

Videncenter for Svineproduktion

AFPRØVNING AF BASE I EN KEMISK LUFTRENSER

MEDDELELSE NR. 1009

Resultaterne fra en afprøvning af base i en kemisk luftrenser viste, at lugtemissionen blev reduceret med 41 %. Svovlbrinteemissionen blev reduceret med 53 %.

INSTITUTION: VIDENCENTER FOR SVINEPRODUKTION, DEN RULLENDE AFPRØVNING

FORFATTER: MALENE JØRGENSEN
KRISTOFFER JONASSEN

UDGIVET: 15. SEPTEMBER 2014

Dyregruppe: Smågrise, slagtesvin og søer

Fagområde: Stalde og Miljø

Sammendrag

Tilsætning af base (NaOH) i en luftrenser tilkoblet en slagtesvinestald i en sommerperiode resulterede i en gennemsnitlig lugtreduktion på 47 %. Måledagene var fordelt på to hold grise (sommer og efterår). Den gennemsnitlige lugtreduktion i hele afprøvningsperioden var 41 %. Der var ingen signifikant lugtreduktion for målingerne udtaget i efterårsperioden. Herudover viste resultaterne, at det var muligt af reducere svovlbrinteemissionen med 53 %. Som forventet var der ingen reduktion af ammoniak eller kuldioxid.

Ved 100 % luftrensning blev luftrenserens forbrug gennem to hold slagtesvin (30-110 kg) målt til hhv. 355 l vand, 22,4 kWh pr. produceret slagtesvin og 2,4 kg 27,7 % NaOH opløsning, hvilket svarede til 0,66 kg NaOH. De samlede forbrugsomkostninger lå på 20,10 kr. pr. produceret gris beregnet på baggrund af data indsamlet for to hold grise.

På baggrund af resultaterne er perspektiverne i at anvende base til reduktion af lugt oplagt i sommerperioden, hvorefter der resten af året kan anvendes syre til reduktion af ammoniakemissionen.

Baggrund

Der er ikke nogle nemme løsninger til at opnå en effektiv lugtreduktion ved svinestalde. På nuværende tidspunkt er det kun biologiske luftrensere samt anvendelse af delvist fast gulv, som er optaget på Miljøstyrelsens Teknologiliste over teknologier, der er i stand til at reducere lugt. Biologiske luftrensere har høj renseseffektivitet [1][2], men kræver en lang opstartsperiode samt er følsomme for udsving i temperaturen og ved længerevarende driftsstop.

Svovlholdige gasser i ventilationsluften bidrager væsentligt til lugten fra svinestalde. Såfremt det er muligt at udvikle en kemisk luftrensere, der effektivt kan reducere de stærkt lugtende svovlgasser, er det forventningen, at der kan konstrueres et effektivt system, hvor lugt kan reduceres. Lugtrensning med base (Alkaline scrubber) er kendt fra luftrensning i industrien, og potentialet har flere gange været demonstreret i forbindelse med svineproduktion [3][4]. De anvendte principper har dog vist sig at være alt for omkostningstunge til at kunne anvendes i forbindelse med svineproduktion. I et udviklingsprojekt, hvor en luftrensere med både et syre trin og et base trin blev afprøvet, viste resultaterne, at luftrensning med basisk væske kan anvendes til at reducere koncentrationen af lugt og svovlholdige gasser i ventilationsluften.

På baggrund af de opnåede resultater i udviklingsprojektet blev det besluttet at undersøge effekten på lugtemissionen ved tilsætning af basisk væske i stedet for syreholdig væske i en luftrensere i fuldskala, hvor der tidligere var dokumenteret høj ammoniakreduktion [5][6].

Formålet med denne afprøvning var at måle effekten på lugtemissionen ved anvendelse af baseholdig væske i en kemisk luftrensere, som renser luften fra en slagtesvinestald.

Materiale og metode

Luftrenseren var monteret ved en sektion til slagtesvin med 525 stipladser. Stierne målte 5,75 m gange 2,50 m. Stierne var indrettet med 1,75 m spaltegulv fra bagvæggen, 2,0 m drænet gulv i midten og 2,0 m spaltegulv ud mod gangen. Den del af ventilationsluften, som skulle renses, blev taget ud via to vinduer, hvor ruden var fjernet og erstattet af PUR-rør. Kummerne under stierne var ca. 60 cm dybe. Der blev sluset gylle ud ved en gyllehøjde på ca. 40 cm, svarende til almindelig praksis i de fleste danske slagtesvinestalde, som er konstrueret med ca. 40 cm dybe gyllekummer. Der blev fodret ad libitum med melfoder i rørfoderautomater.

