# BIOFILTRE MED LECA® REDUCERER LUGT-, AMMONIAK- OG SVOVLBRINTEEMISSIONEN

MEDDELELSE NR. 1056

Leca® baserede biofiltre reducerede koncentrationen af lugt, ammoniak og svovlbrinte i ventilationsluften fra en slagtesvinestald med hhv. 78, 96 og 26 %.

Institution: VIDENCENTER FOR SVINEPRODUKTION, DEN RULLENDE AFPRØVNING
Forfatter: ANDERS LEEGAARD RIIS, RUNE RØJGAARD ANDREASEN
Udgivet: 17. november 2015

Dyregruppe: Slagtesvin
Fagområde: Miljø

## Sammendrag

I denne afprøvning blev renseeffektivitet og driftsstabilitet for fire Leca® baserede biofiltre ved rensning af ventilationsluften fra en slagtesvinestald undersøgt. De fire filtre varierede i filtertykkelse, Leca® type, samt i tilstedeværelsen af støvfiltre. Biofiltrene uden støvfiltre stoppede til efter ca. 100 dage, mens filtrene med støvfiltre udviste et mere stabilt og lavt tryktab i hele afprøvningsperioden (274 dage). Resultaterne viste, at de trykstabile Leca® baserede biofiltre reducerede $NH_3$-, $H_2S$- og lugt- koncentrationen fra slagtesvinestalden med gennemsnitlig 96, 26 og 78 %. Formålet med projektet var at udvikle og afprøve biologiske filtre baseret på Leca® (Light Expanded Clay Aggregates), et billigt, mekanisk stærkt og ikke nedbrydeligt filtermedie. Yderligere udvikling af filterdesign og driftsstrategi vurderes nødvendig for opnåelse af tilfredsstillende driftsstabilitet og driftsøkonomi. De Leca® baserede biofiltre er således ikke en tilgængelig løsning på markedet på nuværende tidspunkt.

# Baggrund

Ved ansøgning om miljøgodkendelse i forbindelse med udvidelse eller ændring af en produktionsejendom kan danske svineproducenter opleve krav om reduceret lugt- og/eller ammoniakemission. Biofiltrering er en kosteffektiv luftrensningsteknologi mht. fjernelse af lugtstoffer i ventilationsluft [1, 2]. En stor del af omkostningerne ved biofiltrering er knyttet til tryktabet over filteret, hvilket desværre er kendt for at stige, efterhånden som filteret stopper til, eller efterhånden som filtermediet nedbrydes/komprimeres [3, 4]. Videncenter for Svineproduktion har afprøvet forskellige typer biofiltre til reduktion af lugt og ammoniak fra svinestalde [5-9]. Disse biofiltre har alle været baseret på mere eller mindre nedbrydelige filtermaterialer. Formålet med denne afprøvning var at afprøve fire fuldskala biologiske filtre baseret på Leca® (Light Expanded Clay Aggregates), et billigt, mekanisk stærkt og ikke nedbrydeligt filtermedie.

