør [13], hvor fosforandelen i fiberfraktionen udgjorde 40 pct., men hvor fiberfraktionen udgjorde 27 pct. af totalmængden, dvs. en opkoncentrering på 48 pct.

Forbrugsudgifter

I besætning A blev der forbrugt svovlsyre til forsuring af gyllen i hele stalden, på nær kontrolsektionen og endnu en sektion på samme gyllestreng. Der blev forbrugt 157.330 kg koncentreret svovlsyre (96 pct.) i besætning A, og i samme periode blev der produceret 22.500 slagtesvin i sektionerne med gyllebehandling. Omregnet pr. gris giver det et syreforbrug på 7,0 kg svovlsyre pr. produceret gris. Indkøbsprisen på syren var 1,08 kr. pr. kg, hvilket giver en udgift på 7,60 kr. pr. produceret gris. I besætning B blev der anvendt 86.980 kg koncentreret svovlsyre (96 pct.) i perioden, hvor der blev produceret 15.300 slagtesvin i sektionerne med gyllebehandling. Det giver et syreforbrug på 5,7 kg svovlsyre pr. produceret gris. Landmanden betalte 0,95 kr. pr. kg svovlsyre, hvilket gav en udgift til syre på 5,40 kr. pr. produceret gris. Der var altså et noget mindre syreforbrug i besætning B i forhold til i besætning A, men det skal medtages, at problemerne med sneglen, der førte fiberdelen fra Smellfightereren til gyllebeholderen medførte, at gyllen i perioder ikke blev tilstrækkeligt forsuret. Det medførte, at pH i de udtagne gylleprøver, som nævnt ovenfor, var højere i besætning B end i besætning A, hvilket også gav sig udslag i en mindre reduktion af ammoniakemissionen i besætning B.

I den tidligere test på Forsøgsstation Grønhøj var det estimerede syreforbrug 7 kg pr. produceret gris [8], og i en række test af forsøringsanlæg har forbruget ligget mellem 5,8 og 7,1 kg pr. produceret gris [3], [4,] [5]. De to afprøvninger af Smellfighter har altså ikke vist et mindre syreforbrug, når gylleforsuring blev kombineret med separation af gyllen med en tromlesi.

Det totale elforbrug til tromlesien blev i besætning A opgjort til 0,25 kWh pr. produceret gris, mens det i besætning B blev opgjort til 0,17 kWh pr. produceret gris. Det skal medtages, at oppetiden på Smellfighter var 95 pct. i besætning A og 86 pct. i besætning B (se nedenfor). Hvis elforbruget beregnes ved fuld oppetid vil elforbruget være henholdsvis 0,26 kWh og 0,20 kWh pr. produceret gris til tromlesien. Hertil skal lægges for begge besætninger, at der var monteret en 1,5 kW pumpe midt i fortanken til at forsyne Smellfighter med gylle. Denne pumpe kørte i samme tidsrum som tromlesien. Elforbruget til denne pumpe blev ikke målt, men kan ud fra driftstiden på tromlesien estimeres til et forbrug på 0,20 kWh pr. produceret gris. Det totale elforbrug til Smellfighter var altså i gennemsnit cirka 0,43 kWh pr. produceret gris, hvilket svarer til 0,32 kr. pr. produceret gris ved en elpris på 0,75 kr. pr. kWh. Dertil skal elforbruget til selve forsøringsanlægget og returpumpning af gyllen til stalden lægges til. Den del af forbruget blev ikke opgjort i besætning A, men i besætning B var elforbruget til denne del 1,16 kWh pr. produceret gris, hvilket igen bør korrigeres for oppetiden og derfor vil svare til 1,35 kWh eller 1,01 kr. pr. produceret gris. Det samlede elforbrug til forsuring og separation udgjorde dermed 1,78 kWh eller 1,35 kr. pr. produceret gris i besætning B. Det målte elforbrug til forsøringsanlægget og returpumpning af gyllen til stalden var lavere end det blev fundet i en tidligere afprøvning af JH Forsuring NH4+ [4], hvor der blev fundet et elforbrug på 1,5 kWh pr. produceret gris. Men man kan dog også forvente et lidt mindre elforbrug til forsøringsanlægget og returpumpningen når der anvendes Smellfighter, da den separerede gylle vil være lettere at pumpe pga. det mindre tørstofindhold.