Luftrenseren var konstrueret i form af et rør, hvor den urensede luft blev ført ind fra hver side af røret i to indførelseskanaler, figur 1. Nederst i renseren var der placeret et antal dyser, som sprayede

procesvand tilsat base (NaOH) ind i luften. I toppen af rensere blev luften ført igennem to dråbefang for at tilbageholde procesvandet i rensere. Surhedsgraden i procesvandet var indstillet til pH 10 og blev reguleret ved tilsætning af en vandig 27,7 % NaOH-opløsning. Kammeret i luftrenseren, hvor indsprøjtningen af procesvandet foregik, var 1,9 m højt og havde en diameter på 1,6 m. Kammeret havde et totalt volumen på 3,8 m³ og dimensioneret til en maksimal renskapacitet på 25.000 m³/t, dvs. at kontaktiden mellem luft og dråber ved maksimal belastning var 0,55 s.



Figur 1. Luftrenser med base fra Munters A/S etableret ved en slagtesvinestald.

Stalden var undertryksventileret med luftindtag via vægventiler og luftudtag via tre ventilationsafkast i loftet. I afprøvningsperioden blev ét af afkastene i loftet blændet af, og de resterende to ventilatorer ledte halvdelen af staldens luft ud, mens den resterende halvdel blev ledt igennem luftrenseren. Ventilatorerne i loftet og i luftrenseren kørte parallelt, og der var således tale om 100 % luftrensning for ca. halvdelen (49 %) af luften fra stalden.

Registreringer

Afprøvningen forløb i perioden 12. juni - 19. november 2013 og omfattede to hold slagtesvin (1.043 grise) i vægtintervallet 30-107 kg.

Til bestemmelse af renseseffektivitet blev koncentrationerne af lugt, svovlbrinte, ammoniak og kuldioxid målt før og efter luftrenseren. Før luftrenseren i begge indførelseskanaler og efter luftrenseren umiddelbart efter dråbefanget. På baggrund af målingerne i de to indførelseskanaler blev før-koncentrationerne bestemt via vægtede middelværdier.

Lugt

Der blev udtaget luftprøver til analyse på 10 måledage (fem måledage pr. hold grise), som var fordelt over produktionsperioden. På måledagene blev der udtaget samtidige luftprøver fra udsugningsluften før og efter luftrenseren kl. 11.00 og kl. 12.30. Luftprøverne blev opsamlet i nalophanposer med et volumen på 30 l. Poserne blev fyldt med ca. 1 l. pr. minut, og prøveudtagningen forløb over 30 minutter. Opsamlingen af luftprøverne og bestemmelse af lugtkoncentrationen ved olfaktometri blev gjort i henhold til den europæiske CEN standard, som er effektueret til Dansk Standard (DS/EN 13725:2003) [7]. Alle prøverne blev sendt til analyse på et dansk lugtlaboratorium (DMRI, Roskilde). Alle prøver blev analyseret dagen efter udtagelsen.

Ammoniak og kuldioxid

På alle måledagene blev koncentrationerne af ammoniak og kuldioxid ligeledes målt med sporgasrør (Kitagawa 105 SD og 126 SF). Der blev målt før og efter luftrenseren samt i udeluften.

Temperatur og luftfyldelse

Udetemperatur og staldtemperatur blev målt med VE 10 temperaturfølere fra VengSystem A/S. Ventilationsfylden i luftrenseren blev målt med Fancorn målevinger, placeret før spjældet i de to påstik. Temperatur og relativ luftfugtighed blev målt med TSI VelociCalc-måler i forbindelse med udtagning af luftprøver til analyse for lugt.

Vandprøver

Fem vandprøver udtaget på måledage fra luftrenserens procesvand blev nedfrosset og senere indsendt til Eurofins i Vejen til analyse for $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, Total N, sulfat, total S, natrium, pH og ledningsevnen.

