

Coating af ventilationskomponenter

PSO 338-080

Hans Andersen, Teknologisk Institut

Jan Søberg Strøm, Forskningscenter Bygholm

Claus Götke, Lokalenergi

Svend Morsing, SKOV A/S



Titel	Coating af ventilationskomponenter
Serietitel	Lokalenergi 2007: 1
Udgave	1
Udgivelsesår	2007
Forfatter	Hans Andersen, Christian Grønberg Nicolaisen, John Moritzen, Jan Søberg Strøm, Claus Götke
Sprog	Dansk
Sidetæl	
Emneord	Coating, ventilation, energiadfærd, energioptimering, vedligehold
ISBN	87-991436-2-3
Pris	Kr. 75,00 inkl. 25% moms
Tekstbehandling	
Omslag/ Tryk/ Udgiver	Lokalenergi Handel A/S Skanderborgvej 180 8260 Viby J E-post: post@lokalenergi.dk www.lokalenergi.dk

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen:
Lokalenergi 2007

Forord

Dette projekt er gennemført i et samarbejde mellem Lokalenergi Handel A/S (LE) og Jacob Albertsen A/S (JA), Teknologisk Institut (TI), Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet (DJF), SKOV A/S og er finanseret af Netselskabernes forsknings- og udviklingsaktiviteter for effektiv elanvendelse.

Projektleder på projektet var Claus Götke (LE), som sammen med Hans Andersen (TI) og Christian Grønberg Nicolaisen har stået for den praktiske afvikling af projektet. Jan Søberg Strøm (DJF) og Peter Ravn har sammen med Svend Morsing (SKOV A/S) stået for fagligheden inden for ventilatorteknologien og John Mouritzen for coatings- og overfladebehandlingsteknikken.

Rapporterne er udarbejdet af Claus Götke, Hans Andersen, Jan Søberg Strøm og John Mouritzen, og Erik Gudbjerg har været faglig konsulent.

Denne rapport skal ses som en forlængelse af tidligere rapporter mht. anvendelse af coating teknologien, for at belyse om disse teknologier også kunne anvendes på ventilationskomponenter, således at energieffektiviteten øges og vedligeholdelsesomkostningerne reduceres.

Rapporten er sammensat af tre delrapporter (Kortlægning, Staldventilatores ydelse og coating, og Simulering af el-forbruget ved tilsmudsning af ventilationsanlæg til svinestalde) som alle er samlet her.

Ud over nærværende rapport er resultaterne fra projektet formidlet i forbindelse med internationale foredrag.

2007-08-22

Claus Götke

Coating af ventilationskomponenter

- *Staldventilatores ydelse & coating*



Delrapport 1 – PSO 338-080

Rapporten er udarbejdet af:

Christian Grønborg Larsen, Teknologisk Institut
Hans Andersen, Teknologisk Institut

Indholdsfortegnelse

Konklusion	7
1. Indledning	9
2. Måleopstilling.....	10
3. Udvikling af måleprogram.....	12
4. Karakteristika ny unit	13
5. Karakteristika for snavsede rør og ventilatorer	17
6. Coating processens virkemåde og effekt.....	20

Konklusion

Denne rapport er en delrapport af den fælles afrapportering bestående af rapporterne:

1. *Energiforhold i landbruget*
2. *Simulering af elforbruget ved tilsmudsning af ventilationsanlæg i svinestalde*
3. **Staldventilatores ydelse & coating**

Den første undersøgelse konkluderer, at Landbruget på trods af sammenlægninger osv. stadigvæk har et enormt elforbrug (1640 GWh), svarende til 15-20 % af industriens elforbrug. Ventilationsandelen udgør som oftest 30-40 % og set ud fra den enkelte landmand, får eludgiften større og større betydning med stigende elpriser.

Den anden undersøgelse viser ud fra en konkret simulering af et ventilationsanlæg med vigende ydelse at en reduktion i ventilationskapaciteten på 10% på grund af tilsmudsning resulterer i en forøgelse af el-forbruget til ventilation med fra 5% ved 16°C til 10% ved 24°C. Ved en typisk staldtemperatur på 20°C er forøgelsen 7.3%.

Merforbruget til ventilation bliver 0.30 kWh pr produceret gris ved en staldtemperatur på 20° C. Da der i 2006 blev produceret 24 mio. svin i Danmark svarer det til et merforbrug af el på 7.200 MWh. I praksis er merforbruget afhængigt af hvor meget max. ventilationsydelsen ændrer sig ved tilsmudsning, og hvor effektivt coating er til at forbedre forholdene.

De to første undersøgelser har en mere uddybende konklusion i egen delrapport.

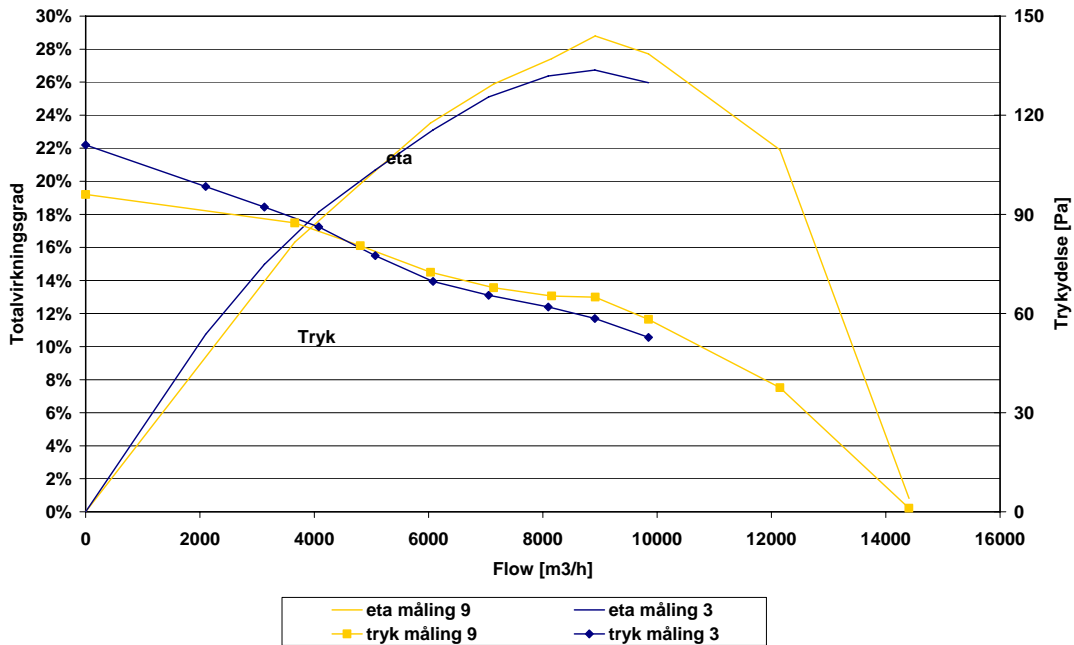
Tabellen nedenfor opsummerer en række forsøg – tredje undersøgelse - som er udført med en færdig ventilationsunit beregnet til staldventilation.

Forskellene i virkningsgrader viser markante udsving fra 24 % op til ca. 30 % alt efter tilstand (snavset, ren, coatet) og graden af nødvendigt hjælpeudstyr monteret.

Tabellen – og de underliggende kurver i rapporten – viser at der ingen effekt - såvel positiv som negativ – fås på ydeevne og virkningsgrad ved at coate nyt udstyr. Det forventes dog, at selve rensningsprocessen og tilsmudsningsprocessen vil forbedres væsentligt ved at anvende coating.

	← BEDST → DÅRLIGST									
Parameter / Måling	Måling 10	Måling 7	Måling 9	Måling 8	skov	Måling 4	Måling 3	Måling 2	Måling 5	Måling 6
Note			=coatet ref				=snavset ref			
Ventilator										
Rør										
spjæld										
stop for spjæld/ ledeplader										
Kryds/ efterledeapparat										
Tape										
Antal sektioner	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Udløbs sektion	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Indløbssektion	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Maks virkningsgrad	29,6	30	28,8	28	28,3	27,8	26,7	26,5	25,4	24,1
Foretaget af	MPRH+CGI	MPRH+CGL	MPRH+CGL	MPRH+CGI	CGL+PXN	MPRH+CGI	MPRH+CGL	MPRH+CGI	MPRH+CGI	MPRH+CGL

Forskellen mellem en snavset og en ren installation (måling 9 - måling 3) er $28,8 - 26,7 = 2,1$ pct. point eller en forbedring på 7,3 %, som vist i figuren nedenfor. Desuden mister den snavsede unit betydelig ydeevne (trykfyldelse i stald). Trykfyldelsen i det optimale arbejds punkt reduceres med ca. 10 %.



Den viste måling er lavet på henholdsvis en ny unit og en unit udsat for 0,5 års drift i belastet miljø (okt-mar i farrestald).

1. Indledning

Tidligere undersøgelser har vist lovende resultater på roterende maskiners driftsforhold ved at coate maskinerne med keramisk kompositmateriale.

Der er undersøgt specielt vakuum-pumper og centrifugalpumper med følgende resultater:

- Det er påvist, at en ny komponents virkningsgrad kan hæves.
- Det er påvist, at komponenter i drift faktisk mister en betragtelig del af såvel effektivitet som ydeevne set over levetiden. Niveauer for forringelsen op til 20 % er påvist alt afhængigt af pumpetype, driftsforhold og aktuelt fluid.
- Det er påvist, at en ældre komponent som har været i drift, kan bringes tilbage til udgangspunktet hvad angår effektivitet og ydeevne ved at påføre coating i form af keramisk komposit.
- Det er påvist, at den keramiske komposit, som påføres i lagtykkelse på ca. 0,3-0,8 mm, ikke griber nævneværdigt ind i maskinernes hydrauliske performance (tryk- og flowydelse).

Alle disse ovennævnte lovende resultater er i denne undersøgelse forsøgt overført til ventilatorer anvendt i landbrugssektoren.

Disse er kendetegnet ved at være udsat for et relativt hårdt miljø. Derfor forventes forringelser af effektivitet og ydeevne set over tid.

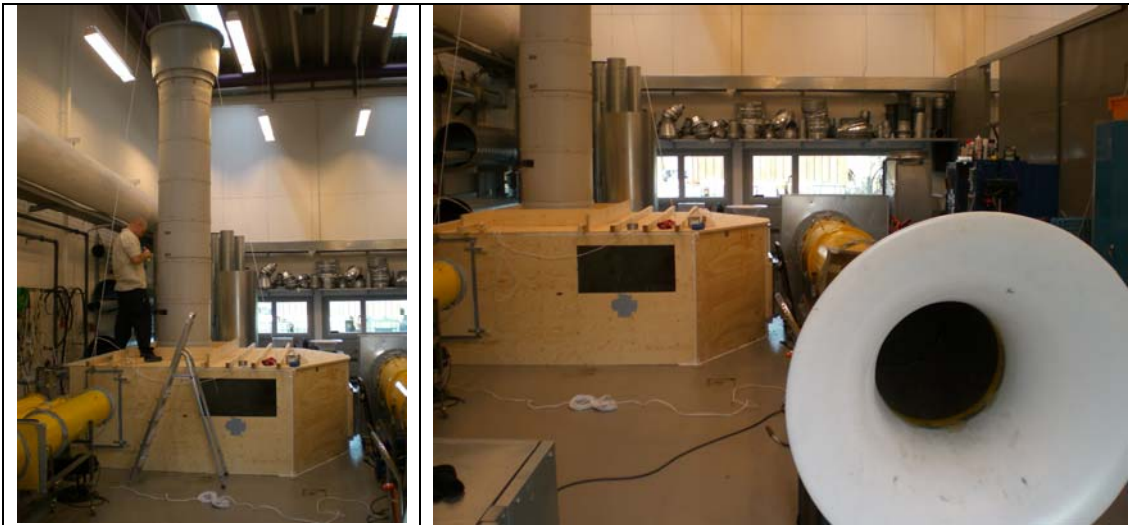
Undersøgelsen er grundet ressource- og tidsmæssige begrænsninger struktureret som følger:

- Først er udtaget en ny ventilator fra SKOV A/S' produktprogram / en hyppigt anvendt / som er testet efter ISO-standarden for ventilatortest i såvel coatet som ucoatet form. Dette er gjort for at vurdere en coatings indvirken på såvel ydeevne som effektivitet, når der sammenlignes med det traditionelle nye produkt.
- Derefter er udtaget et ventilatortårn (blæser, kanalstykker m.v.) som har været et halvt år i drift. Dette tårn er derefter testet i en række grader af tilsmudsning for vurdering af dennes indvirkning på virkningsgrad og ydeevne.