Driftsstabilitet

Som led i afprøvningen blev driftsstabiliteten vurderet. I besætning A var der tre ikke planlagte driftsstop i løbet af afprøvningen. Der var driftsstop seks dage, hvor omrøreren i procestanken blev udskiftet, syv dage hvor røret til syretilførsel var tilstoppet og fem dage, hvor der ikke var en forklaring på driftsstoppet. Der var altså i alt driftsstop 18 dage i afprøvningsperioden, hvilket svarer til en oppetid på 95 pct. Dog var Smellfighter lukket ned i en periode på 40 dage pga. problemer med afsætning af fiberfraktionen til biogasanlæg. Løsningen blev at læsse den fraseparerede fiber af i gylletanken.

I besætning B var der flere ikke planlagte stop i afprøvningsperioden. De fleste skyldtes, at sneglen, der førte den fraseparerede fiber fra tromlesien til gyllebeholderen havde mange stop. Totalt gav problemerne med sneglen 31 dages driftsstop. JH Staldservice A/S anbefaler derfor ikke, at man anvender denne løsning, men at Smellfighter afleverer den fraseparerede gylle direkte i en

forbeholder eller container placeret under eller umiddelbart ved siden af tromlesien. Fra denne beholder kan fiberfraktionen med 12 til 16 pct. tørstof omrøres og afhentes til biogas eller pumpes til gyllebeholder. Der skal dog eventuelt tilsættes lidt gylle fra procestanken for at gøre fraktionen pumpbar. Udover driftsstoppe pga. af sneglen var der driftsstop to dage pga. pumpestop i fortank, to dage pga. at HFI var slået fra pga. lynnedslag og 12 dage pga. defekt pumpe i procestanken. Samlet giver det en opetid på 86 pct., men hvis problemerne med sneglen og stoppet pga. lynnedslag ikke medregnes var opetiden 96 pct.

Konklusion

Resultaterne viser, at ved separation af gyllen med en tromlesi i forbindelse med gylleforsuringsprocessen i to slagtesvinebesætninger, blev der opnået en reduktion af lugt på henholdsvis 53 pct. og 49 pct., når sektioner med behandlet gylle blev sammenholdt med kontrolsektioner uden gyllebehandling og med konventionel udslusning efter behov. Svovlbrinteemissionen fra staldsektionerne blev reduceret med henholdsvis 88 pct. og 82 pct. i de to besætninger.

Lugtemissionen fra procestanken blev målt i den ene besætning. Den viste kun en ubetydelig lugtemission (mindre end en procent) i forhold til staldens lugtemission. Dog var koncentrationen af svovlbrinte omkring procestanken høj under den daglige behandling af gyllen, hvilket betød at svovlbrinteemissionen fra staldsektionerne med forsuret og separeret gylle samt fra procestanken under gyllebehandlingen udgjorde samlet cirka 50 pct. af svovlbrinteemissionen fra kontrolsektionerne med ubehandlet gylle.

Ammoniakemissionen i de to besætninger blev reduceret med henholdsvis 60 pct. og 52 pct. fra sektionerne med separation og forsuring sammenholdt med kontrolsektionerne uden gyllebehandling. Den lave effekt på ammoniakemissionen i besætning B skyldtes sandsynligvis en del stop på sneglen, der førte fiberfraktionen fra Smellfigtheren til gyllebeholderen. Når sneglen stoppede, var anlægget indstillet til, at hele forsuringsanlægget stod stille.

Forbrugsudgifterne blev opgjort til henholdsvis 7,0 kg og 5,6 kg syre pr. produceret gris og et merforbrug af el til separationen på 0,43 kWh pr. produceret gris, der skal lægges oven i elforbruget på 1,35 kWh. pr. produceret gris til forsuring, som blev målt i besætning B. Den samlede udgift til syre og el kunne i afprøvningerne opgøres til i gennemsnit 7,90 kr. pr. produceret gris, når elforbruget til separation og forsuring blev sat til 1,8 kWh i begge besætninger.

