
**SLUTRAPPORT FOR PROJEKTET:
Rensning af afgangsluft fra stalde
Opfølgning og realisering
J.nr. 3401-65-04-967**

**Redaktion Agri Contact
15. Juni 2005**

PROJEKTTITEL: Rensning af afgangsluft fra stalde – Opfølgning og realisering

PROJEKTPARTNERE:

SKOV A/S Hedelund 4, Glyngøre 7870 Roslev	Karl Krogshede Tlf.: 72 17 55 55
Danske Slagterier Axelborg, Axeltorv 3 1609 København V	Børge Mortensen Tlf.: 33 11 60 50
Perstrup Beton Industri A/S Kringelen 4-6, Perstrup 8560 Kolind	Flemming Brun / Niels Søndergaard Tlf.: 87 74 85 00
Biologisk Institut Aarhus Universitet Ny Munkegade, Bygning 540 8000 Aarhus C	Lars Peter Nielsen Tlf.: 98 42 32 50
Med ekstern assistance fra:	
VengSystem A/S Nautrup Møllevej 22 DK-7870 Roslev	Niels Veng Tlf.: 97 59 20 72
Agri Contact Torupvejen 97 3390 Hundested	Arne Møller Tlf.: 47 92 38 00

BAGGRUND: Nærværende projekt er en videreførelse af projektet "Rensning af afgangsluft fra stalde - specielt reduktion af ammoniak og lugt/støvdudvikling" J. nr. 93S-2465-Å99-01013, der blev afsluttet i 2002 med slutrapport dateret April 2002..

FORMÅL: Projektet har haft til formål dels at følge op på og søge afklaring af en række især biologiske problemstillinger i forbindelse med drift af filteret og dels at realisere luftrensesystemet i kommerciel skala for derved at få en mere konkret bedømmelse af systemets muligheder og begrænsninger såvel funktionsmæssigt som kommercielt.

De især biologiske spørgsmål og ønsker, som projektgruppen ønskede afklaret, før der produceres et større antal anlæg, var:

- 1) Afklaring af stofomsætningen i filteret, specielt en dokumentation for omsætningen og deponeringen af kvælstofforbindelserne.

Dette for at sikre, at der ikke produceres lattergas eller NOx., der også er skadelige for det eksterne miljø.

- 2) Optimering/styring af vanddoseringen til de to filtre samt etablering af strategi for tømning af vandsump til gylletank.
- 3) Anlæggets funktion efter stilstand. Eksempelvis ved tømning af stalden i forbindelse med alt-ud / alt-ind produktion. Hvordan kan man stabilisere den aktive bakteriemasse over for variationer i belastning og drift.
- 4) Kontrol af anlæggets funktion i sommerperiode med fuld ventilation.
- 5) Mulighederne for reduktion af anlægspis. Herunder pris for pads, der udgør ca. 35 % af anlægsomkostningerne.
- 6) Behov og muligheder for tilsætning af starterkulturer.
- 7) Afklaring af processen i sumpen herunder afklaring af nitritdannelsen og dennes styring. I den forbindelse ønskes behov og muligheder for pH-styring afklaret.
I samme forbindelse ønskes staldstøvet's rolle i det biologiske samspil afklaret.

Herudover har det som nævnt været formålet at realisere et begrænset antal anlæg i kommerciel skala. I den forbindelse har vi skelnet mellem to forskellige udgaver af anlæg nemlig:

- A) Anlæg for traditionelle stalde med udsugning gennem loft- eller vægventiler.
- B) Anlæg tilpasset Perstrup Svinestald, der gulvudsugning og lufttransport i lukkede kanaler under den faste del af gulvet.

FREMGANGSMÅDE:

I praksis er projektet gennemført ved at man har udviklet og installeret dels et anlæg

A) for traditionelle stalde og dels et anlæg

B) for Perstrup Svinestald.

Disse anlæg har dannet basis for arbejdet med at afklare de konkrete punkter 1-7 nævnt under Formål herunder gennemførelse af de undersøgelser, der belyser systemets nuværende funktionelle muligheder og begrænsninger.

Som opfølgning af de erfaringer, der blev gjort med de to første anlæg, er der efterfølgende konstrueret og installeret yderligere 6 anlæg af type A og yderligere 2 anlæg af type B. For enkelte af disse anlæg er gennemført begrænsede supplerende biologiske undersøgelser.