Det afmonterede tårn er erstattet med et tårn, hvori der er monteret en coatet ventilator (april 2007). Det vil være muligt i foråret 2008 at inspicere dette tårn for visuel vurdering af tilsmudsningsgraden på ventilatoren.

Billedet på forsiden viser en blæser udsat for 1 vinters drift.

2. Måleopstilling



Figur 2.1 Testopstilling til afprøvning af unit

"Der er to slags performance:

- Unit performance til stald
- Ventilator performance

Teoretisk (test-standarden) er det korrekt at anvende den direkte trykstigning tilført af ventilatoren frem for "unit trykket", som er trykydelsen leveret til stald, leveret af unit bestående af ventilator og kanaltilslutning.

I praksis er en sådan opmåling dog behæftet med usikkerhed pga. pulsering, hvilket gør den mindre anvendelig. Pulseringen opstår dels pga. manglende mulighed for indsættelse af ensretter og dels pga. ventilatoren ikke er trykstærk nok. Ensretteren ville forbedre målingen men samtidig ville den forbedre ventilatorens performance og gøre måleresultaterne ubrugelige.

Forskellen ved opmåling af den samlede unit giver sig til udtryk i trykydelsen, hvor trykket i kammeret (stalden) før ventilatoren har et "lavere" tryk, end ventilatorens egentlige performance målt i kanalen (kanaltryk).

Forskellene fremkommer af den dynamiske trykændring og heraf ændring af statisk tryk. Ydermere forefindes nogle tryktab i indløbet til ventilatoren som bliver omregnet til et unittab frem for at blive karakteriseret som en mulig trykydelse, men for landmanden er dette på sin vis også det mest korrekte.

Opstillingen i figur 2.1 er udviklet for at kunne eftermåle denne "stald performance", som SKOV i øvrigt selv anvender i katalogdata, for at ligge op ad SKOV's målinger. Problemstillingen omkring sammenlignelige målinger er specifikt omtalt i afsnittet om måleopstillingen.

Luftmængden måles med høj præcision af blænden vist til højre i figuren. Trykforhold i stald (undertryk på ca. 50 Pa) produceres af hjælpeudstyr monteret på opstillingen (spjæld og ventilator). Disse komponenter forstyrrer på ingen måde staldventilatorens i form af hjælp eller unødigt modstand.

3. Udvikling af måleprogram

Tabel 3.1 viser, hvorledes forsøgsoptillingen beskrevet i afsnit 1 er blevet benyttet til 10 forskellige forsøgsserier.

Forsøgsserierne tager sit udgangspunkt i et helt fabriksnyt sæt leveret af SKOV (benævnt skov i tabellen), hvor effekten af en coating set i forhold til en ny blæser er testet – test A.

Dernæst er hjemtaget en unit, som allerede har været i drift nogle måneder i en smågrisestald. Denne unit er udsat for diverse parametervariationer og testet i en særligt bygget test-stand – Serie B.

Parameter / Måling	skov	Måling 2	Måling 3	Måling 4	Måling 5	Måling 6	Måling 7	Måling 8	Måling 9	Måling 10
Ventilator										
Rør										
spjæld										
stop for spjæld/ ledeplader										
Kryds/ efterledeapparat										
Tape										
Antal sektioner	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Udløbs sektion	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Indløbsektion	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Foretaget af	CGL+PXN	MPRH+CGL	MPRH+CGL	MPRH+CGL	MPRH+CGL	MPRH+CGL	MPRH+CGL	MPRH+CGL	MPRH+CGL	MPRH+CGL

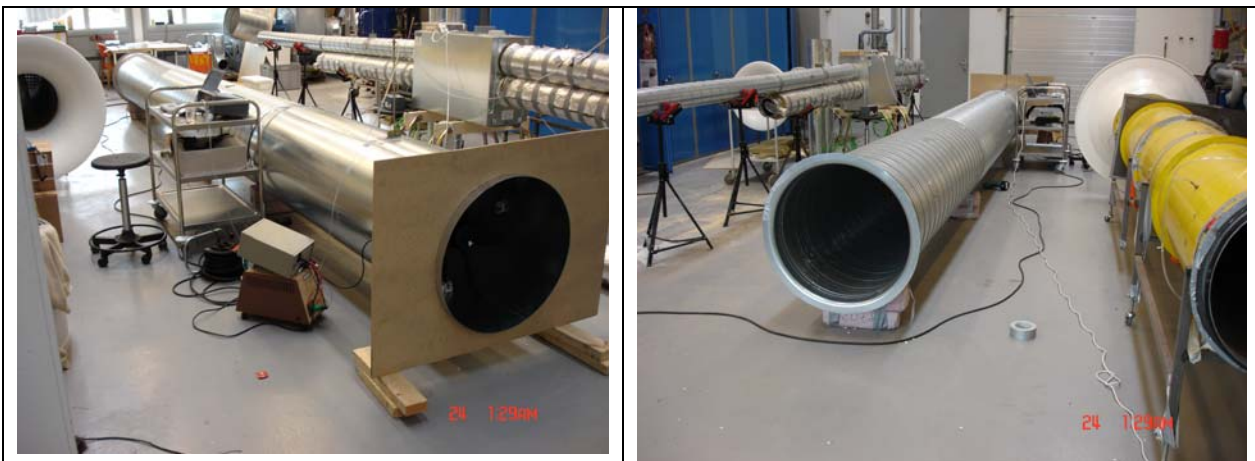
Tabel 3.1 - Måleprogram

4. Karakteristika ny unit

I dette kapitel er vist måleresultater omhandlende nyt udstyr. Der er fokuseret på en blæser af typen:

- ECT 632-6
- Plastrør m.v. (ø 600) til udendørs montage

Kapitlet omfatter resultater fra to typer test:



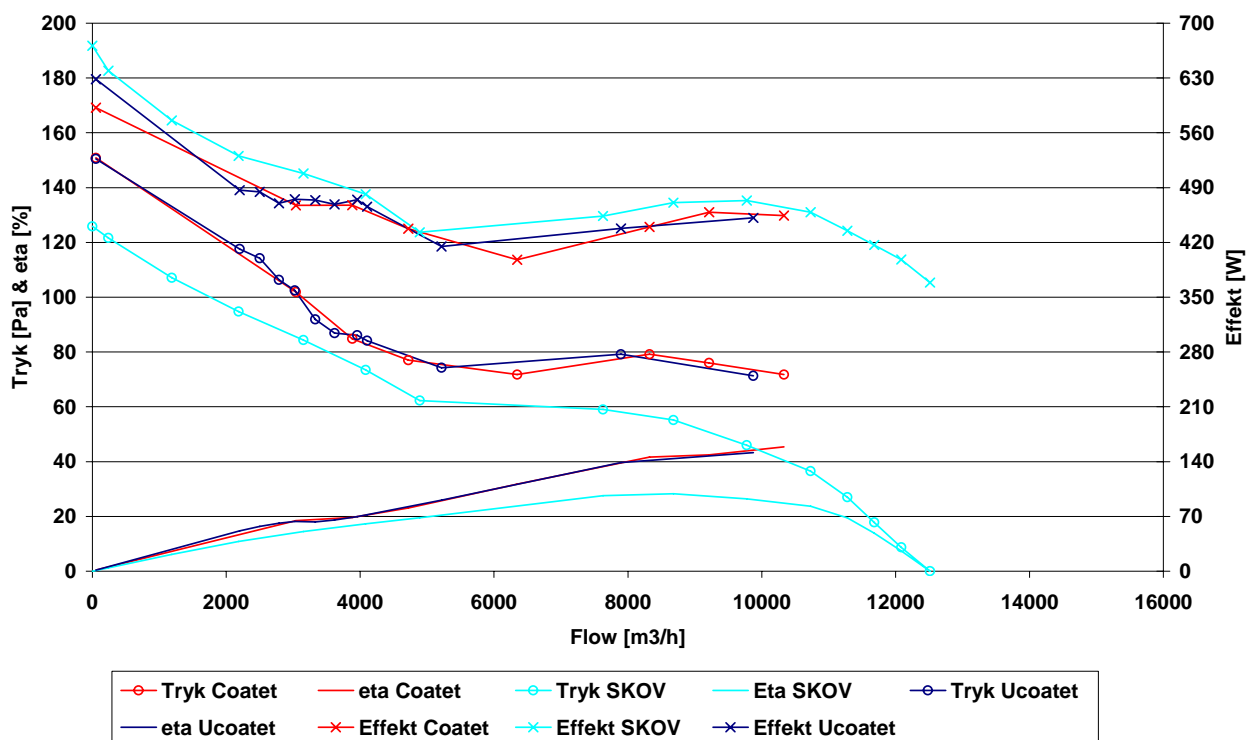
Figur 4.1 Ventilator test



Figur 4.2 Coated ventilator i testopstilling

- Serie A - Test af ventilator efter ISO-standard (TI's standard-opstilling)
- Serie B - Test af unit (ventilator & rør) i prøvestand bygget til lejligheden

4.1 Serie A – coating kontra ingen coating



Figur 4.1 – Virkningsgrad, effekt og trykudløb for nye ventilatorer

Figuren viser, at der ikke er nogen forskel på hverken ydelse eller virkningsgrad alt efter om der anvendes coating eller ej. Effektivitetskurverne – ”eta coated” & ”eta ucoated” – kan praktisk talt ikke skelnes fra hinanden på diagrammet. En ny blæser kan derfor ikke forbedres/optimeres via ændret overfladeruhed.

Totalvirkningsgraden for blæseren (inkl. elmotor) isoleret set er jævnt stigende til et niveau på 45% - motoren optager i dette arbejds punkt en effekt på 450 Watt. Blæseren yder 10.300 m³/h og et tryk på ca. 70 Pa. Der er heller ingen nævneværdig forskel på ydelseskurverne for henholdsvis coated og ucoated ventilator.

Ydermere viser målingen, at der er behov for opbygning af en specialbygget prøve-stand således, at der kan produceres sammenlignelige måledata med SKOV's egne katalog-data – lyseblå kurver ”eta SKOV”, ”tryk SKOV” og ”effekt SKOV”. Specielt ydelses- og effektivitetskurven ligger væsentligt anderledes. Dette skyldes, at SKOV viser data for blæser indbygget i unit, testet under forhold der tilnærmelsesvist minder om forholdene i en stald.

At der vises data for en integreret unit betyder, at virkningsgraden er en del lavere – maksimalt 28 %. Ydelseskurven (garanteret ydelse) ligger tilsvarende lavere. I praksis er dele af tryktab i de 4 meter kanal tilslutning blot indregnet som et tab i den integrerede enhed.

Denne målestand er opbygget og beskrevet i afsnit 2.

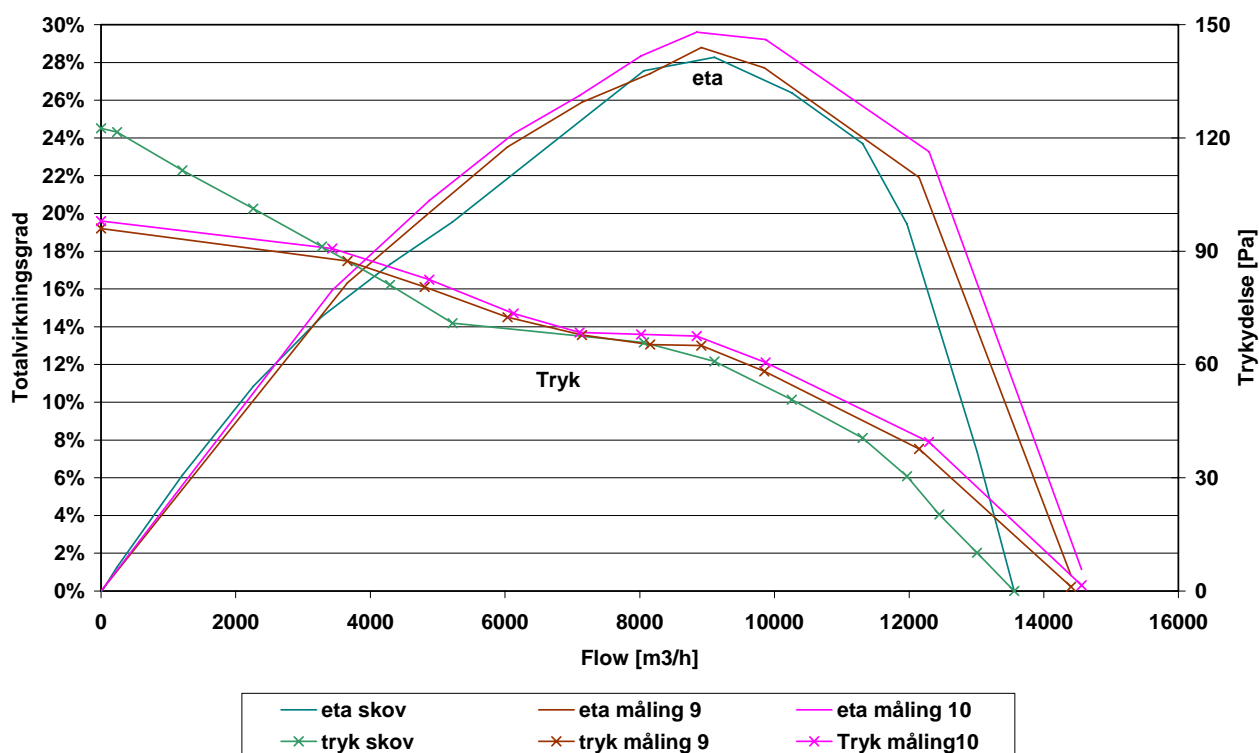
Konklusionen på prøveserie A er følgende:

- Performance/effektivitet for nye staldventilatorer af aksial-typen kan ikke forbedres/forningses via en coating

4.2 Serie B - Nye komponenter (ikke coatet) testet i specialbygget stand

Efter resultaterne i Serie A – har været fokus på dels at test af nye komponenter i specialbygget stand således at der er tryghed mht. SKOV's katalogdata dels test af brugt grej i samme stand for vurdering af udstyrs forringelse set over tid.