Supplerende registreringer

Tryktabet over luftrenseren blev målt elektronisk med trykmåler (TSI VelociCalc 9555) på måledagene. Forbrug af vand blev målt med vandur, energiforbruget til ventilationen blev målt med elmåler, og forbruget af base blev registreret på hver måledag ved at veje palletanken med base. Vand, der blev lænset fra luftrenseren, blev opsamlet i palletanke, som blev vejede inden tømning til gylletank. På måledagene blev grisene i sektionen talt, og deres vægt blev vurderet visuelt. Gyllehøjden blev ligeledes målt og registreret på hver måledag.

Statistik

Ammoniak- og svovlbrintekoncentrationer samt logaritmetransformerede lugtkoncentrationer før og efter luftrenseren blev analyseret i en variansanalyse med proceduren MIXED i SAS, under hensyntagen til gentagne målinger per dag. Formlerne til beregning af lugt- og svovlbrinteemission er angivet i appendiks A1.

Resultater og diskussion

I afprøvningsperioden blev der gennemsnitligt ført 12.935 m³/time igennem luftrenseren beregnet for begge hold slagtesvin. Den gennemsnitlige udetemperatur beregnet for begge hold lå på 15,9 °C.

Lugt

Resultaterne af lugtprøver er angivet i tabel 1 og 2. Resultaterne viser, at lugtemissionen beregnet for hele afprøvningsperioden blev reduceret med 41 %.

Tabel 1. Resultater af den beregnede lugtkoncentration og -emission for hele afprøvningsperioden samt 95 % konfidensinterval er angivet i parentes.

Antal obs.	Lugtkoncentration (OU _E /m ³)		Lugtemission (OU _E /s/1000 kg dyr)	
	Før luftrenser	Efter luftrenser	Før luftrenser	Efter luftrenser
60	800 (580-1.110)	500 (360-690)	130 (110-160)	80** (60-100)

**Statistisk sikker forskel, P<0,01

Når lugtemissionen beregnes for hvert hold, viser resultaterne, at lugtemissionen statistisk signifikant blev reduceret med 47 % i sommerperioden (hold 1). Den gennemsnitlige udetemperatur var 17,5 °C ved prøveudtagningerne i hold 1, mens udetemperaturen var 12,2 °C ved hold 2. Eftersom lugt primært er et problem om sommeren, hvor det er varmt, og ventilationen i staldene typisk kører i maksimum, så viser resultaterne, at den største effekt på lugtreduktionen opnås i sommerperioden, men at der også er tendens til en reducerende lugteffekt ved hold 2 (efterår) (p=0,054). Rent praktisk vil det derfor være oplagt at anvende base i luftrenseren i sommerperioden og udskifte til syre resten af året til fjernelse af ammoniak.

Tabel 2. Resultater af den beregnede lugtkoncentration og -emission i sommer- og efterårsperioden samt 95 % konfidensinterval er angivet i parentes.

Hold	Udetemperatur (°C)	Lugtkoncentration (OU _E /m ³)		Lugtemission (OU _E /s/1000 kg dyr)	
		Før luftrenser	Efter luftrenser	Før luftrenser	Efter luftrenser
1 (Sommer)	17,5	880 (540-1.430)	490 (290-840)	190 (130-270)	100* (70-140)
2 (Efterår)	12,2	730 (470-1.120)	500 (310-800)	90 (70-130)	60(*) (50-90)

* Statistisk sikker forskel, P<0,05; (*): Tendens til lavere lugtemission P<0,1

Svovlbrinte

Svovlbrinte, der er et af de mest betydningsfulde lugtstoffer fra svineproduktion, er en svag syre med en syrestyrkekonstant (pK_a -værdi) på 7,06. Ved at rense luften med base dissocierer H_2S til HS^- i vanddråberne i luftrenseren og bliver i vandfasen. Måling af svovlbrinte er en god indikator for en eventuel lugtreduktion, og der er oftest en god sammenhæng mellem reduktion af lugt og svovlbrinte, selvom lugten består af mere end 200 forskellige lugtstoffer. I tabel 3 er de beregnede svovlbrintekonzentrationer og -emissioner angivet for før og efter luftrenseren. Der var ingen holdeffekt, og resultaterne er derfor angivet samlet for begge hold. Resultaterne viser, at svovlbrinteemissionen blev statistisk sikker reduceret med gennemsnitlig 53 % efter luftrenseren. Dette ligger på niveau med tidligere resultater ved anvendelse af base i en luftrenser, hvor der blev opnået en reduktion i svovlbrinteemissionen på 56 % [3].