Endelig har vi inden for nærværende projekt sørget for funktionsmæssig og målemæssig opfølgning af forsøgsanlægget i Roslev, der yderligere er blevet suppleret i forbindelse med den pågældende landmands udvidelse af produktionen.

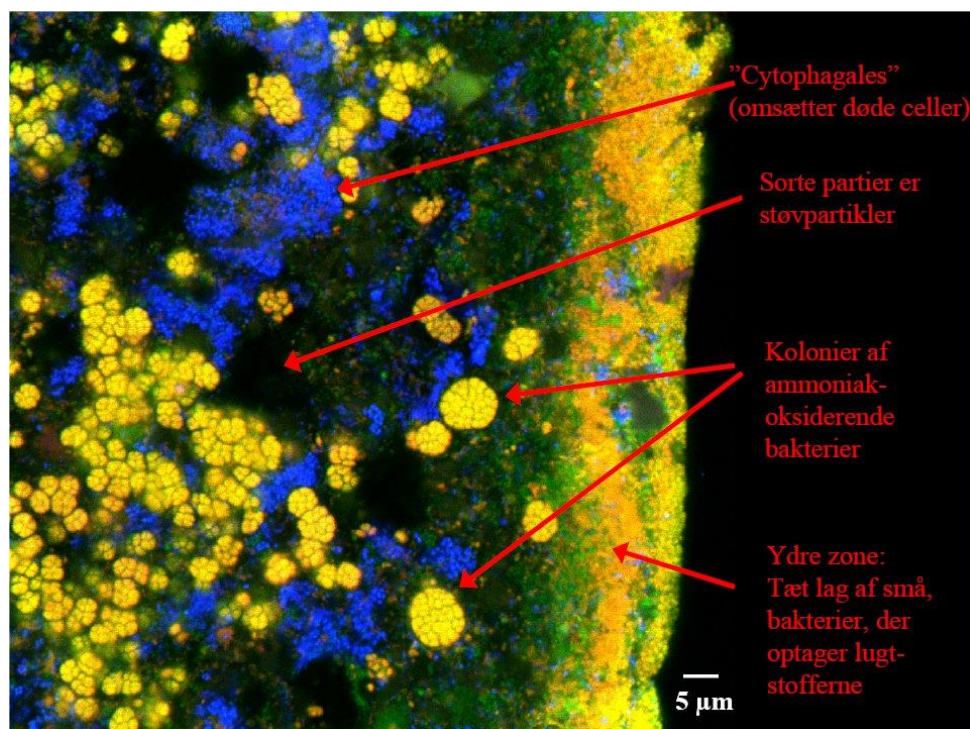
RESULTATER:

Undersøgelser:

For de undersøgelsespunkter nævnt under Formål er der opnået følgende resultater:

Ad 1) Afklaring af stofomsætningen i filteret

Kvælstof. Ammoniak er den dominerende stofkomponent i staldluften, og når ammoniakken fanges og omsættes i filteret er det i høj grad med til at bestemme betingelserne for optag og omsætning af lugtstofferne. I filteret opløses halvdelen af ammoniakken som ammonium, mens den anden halvdel oxideres af bakterier til nitrit, der i mindre omfang oxideres videre til nitrat.



Figur 1 (Mikroskop billede): Billedet viser et tværsnit af biofilmen i et velfungerende biofilter hvor bakterierne er genetisk farvet med FISH teknologi (Fluorescens In Situ Hybridization).

En lille del af ammoniakken indbygges i den mikrobielle biomasse som organisk kvælstof. Opløsningen af ammonium-nitrit/nitrat og suspenderet biomasse føres med lænse vandet tilbage i gyllemassen i stalden eller gyllebeholderen. Her reduceres ca 80% af nitrit/nitrat tilbage til ammonium og bidrager hermed til gødningsværdien. De sidste 20% reduceres til kvælstofgas, N₂.

En lille del af nitrittet i filteret kan omdannes til de uønskede gasser NO og lattergas og føres ud med luften. Der er målt koncentrationer af NO og N₂O på op til henholdsvis 150 og 200 ppb i udgangsluften. Dette må anses for et forsvarligt lavt niveau, idet NO emissionen fra et filteranlæg så svarer til emissionen fra en dieselbil og N₂O emissionen repræsenterer ca. en milliontedel af den estimerede samlede emission fra dansk landbrug (Miljøstyrelsen).