# Materiale og metode

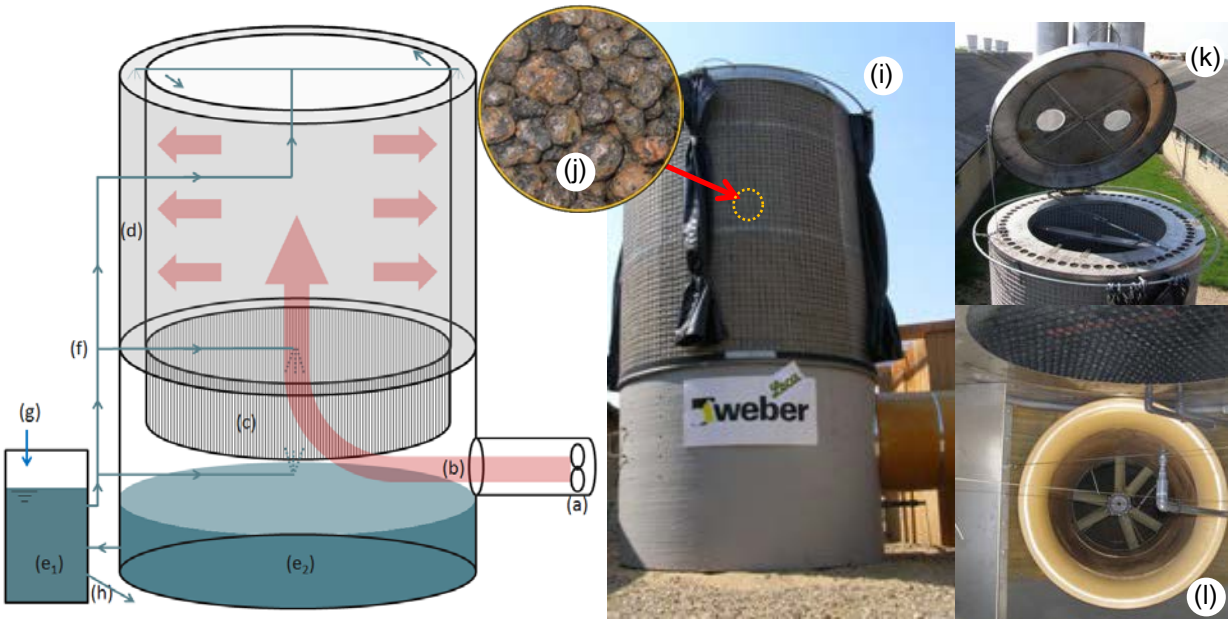
## Besætning

Afprøvningen blev gennemført ved en slagtesvinestald på 180 stipladser med spaltegulv, heraf 1/3 drænet gulv i lejearealet. Luften blev indtaget via vægventiler, imens luften blev udsuget via afkast i siden af stalden samt supplerende afkast i loftet. Udsugningskapaciteten var på 18.000 $m^3$/time, hvoraf de første 12.000 $m^3$/time blev suget ud via afkastet i siden af stalden og derefter presset gennem to biofiltre. Den resterende kapacitet på 6000 $m^3$/time blev kun anvendt ved ventilationsydelser over 12.000 $m^3$/time.

## Opbygning af filtre

De fire filtre var alle baseret på 10-20 mm Leca®, hvilket har et estimeret specifikt overfladeareal på ca. 270 $m^2$ pr. kubikmeter Leca®. For at øge det specifikke overfladeareal blev noget af Leca®en mekanisk behandlet, inden den blev anvendt i filtrene. Disse vil herefter blive benævnt MB (Mekanisk Behandlet), imens de ubehandlede vil blive benævnt UB (UBehandlede). Filtrene blev opført af Saint-Gobain Weber A/S ad to omgange. Først filter 1 og 2 der rensede luften i ca. 100 dage, hvorefter filtrene blev udbyttet med filter 3 og 4. Driften af filtrene samt målingerne blev foretaget af SEGES Videncenter for Svineproduktion.

Filter 1 og 2 var hule, lodret orienterede cylinderformede filtre. Filtrene havde en indre diameter på 1,45 m, en højde på 2,45 m, og en filtervægstykkelse på hhv. 0,2 m (Filter 1) og 0,4 m (Filter 2) (Figur 1). Filtervæggen bestod af 10-20 mm MB Leca®, som blev støttet af et ydre 5x50x50 mm rustfrit stålnet samt et indre 8 mm plastiknet på begge sider.




Figur 1. Skitse og billeder af det Leca® basede biofilter. (a) Ventilator, (b) luftflow fra stalden, (c) støvfilter (Filter 3 og 4), (d) Leca® filter, ($e_1$) recirkuleringstank til recirkulering af filtervæske (modtager overløbsvand fra $e_2$), ($e_2$) vandopsamlings- og sedimentationsområde (kun Filter 3 og 4), (f) system til recirkulering af filtervæske, (g) tilførsel af frisk vand (h) dræning af filtervæske, (i) Leca® filteret set udefra, (j) Leca® filtermaterialet, Leca® filteret med åbent låg, set oppe fra her ses også den roterende barre, (l) indløbet til filteret fa stalden. I toppen ses det støvfilter, der blev monteret i filter 3 og 4.