Referencer

- [1] Miljøstyrelsens Teknologiliste. <http://mst.dk/erhverv/landbrug/miljoeteknologi-og-bat/teknologilisten/gaa-til-teknologilisten/>
- [2] Pedersen, P. (2004): Svovlsyrebehandling af gylle i slagtesvinestald med drænet gulv. Meddelelse nr. 683, Dansk Svineproduktion
- [3] Pedersen, P. (2012): JH Forsuringsanlæg i slagtesvinestald med drænet gulv. Meddelelse nr. 932, Videncenter for Svineproduktion
- [4] Riis, A.L. (2016): Effekt af JH forsuring NH₄⁺ i slagtesvinestalde med drænet gulv. Meddelelse nr. 1078, SEGES Svineproduktion
- [5] Jørgensen, M (2016): Infarm gylleforsuringsanlæg i slagtesvinestald med drænet gulv. Meddelelse nr. 1077, SEGES Svineproduktion
- [6] Jonassen, K.; Lyngbye, M.; Sørensen, K.; Christophersen, C. (2010): Mechanical and chemical treatment of slurry from pig finishing units to reduce odor and ammonia emissions. Proceeding for International Symposium on Air Quality and Manure Management for Agriculture, 13.-16. September 2010, Dallas, TX, USA. ASABE Publication Number 711P0510cd
- [7] Lyngbye, M.; Jonassen, K.; Christophersen, C.; Rasmussen, D.K. (2008): Erfaring med ozonbehandling af gylle i klimakamre med slagtesvin. Erfaring nr. 0801, Dansk Svineproduktion
- [8] Jonassen, K (2016): Lugtreduktion ved separation af forsuret gylle. Meddelelse nr. 1080, SEGES Svineproduktion
- [9] VERA - Verification of Environmental Technologies for Agricultural Production (2011), Test Protocol for Livestock Housing and Management Systems, Version 2, 29. august 2011
- [10] Dansk standard (2003): Luftundersøgelse – Bestemmelse af lugtkoncentration ved brug af dynamisk olfaktometri. DS/EN 13725: 2003
- [11] Ottosen, L.D.M.; Poulsen, H.V.; Nielsen, D.A.; Finster, K.; Nielsen, L.P.; Revsbech, N.P. (2009). Observations on microbial activity in acidified pig slurry. Biosyst. Eng.102, 291–29.
- [12] Hjort, M.; Cocolo, G.; Jonassen, K.; Abildgaard, L.; Sommer, S.G. (2015): Continuous in-house acidification affecting animal slurry composition. Biosystems Engineering 132, 56-60
- [13] Nielsen, K.J., 2007. Gylleseparering med Vredo tromleseparatør. Farmtest nr. 36, Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret.

Deltagere

Tekniker: Thomas Lund Sørensen, Nina Charles Christensen

Statistikker: Mai Britt Friis Nielsen

Afprøvning nr. 1344 og 1433

Aktivitet nr.: 060-130160

//ANR//

Appendiks

Beregning af emissioner

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

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

Hvor:

L: Lugtkoncentrationen, $OU_E \text{ m}^{-3}$

Q: Ventilationsydelsen, $\text{m}^3 \text{ time}^{-1}$

W: Gennemsnitsvægt pr. dyr på måledagen, kg

N: Antal dyr i sektionerne, stk.

De målte lugtkoncentrationer blev logaritmetransformeret inden de indgik i den statistiske analyse.

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, $14,007 \text{ g mol}^{-1}$

V: Koncentration, $\text{ppm}_V = \text{ml m}^{-3}$

Q: Ventilationsydelsen, $\text{m}^3 \text{ time}^{-1}$

P: Tryk, 1 atm.

R: Gaskonstanten, $0,0821 \text{ liter atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

T: Temperaturen i Kelvin (K)

N: Antal dyr

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

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

Hvor:

M: Molvægten af H_2S , $34,08 \text{ g mol}^{-1}$

V: Koncentration, $\text{ppm}_V = \text{ml m}^{-3}$

Q: Ventilationsydelsen, $\text{m}^3 \text{ time}^{-1}$

P: Tryk, 1 atm.

R: Gaskonstanten, $0,0821 \text{ liter atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

T: Temperatur i Kelvin (K)

N: Antal dyr i sektionerne, stk.