I dette afsnit er vist data for nyt udstyr testet i specialbygget stand – beskrevet i kapitel 2.



Figur 4.2 – Virkningsgrad og trykydelse for nye/rene units

Kurverne viser at test-standen må siges at være pålidelig. De viste dataserier dækker følgende:

- Skov viser katalogdata
- Måling 9 viser ny unit (blæser og rør) testet i stand
- Måling 10 viser ny unit (blæser og rør) lækagesikret med tape testet i stand

Måling 9 og Skov er meget sammenfaldende hvad angår en maksimal effektivitet på ca. 28,5 % - præcist 28,8 % i den testede unit. Måling 9 og Skov er også meget sammenfaldende hvad angår niveauet og formen på ydelseskurven. Unit har sin højeste effektivitet ved ca. 9000 m³/h, og kan yde et tryk på 60-70 Pa i dette arbejds punkt.

Man kan ikke forvente fuldstændig sammenfald i en sådan sammenligning foretaget mellem en laboratorie-prøvning gennemført ved nogle helt specifikke klima-konditioner og katalogdata gennemført/beregnet under andre konditioner. Kurverne giver dog fin tryghed omkring den udviklede prøvestand beskrevet i afsnit 2.

Måling 10 viser, at man ved at tape lækager til ved kanalsamlinger rent faktisk kan optimere på to områder:

- Virkningsgraden kan hæves fra 28,8 til ca. 29,5 %.
- Enheden kan levere ca. 3 % mere tryk ved samme luftmængde. En tætning ville resultere i 1,7 % mere luftydelse (kvadratrods 3) – ønskes fasthold tryk- og luftydelse kan ventilatorens omdrejninger sænkes. Denne omdrejningsreduktion ville ifølge teorien resultere i en effektreduktion på 5 %.

5. Karakteristika for snavsede rør og ventilatorer

I dette kapitel er beskrevet forskellige kombinationer af udstyr, som er nedtaget fra en farrestald (søer og pattegrise).

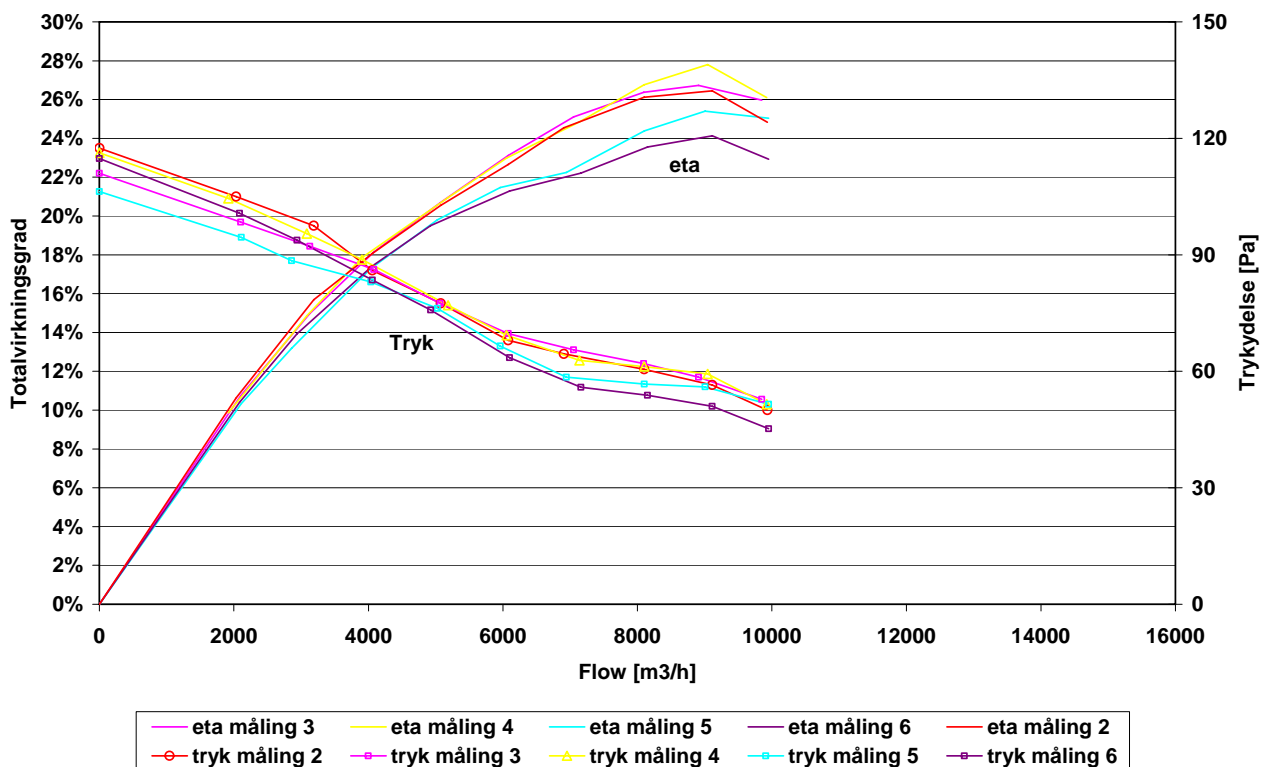
Unit som er nedtaget er vist i figur 5.1



Figur 5.1 Staldunit udvendig & indvendig

Enheden har været monteret siden uge 40 år 2006, og blev pillet ned ultimo februar 2007. Det vil sige, at enheden har været i drift knapt et halvt år. Allerede efter denne korte driftsperiode ses tydelige påbagninger.

Rensning foretages med højtryksrenser på stedet ca. én gang hvert år. I denne proces kan kanalerne rengøres rimeligt mens snavset på selve blæseren er sværere at få fjernet. Man må formode at enheden er "midtvejs" i sin tilsmudsningsproces – dog forventes tilsmudsningen at være kraftigere i vinterhalvåret end i sommerhalvåret.



Figur 5.2 Virkningsgrad og trykdydelse for snavsede units

De viste dataserier viser for den snavsede unit (kun kanal og blæser) følgende supplementer:

- Måling 2 (stop for spjæld, måske en positiv ledepladeeffekt)
- Måling 3 (ingen supplementer)
- Måling 4 (stop for spjæld & spjæld monteret)
- Måling 5 (ensretter kryds i toppen monteret)
- Måling 6 (stop for spjæld, spjæld og ensretterkryds monteret).

Måling 2, 3 og 4 er rimeligt sammenfaldende med maksimale virkningsgrader på ca. 26,5 %. Dog synes det indsatte spjæld i åben position / måling 4 / at have en gunstig ledende effekt, der bevirker en virkningsgradsforøgelse til knapt 28 %.

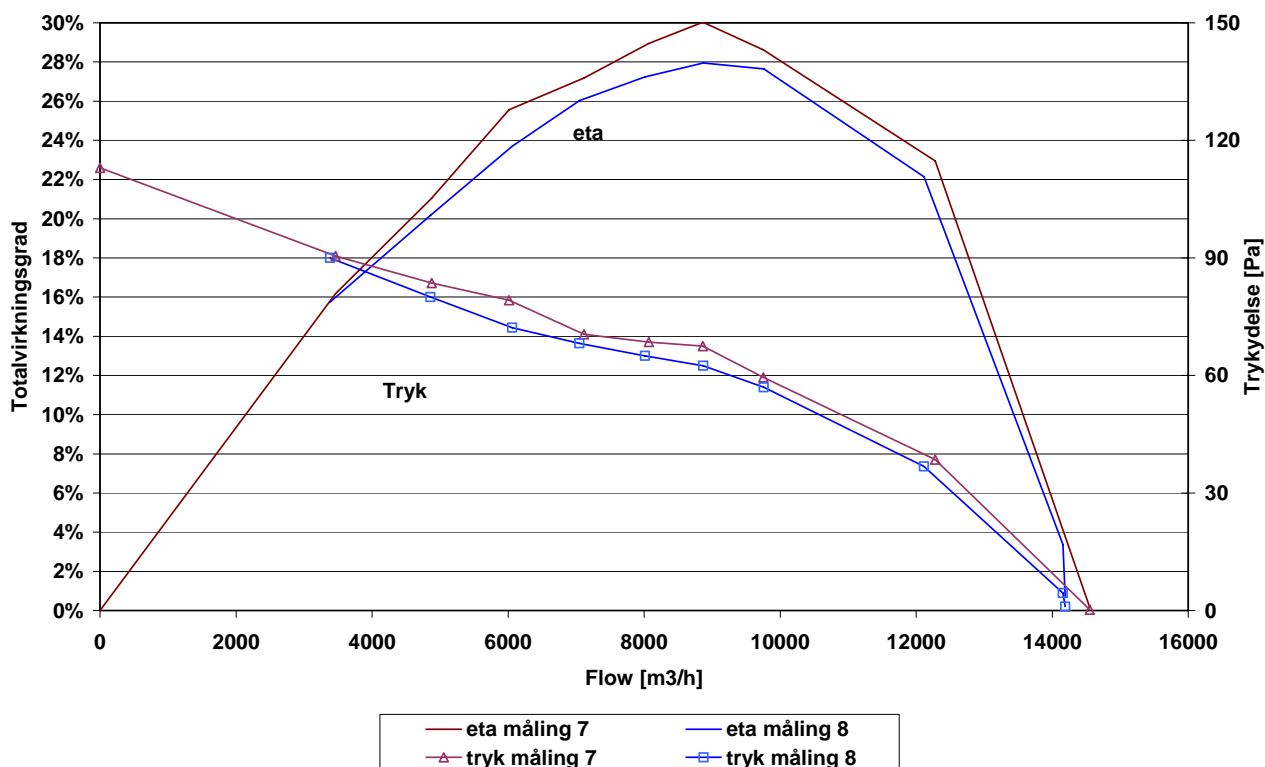
Virkningsgraden for den fabriksny unit (testet uden stop, spjæld, kryds m.v.), var som nævnt 28,8 %. De ca. 2 pct. points forringelse (26,7 % for den snavsede unit uden supplementer) over et halvt år svarer til en reduktion i effektiviteten på ca. 7 %.

Mulig trykdydelse til stald for snavsede unit er i alle kombinationer under 60 Pa ved et flow på 9000 m³/h. Dette er en reduktion på 10 % set i forhold til den nye unit. I praksis vil denne forringelse resultere i en reduceret luftydelse, som der må kompenseres for ved at overdimensionere det nye udstyr.

Maksimal virkningsgrad for unit med alt hjælpeudstyr monteret er reduceret til 24 % samtidig med, at maksimal trykkydelse til stald er reduceret til 50 Pa. I forhold til unit uden hjælpeudstyr tabes altså yderligere 10 % i effektivitet og 15 % i ydeevne.

5.1 Karakteristika for snavsede rør og rene ventilatorer

I disse tests ses niveauet som en brugt unit må forventes at kunne bringes tilbage til ved rensning på landbruget. Dette foregår typisk én gang årligt.