Afprøvningen af Filter 1 og 2 blev igangsat i starten af juli måned og blev efterfølgende testet ved 2 hold slagtesvin i perioden august-januar. Perioderne ved de to hold slagtesvin benævnes som hhv. Periode 1 = første hold og Periode 2 = andet hold. Begge filtre kørte med konstant overrisling af filtermaterialet via en roterende, motordrevet barre i toppen af filtrene. På grund af aflejringer i vandventilerne blev disse løbende justeret manuelt, hvilket stabiliserede vandingen på ca. 800L/time i Afprøvningsperiode 1 og 400L/time i Afprøvningsperiode 2. Vand fra filtrene blev opsamlet i en recirkuleringstank (600L), inden det blev recirkuleret. Recirkuleringstanken fik automatisk tilføjet frisk vand ved lav vandstand og blev derudover manuelt lænset ved en ledningsevne mellem 10-15 mS/cm. Filtrene fik i afprøvningsperioden tilledt identiske luftmængder på mellem 1.500 og 6.000 $m^3$/time.

Filter 3 og 4 blev fremstillet ligesom filter 2, bortset fra enkelte detaljer hvoraf den vigtigste var installationen af et vandretplaceret 30 cm tykt Ø 1,2 m støvfilter (FKP 319-30 cm, GEA 2H Water Technologies, Tyskland) ved luftindtaget i bunden af filtrene. Støvfiltrene blev konstant overrislet med vand fra recirkuleringstanken med et flow på ca. 1.500L/time via 2 dyser (TF14, 120°, BTE, USA)

installeret hhv. over og under filtrene. Derudover blev barren i toppen af filteret bygget om, således at denne blev drevet af selve vandtrykket.

Filter 3 og 4 havde begge en filtervæg på 0,4 m. Filter 3 var ligesom Filter 2 fyldt med 10-20 mm MB Leca®, imens Filter 4 blev fyldt med 10-20 mm UB Leca®. Lænsning af filtervæske blev reguleret ud fra ledningsevne med setpunkt mellem 10 og 15 mS/cm (JUMO CTI 500, Tyskland). Filter 3 og 4 blev opstartet 1. maj, hvorefter strøm- og vandforbrug blev registreret indtil februar. I denne periode blev filtrenes renseeffektivitet målt august-oktober (Afprøvningsperiode 3).

## Overblik

De anvendte filteropsætninger såsom: filtermateriale, tykkelse af filtervæg, tilstedeværelsen af støvfilter, afprøvningsperiode (perioden med flow igennem filteret) og måleperiode (perioden hvor filterets effektivitet er målt) kan ses i Tabel 1.

**Tabel 1.** Filterkarakteristika samt afprøvnings- og måleperioder for de 4 filtre.

| Filter | Leca® Type | Filter-væg | Støv-filter | Afprøvningsperiode | | Måleperioder | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | MB | 20 cm | - | P1 | 12/7 - 8/11 | P1 | $NH_3$+$H_2S$: 7/9 + 15/9<br>Lugt: 7/9 +15/9 |
| 2 | MB | 40 cm | - | | | | |
| 1 | MB | 20 cm | - | P2 | 16/11 - 4/1 | P2 | $NH_3$+$H_2S$: 16/11 - 4/1 |
| 2 | MB | 40 cm | - | | | | |
| 3 | MB | 40 cm | + | P3 | 17/5 - 13/2 | P3 | $NH_3$+$H_2S$: 31/8 - 10/10<br>Lugt: 8/9 + 12/9 + 19/9 + 26/9 + 3/10 + 10/10 |
| 4 | UB | 40 cm | + | | | | |

## Målinger

Luftydelse gennem filtrene blev målt kontinuerligt via Fancom målevinger. Tryktabet over filtrene blev målt manuelt via en TSI VelociCalc 8386, imens vand- og elforbrug blev fulgt ved hjælp af opsatte vand- og elmålere.

Svovlbrintekoncentration ($H_2S$) blev målt manuelt i triplikater i både ind- og udløb via en Jerome 631-XE (Arizona Instrument LLC). Manuelle enkeltmålinger af ammoniakkoncentration ($NH_3$) blev udført via Kitagawa sporgasrør (105SD). pH og ledningsevne blev målt manuelt i Filter 1 og 2 via en Eutech PCD 650, imens der ved Filter 3 og 4 blev anvendt en JUMO CTI-500 transmitter til kontinuerlige ledningsevnemålinger (kontrolmålt med Eutech PCD 650).

Lugtkoncentrationen blev bestemt ved olfaktometri i overensstemmelse med “CEN EN 13725:2003” standarden.