Mekanismerne bag NO emissionen er ikke endelig afklaret, men N₂O emissionen kunne entydigt tilskrives bakteriel nitritreduktion i indre, iltfrie dele af biofilm og bundslam. Væsentlig større N₂O emission kan således forebygges ved at undgå meget tykke biofilm dannelser og ophobning af slam.

Væsentlig højere emissionsrater for NO og N₂O er i Tyskland blevet målt på en klassiske biofiltertype baseret på organiske materiale. Det kan ifølge vores resultater tilskrives større omfang af iltfrie områder og dårlige vandskifte så for meget nitrit ophobes.

Lugtstoffer. Mikroskopiske studier og beregninger peger på, at i et effektivt filter omsættes de organiske stoffer, herunder lugtstofferne, af bakterier og svampe i de yderste få mikrometer af biofilmen. Dårligere filterfunktion i forbindelse med slimdannelse skyldes formentlig at slimen ødelægger denne nære kontakt mellem luft og celler. Ophobning af nitrit og andre metabolitter hæmmer de lugtfjernende mikroorganismer, og betydning af dette afhænger formentlig meget af belastningen og filterets biologiske udviklingstilstand.

Ad 2) Optimering/styring af vanddoseringen til de to filtre

I den forløbne projektperiode er der udviklet en effektiv styring af et kontinuert vandflow over filtrene som sikrer, at man meget præcist kan styre filtrene effektivitet mht. ammoniak reduktion.

Vandets sammensætning har direkte indflydelse på aktiviteten de ammoniakoxiderende bakterier via ophobning af eksempelvis ammoniak og nitrit. Vandlænsningen styres nu via vandets ledningsevne, som er en funktion af ionkoncentration, pH og temperatur. Når ledningsevnen I den forløbne projektperiode er der udviklet en effektiv styring af et kontinuert vandflow over filtrene som sikrer, at man meget præcist kan styre filtrene effektivitet mht. ammoniak reduktion.

Vandets sammensætning har direkte indflydelse på aktiviteten de ammoniakoxiderende og lugtfjernende bakterier via ophobning af især nitrit. Nitrit er normalt den helt dominerende anion, og derfor styres vandlænsningen nu via vandets ledningsevne, som er en funktion af ionkoncentrationen og temperatur. Når ledningsevnen overstiger en kritisk værdi, så lænses et givent vandvolumen fra vandsumpen til gylletanken. Derfor installeres de biologiske luftrensningssystem nu med sensorer for ledningsevne og temperatur. Vandtilførslen sker ligeledes kontinuert ved hjælp af en svømmeventil, som sikrer at lænset og fordampet vand erstattes, så at vandvolumet holdes inden for et givet område. Fordampningen og det todelte system med separate vandsumpe betyder bl.a. at vandet der cirkulerer i det andet filter er relativt "rent".

Ad 3) Anlæggets funktion efter stilstand

De biologiske undersøgelser peger på at filtrene generelt er robuste overfor selv store driftsforstyrrelser, herunder stop for lugt- og ammoniaktilførsel, stop for vanding, og sterilisering af tømte stalde med formalin. Dette bekræftes af praktiske erfaringer med at filtre normalt er fuldt funktionelle 0-2 dage efter selv længerevarende driftsforstyrrelser. Det er dog uafklaret om tilbagevendende forstyrrelser kan favorisere mere uheldige kombinationer af mikroorganismer.

Ad 4) Kontrol af anlæggets funktion i sommerperiode

Undersøgelser gennemført ved Aarhus Universitet viser at den biologiske omsætning stiger med temperaturen men samtidig falder opløseligheden af lugtstofferne, så de har svære ved at blive optaget i filteret. Modelberegninger viste at nettoresultatet bliver en svag negativ sammenhæng mellem temperatur og filtereffektivitet. Lagt sammen med den større ventilationshastighed og lugtafgivelse fra stalden er det således klart at varme sommerperioder er langt den største udfordring for filtrene, hvilket bekræftes af de undersøgelser, der er gennemført af Landsudvalget for Svin.

I projektperioden har anlæggets lugtreducerende evne varieret betydeligt. Det skyldes, at renseseffekten er afhængig af den luftmængde, der passerer filteret, og dermed den tid, luften opholder sig i filteret med mulighed for kontakt med bakteriekulturen.

Der må derfor forventes en mindre reduktion i sommerperioden, hvor der er et stort luftskifte. I forsøgsperioden har renseseffekten også været varierende på grund af, at dele af filtrene i perioder har været delvis tilstoppet. Åbningsarealet bliver derved mindre, så den luft, der presses gennem filtrene, nødvendigvis vil passere hurtigere. Disse for-

hold har i mindre grad påvirket ammoniakreduktionen ved staldluftens passage gennem filteret.