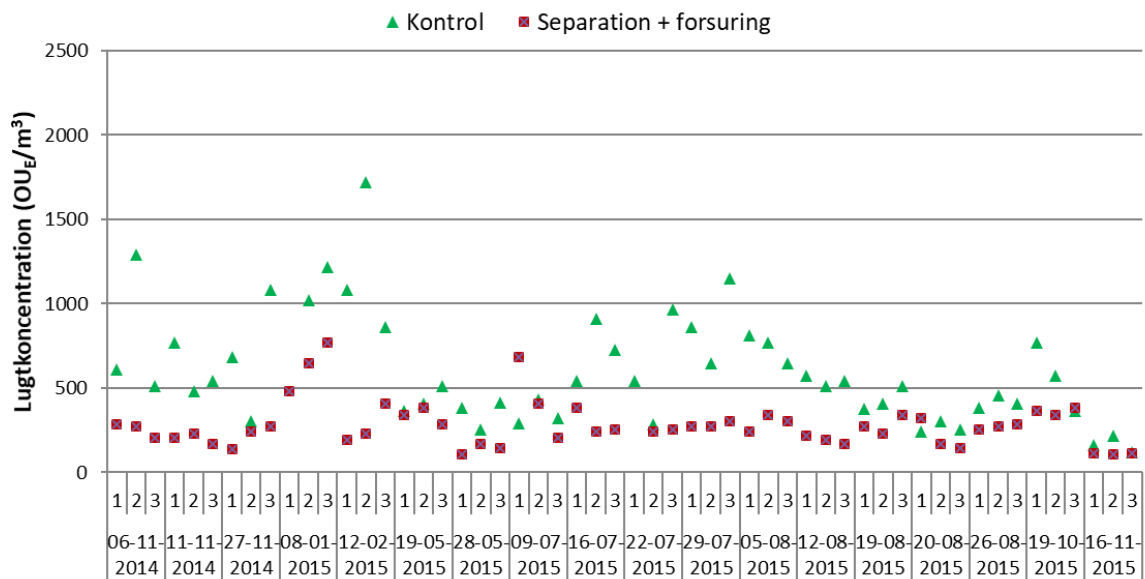
Table A1. Vådfoderets råvareindhold i besætning A og besætning B.

Råvare	Besætning A		Besætning B
	30-55 kg	55-110 kg	30-110 kg
Hvede, %	13,5	7,4	9,3
Rug, %		7,3	5,1
Byg, %	5,4	2,9	6,5
Sojaskrå, %	7,0	5,1	4,8
Fedt, %	0,3		
Mineral & vitamin, %	1,0	0,8	0,9
Valle, %	52,8	56,5	73,4
Vand, %	20,0	20,0	

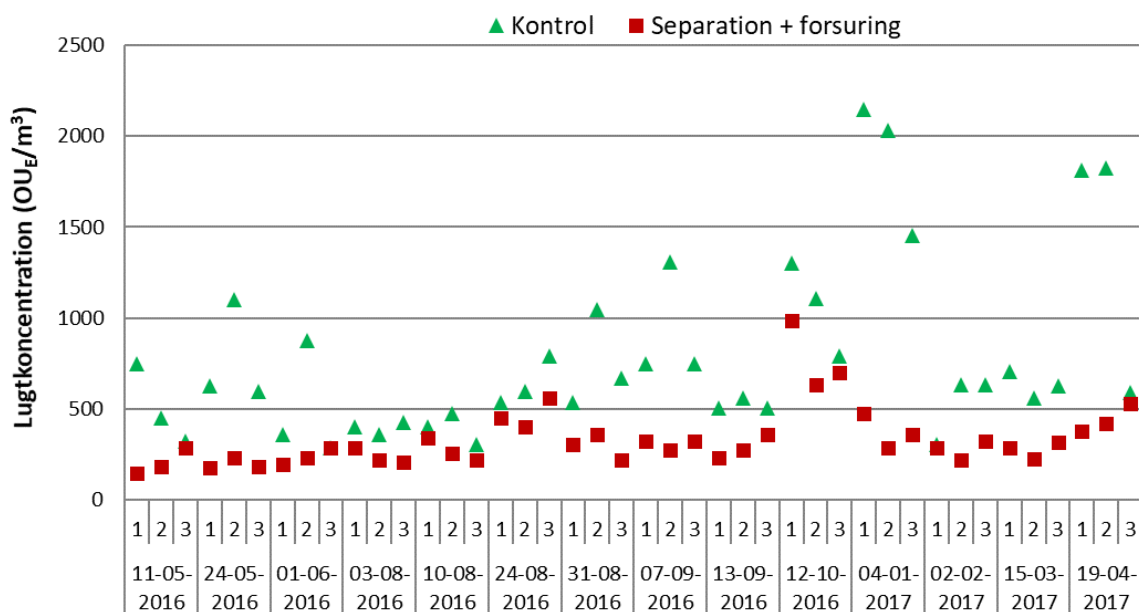
Table A2. Den totale produktion og effektivitet i besætning A og besætning B.