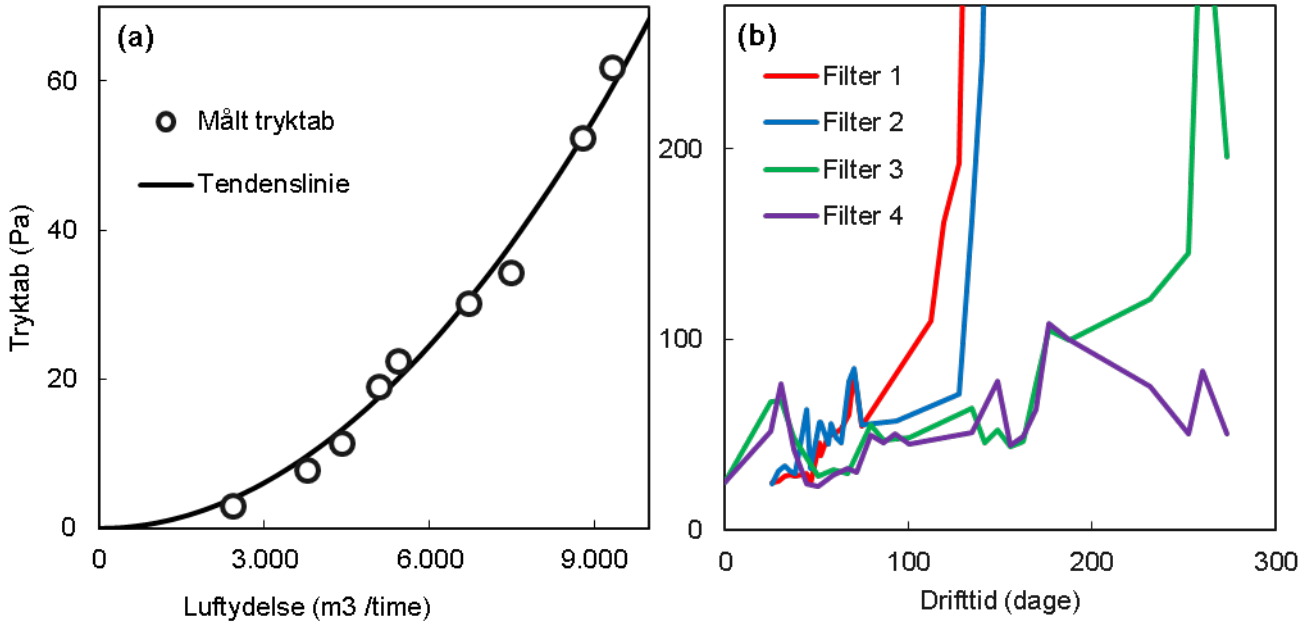
For Filter 1 og 2 blev der udtaget lugtmålinger 7/9 og 15/9 i Måleperiode 1. På måledagene blev der udtaget to lugtprøver både før og efter renseren. Hver prøve blev opsamlet over 30 min. i en nalophan pose, hvorefter de blev analyseret inden for 24 timer på Danish Meat Research Institute, Roskilde, Danmark.

For Filter 3 og 4 blev der udtaget lugtprøver på 6 måledage i perioden 8/9 til 10/10. Lugtmålingerne fulgte samme procedure som beskrevet for Filter 1 og 2, bortset fra at prøverne blev analyseret ved LUFA Nord-Vest, Tyskland.

# Resultater og diskussion

## Tryktab

I overensstemmelse med tidligere undersøgelser [10-14] steg filtrenes tryktab som en andenordensfunktion af luftydelsen (Figur 2a).




Figur 2a. Tryktab som funktion af ventilationsrate (målt på Filter 2 før start). Tendenslinje repræsenter Ligning 1.
Figur 2b. Målt tryktab omregnet til tilsvarende tryktab ved maksimal ventilation = 6.000 m³/time, ud fra ligning 1.