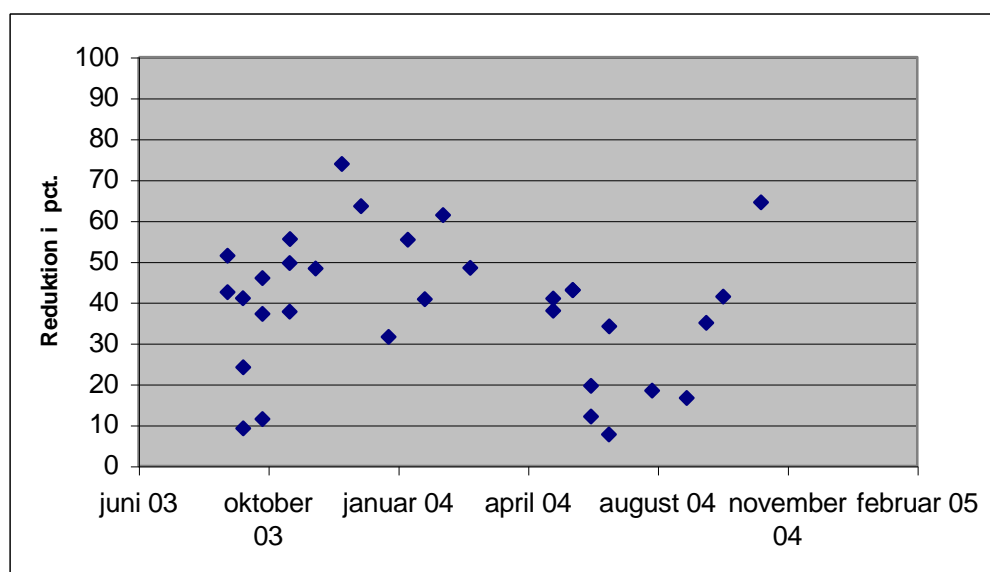
Tilstopningsgraden har også haft stor betydning for energiforbruget til ventilation, der i vinterperioden har været på 6-7 kWh pr. produceret slagtesvin. I sommerperioden var energiforbruget ca. det dobbelte, hvilket dog kan reduceres ved at optimere ventilationsanlæggets opbygning, og kontrol med filtrenes tilstopning.

Filtrenes tilstopningsgrad er konstateres ved, at tryktabet over filtrene har varieret betydeligt. Med nyopsatte filtre målt tryktabet til ca. 20 Pa, medens der i perioder med betydelig tilstopning målt et tryktab på op til 120 Pa. Det store tryk medførte, at filterelementerne blev presset ud af facon og dannede en bue.

Elforbruget til overrisling af filtrene har været ca. 1,8 kWh pr produceret slagtesvin.

En anden årsag har været, at filterets effektivitet er afhængig af de betingelser, bakterierne tilbydes. Bl.a. har koncentrationen af kvælstof i det vand, filtreret overrisles med, formodentligt stor betydning. Høj kvælstofkoncentration kan virke hæmmende på bakteriernes aktivitet. Der er opnået en del viden vedrørende dette forhold, ligesom det også er vist, at renseskens kvælstofindhold kan reguleres på baggrund af væskens ledningsevne.

I forsøgsperioden er vandforbruget målt til ca. 0,25 m³ pr. produceret slagtesvin. Men da 90-95% af vandet fordamper, er det kun en beskedne mængde, der er pumpet til gyllebeholderen.