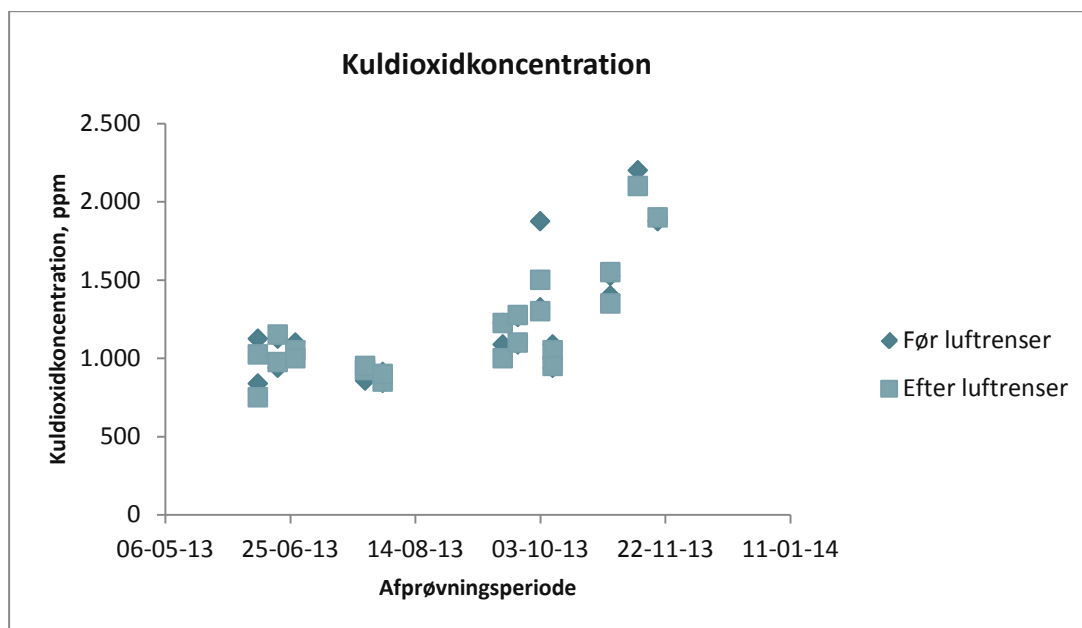
Tabel 3. Middelkoncentration og den beregnede svovlbrinteemission samt 95 % konfidensinterval er angivet i parentes.

Antal obs.	Svovlbrintekonzentration (ppm)		Svovlbrinte-emission (mg H_2S /time/dyr)	
	Før luftrenser	Efter luftrenser	Før luftrenser	Efter luftrenser
40	0,46 (0,37-0,55)	0,21 (0,12-0,31)	20,8 (16,6-24,9)	10,5 ^(**) (6,3-14,6)

**Statistisk sikker forskel, $P < 0,01$

Kuldioxid og ammoniak

Resultaterne for de beregnede middelkoncentrationer af ammoniak og kuldioxid er angivet i tabel 4. Resultaterne for målingerne af kuldioxid viste, at der ikke var nogen forskel på kuldioxidkoncentrationen før og efter luftrenseren. I figur 2 er målingerne af kuldioxidkoncentrationen målt før og efter luftrenseren afbilledet. Målingerne er dog kun en punktmåling og giver derfor ikke et billede af evt. forskelle i forbindelse med den automatiske indstilling af pH ved tilsætning af base. Karbonatligevægtene i vandet forskubbes ved tilsætning af base, hvorved kuldioxid vil opløses i vandet som bikarbonat, der kan udfældes som natriumbikarbonat i reaktion med natrium fra basen. Det er erfaringsmæssigt vigtigt at sikre, at koncentrationen af bikarbonat i vandet ikke bliver så høj, at udfældningen finder sted. I nærværende afprøvning blev dette styret ved at følge ledningsevnen i procesvandet.



Figur 2. Kuldioxidkoncentration angivet for før og efter luftrenseren udtaget på måledagene.

Ammoniakkoncentrationen var den samme før og efter luftrenseren. Dette var ligeledes forventeligt inden afprøvningens start, idet ammoniak er en base og derfor ikke opløses i samme grad i basisk vand som i neutralt eller surt vand.

Tabel 4. Den beregnede ammoniak- og kuldioxidkoncentration samt 95 % konfidensinterval er angivet i parentes.