Andenordensforholdet mellem flow og tryk viste sig med rimelighed at kunne simplificeres til ligning 1:

$$\Delta P = Q^2 \cdot K \qquad (1)$$

Hvor:

ΔP = Tryktab (Pa)

Q = Luftydelse (m³/time)

K = Tryktabskonstant unik for et givent filter (medie + udformning)

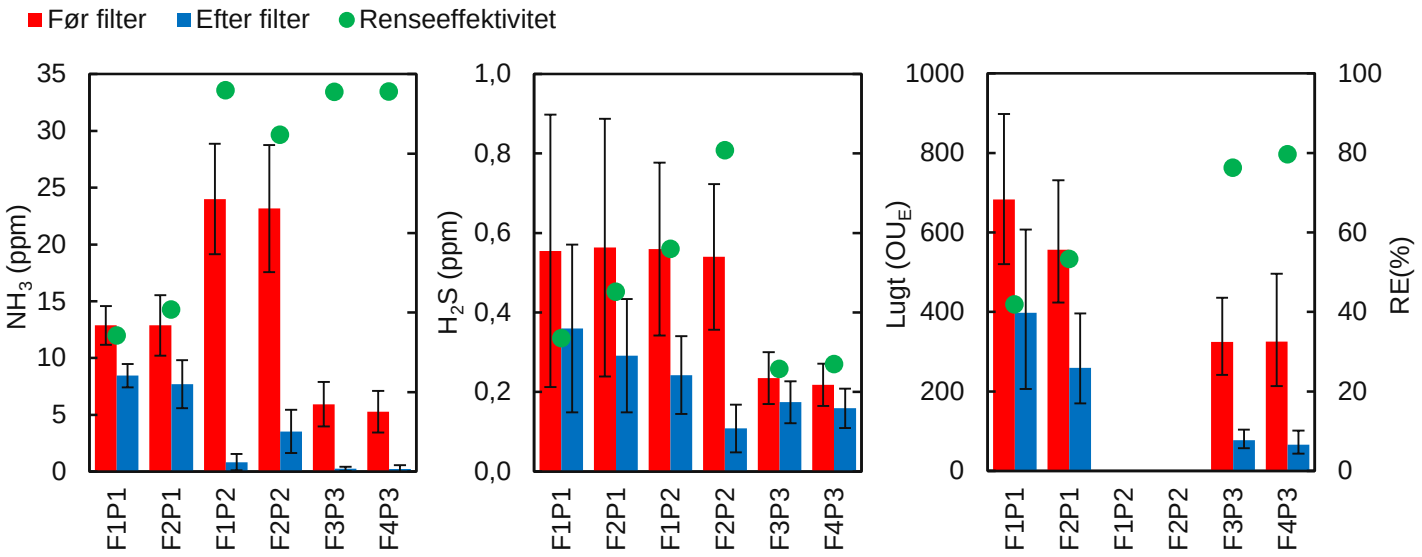
Da ligning 1 kun baserer sig på en ukendt konstant, muliggør ligning 1, at de målte tryktab ved forskellige luftydelser alle kunne omregnes til at repræsentere tryktabet ved 6000 $m^3$/time. Derved kunne tryktab ved forskellige luftydelser (grundet ændringer i udetemperatur og grisenes alder) sammenholdes og følges. Tryktabet, svarende til en luftydelse på 6000 $m^3$/time, er illustreret i Figur 2b, hvor det kan ses, at Filter 1 og 2 havde en kraftig stigning i tryktab efter ca. 100 dage. Da Leca® er mekanisk stabilt og desuden ikke kan nedbrydes, antages denne stigning at skyldes aflejringer af støv og biomasse i filteret, hvilket er i overensstemmelse med tidligere observationer [12, 15]. At støv og biomasse forårsagede det stigende tryktab underbygges yderligere af, at tryktabet i Filter 1 og 2 var stort set ens på trods af, at Filter 1 kun var halvt så tykt som filter 2. Normalt antages tryktabet over et filter at stige proportionalt med filtertykkelsen. Dobbelt tykkelse = dobbelt tryktab [11, 13, 16, 17]. Ved ophobning af støv og biomasse ligger filterets hovedtryktab, sammen med støvet og biomassen, typisk i starten af filteret [12, 15], hvilket betyder, at filterlængden bliver mindre betydende for det totale tryktab.

Modsat Filter 1 og 2 blev der i Filter 3 og 4 installeret et støvfilter. Denne installation forøgede driftstiden af Filter 3 og 4 betydeligt, hvilket ses ud fra de relativt lave tryktab over Filter 3 og 4 sammenlignet med Filter 1 og 2. Tryktabet over Filter 3 steg dog stadig i den senere periode, imens Filter 4 holdt et stabilt tryktab i hele afprøvningsperioden.