Figur 6.1 Virkningsgrad og trykkydelse for rensset kanal og snavsset blæser

6. Coating processens virkemåde og effekt

6.1 Coating teknologien

Materiale og teknologi

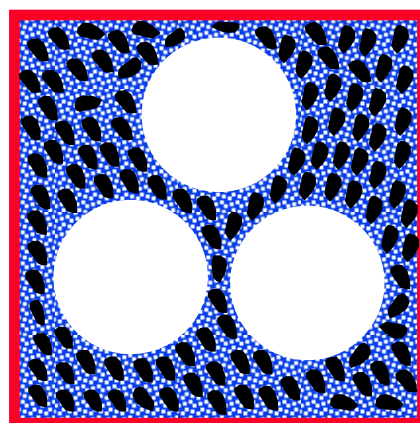
Coating er en teknologi der stammer fra rumfartsteknologien, hvor man sammensætter to eller flere forskellige materialer for at opnå en tredje egenskab.

Coatingen består af avanceret epoxy polymer armeret med keramiske partikler af typisk silicium karbid. Polymeren (limen) har særlige vedhæftnings egenskaber der gør, at den både hænger rigtigt godt fast i underlaget og også i karbiden. Polymeren har yderligere den egenskab at den er særlig tæt, har lav permeabilitet, og dermed en høj resistens både hvad angår surt og basiske miljø samt kan klare relative højde temperaturer.

Selve keramikken bruges primært som sliddele og sekundært som modstand for syre/baser.



Figur: Mikroskopisk billede af epoxybindinger
Kilde: Chesterton



Figur: Grafisk visning af partikelstruktur i komposit
Kilde: Chesterton

Coating er mikroskopisk hullet som en ost. Keramikken stopper disse huller, og gør "vejene" længere og blinde, hvilket gør det umuligt for "angribende stoffer" at trænge ind til emnet, og derfor modstandsdygtigt overfor sure og basiske miljøer. Selvom coatingen er "hullet som en ost" har den en særlig glat overflade der gør den modstandsdygtig overfor påbågning/ partikler fastsætter sig på overfladen.

Vedhæftningen til underlaget i coatingen har typisk en trækstyrke på over 300 kg/cm^2 , hvilket er mere end dobbelt så meget som almindelig maling, der typisk vedhæfter med ca. 100 kg/cm^2 . Coatingen har også en væsentlig fordel i forhold til maling, hvor der let opstår underkorrosioner ved skade.

Det er stort set umuligt at skade en epoxyoverflade, og derfor kan der ikke opstå underkorrosioner, dog kan evt. partielle skader under drift repareres pletvis uden forringelse af den samlede coating.

Overflade forberedelse og påføring

Det er vigtigt, at den overflade som coatingen skal påføres, er af den rette beskaffenhed hvad angår roughed og renhed. Overfalden skal være meget rug for at give den rette vedhæftningen. Dette opnås ved sandblæsning. Overfladen skal yderligere være meget ren, fri for fedt og klorider (forskellige former for salte) og syre. Er det nyt stål, er det ikke behæftet med klorider og syrer, men der kan være en fedthinde, som skal fjernes før blæsning.

Brugte emner kan være forurenede klorider fra den proces som emnet har siddet i. Hvis de ikke bliver fjernet bliver levetiden på coatingen stærkt forringet (ligesom mange andre processer er kæden her ikke stærkere end det svageste led). Forurening fjernes med gentagende sandblæsninger og damprensninger eller nedsænkning i afsaltet vand.

Det skal påpeges, at det er coatingleverandørens opgave at sikre, at emnet ikke er forurenede inden påføring. Dette gøres ved måling med relevant måleudstyr, som kan afslører forurening.

Påføring:

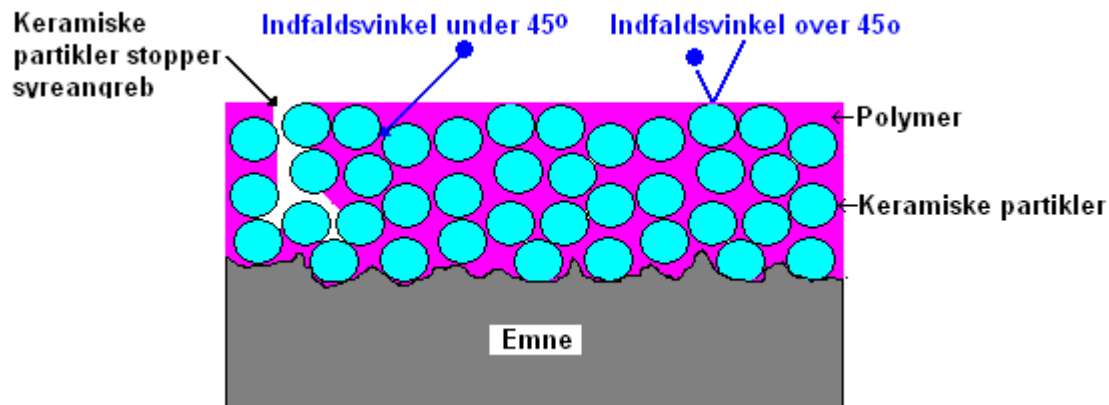
Keramikmaterialet påføres med pensel, rulle, spartel eller sprøjte. Materialerne er 2 eller flere komponent. Efter sammenblanding er der en relativ kort periode til påføringen inden materialerne er afhærdet. Der påføres flere lag, dels for at opnå tilstrækkelig lagtykkelse, dels for at opnå en porrefri overflade (blinde veje). Alle coatinger afsluttes med kvalitetskontrol hvor alle relevante oplysninger undervejs i processen noteres, og der udføres lagtykkelsesmåling og porretest.

Det skal påpeges, at coating materialet er så specielt/ træt at det kræver stor erfaring at udfører en vellykket coating, og det absolut ikke er noget der bør udføres af ikke fagkyndigt personale.

Drifts miljøer for coating

Emner kan stort set beskyttes mod alle kemiske miljøer med coating. Dog er der få undtagelser med meget kraftig organisk syre eller temperaturer over 260°C. Det er af stor vigtighed, at den rette coating vælges til det pågældende miljø.

Slidresidensen af kompositten er høj. Det kræver dog, at der er tale om abrasivt slid dvs. at den indkommende slidpartikkels indfaldsvinkler skal være under 45°.

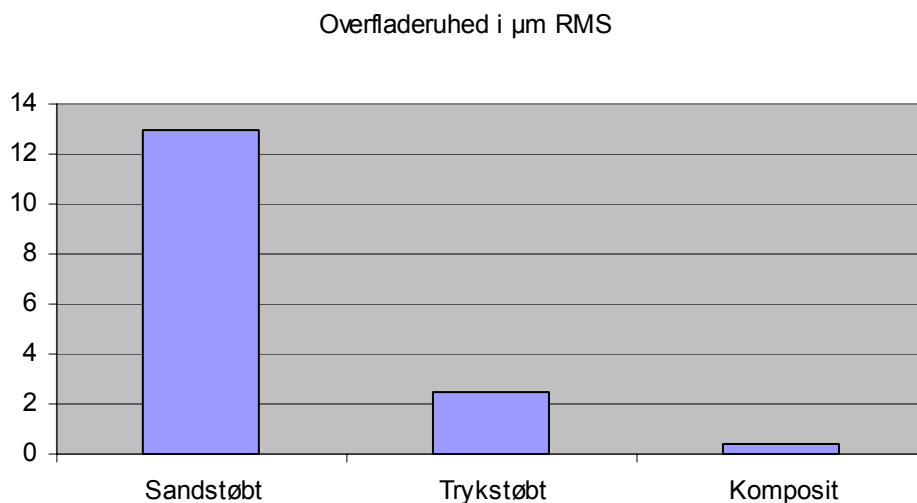


Figur: Indfaldsvinkel / syreangreb

Det er således muligt at beskytte emner mod meget kraftige miljøer som f.eks. kulstøv, hvor miljøet både er slidende og surt.

Coatingen har en lav overfladespænding (dynen) som gør den særlig glat overfor for f.eks. adhæsive partikler (klistrende), som formindsker påbagning og muliggør nem renholdelse. Eksempelvis er det muligt at fjerne belægning på den coatede overflade næsten uanset miljø, med en højtryksrensere. Vel at mærke påbagninger som normalt skal fjernes med mejsel og hammer.

Det ses af figuren herunder, som viser overfladeruheden på ubehandlet sandstøbt/trykstøbt emne, og overfladeruheden på den færdige komposit, i dette tilfælde den glatte type.



Figur : Overfladeruhed på støbt metal sammenlignet med komposit (ARC S2)

Kilde: Chesterton

Hvad kan belægges

Alle metaller uanset legering, samt stort set alle plastmaterialer, undtagen dem i polyolfine gruppen (HDPE LDPE PP ETC) kan pålægges med coating. Materialerne skal dog være formstabile, da coatingen "kun" arbejder op til +/-5% udvidelse.

Dog er der påføringsmæssigt geometriske begrænsninger. Eksempelvis skal et sprøjtebillede (sprøjtedysens forstøvning) have en vis afstand for, at det kan udvikle sig. Med pensel og spartel er der adgangsforhold der kan begrænse tilgængeligheden af arbejdsredskaberne (som tommelfingerregel kræves der som minimum et gab på 20 mm for at opnå en vellykket coating).

Nedenfor er angivet typiske områder hvor coating anvendes:

- Røggas ventilatorer
- Sugetræks-, spærrelufts- og booster -blæsere fra biomasse/ fossilfyret anlæg
- Marine
- Offshore
- Affaldsforbrænding
- Kraft –varmeværker

Eksempelvis er der på DONG Energy /Slagelse kraft-varmeværk for 4 år siden, forsøgsmæssigt coatet en sugetræksblæser. Sugetræksblæserne sidder efter et elektrostatisk filter, og er dermed belastet med en del større partikler.

Driftsmester Kaj Sørensen udtaler om coatingen:

"Sugetræksblæseren blev før coating afbalanceret en gang årligt og afrenset flere gange årligt for påbagninger med "hammer og mejsel".

Efter coating har det ikke været nødvendigt at foretage afbalancering, og afrensningen foretages nu kun en gang årligt med højtryksrensning, da påbagningen er blevet betydeligt reduceret og meget nemmere at afrense, hvilket har betydet betydeligt reducerede serviceomkostninger".

Pris

En typisk kostpris for coating af en aksialventilator som anvendt i projektet vil anløbe:

Ø 600 aksialventilator ca. kr. 4.000 + moms

Ø1000 aksialventilator ca. kr. 8.000 + moms

En tilsvarende radialventilator (luftmængde) vil typisk anløbe:

Ø 600 radialhjul ca. kr. 6.000 + moms

Ø1000 radialhjul ca. kr. 6000 + moms

Alle priser er vejledende, da prisen er meget afhængig af keramisk komposit materiale forbrug og geometrisk beskaffenhed.

6.2 Coatings effekt på ventilatordrift

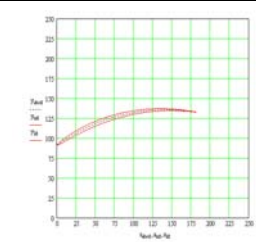
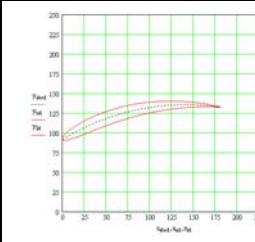
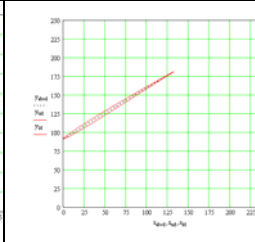
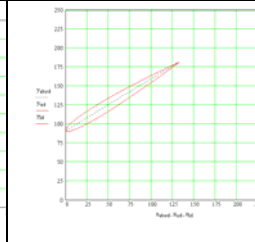
Coatingen har umiddelbart, foruden beskyttelse af emnet mod korodering, to fordelagtige egenskaber på ventilatorer:

- Opretholdes af ydelsen pga. mindre påbagning og dermed uændret profiludformning.
- Mindre friktion*.

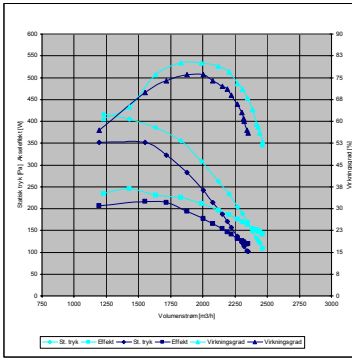
* Vingen må dog ikke være uhyrer glat da det kan give problemer med stall ved aksialventilatoren – samme fænomen som tilslising på flyvinger som mister deres lift).