	Besætning A	Besætning B
Periode	2/10 2014 – 31/12 2015	1/4 2016 – 24/6 2017
Producerede gris, stk.	40.914	31.906 ¹
Vægt ved indsættelse, kg	32,7	30,8
Vægt ved levering, kg	111,1	114,6
Daglig tilvækst, g	874	994
Foder pr. produceret gris, FEsv	209	234
FEsv pr. kg tilvækst	2,66	2,80
Døde og kasserede, %	2,7	2,5

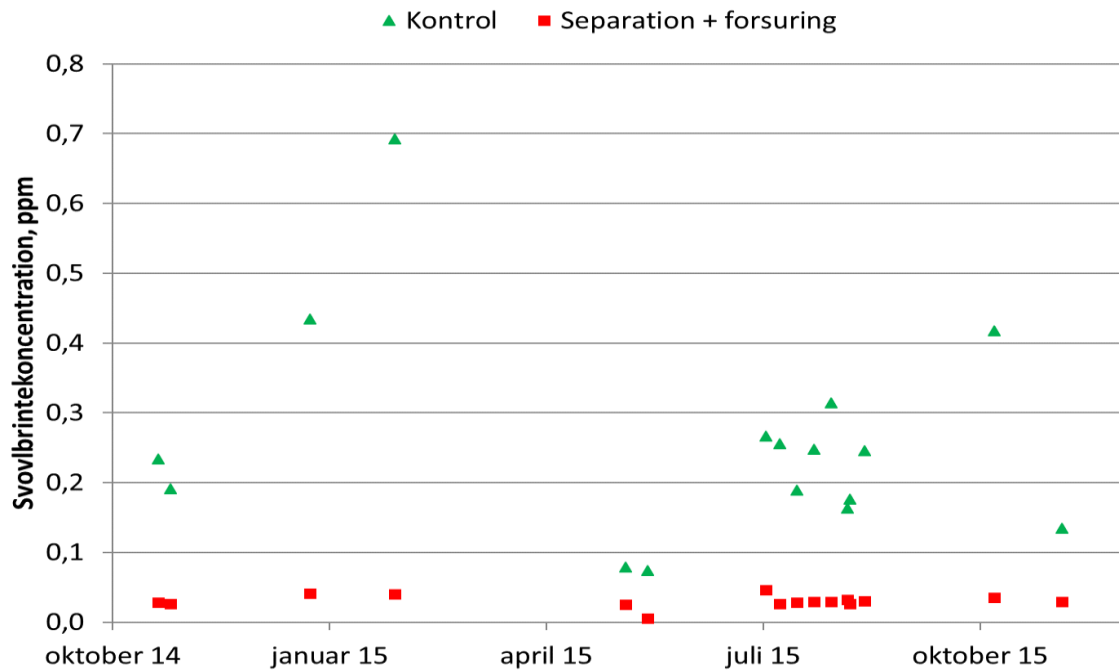
¹) Inkl. produktionen i de ældre stalde på ejendommen.