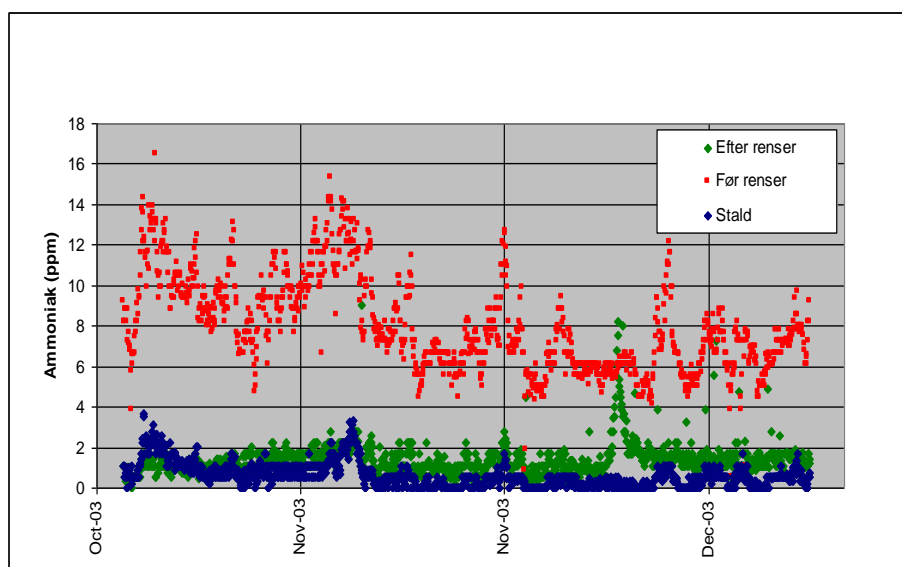


Figur 2. Reduktion af staldluftens lugtindhold ved passage af biologisk filter.

Figur 2 viser det biologiske filters lugtreducerende evne gennem afprøvningsperioden. Den tidsmæssige variation skyldes dels de tidligere anførte problemer med tilstopning, men reduktionen var betydelig større i vinterperioden, hvor luftskiftet er lille, end om sommeren, hvor der er et stort luftskifte. Disse resultater er sammenfaldende med resultatet fra andre undersøgelser, der viser, at koncentrationen af lugtstoffer i en svinestald ikke er lavere om sommeren end om vinteren, selv om der sker en hurtigere udskiftning af staldluften. Det skyldes for en stor del, at det øgede luftskifte fører til en øget frigørelse af lugtstoffer fra gylleoverflader. Antal lugtenheder der forlader en stald i varme perioder, og den deraf følgende risiko for at påføre omgivelserne gene, er derfor størst om sommeren.

Ved vurderingen af de opnåede lugtreduktioner skal bemærkes, at de gennemførte olfaktometriske lugtmålinger ikke tager hensyn til den ændring i genegrad der opstår ved luftens passage af bio filteret.

Ammoniakkoncentrationen i forsøgsstalden har været lav i hele forsøgsperioden. Det skyldes dels en god hygiejne i stalden med tørre stier, men især, at ventilationsluften er suget ud via gyllekanalen.



Figur 3. Ammoniakinholdet i staldluften samt før og efter passage af filteret

Figur 3 viser, at afgangsluftens indhold af ammoniak øges betydeligt ved at passere gyllekanalen idet den opsamler den ammoniak der er udviklet fra gyllen, der ligger i kanalen. Det biologiske filter er imidlertid i stand til at reducere ammoniakinholdet til samme koncentration, som i staldrummet. Umiddelbart virker det u hensigtsmæssigt at tilføjer afgangsluft ammoniak ved at lade den passere gyllekanalen. Men den lave ammoniakkoncentration i stalden var et resultat af, at

afgangsluften blev fjernet via gyllekanalen, hvor ammoniakken frigøres. Gulvafsugning bidrager dermed til et bedre arbejdsmiljø og forbedrer klimaet i grisenes opholdszone.

Ad 5) Mulighederne for reduktion af anlægspris

I projektet er der arbejdet med at få udviklet et standard system med dimensioneringsguide og salgsmateriale.

Der er ligeledes arbejdet med reduktion af kostprisen, idet en total installation anses for at være for omkostning tung for de fleste bedrifter. Landmanden skal typisk investere 2 gange anlæggets pris i bygnings-tilpasninger, fordi bygge traditionen i Danmark ikke tilgodeser central opsamling af luften. Der er udpeget en række områder der kan reducerer den totale investering:

1 Buffertanken (sumpen) kan helt eller delvist fjernes og integreres i byggeriet

2 PADS (filtermateriale) udgør kan reduceres i tykkelse, og der kan evt. findes et andet materiale eller metode.

3 Rende og holdesystem til PADS kan integreres i byggeriet

4 Der kan udvikles moduler, som kan samles direkte på fabrikken, og placeres decentralt i byggeriet. Perstrup Stalden er et godt eksempel.

Inden for projektets ramme nåede vi ikke at få påbegyndt udviklingen af standardiseret containerløsning for eksisterende stalde.

Ad 6) Behov og muligheder for tilsætning af starterkulturer.