Profilændring

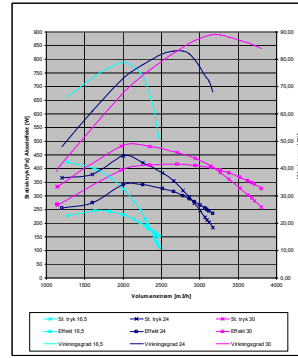
Tidligere undersøgelser med CFD beregninger med programmet ANSYS CFX 11 + TurboGrid (ENS-Journal nr. 73132701-0038) har vist, at et radialskovlhjul med en lettere buttet form pålagt et NACA profil har en anelse bedre virkningsgrad end et tilsvarende profil uden. Den forbedrede virkningsgrad skyldes, at luften passerer profilet med et lavere friktionstab. Undersøgelsen viste yderligere, at hvis vingeprofilet påføres yderligere materiale som der f.eks. fremkommer ved påbagning, falder virkningsgraden tilsvarende. Nedenstående skema viser uddrag af forsøgene:

Profil				
$\Delta p_{STATISK}$	2,638	2,637	2,685	2,750
$\eta_{STATISK}$	0,79	0,81	0,73	0,77
η_{TOTAL}	0,93	0,94	0,91	0,94

Tilsvarende er der på Teknologisk Institut (ENS journal nr. 731227/99-0011) foretaget undersøgelser på aksialventilatorer hvoraf det fremgår, at virkningsgraden forringes op til 13% ved ændring af profilet og op til 28% pga. ændret angrebsvinkel. Testen er udført på samme ventilator hvor vingen er belagt med forskellige NACA-profiler, som er strømningsmæssigt korrekt udført. En påbagning som ikke kan forventes at være "strømningsmæssigt korrekt pålagt" vil formodentligt forringe virkningsgraden yderligere, og være katastrofal for ventilatorens ydelse.



Profil ændring



Ændring af angrebsvinkel

Friktionstab

Ligeledes er der foretaget test af effekten af coating af en standart radialventilator med bagudkrummede skovle. Det interessante er den glatte overflade, som kan reducere friktionen og dermed forbedret ydelse og energieffektivitet for ventilatoren som angivet på nedenstående "tabsskema".

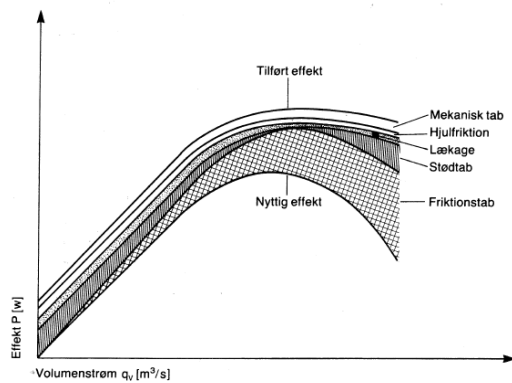
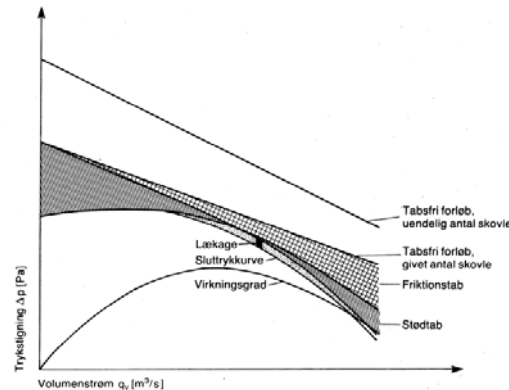


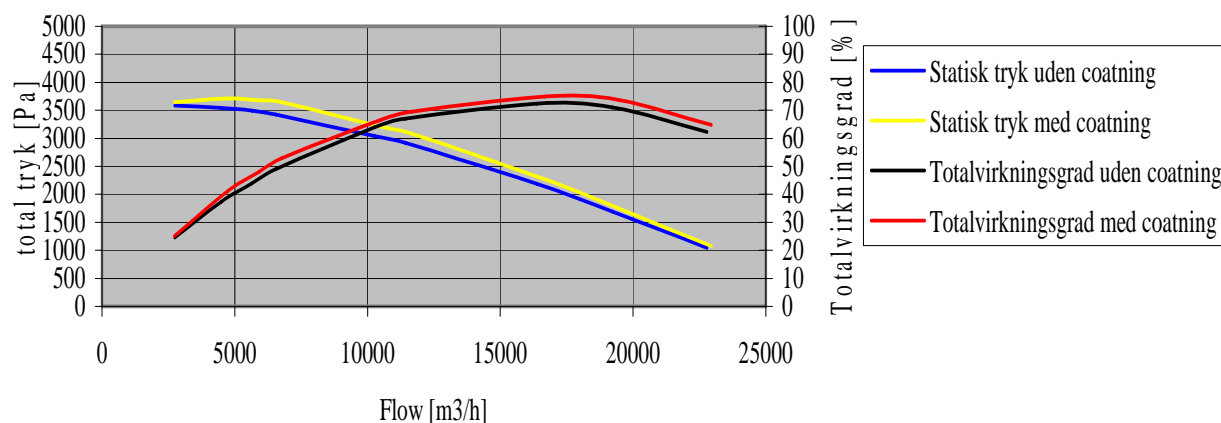
Fig. 15.0. Effekttab i en ventilator med bagudkrummede skovle

Effekttab i en ventilator med B-hjul



Trykttab i en ventilator med b-hjul

Testen viste overordnet, at der ved belægning af ventilatoren opnås en forbedring på ca. 4% (3 procent point absolut), hvilket teoretisk også er noget nær den maksimale forøgelse af virkningsgraden, der kan opnås ved at mindske friktionen. Testen viser ydermere, at en belægning af selve ventilatorhuset ikke har den store effekt på hverken ydelse eller energiforbrug, hvilket sandsynligvis skyldes, at huset er meget stort og kantet i forhold til hjulet, hvorfor der alligevel er stillestående luft ude langs husets væg. En transportventilator hvor friktionen er større mellem emne og hjul, vil sandsynligvis give bedre resultater.



Ydelsen for ventilatoren stiger i testen op til 7% i det bedste punkt og energiforbruget falder op til 4% i bedste punkt. Denne forbedring kan blandt andet tilskrives den mere glatte overflade på kompositten, som formindsker friktionen. Udover den forbedrede ydelse og det lavere energiforbrug har kompositten flere fordele. Det har igennem flere år været almindeligt at belægge ventilatorer med komposit for at forhindre korrosion, erosion eller påblanding af faste stoffer i den luft der transporteres. Det gælder specielt for ventilatorer på kraftværker eller i industrien til stoftransport. Disse egenskaber vil kompositmateriale også kunne give.

Coating af ventilationskomponenter

Marts 2007



Delrapport 2 – PSO 338-080

Simulering af el-forbruget ved tilsmudsning af ventilationsanlæg til svinestalde

J. S. Strøm og Peter Ravn

Aarhus Universitet, Forskningscenter Bygholm, Danmark.

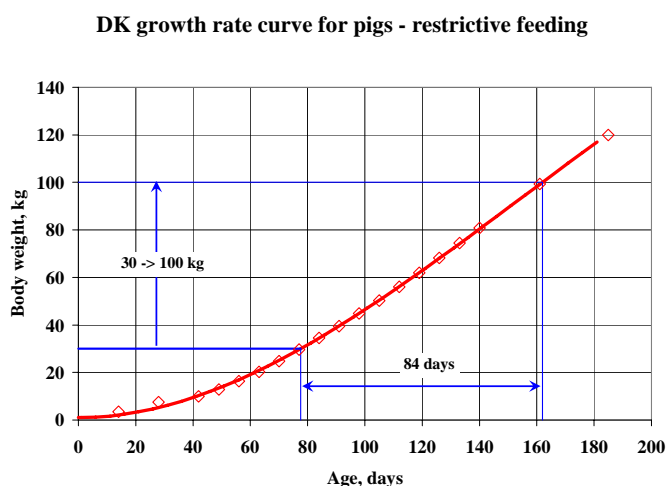
Introduktion

I tidligere projekter er der opnået lovende resultater på pumpeområdet ved anvendelse af coating som en både vedligeholdelsesminimerende og energibesparende teknologi. Projektet tager afsæt i coating af ventilatorer for i et forprojekt at afklare potentiale og anvendelse indenfor dette felt. Specielt vedligehold kan vise sig at blive meget interessant for gennemførelse af energieffektiviseringer i landbruget, idet man ved coating dels kunne reducere ydelsesnedgang som opstår ved at støv aflejres i ventilationsanlægget, dels kunne gøre rengøringen nemmere.

I dette notat redegøres for grundlaget for, og resultaterne af, en simulering af effekten af tilsmudsning af udsugningsenheder. Der er taget udgangspunkt i en slagtesvineproduktion, der repræsenterer langt den største del af el-forbruget til ventilation i Danmark.

Produktion

Simuleringerne er baseret på en stald med 192 slagtesvinepladser i en alt-ind/alt-ud produktion. Efter tre dage mellem holdene startes et nyt hold grise, der indsættes ved en vægt på 30 kg. De leveres ved en vægt på 100 kg efter 84 dage, hvilket svarer til en daglig tilvækst på 830 g, [Figur 1](#).



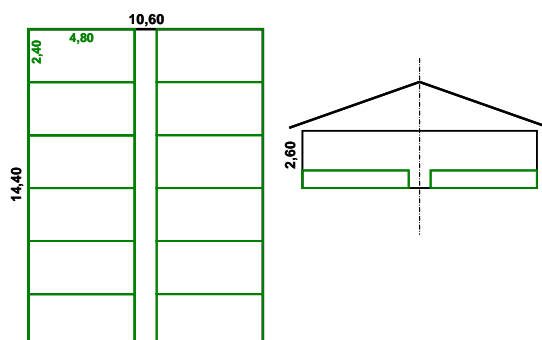
Figur 1. Tid for slagtesvin at vokse fra 30 til 100 kg er 84 dage ([Morsing et al., 2005](#)).

Opstaldning

Stalden er indrettet med 4.8m lange og 2.4m brede stier beregnet til 16 grise. Der er 6 stier på hver side af en 1m bred inspektionsgang.

Det resulterer i en staldbygning der er 10.6 m bred og 14.4 m lang. Der er regnet med en væghøjde på 2.6 m. Det samlede gulvareal er følgelig 153 m² hvilket svarer til

0.8 m² stiareal pr. gris. Loftet er forudsat vandret med et loftsrums afgrænset op ad et tag med hældning 25°, figur 2. Bygningen forudsættes isoleret svarende til et transmissionsvarmestab på 120 W pr. 1°C temperaturforskel mellem inde og udeluft.

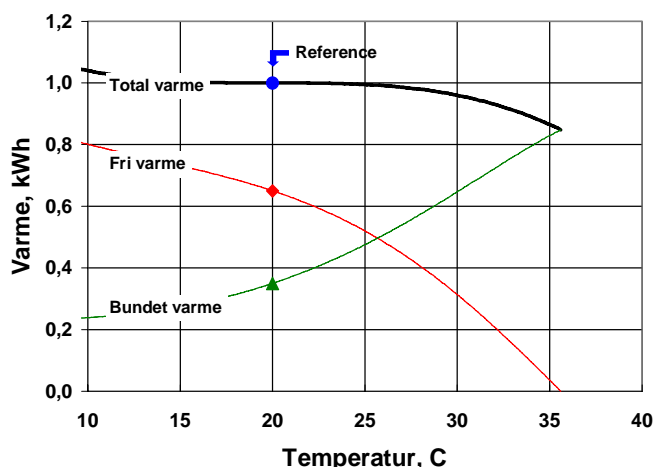


Figur 2. Staldbygning.

Varmebelastning

Varmebelastningen i slagtesvinestalde er høj selv med industriel målestok. Den danner traditionelt grundlaget for dimensionering af ventilationsanlægget og indgår som væsentlig parameter ved simulering af driftsforhold. Den totale varmeproduktion og fordelingen på fri og bunden varme varierer med temperaturen.

Der er i det følgende anvendt variationer i henhold til varmeproducerende enheder (vpe), som vist i figur 3. Ved referencetemperaturen 20°C er en vpe defineret 1 kW total varme fordelt med 0.35 kW som varme bunden i vanddamp og 0.65 kW fri varme, der påvirker temperaturen. Den totale varme er næsten konstant i temperaturområdet 16 til 24 °C medens fri og bunden varme varierer stærkt. I følge tabelværdier svarer et 30 kg slagtesvin til 0.12 vpe og et 100 kg slagtesvin til 0.25 vpe (Strøm, 1978).