Antal obs.	Ammoniakkoncentration (ppm)		Kuldioxidkoncentration (ppm)	
	Før luftrensere	Efter luftrensere	Før luftrensere	Efter luftrensere
40	7,9 (6,8-8,9)	7,9 (6,8-8,9)	1.120 (1.020-1.230)	1.090 (980-1.210)

Vandanalyser

Der blev udtaget prøver af lænse vandet på 5 måledage i perioden 12. juni - 31. oktober 2013 (fordelt over de to hold). Lænse vandet blev analyseret for indholdet af $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, Total N, sulfat, total S, natrium, pH og ledningsevnen. Analyseresultaterne er angivet i tabel 5. pH var gennemsnitligt 9,6, hvilket stort set er samme niveau, som den målte pH under hvert besøg (10,0) (se figur A2 i appendiks), og i god overensstemmelse med den ønskede styring.

Tabel 5. Resultater af vandanalyserne fra lænse vand i luftrenseren (N=5). Minimum og maksimum værdien er angivet i parentes.

$\text{NH}_4^+/\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/L)	$\text{NO}_2\text{-N}$ (mg/L)	$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/L)	Total N (mg/L)	Natrium (mg/L)	Sulfat (mg/L)	Total S (mg/L)	pH	Ledningsevne (mS/cm)
165 (67-430)	<0,015 (0,015-0,016)	0,1 (0,1-0,1)	444 (200-590)	15.600 (10.000-30.000)	3.520 (2.500-5.200)	2.080 (1.200-3.300)	9,6 (9,4-9,9)	44 (28-57)

Omkostninger

Omkostningerne er opgjort pr. produceret gris ved fuld luftrensning og fremgår af tabel 6.

Under forudsætning af en pris på vand på 3,50 kr./m³, en pris på base (27,7 % NaOH) på 2,56 kr./kg og en elpris på 0,76 kr./kWh udgjorde de samlede forbrugsomkostninger for luftrenseren 24,30 kr. pr. produceret gris. Fra dette beløb fratrækkes den omkostning til ventilation, som besætningen ville have haft, såfremt ventilationsluften ikke var ført gennem en luftrenser. Typisk forventes et elforbrug til ventilation af slagtesvinestalde uden luftrensning på ca. 5,5 kWh pr. produceret gris, svarende til 4,20 kr. pr. produceret gris [8]. Herved kan de samlede forbrugsomkostninger opgøres til 20,1 kr. pr. produceret gris. Dette inkluderer ikke investering, arbejdstid, omkostninger til service og vedligehold, eller omkostninger til opbevaring af lænsevand i gylletank.

Hvis driftsomkostninger skal fordeles på alle grisene i stalden, ville det blive 9,80 kr. pr. gris ved rensning af 49 % af luften fra stalden.

Tabel 6. Forbrugsomkostninger til fuld luftrensning med base i luftrenser ved 511 grise.

	Forbrugt i alt	Forbrugt pr. prod. gris	Pris pr. prod. gris
Vand	181 m ³	355 L	1,20 kr.
Base (27,7 % NaOH)	1.252 kg	2,4 kg	6,10 kr.
El	11.423 kWh	22,4 kWh	17,0 kr.
Forventet omkostning til ventilation uden luftrensning		5,5 kWh	-4,20 kr.
Forbrugsomkostninger i alt pr. prod. gris, fratrukket omkostninger til ventilation uden luftrensning			20,10 kr.
Lænsevandsproduktion til lagertank	7,3 m ³	14,0 L	-

Driftsstatus

I denne afprøvning var der ikke problemer med udfældning i væsken ved anvendelse af base. Udfældningen sker, når base går i forbindelse med kuldioxid opløst i vand, hvorved der dannes karbonatsalte, som udfældes. Det gennemsnitlige tryktab lå 50,4 Pa gennem afprøvningsperioden (se figur A1 i Appendiks).

Erfaringerne er desuden, at det er vigtigt at rengøre luftrenseren indvendigt ved skift fra base til syre og omvendt. Der skal påregnes lidt arbejdstid til dette, men herudover forventes der ikke ekstra arbejds- og serviceforbrug ved at anvende base i en periode af året.