Forskellen mellem Filter 3 og 4 kan skyldes, at MB Leca® indeholder mere lerstøv (kan tilstoppe porer) samt har en reduceret partikelstørrelse (giver mindre porer). Begge dele vides at øge tryktabet over den anvendte filtertype [12, 13, 18].

## Filtereffektivitet

Alle filtre reducerede ventilationsluftens indhold af ammoniak, svovlbrinte og lugt (Figur 3).




Figur 3. Koncentrationen før og efter filtrene samt renseeffektivitet (RE) for: (a) $NH_3$, (b) $H_2S$ og (c) Lugt (måles i lugtenheder = $OU_E$) i de fire anvendte filtre. F1, F2, F3 og F4 indikerer hhv. Filter 1, 2, 3 og 4, imens P1, P2 og P3 indikerer hhv. periode 1, 2 og 3. Fejllinjer angiver standardafvigelse.

Filter 1 og 2 udviste begge renseeffektiviteter på 35-50 % for alle stoffer målt i Periode 1. Renseeffektiviteten blev øget i Periode 2, sandsynligvis pga. en øget biomasse og/eller en øget opholdstid, da Periode 2 i modsætning til Periode 1 blev udført under vinterforhold (Tabel 2).

**Tabel 2.** Renseeffektiviteter samt tilhørende luftydelser under måling af disse.

| Filter | Måle-periode | Luftydelse ($m^3$/time) | | Renseeffektivitet (%) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $NH_3/H_2S$ | Lugt | $NH_3$ | $H_2S$ | Lugt |
| **1** | P1 | 4784 | 5235 | 34 | 34 | 42 |
| **2** | | 4593 | 5175 | 41 | 45 | 53 |
| **1** | P2 | 1884 | - | 96 | 56 | - |
| **2** | | 2300 | - | 85 | 81 | - |
| **3** | P3 | 4795 | 5213 | 96 | 26 | 76 |
| **4** | | 4853 | 5663 | 96 | 27 | 80 |
| **Gns. 3 & 4** | | 4824 | 5438 | 96 | 26 | 78 |

Den tykkere filtervæg i Filter 2, sammenlignet med Filter 1, gav ikke en signifikant øget ammoniakfjernelse i hverken Periode 1 eller 2. Modsat blev der for svovlbrinte observeret en signifikant højere renseeffektivitet i det 40 cm tykke Filter 2 sammenlignet med Filter 1.

Forskellen på filtervæggens effekt ligger sandsynligvis i, at det kan være forskellige mekanismer, der reducerer koncentrationen ammoniak og svovlbrinte. I et biofilter bliver ammoniak hovedsageligt nedbrudt af den tilstedeværende biomasse, hvilket typisk sidder på forkanten af filteret [12, 15], hvorved denne del af filteret får et højere potentiale for ammoniakfjernelse. Det samme er gældende for den biologiske nedbrydning af svovlbrinte. Svovlbrinte har dog også vist sig at kunne sorbere til selve Leca® mediet [19]. Et sådant ikke biologisk fjernelsespotentiale kan antages at være mere konstant igennem filtermediet, hvorved et tykt filter såsom Filter 2 får et større potentiale for fjernelse af svovlbrinte end et tyndt filter såsom Filter 1.

Da renseeffektiviteten dermed afhang delvist af filtertykkelsen, imens tryktabet efter indkøring var stort set uafhængigt af filtertykkelse, blev det valgt at lave Filter 3 og Filter 4 med en filtertykkelse på 40 cm.

Filter 3 og 4 viste en ammoniakfjernelse på >95 %, hvoraf ca. 20 % forsvandt over støvfilteret (ikke vist). Det formodes, at det er ammoniaks høje vandopløselighed, der giver denne store effekt af støvfilteret, der umiddelbart fungerer som en luftvasker for dette stof. Denne effekt kunne ikke observeres for $H_2S$, som kun blev reduceret med ca. 8 % over støvfilteret (ikke vist), og 26-27 % i alt. Denne forskel skyldes formentligt $H_2S$' lave vandopløselighed. På trods af den dårlige $H_2S$ fjernelse i Filter 3 og 4 havde disse filtre stadig den bedste lugtfjernelse. Dog skal det her nævnes, at lugtprøver fra Filter 3 og 4 blev analyseret på et andet laboratorium (LUFA) end lugtprøverne fra Filter 1 og 2, hvorfor resultatet ikke er direkte sammenligneligt pga. stor variation imellem laboratorier ved analysering af lugt [20, 21]. Filter 3 og 4 havde ikke signifikant forskellige renseeffektiviteter. De opnåede gennemsnitlige renseeffektiviteter for disse filtre på 96, 26 og 78 % for hhv. ammoniak, svovlbrinte og lugt antages derfor som bedste bud for rensernes opnåelige effekt, uafhængigt af om der anvendes MB eller UB Leca®.