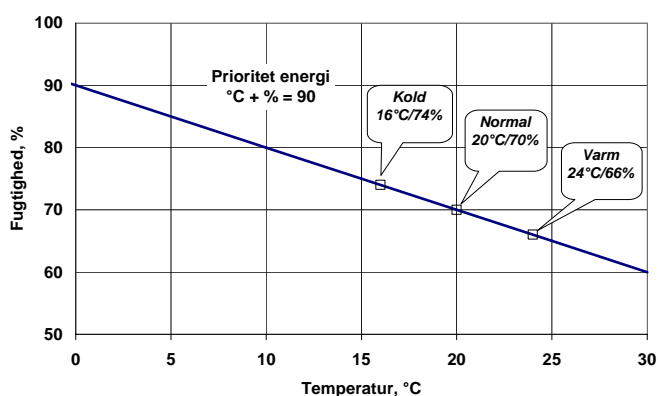


Figur 3. Variation af total, fri og bunden varmeafgivelse med temperaturen for en varmeproducerende enhed.

Indeklima

Staldtemperaturen ved indsætning afhænger af stalddtype og sænkes som regel efterhånden som grisene vokser. I simuleringerne er der i stedet regnet på tre konstante temperaturniveauer, nemlig 24°C, 20°C og 16°C. Dette anses som dækkende for en typiske øvre, gennemsnitlig og nedre værdi. Der er ikke i simuleringerne taget hensyn til eventuelle temperatursænkninger i produktionsperioden.

Det er vanligt at benytte fugtoverstyring, hvilket vil sige, at der tilsættes varme så den deraf følgende ekstra ventilation forhindrer for høj luftfugtighed i stalden. Som en tommelfingerregel benyttes ofte at summen af setpunktet for staldtemperaturen i °C og højest acceptable luftfugtighed i % skal være 90, når man prioriterer lavt energiforbrug frem for høj luftkvalitet (Morsing et al., 2005). I figur 4 er vist hvilke setpunkter som ifølge ovenstående er valgt ved simuleringerne.

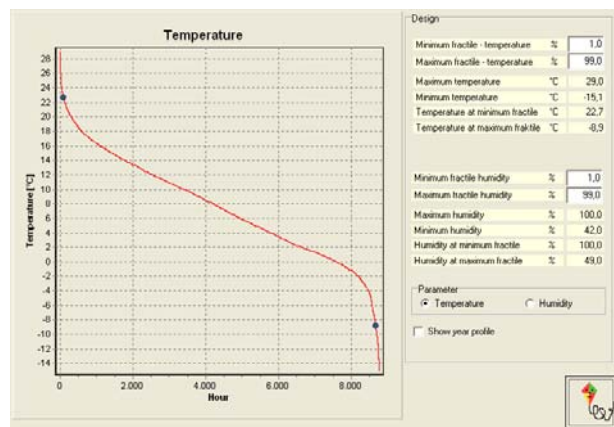


Figur 4. Setpunkter for staldtemperatur og tilhørende fugtoverstyring.

For at sikre en rimeligt god luftkvalitet bør CO₂ indholdet i staldluften dog ikke overstige 3000 ppm (CIGR 1084). Dette er også lagt ind i simuleringen som en øvre grænse.

Vejr

StaldVent opstiller varme- og fugtbalancer time for time i løbet af den periode som simuleringen skal dække. Der skal således bruges en udeklimafil der som minimum indeholder lufttemperatur og luftfugtighed. Til simulering af effekten af tilsmudsning af ventilatorvinger blev valgt Karup Lufthavn. Figur 5 viser udetemperaturen akkumuleret over året i henhold til Meteonorm (2000).



Figur 5. Akkumulerede timer pr. år hvor udetemperaturen overstiger en given værdi for Karup Lufthavn.

Dimensionering af varmeanlæggets kapacitet kan baseres på 1% fraktilen. Varme- anlægget vil derved være utilstrækkelig kun 1% af årets timer svarende til 88 timer pr. år under forudsætning af konstant varme- og fugtafgivelse fra dyrene over døgnet.

Ventilation

Ventilationsanlægget blev dimensioneret for en indetemperatur på 25°C ved en udetemperatur på 21.5°C. Dette giver en dimensionerende luftmængde på 112.7 m³/h pr. stiplads svarende til 21 630 m³/h for hele stalden. Der blev valgt et undertryk anlæg med diffust loft og udsugningsenhed. Et sådant anlæg dimensioneres normalt for -30Pa differenstræk ved maksimum luftydelse.

Ydelse for ventilationskomponenter

Til formålet blev der valgt diffust loft af 10mm mineraluld og Ø-800 udsugning med ydelsesdata som vist i [tabel 1](#). Derved bliver ydelsesdataene tilgængelige til dimensionering og simulering af driftsforhold med StaldVent ([Morsing & Strøm, 1997](#); [Pedersen & Strøm, 1995](#)). Ventilationsanlægget blev dimensioneret med en ren udsugningsenhed, men for at simulere reduktion i ydelse forudsættes luftmængden reduceret til 90% for en tilnavset enhed uden reduktion i energiforbrug.

Tabel 1. Ydelse for de valgte ventilationskomponenter

1003 Mineraluld Rockwool 50 mm

Trykdifferens	Pa	-20	-10	0		
Ydelse	m ³ /h	143	75	0		
Elforbrug	W					

1077 Ø-800 med konus, 100%vent

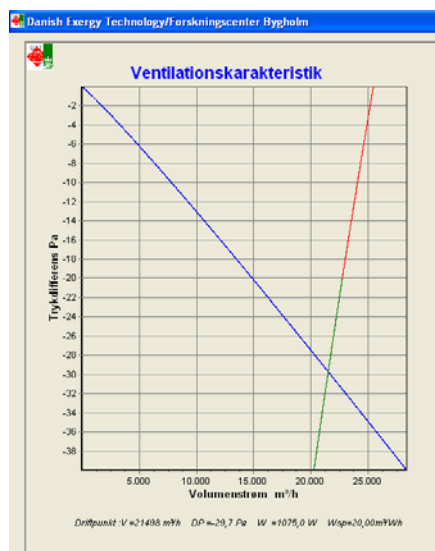
Trykdifferens	Pa	-20	-10	0	10	20
Ydelse	m ³ /h	22730	24055	25437	26142	27000
Elforbrug	W	1075	1075	1075	1075	1075

1079 Ø-800 med konus, 90%vent

Trykdifferens	Pa	-20	-10	0	10	20
Ydelse	m ³ /h	20457	21650	22893	23528	24300
Elforbrug	W	1075	1075	1075	1075	1075

Ventilationsanlæg

Ud fra en teoretisk betragtning skal det i henhold til StaldVent bruges 103.7 m² diffust loft og 1 udsugningsenhed. Ved at vælge 104 m² diffust loft og 1 udsugningsenhed vil ydelsen i driftspunktet blive 21498 m³/h ved et undertryk på -29.7 Pa (Figur 6), hvilket er meget tæt på det ønskede 21 630 m³/h ved -30 Pa. Med et energiforbrug på 1075 W blev energi-effektiviteten 20 m³/Wh.

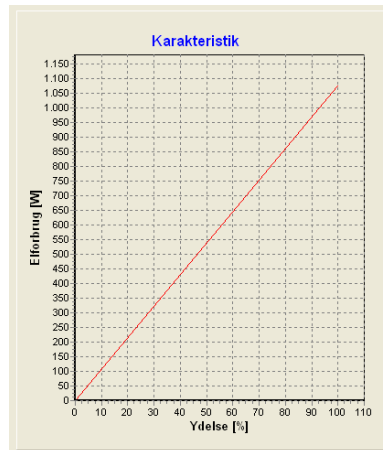


Figur 6. Ventilationskarakteristik for ventilationssystemet bestående af 104 m² diffust loft og en Ø800 udsugningsenhed.

Regulering

For at holde temperaturen på den indstillede værdi kan luftmængden reguleres på forskellig måde så som on/off styring, spjældkontrol, spændingsstyring, frekvensstyring eller trinvis indkobling eventuelt i kombination med spjældkontrol. Sammenhængen mellem luftmængde og energiforbrug vil afhænge af den valgte styringsstrategi (Strøm & Morsing, 1995).

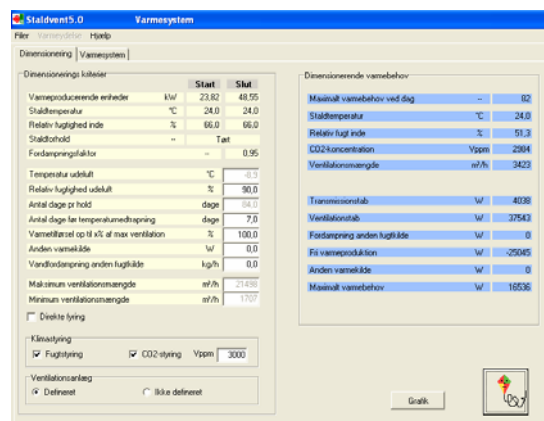
Ved simulering af energiforbruget er det i det følgende antaget at energiforbruget varierer proportionalt med luftmængden som vist i figur 7. Det svarer til en ideel flertrins spændingsregulering.



Figur 7. Energiforbrug som funktion af ventilationsydelse.

Opvarmning

Varmekapaciteten blev dimensioneret for en indetemperatur på 24 °C ved en udetemperatur på -8,9°C. Som det fremgår af figur 8 er varmebehovet størst lige før levering af de store grise. Det skyldes ikke transmissionsvarmetabet, men det ventilationsvarmetab som følger af at holde CO₂ koncentrationen under 3000 ppm. Den nødvendige varmekapacitet under disse forhold er 16.536 W eller 16,5 kW.

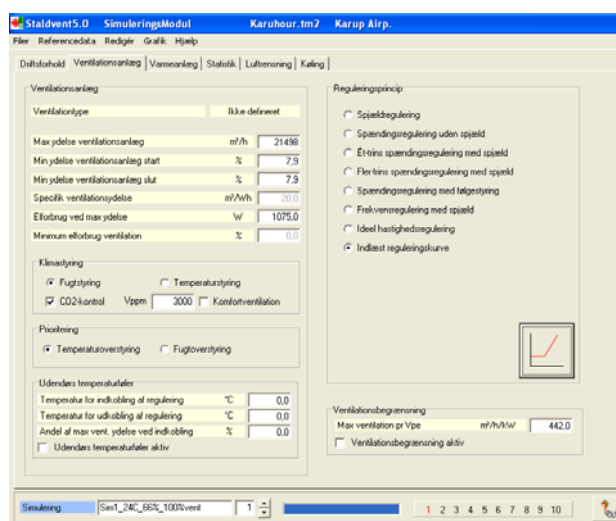


Figur 8. Dimensionerende varmebehov.

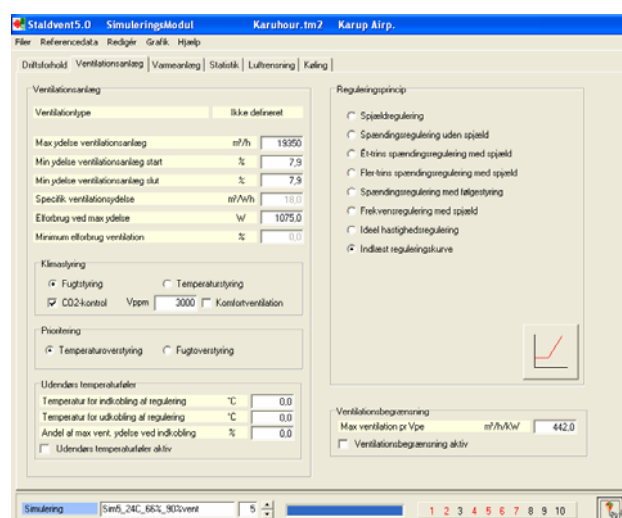
Simulering af energiforbrug

Et eksempel på forudsætningerne for simuleringen vedrørende ventilationsanlægget er vist i figur 9 ved 100% ren ventilator, hvoraf det fremgår at max. ydelse er sat til 21.498 m³/h med et energiforbrug på 1075 W. I figur 10 er vist et tilsvarende eksempel på forudsætningerne for simuleringen af et tilsvaret ventilationsanlæg med en max. ydelse der kun er på 90%, dvs. 19.350 m³/h med et energiforbrug på 1075 W. Fugtstyringen er i begge tilfælde tilsluttet, og CO₂ indholdet er begrænset til 3000 ppm. Den indlæste reguleringskurve er den retliniede som tidligere vist i figur 11.

For varmeanlægget er max. kapacitet sat til 16,5 kW og varmetilførsel tillades uanset der ventileres stærkt for at holde fugt og CO₂ under de fastlagte grænser.