Konklusion

Der blev i perioden juni - oktober 2013 foretaget målinger på en luftrenser, hvor der blev tilsat base til procesvandet. Der var en gennemsnitlig lugtreduktion på 41 % beregnet for hele afprøvningsperioden. Måledagene var fordelt på to hold grise, og ved det ene hold grise (sommer) blev der opnået en

gennemsnitlig lugtreduktion på 47 %. Der er ingen signifikant lugtreduktion ved hold 2 (efterår). Svovlbrinteemissionen blev gennemsnitligt reduceret med 53 %. Der var ingen reduktion af ammoniak eller kuldioxid, hvilket heller ikke var forventet.

Ved 100 % luftrensning blev luftrenserens forbrug gennem to hold grise målt til hhv. 355 l. vand, 22,4 kWh pr. produceret slagtesvin og 2,4 kg 27,7 % NaOH opløsning, hvilket svarede til 0,66 kg NaOH. De samlede forbrugsomkostninger lå på 20,10 kr. pr. produceret gris beregnet på baggrund af data indsamlet for to hold grise.

På baggrund af resultaterne er perspektiverne i at anvende base til reduktion af lugt oplagt i sommerperioden, hvorefter der resten af året kan anvendes syre til reduktion af ammoniakemissionen.

Referencer

- [1] Riis, A. L. (2012): Test af Farm AirClean 3-trins BIO Flex fra SKOV A/S i en slagtesvinestald. [Meddelelse nr. 930, Videncenter for Svineproduktion.](#)
- [2] Sørensen, K. (2011): Afprøvning af biologisk luftrenser fra Dorset Milieutechniek B.V. [Meddelelse nr. 925, Videncenter for Svineproduktion.](#)
- [3] Jonassen, K. (2010): Afprøvning af kemisk luftrenser fra Biocent Technology. [Erfaring nr. 1014, Videncenter for Svineproduktion.](#)
- [4] Hansen, M. J. & M. Lyngbye (2006): Undersøgelse af luftrensning baseret på membranteknologi. [Erfaring nr. 0604, Videncenter for Svineproduktion.](#)
- [5] Sørensen, K. (2013): Afprøvning af luftrenser med syre fra Munters. [Meddelelse nr. 970, Videncenter for Svineproduktion.](#)
- [6] Jørgensen, M. (2014): Afprøvning af kemisk luftrenser fra Munters A/S i en slagtesvinestald med fuld luftrensning. [Meddelelse nr. 1006, Videncenter for Svineproduktion.](#)
- [7] Dansk standard (2003): Luftundersøgelse – Bestemmelse af lugtkoncentration ved brug af dynamisk olfactometri. DS/EN 13725:2003.
- [8] Landbrugsforlaget (2007): Håndbog i svinehold. Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret. ISBN: 978 87 7470 956 5