## Sekundære parametre

På grund af en overdimensioneret og trykstabil ventilator lå strømforbruget til ventilation under afprøvningen højt 15,5 – 25,2 kWh pr. dag. (Tabel 3).

**Tabel 3.** Sekundære parametre for de 4 biofiltre.

| Filter | Afprøvnings-periode | Strømforbrug (kWh/dag) | | Vand ($m^3$/dag) | | Vandflow (L/dag) | | Ledningsevne (mS/cm) | pH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ventilator | Overrislings-pumpe | Forbrug | Lænset | Leca® filter | Støv filter | | |
| **1** | P1 | 25,2 | 16,1 | 0,114 | 0,007 | 800 | - | 10,2* | 7,2* |
| **2** | | 25,2 | 15,8 | 0,225 | 0,017 | 800 | - | 14,7* | 7,1* |
| **1** | P2 | 16,6 | 16,9 | 0,199 | 0,003 | 400 | - | 8,1 | 7,1 |
| **2** | | 16,5 | 16,7 | n.a. | n.a. | 400 | - | 24,2 | 7,4 |
| **3** | P3 | 15,5 | 16,1 | 0,378 | 0,167 | 900 | 1500 | 9,5* | 7,2* |
| **4** | | 17,7 | 14,7 | 0,183 | 0,032 | 900 | 1500 | 10,3* | 7,2* |

*I opstartsperioderne P1 og P3 blev den gennemsnitlige ledningsevne og pH regnet som middel af målinger lavet efter afsluttet opstartsfase defineret som hhv. 1/9 og 31/8.

StaldVent simuleringer [22] med et antaget tryktab på 60 Pa over filteret viser dog, at strømforbruget til ventilation vil kunne nedbringes til omkring 6,4 kWh/dag pr. filter, såfremt filteret anvendes i kombination med en energioptimeret ventilator og ved 10 % punktudsugning. Filter 3 og 4 havde det laveste strømforbrug til pumpe og ventilation (pga. stabilt tryktab, se Figur 2), men pga. utætheder havde Filter 3 et øget vandforbrug. Vandforbruget i Filter 4 antages derfor bedst at repræsentere det opnåelige vandforbrug ved anvendelse af denne filteropbygning (40 cm filtervæg + støvfilter).

# Konklusion

I denne afprøvning blev fire fuldskala biofiltre baseret på Leca® testet til at kunne reducere ammoniak, svovlbrinte og lugt med hhv. 96, 26 og 78 %. Filtrene 1 og 2 blev tilstoppede efter ca. 100 dage, men installering af støvfiltre i de efterfølgende opsatte filtre (Filter 3 og 4) modvirkede dette. På baggrund af denne test vurderes Leca® baserede biologiske filtre i stand til at reducere koncentrationen af ammoniak, svovlbrinte og lugt i ventilationsluften fra svinestalde. Yderligere udvikling af filterdesign og driftsstrategi vurderes nødvendig for opnåelse af tilfredsstillende driftsstabilitet og driftsøkonomi. De Leca® baserede biofiltre er således ikke en tilgængelig løsning på markedet på nuværende tidspunkt.