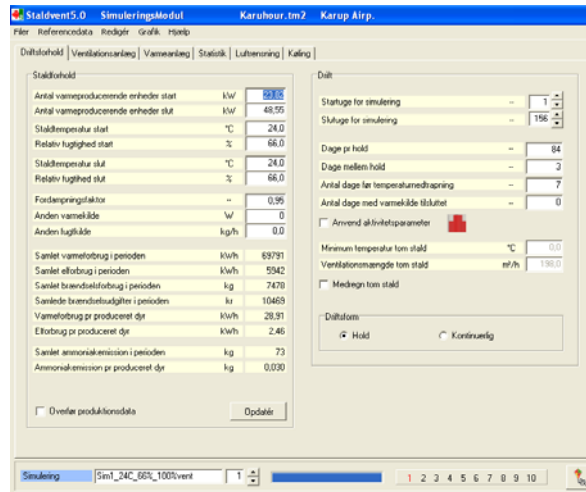
Figur 9. Driftsforudsætninger for 100% rent ventilationsanlæg.



Figur 10. Driftsforudsætninger for et tilsvaret ventilationsanlæg med max. ydelse reduceret til 90%.

Øvrige driftsforudsætninger og resultaterne af en simulering med rent ventilationsanlæg er vist i figur 11. Varmebelastninger fra dyrene ved indsætning og ved levering er overført fra

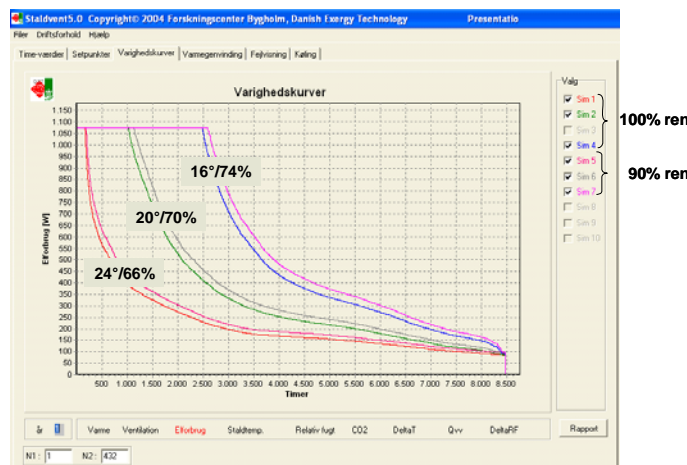
produktionsmenuen. I det vist eksempel er forholdene simuleret med set-punkt for temperatur på 24°C og max. fugtighed på 66%. Simuleringen er gennemført for 3 år med start i uge 1. Det ses, at det beregnede el-forbrug i perioden er 2.46 kWh/gris og varmeforbruget 28,91 kWh/gris.



Figur 11. Eksempel på driftsforhold og resultat af simulering.

Effekt af tilsmudsning

Varighedskurver for el-forbruget for ren og tilsmudset ventilationsanlæg er vist i figur 12 for setpunkter på henholdsvis 16/74, 20/70 og 24°C/66%rf. Det ses, at el-forbruget er meget afhængigt af setpunktet idet driftstiderne, og dermed el-forbruget, er væsentligt større ved lave temperaturer end ved høje. Effekten af tilsmudsninger er synlig, men væsentligt mindre.



Figur 12. Varighedskurver for el-forbruget for ren og tilsmudset ventilationsanlæg ved enkelte set-punktsværdier.

I tabel 2 er vist mere detaljeret hvordan energiforbruget til såvel ventilation som opvarmning varierer med setpunktet når max. luftmængde falder med 10% på grund af

tilsmudsning. Det ses, at el-forbruget stiger fra 5% ved et set-punkt på 16°C/74% til 10% ved et set-punkt på 24°C/66%.

Tabel 2. Energiomkostninger ved reduktion af ventilationsydelse til 90 % på grund af tilsnævset ventilator i slagtesvinestalde.

Producerede grise i 2006 = **24.000.000** Stk

El

Temp	16	17	18	19	20	21	22	23	24	°C/%
Fugt	74	73	72	71	70	69	68	67	66	% R.f.
Ren 100%	6,02	5,54	5,07	4,59	4,10	3,62	3,17	2,78	2,46	kWh/gris
90%	6,31	5,83	5,36	4,88	4,40	3,91	3,45	3,04	2,71	kWh/gris
Ændring	0,29	0,29	0,29	0,29	0,30	0,29	0,28	0,26	0,25	kWh/gris
	105	105	106	106	107	108	109	109	110	%
I alt el	6.960	6.960	6.960	6.960	7.200	6.960	6.720	6.240	6.000	MWh/år

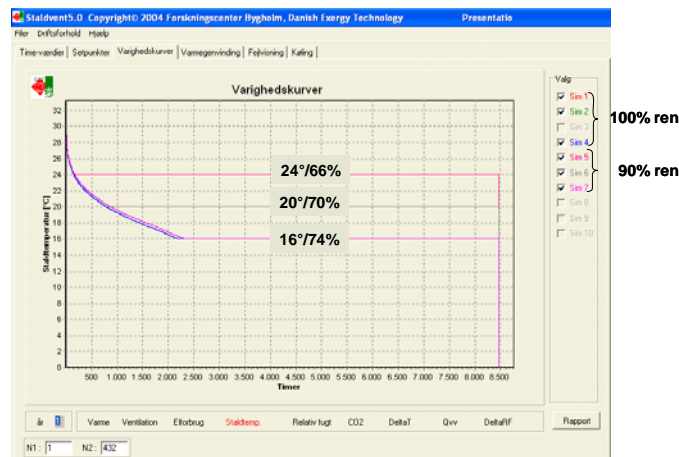
Varme

Temp	16	17	18	19	20	21	22	23	24	°C/%
Fugt	74	73	72	71	70	69	68	67	66	% R.f.
Ren 100%	4,90	5,69	7,33	8,74	10,13	11,48	13,87	19,36	28,91	kWh/gris
0,9	3,87	4,52	5,99	7,51	9,14	10,91	13,61	19,26	28,84	kWh/gris
Ændring	-1,03	-1,17	-1,34	-1,23	-0,99	-0,57	-0,26	-0,10	-0,07	kWh/gris
	79	79	82	86	90	95	98	99	100	%
I alt varme	-24.720	-28.080	-32.160	-29.520	-23.760	-13.680	-6.240	-2.400	-1.680	MWh/år

Ved en typisk staldtemperatur til slagtesvin på 20°C bliver merforbruget til ventilation 0.30 kWh pr. produceret gris. Da der i 2006 blev produceret 24 mio. svin i Danmark svarer det til et merforbrug af el på 7.200 MWh. I praksis er merforbruget dog afhængigt af præcist hvor meget max. ventilationsydelsen ændrer sig ved tilsmudsning, og hvor effektivt coating er til at forbedre forholdene.

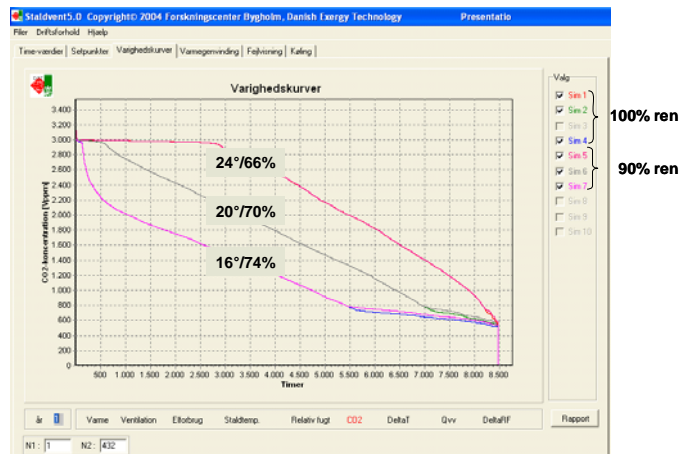
Effekten af tilsmudsning er mere markant for varmerforbruget end for elforbruget til ventilation idet den manglende ventilation giver en besparelse på fra 0 % ved et set-punkt på 24°C til 21% ved 16°C.

Tilsmudsningen har en forbløffende lille indflydelse på indeklimaet. Staldtemperaturen blive nogle tiendedele grader højere i de perioder hvor den maksimale kapacitet udnyttes (figur 13) medens luftfugtigheden nærmest er upåvirket.



Figur 13. Eksempler på varighedskurver for staldtemperaturen med rent og tilsmudset ventilationsanlæg.

Som vist i figur 14 er CO₂-concentrationen forhøjet nogle få ppm i sommerperioderne hvor koncentrationerne i alle tilfælde er langt under grænseværdien.



Figur 14. Eksempler på varighedskurver for CO₂-koncentration med rent og tilsmudset ventilationsanlæg.

Konklusion

En reduktion i maksimum ventilationskapacitet på 10% på grund af tilsmudsning resulterer i en forøgelse af el-forbruget til ventilation med fra 5% ved 16°C til 10% ved 24°C. Ved en typisk staldtemperatur på 20°C er forøgelsen 7.3%.

Merforbruget til ventilation bliver 0.30 kWh pr produceret gris ved en staldtemperatur på 20°C. Da der i 2006 blev produceret 24 mio. svin i Danmark svarer det til et merforbrug af el på 7.200 MWh. I praksis er merforbruget afhængigt af hvor meget max. ventilationsydelsen ændrer sig ved tilsmudsning, og hvor effektivt coating er til at forbedre forholdene.

Litteratur

CIGR, 1984. Climatization of Animal Houses. Report of working group. Scottish Farm Building Investigation Unit. Craibstone, Aberdeen, Scotland.

Meteonorm, 2000. Version 4, Meteotest, Fabrikstrasse 14, CH-3012 Bern, Switzerland.

Morsing, S. & Strøm, J.S. 1992. Using test data for ventilation units for computerized system selection. International Winter Meeting. Nashville, Tennessee. ASAE Paper No. 92-4534. St. Joseph, Mich. USA.

Morsing, S., Pedersen, S., Strøm, J. S. & Jacobsen, L. 2005. Energy Consumption and Air Quality in Growing/Finishing Pig Houses for Three Climate Regions Using CIGR 2002 Heat Production Equations. Agr. Engng. Intl. Vol. VII, no 28. www.cigr-ejournal.tamu.edu

Pedersen, Søren & Strøm, Jan S. 1995. Performance Testing of Complete Ventilation Units. Applied Engineering in Agriculture 11(1):131-136. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI.

Strøm, J.S. & Morsing, S. 1995. Standardløsning vedr. Energieffektivisering af ventilationsanlæg til stalde. Dokumentationsdel. Udarbejdet for Energistyrelsen af Forskningscenter Bygholm. Oktober 1995.

Strøm, J.S. 1978. Heat loss from cattle, swine and poultry as basis for design of environmental control systems in livestock buildings (in Danish). SBI-Landbrugsbyggeri 55, Danish Building Research Institute, Denmark. CIGR Evora, January 2005, version 1.

Coating af ventilationskomponenter

- Kortlægning



Delrapport 3 – PSO 338-080

Rapporten er udarbejdet af:

Claus Götke, Lokalenergi Handel A/S

Indholdsfortegnelse

1. Konklusion.....	29
2. Energiudvikling i landbruget.....	30
3. Kortlægning.....	33

1. Konklusion

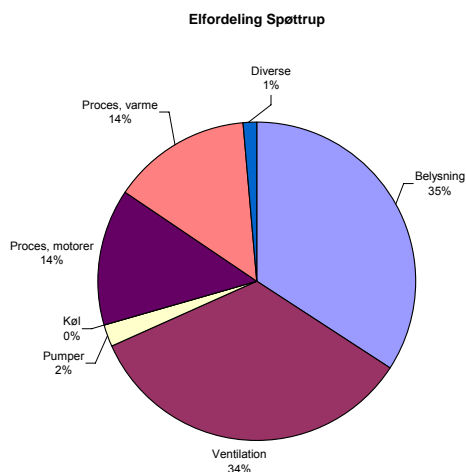
Resultat

Kortlægningen af svinefarmen Spøttrup Gård viste, at der ikke er sket en reduktion af energiforbruget til ventilation gennem de seneste 10 år.

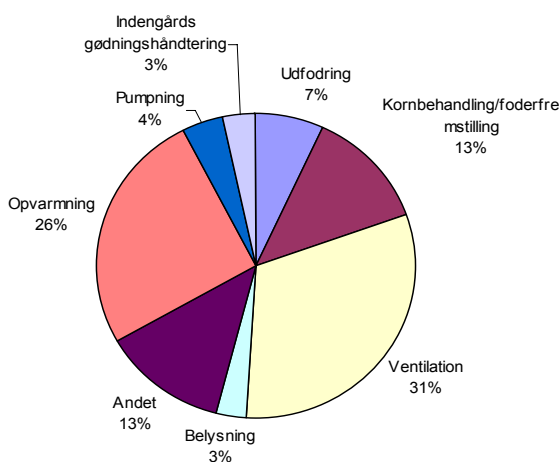
Kortlægningen er foretaget med fokus på ventilation.