Filtrene er hidtil startet op uden nogen tilsætninger, så der er ikke noget presserende behov for at bruge starterkulturer. Mikroorganismer fra stalden etablerer sig hurtigt i filteret, og deres indbyrdes konkurrence bestemmer til enhver tid den biologiske sammensætning. For ammoniumoxiderende bakterier blev der i et tilfælde observeret et totalt skift fra en art til en anden indenfor 2 måneder, formentlig på grund af sæsonbetingede ændringer. For de hurtigere voksende heterotrofe organismer, der fjerner lugtstoffer er omskiftningerne endnu hurtigere.

Overførsel af biomasse fra et kørende filter til et nyt filter kunne i princippet forkorte opstarten, men en sådan trafik af bakterier mellem besætninger er næppe veterinært acceptabel. Der er ikke udført længelevende forsøg med opstartkulturer, men ud fra en mikrobiologisk overvejelser kan det kun anbefales at tilsætte nogle få skefulde lokalt biologisk materiale i opstarten. F.eks. jord, gylle og halm fra stalden og materiale fra eventuelt flydelag på gyllebeholderen.

Ad 7) Afklaring af processen i sumpen

Analyser af mikrobiologien viser at omsætningen af lugtstoffer og ammoniak må ske oppe i biofilmen på filterne og kun i ringe grad i vandsumpen. Derfor kan volumen af vandsumpen godt reduceres yderligere, så længe uregelmæssigheder i vandforsyning og andre forbigående påvirkninger ikke kan true filterstabiliteten. Rester af biofilm og støv bundfældes og omsættes langsomt i sumpen. Denne omsætning er uønsket, da den kan generere iltfrie forhold og eventuelt nye lugtstoffer. Derfor bør så meget af bundfaldet som muligt føres ud løbende sammen med lænse vandet.

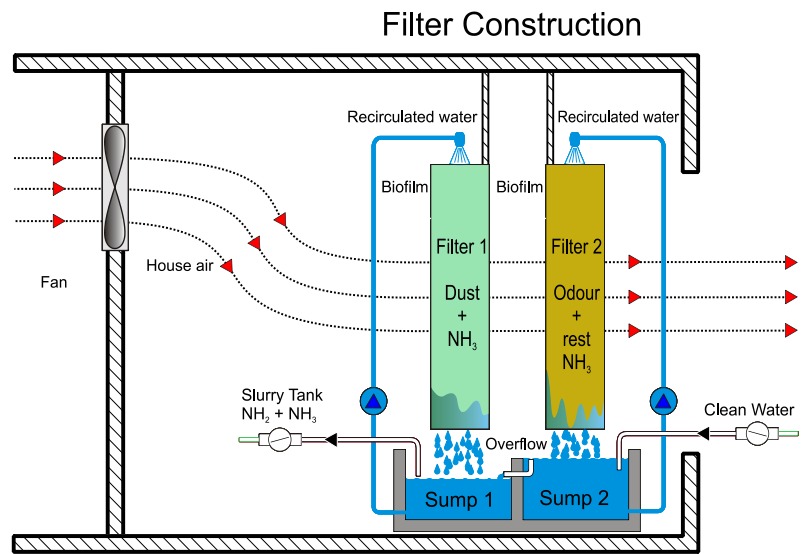
Ammoniak er i sig selv stærkt basedannende, mens oxidationen af ammoniak er kraftigt syredannende. Alligevel har pH stort set altid holdt sig i det komfortable område mellem 6 og 8. Det skyldes at en kraftig nitrithæmning ved lavt pH holder processen i ave. Der er således ikke behov for nogen ekstern pH-styring og det kan overvejes om der overhovedet er behov for at måle pH kontinuerligt. Ad hoc målinger af pH i tilfælde af filtersvigt kan dog være nyttige i diagnosticeringen af problemet.

Støv opfanges effektivt i filteret og kan teoretisk set bidrage positivt til fjernelsen af lugtstoffer i biofilteret med næringsstofbidrag og såkaldt co-metabolisme.

I praksis ser det dog ud til at blive omsat meget langsomt. Da støv og så medvirker til tilstopning af filtre vil det samlet set være en fordel, hvis det kan fjernes i et særskilt trin forinden.

Realisering:

Princippet der er arbejdet videre med i dette projekt er uændret i forhold til det biologiske system, der blev udviklet og afprøvet i det første projekt. Selve luftrenseenheden består af to filtre. Disse holdes fugtige af vand, der løber ned gennem filterne, medens staldluften suges gennem filterne som det fremgår af fig. 4



Figur 4 Principopbygning

Det første filter fjerner støv og størstedelen af ammoniakken, mens det andet filter er specielt rettet mod lugtreduktion.