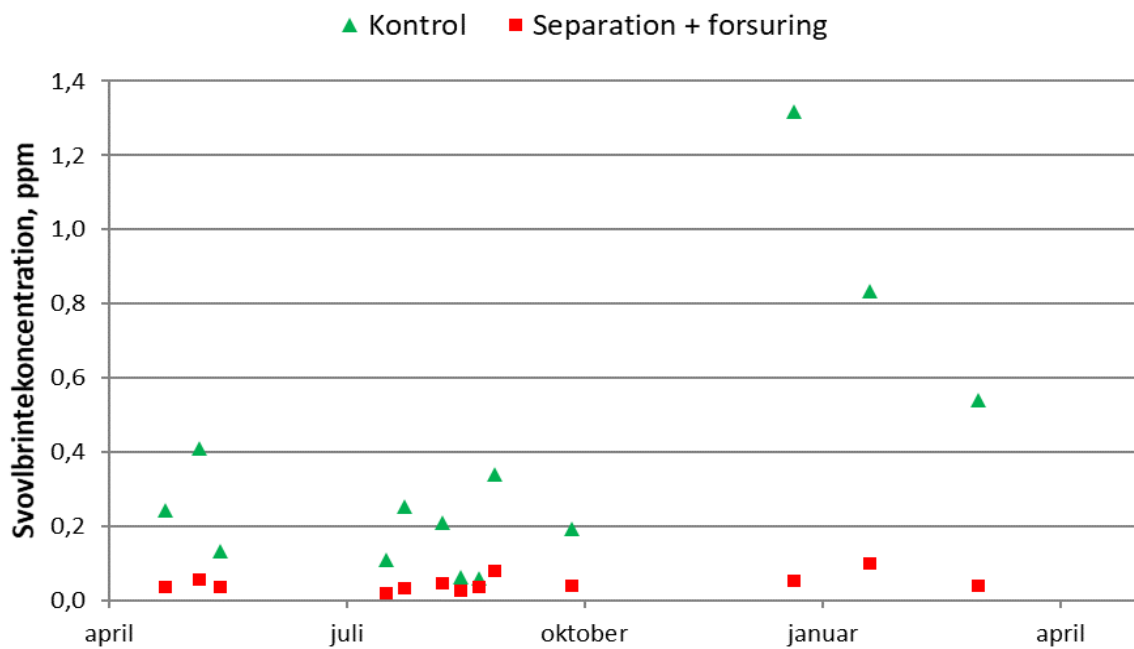
Figur A1. Lugtkoncentrationen i besætning A på de 18 lugtmåledage i perioden november 2014 til november 2015. Lugtprøverne blev udtaget i udsugningsluften og der blev udtaget tre prøver pr. måledag. Lugtmålingerne 27. november 2014 indgik ikke i den statistiske analyse, da belægningen i stalden var for lav. En måling fra kontrolsektionen 8. januar 2015 havde urealistisk høj værdi (outlier) og udgik fra den statistiske analyse, og en prøvepose fra forsøgssektionen 22. juli 2015 var tom ved leverance til lugtlaboratoriet.



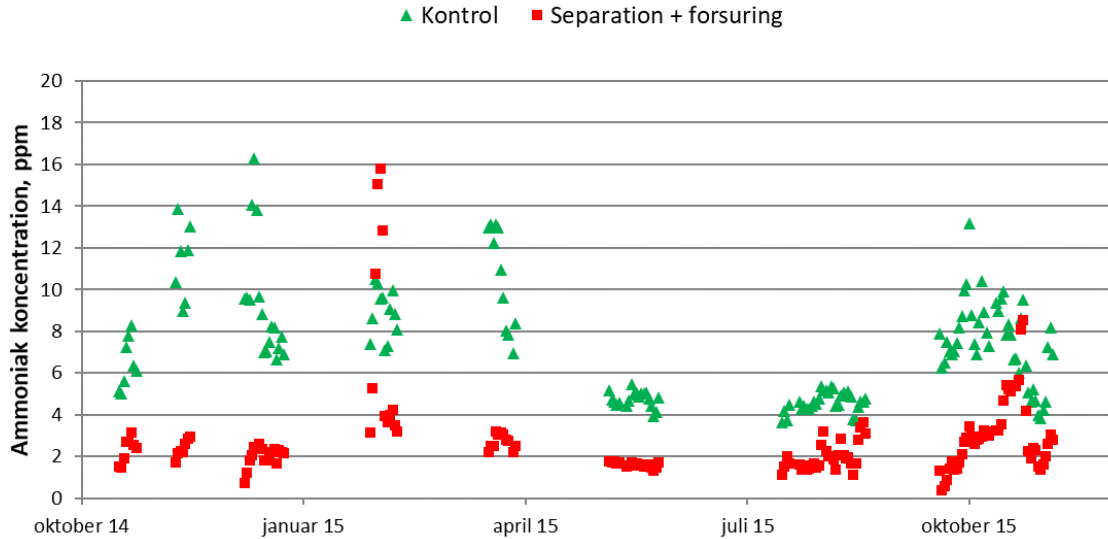
Figur A2. Lugtkoncentrationen i besætning B på de 14 lugtmåledage i perioden maj 2016 til april 2017. Lugtprøverne blev udtaget i udsugningsluften og der blev udtaget tre prøver pr. måledag. Lugtmålingerne 19. april 2017 indgik ikke i den statistiske analyse, da belægningen i stalden var for lav.