# Referencer


1. Chen, L. and S.J. Hoff, Mitigating odors from agricultural facilities: A review of literature concerning biofilters. Applied Engineering in Agriculture, 2009. **25**(5): p. 751-766.
2. O'Neill, D.H., I.W. Stewart, and V.R. Phillips, A review of the control of odour nuisance from livestock buildings: Part 2, The costs of odour abatement systems as predicted from ventilation requirements. Journal of Agricultural Engineering Research, 1992. **51**: p. 157-165.
3. Phillips, V.R., I.M. Scotford, R.P. White, and R.L. Hartshorn, Minimum-cost biofilters for reducing odors and other aerial emissions from livestock buildings .1. Basic air-flow aspects. Journal of Agricultural Engineering Research, 1995. **62**(3): p. 203-214.
4. Scotford, I.M., C.H. Burton, and V.R. Phillips, Minimum-cost biofilters for reducing odours and other aerial emissions from livestock buildings. 2. A model to analyse the influence of design parameters on annual costs. Journal of Agricultural Engineering Research, 1996. **64**(2): p. 155-163.
5. Riis, A.L. and K. Sørensen, Biofilter kombineret med kemisk luftrenser fra ScanAirclean A/S. Videncenter for Svineproduktion, Erfaring nr. 0907, 2009.
6. Riis, A.L., M. Lyngbye, and A. Feilberg, Afprøvning af vertikalt biofilter efter amerikansk princip. Videncenter for Svineproduktion, Meddelelse nr. 819, 2008.
7. Riis, A.L. and T.L. Jensen, Bio-Rex Hartmann bio-filter afprøvet ved en slagtesvinestald. Videncenter for Svineproduktion, Meddelelse nr. 807, 2007.
8. Jensen, T.L., B.L. Riis, and A. Feilberg, Reduktion af lugt og ammoniak med Oldenburg biofilter, Agrofilter GMBH. Videncenter for Svineproduktion, Meddelelse nr. 727, 2005.
9. Riis, A.L., Biofilter kombineret med Farm Airclean fra SKOV A/S. Videncenter for Svineproduktion, Erfaring nr. 1001, 2010.
10. Andreasen, R.R. and T.G. Poulsen, Air flow characteristics in granular biofilter media. Journal of environmental engineering, 2013. **139**(2): p. 196-204.
11. Macdonald, I.F., M.S. Elsayed, K. Mow, and F.A.L. Dullien, Flow through porous-media - ergun equation revisited. Industrial & Engineering Chemistry Fundamentals, 1979. **18**(3): p. 199-208.
12. Andreasen, R.R., R.E. Nicolai, and T.G. Poulsen, Pressure drop in biofilters as related to dust and biomass accumulation. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 2012. **87**(6): p. 806-816.
13. Ergun, S., Fluid flow through packed columns. Chemical Engineering Progress, 1952. **48**(2): p. 89-94.
14. Poulsen, T., G. Minelgaite, T. Bentzen, and R. Andreasen, Minor losses during air flow into granular porous media. Water, Air, & Soil Pollution, 2013. **224**(9): p. 1-11.
15. Morgan-Sagastume, F., B.E. Sleep, and D.G. Allen, Effects of biomass growth on gas

pressure drop in biofilters. Journal of Environmental Engineering-Asce, 2001. **127**(5): p. 388-396.

16. Darcy, H., Les fontaines publiques de la ville de Dijon. Éd. V. Dalmont 1856: Paris. 647.
17. Forcheimer, P., Wasserbewegung durch boden. Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure, **1901**(45): p. 1782-1788.
18. Pugliese, L., T. Poulsen, and R. Andreasen, Biofilter media gas pressure loss as related to media particle size and particle shape. Journal of environmental engineering, 2013. **139**(12): p. 1424-1431.
19. Tabase, R.K., D. Liu, and A. Feilberg, Chemisorption of hydrogen sulphide and methanethiol by light expanded clay aggregates (leca). Chemosphere, 2013. **93**(7): p. 1345-1351.
20. Jonassen, K.E.N., M.B.F. Nielsen, and M.J. Hansen, Online or delayed olfactometry – a comparison based on results from four different types of pig housing or mitigation systems. 2014. **40**.
21. Jonassen, K.E.N., P. Petersen, A.L. Riis, and K. Sørensen, Does the choice of olfactometric laboratory affect the efficiency of odour abatement technologies? NOSE, 2012. **30**: p. 43-48.
22. DXT, Staldvent 5.0, 2014, Danish Exergy Technology A/S: Skørping, Denmark.

## Deltagere

Tekniker: Kim Albrechtsen, Mike Petersen

Statistiker: Mai Britt Friis Nielsen

Afprøvning nr. 1082

Aktivitetsnr.: 060-350140

Innovationsloven Journalnr.: 3412-09-02450

//ANR//

VIDENCENTER FOR SVINEPRODUKTION

*Tlf.: 33 39 45 00*

*Fax: 33 11 25 45*

*vsp-info@seges.dk*

ISO 9001 Management System Certification BUREAU VERITAS Certification Denmark A/S

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.