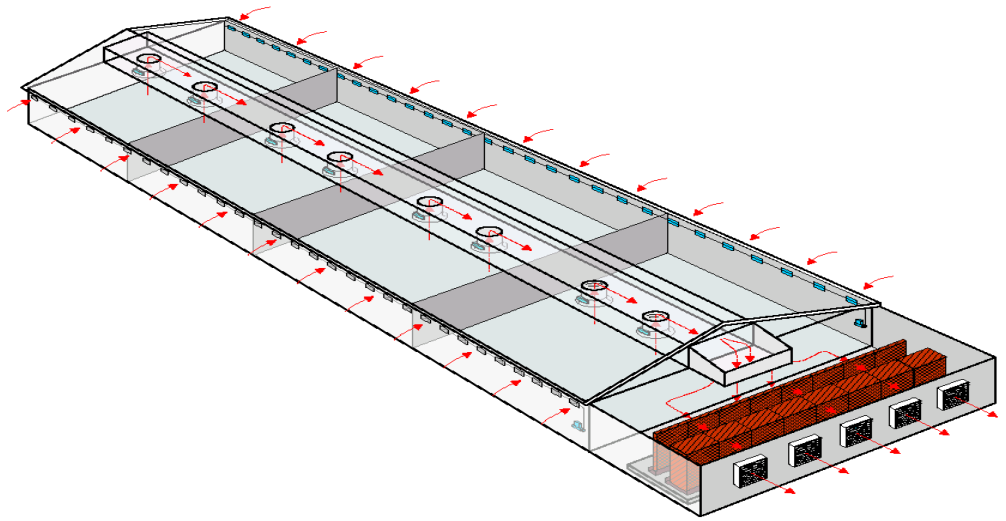
Ad A) Anlæg for traditionelle stalde med udsugning gennem loft- eller vægventiler.

Det primære anlæg med loftudsugning, som har indgået i den gennemførte realisering og efterfølgende måle- og overvågningsproces er Korsgård med 3 staldsektioner hver 65 meter lange, hvor der i loft-rummet er indbygget en luftkanal medens luftrenserne er placeret i gavle som det fremgår af figur 5.



Figur 5 SKOV anlæg på Korsgård

Opbygningen af luftflow i disse anlæg er illustreret i skitsetegningen figur 6



Figur 6 Principskitse for central loftudsug

Den centrale luftkanal er en ret omkostningstung konstruktion hvilket illustreres af foto figur 7 fra etablering af kanal i Løgstør.

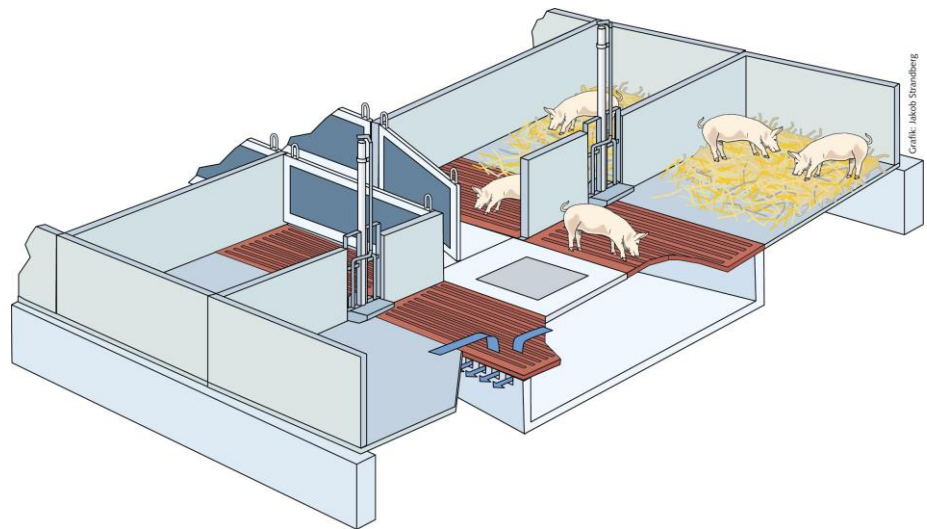


Figur 7 Opbygning af central luftkanal

Der er i alt etableret 7 anlæg af tilsvarende type.

Ad B) Anlæg tilpasset Perstrup Svinestald, der har gulvudsugning og lufttransport i lukkede kanaler under den faste del af gulvet.