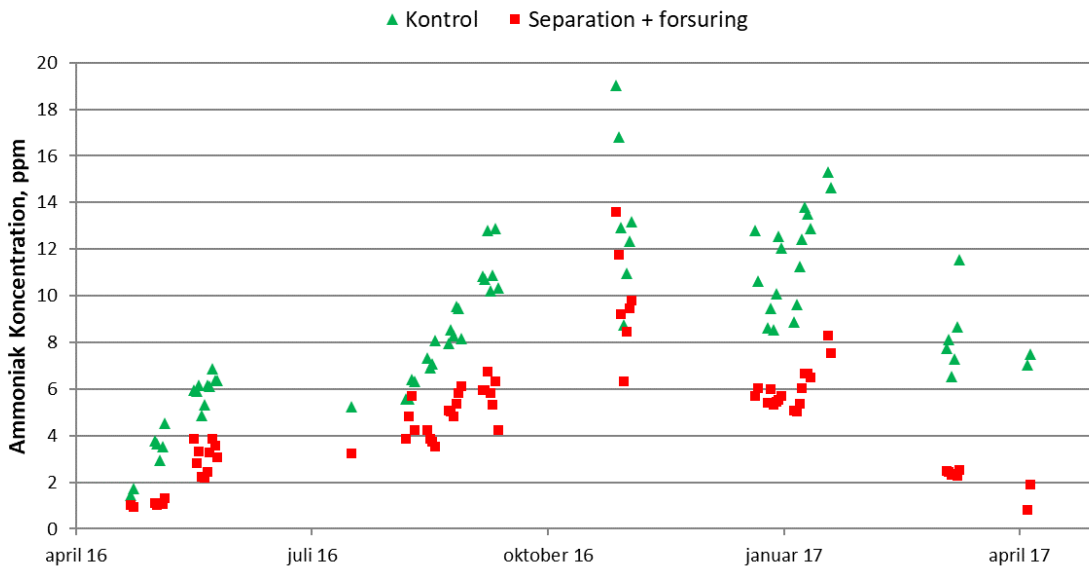
Figur A3. Svovlbrintekonzentration i besætning A målt på 16 lugtmåledage i perioden november 2014 til november 2015. Hvert punkt er en middelværdi af tre måleserier på hver tre målinger. Der mangler svovlbrintemåling fra lugtmåledagen 9. juli 2015 pga. defekt svovlbrintemåler.



Figur A4. Svovlbrintekonzentration i besætning B målt på 13 lugtmåledage i perioden maj 2016 til april 2017. Hvert punkt er en middelværdi af tre måleserier på hver tre målinger.



Figur A5. Ammoniakkoncentration i besætning A for 151 måledage med Innova i perioden november 2014 til november 2015. Hvert punkt angiver en døgnmiddelværdi baseret på 55 til 60 målinger. De fire dage i februar, hvor ammoniakkoncentrationen er højest i forsøgssektionen skyldes udskiftning af omrører i procestanken.



Figur A6. Ammoniakkoncentration i besætning B målt i perioden maj 2016 til maj 2017. Hvert punkt angiver en døgnmiddelværdi baseret på 55-60 målinger.



Tlf.: 33 39 45 00

svineproduktion@seges.dk

Ophavsretten tilhører SEGES. 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.

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