Deltagere

Tekniker: Thomas Lund Sørensen

Statistikker: Mai Britt Friis Nielsen

Afprøvning nr. 1272

Aktivitetsnr.: 060-500950

//NP//

Appendiks

Appendiks A1 - Formler til beregning af lugt- og svovlbrinteemissionen

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 S, 34,08 g/mol

V: Koncentration, ppm = ml/m^3

Q: Ventilationsydelsen, m^3/time

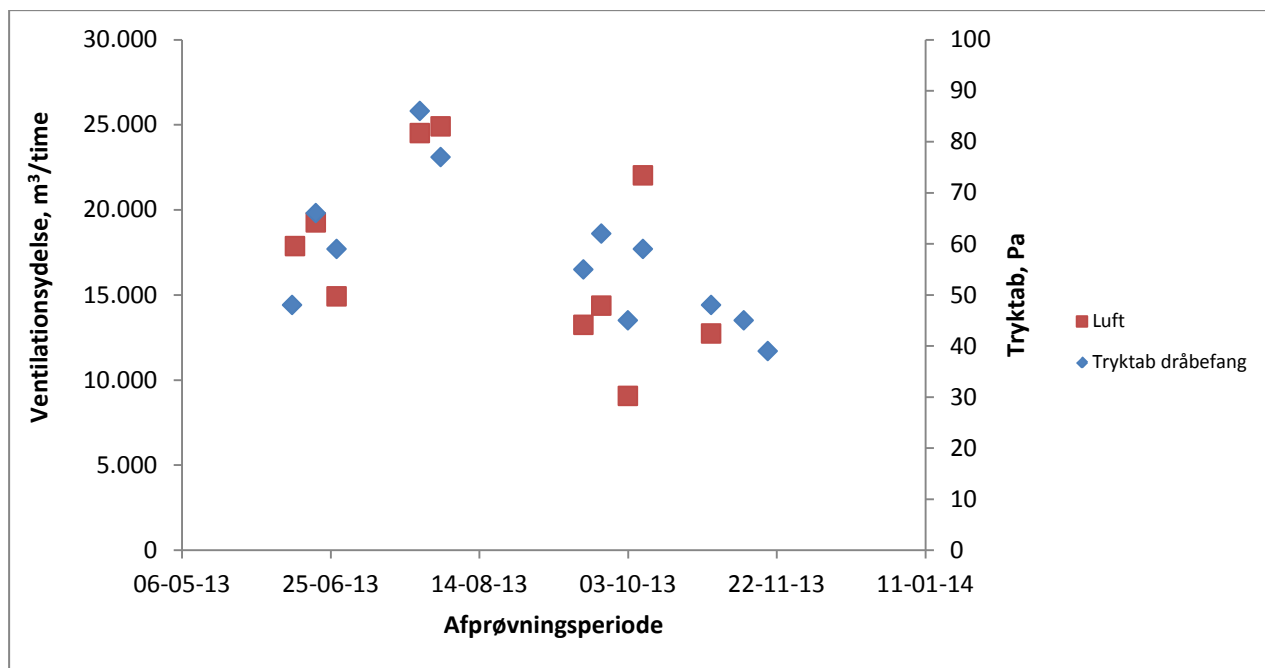
P: Tryk, 1 atm.