Disse anlæg er baseret på og tilpasset Perstrup Svinestald, der er forsynet med gulvsugning og lufttransport via kanaler under den faste del af gulvet som det er vist i nedenstående skitse figur 8.



Figur 8 Perstrup Stald med gulvudsug

I disse staldanlæg er der for hver staldsektion indsat to biologiske luftfiltre. For at minimere anlægsomkostningerne og optimere tilsyns- og servicemulighederne, er disse filtre placeret i to stier på hver sin side af gangen. Placeringen er vist i foto figur 9.

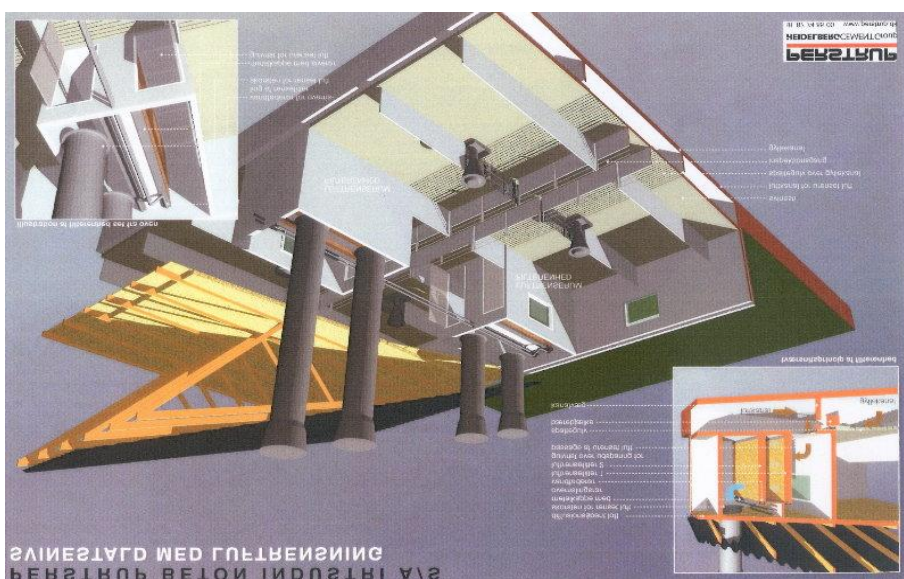


Figur 9 Biologisk filter indbygget i sti i Perstrup Svinestald

De to døre fører ind til anlægget henholdsvis før og efter filtrene. Stiområdet foran anlægget udnyttes som sygestier.

Det første anlæg af denne type blev etableret hos gårdejer Laurits-Frandsen i Nibe i en stalddør til 1.600 slagtesvin. Det er dette anlæg, der har dannet udgangspunkt for de gennemførte målinger og undersøgelser.

Figur 10 viser anlæggets indplacering i stalddonstruktionen



Figur 10 Luftrensning indbygget i Perstrup Stald

Efterfølgende er der etableret yderligere to Perstrup Stalde med biologisk luftrensning efter samme koncept.

KONKLUSION:

Det er projektgruppens vurdering, at der inden for den givne projektramme er gennemført en væsentlig udvikling af biologiske luftrensningsanlæg til løsning af problemer i praktisk landbrug.

Selv om de målte reduktioner af lugtniveau ikke er så store som det kunne ønskes, så er det gruppens opfattelse, at den ændring af luftens karakter, der sker ved passagen af biofilteret i høj grad er med til at mindske de reelle gener. Dette bekræftes da også af, at der ikke har været klager i landsbyen Roslev, hvor det oprindelige forsøgsanlæg stadig er i drift og hvor landmanden har fået tilladelse til udvidelse mod at etablere yderligere et biofilter.

Der er dog stadig behov for en betydelig udviklingsindsats for at komme frem til mere driftsikre og mere økonomiske anlæg. Der blev fra gruppens side foreslået, at der sker en opfølgning specielt rettet mod:

- 1) Tilstopning af filterne som følge af støvophobning og kraftig vækst af biomasse.
- 2) For høj anlægspris, specielt for traditionelt staldbyggeri.
- 3) Behov for modulopbygning for at tilgodese kravet om lavere omkostninger og mulighederne for udvikling af enheder, der kan benyttes i eksisterende stalde.
- 4) Design af filterpads tilpasset de krav, der gælder for luftrensningsanlæg. (I samarbejde med underleverandør)