Erfaringer fra tidligere kortlægninger af landbrug i forbindelse med branchenergianalysen fra 1994 viser, at der i en sobesætning bruges ca. 30% af det samlede elforbrug til ventilation.

På den i projektet kortlagte gård udgjorde elforbruget til ventilation 34% af det samlede forbrug hvilket svare godt i overensstemmelse med de tidligere analyser af landbruget. Det vil sige, at energiforbruget til ventilation ikke er faldet.



I 1994 blev der udarbejdet et branchehæfte af Danske Elværkers Forening om landbruget. I den forbindelse blev der lavet kortlægninger over elforbruget på svinegårde med sobesætninger. Fordelingen var på det tidspunkt som følgende:



2. Energiudvikling i landbruget

Landbrugets energiforbrug.

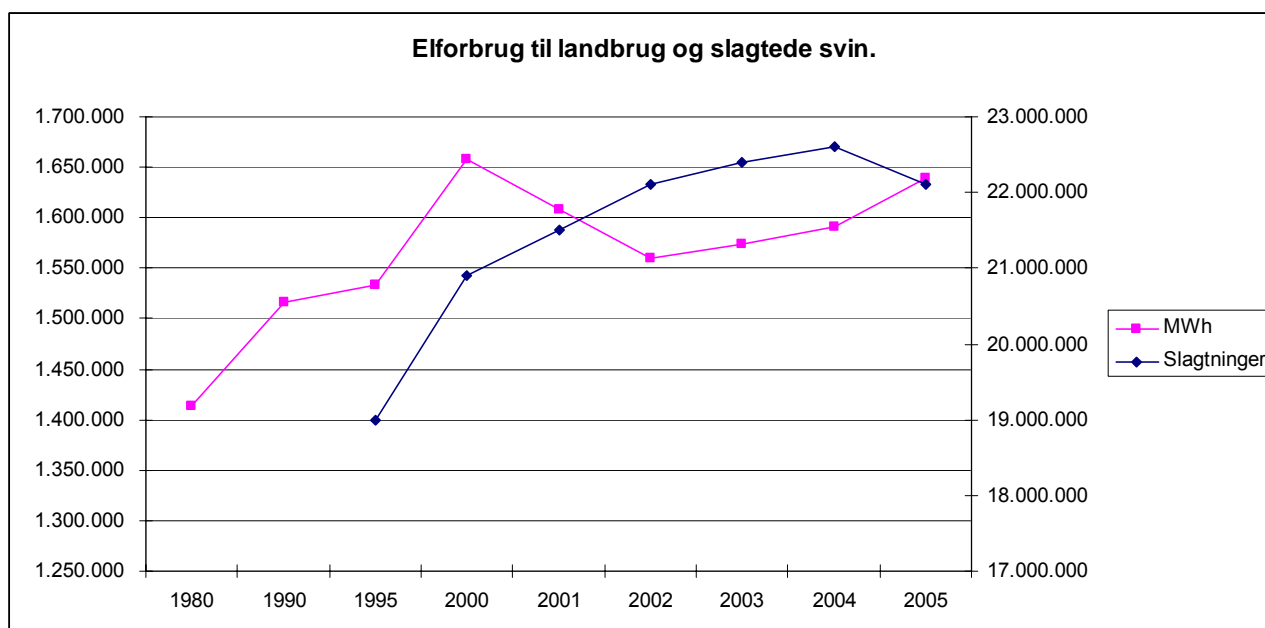
Elforbrug til landbrug i 2005 er opgjort til 5.904 TJ svarende til 1.640.000 MWh.

I forhold til 1990 er der tale om en stigning på 8,2% i landbrugets (bedrifternes) elforbrug.

	1980	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005
MWh	1.412.778	1.515.833	1.533.889	1.657.778	1.608.333	1.559.167	1.573.333	1.591.667	1.640.000
Slagtninger			18.990.000	20.900.000	21.500.000	22.100.000	22.400.000	22.600.000	22.100.000

Kilde: Energistatistik 2005, Energistyrelse, Danske Slagterier (Danish Meat Association)

Tabel 1



Figur 1.

Landbrugets andel af landets samlede elforbrug udgjorde i 2005 4,9%. Samtidig har der været en stigning i elforbruget fra '90 - '05 på 8,2% (kilde: Energistatistik 2005, Energistyrelse)

Der findes ikke en kurve, som omhandler elforbruget til svinebesætninger alene, men da størstedelen af energiforbruget i landbruget bruges i svine- og fjerkræ antages det, at ovenviste kurve er repræsentativ for elforbrugets udvikling i svinebrug.

På kurven ses det, at der fra 2000 og frem til 2002 skete et fald i energiforbruget som muligvis kan skyldes, at der i den periode var mulighed for at få tilskud til energieffektive

ventilatorer. Senere da der ikke var tilskudsmuligheder forsvandt fokus, og energiforbruget er igen begyndt at stige!

Husdyrproduktion i dansk landbrug har i mange år været præget af en strukturudvikling, hvor husdyrene koncentrerer sig på stadig færre og større brug. Samtidig er besætningerne blevet mere specialiserede ved i stigende grad kun at omfatte én husdyrgren. Det var kun 5 pct. af bedrifterne i 2005, som havde både kvæg og svin.

Svinesektoren er, ligesom kvægsektoren, præget af specialisering med voksende produktionsenheder. Landbrugsbedrifter med svin udgjorde 18,4 pct. af samtlige bedrifter i 2005 mod 22 pct. året før. 27 pct. af bestanden gik i besætninger med mere end 5.000 svin. Den gennemsnitlige besætningsstørrelse for svinebedrifterne steg fra 1.324 svin pr. bedrift til 1.515 svin pr. bedrift i 2005.

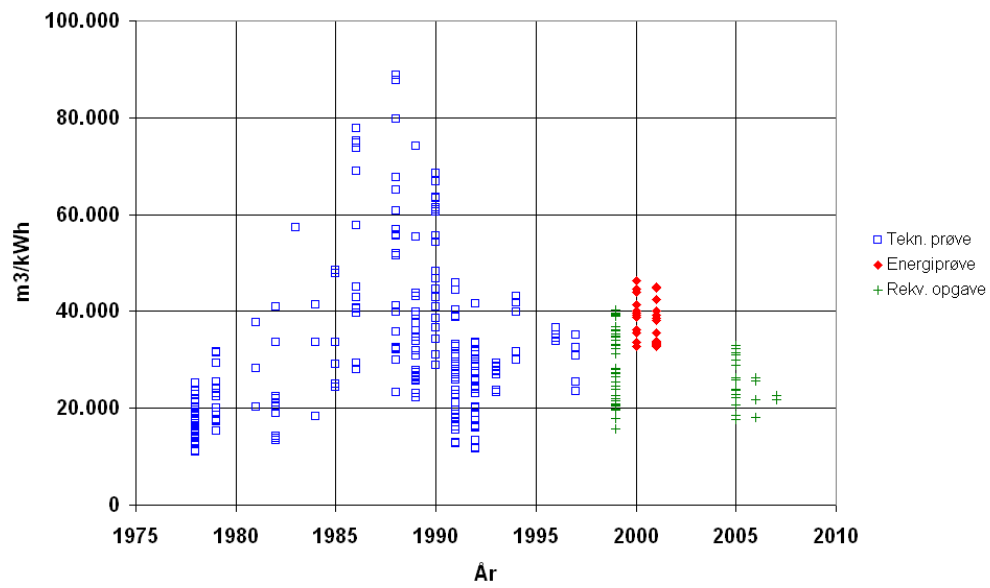
Energieffektiviteten for udsugningsenheder

Forskningscentret Bygholm har, fra 1978 og frem til i dag foretaget målinger på energieffektiviteten for udsugningsenheder til stalde. Energieffektiviteten er beregnet som luftmængde ved 0 Pa differenstræk divideret med tilhørende tilført effekt målt i ventilationsprøvestanden.

I kølvandet af den anden energikrise steg energieffektiviteten for de bedste anlæg fra 30.000 ultimo 1970'erne til 90.000 m³/kWh ultimo 1980'erne. Siden er potentialet for energieffektivitet konverteret til større luftmængder gennem anlæggene med det resultat, at energieffektiviteten i 2005 var på samme niveau som i 1979.

I praksis dimensioneres anlæggene ikke for 0 Pa men for -10 Pa ved undertryksanlæg med indsugningsventiler og -30 Pa ved diffus ventilation. Energieffektiviteten faldt i gennemsnit med ca. 1% pr. Pa ved stigende undertryk så de angivne energieffektiviteter er på den optimistiske side. De mest energieffektive anlæg er mest trykfølsomme idet energieffektiviteten faldt med ca. 1,5% pr. Pa for de 19 anlæg der var bedre end 60.000 m³/kWh.

I diagrammet (figur 2.) findes data fra 91 afprøvninger omfattende i alt 330 måleserier. Der er skelnet mellem 3 typer data. Data fra de tekniske prøver er offentliggjort i tekniske rapporter, og omfatter anlæg, som fabrikanten har markedsført. Rekvirerede opgaver omfatter oftest anlæg under udvikling og offentliggøres ikke. Energiprøverne blev gennemført i 2000-2001 efter aftale med Energiministeriet, idet anlæg med en energieffektivitet over 30.000 m³/kWh kunne opnå energistøtte. Energiprøverne medførte, som det ses, en kortvarig forbedring i forløbet.



Figur 2.

Af figuren kan det ses, at energieffektiviteten steg, da der var mulighed for energistøtte, men faldt igen efter 2001 da støtten igen forsvandt. (rød markering i figur 2)

3. Kortlægning

Kortlægningen er foretaget hos gårdejer Tage Andersen, Spøttrupmark 7, 7860 Spøttrup, som har en svinebesætning på 1050 svin. I denne kortlægning er der set på elforbruget på en sobesætning og opfødning af slagtesvin.

Vi vil i denne rapport ikke komme ind på de forskellige typer af svinegårde men holde os til en sobesætning.

Formålet med ventilering af stalde er, at sikre et passende klima for dyrene og det personale, som til dagligt arbejder med dyrene. Ventilationen skal fjerne varme og vanddamp samt støv og gødningsgasser fra stalden. Varmen afgives dels ved transmission gennem bygningsdelene og dels ved udskiftning af luften, det vil sige ved ventilation. Vanddamp fjernes også ved ventilation.

Ventilationsprincippet i den kortlagte stald er et undertryk anlæg som ved hjælp af udsugningsenheder (ventilator, aftrækskanal samt taghætte i sammenbygget enhed) udsuger varm staldluft, og frisk udeluft tilledes gennem ventiler eller loftet. Luftydelsen mellem udsugningsenheder og ventiler er afpasset på en sådan måde, at der opstår et mindre undertryk i stalden, 10-20 Pa. Luftydelsen er regulerbar og styres via en reguleringsenhed med termoføler, så en ønsket staldtemperatur opretholdes. En del af undertryk anlægget er baseret på gulvudsugning. Luftindtaget sker her via væg eller loftventiler, mens udsugningen sker gennem en ventilationskanal under gulvet. Systemet fungerer optimalt i forhold til tryk- og temperaturforhold. Imidlertid er det meget energiforbrugende, da tryktabene igennem kanalerne er forholdsvis store.

Belysning:

Forbruget til belysning udgør 35% af det totale forbrug, idet driftstiden varierer mellem 3000 til 5000 timer om året. I dette tilfælde var lyset tændt fra kl. 07 til 16 alle ugens dage. Belysningen bestod fortrinsvis af lysstofarmaturer med 1 x 58 W lysstofrør med konventionel spole.

Proces varme.

Energiforbruget til opvarmning udgør 14% af det totale elforbrug. Hovedparten af det registrerede varme bliver brugt i varmelamper til smågrisene.



Pattegrise varmer sig under varmelampe

Proces motorer.

Proces motorer omfatter i denne kortlægning elenergiforbruget til foderfremstilling, samt motorer som driver diverse snegle og transportører. Dette forbrug udgør ca. 14% af det samlede elforbrug.



Diverse fodersnegle i foderblandingsanlægget.

Pumper.

Forbruget til pumper udgør 2% af det totale elforbrug. Pumperne anvendes til at pumpe gylle ud samt at transportere, visse produkter til foderblandinger med.

Ventilation.

Energiforbruget til ventilation udgør 34% af det totale elforbrug. Den ventilerede luftmængde variere henover året. Hovedvægten af forbruget ligger om sommeren, hvor der er et stort behov for at ventilere og "køle" dyrene. Når ventilationen ikke kan holde temperaturen nede, er der ofte installeret dysebefugtning over dyrene.