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

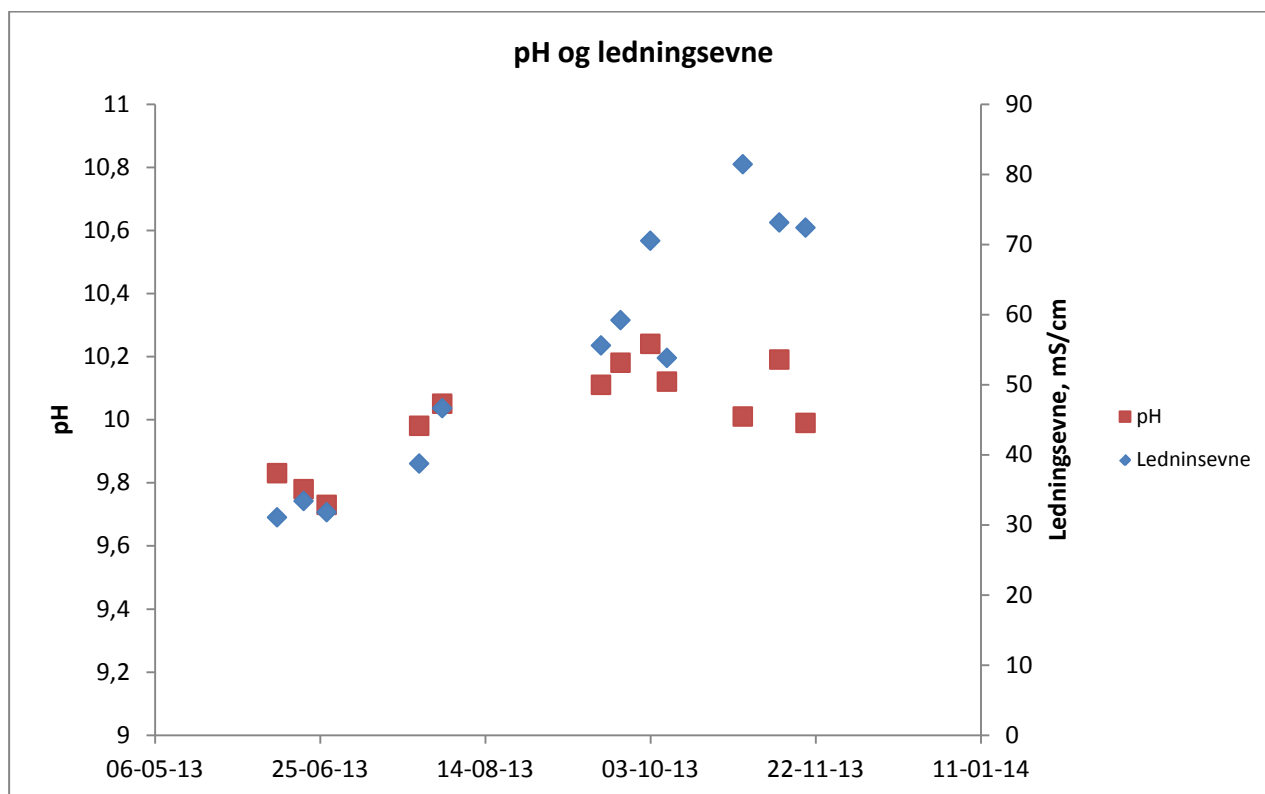
T: Temperaturen i Kelvin

N: Antal dyr

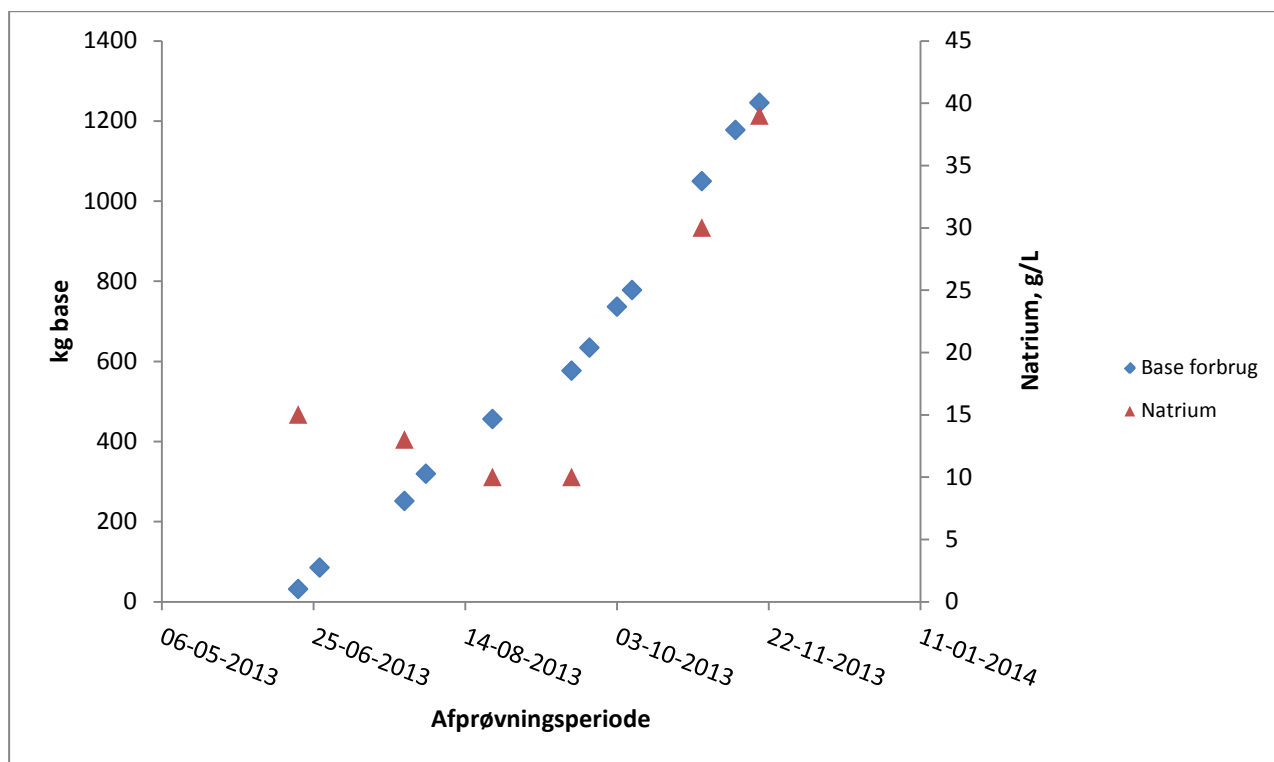
Appendiks A2 – Ventilationsydelse, tryktab, pH, ledningsevne samt baseforbrug i afprøvningsperioden



Figur A1. Målinger af tryktab over dråbefang gennem afprøvningsperioden.



Figur A2. Målinger af pH og ledningsevne i procesvand gennem afprøvningsperioden.



Figur A3. Sammenhæng mellem Natrium og kg forbrugt base gennem afprøvningsperioden.

VIDENCENTER FOR SVINEPRODUKTION

Tlf.: 33 39 40 00

Fax: 33 11 25 45

vsp-info@lf.dk



en del af

Landbrug & Fødevarer

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.