



# ENERGIRIGTIG PROJEKTERING SVINESTALDE

DECEMBER 2015  
VERS 1.0

STØTTET AF  
**promilleafgiftsfonden**  
for landbrug

# ENERGIRIGTIG PROJEKTERING

## SVINESTALDE TJEKLISTE

<input type="checkbox"/> Tilvalgt <input type="checkbox"/> Fravalgt <input type="checkbox"/> Ikke aktuelt		Afsnit
	<b>Belysning</b>	
<input type="checkbox"/>	Belysningsstyrke fastlagt.....	1.0
<input type="checkbox"/>	Krav til farvegengivelse fastlagt.....	1.1
<input type="checkbox"/>	Overfladebeskaffenhed og farve i lokalet valgt.....	1.2
<input type="checkbox"/>	Muligheder for styring og regulering beskrevet .....	1.3
<input type="checkbox"/>	Farvetemperatur valgt .....	1.3
<input type="checkbox"/>	Muligheder for zoneopdeling beskrevet .....	1.3
<input type="checkbox"/>	Lyskilder kan vælges i forhold til lyskilders placering.....	1.5
	<b>Opvarmning</b>	
<input type="checkbox"/>	Randisolering og kuldebroer elimineret .....	2.1
<input type="checkbox"/>	Varmetabsberegning udført ud fra foranstående forudsætninger .....	2.3
<input type="checkbox"/>	Inventarløsninger med lavt varmeforbrug valgt (smågrise- og farestalde)?.....	2.5
<input type="checkbox"/>	Regulering af varmeanlæg valgt.....	2.7
<input type="checkbox"/>	Varmeforsyningsrør, dimensioneret og isoleret .....	2.8
<input type="checkbox"/>	Varmeproducerende anlæg valgt.....	2.9
	<b>Ventilation</b>	
<input type="checkbox"/>	Luftmængde fastlagt .....	3.1
<input type="checkbox"/>	Behov for køling defineret .....	3.3
<input type="checkbox"/>	Reguleringstype fastlagt .....	3.4
<input type="checkbox"/>	Hovedanlægstype og luftindtagstype bestemt .....	3.5
	<b>Foderfremstilling</b>	
<input type="checkbox"/>	Formalingsgrad fastlagt .....	4.1
<input type="checkbox"/>	Møllefabrikat og styring bestemt.....	4.2
<input type="checkbox"/>	Renser på anlægget .....	4.5
<input type="checkbox"/>	Belastningsafhængigt transportudstyr .....	4.6

## INDHOLD SVINESTALDE

1	Belysning.....	4	2.8 Rørføring og teknisk isolering.....	7
	Krav.....	4	2.9 Varmeproducerende anlæg.....	8
	1.1 Belysningsstyrke.....	4	3. Ventilation.....	9
	1.2 Lysets egenskaber.....	4	3.1 Luftmængde.....	9
	1.3 Energieffektivitet.....	4	3.2 Modtryk og lufthastighed.....	9
	1.4 Driftsomkostninger.....	5	3.3 Køling.....	9
	1.5 Levering af belysningsanlæg.....	5	3.4 Motortype og regulering.....	9
2	Opvarmning.....	5	3.5 Anlæggets hovedtype.....	10
	2.1 Transmissionsvarmetabet.....	5	4. Foderfremstilling.....	10
	2.2 Bygningens ventilationsvarmetab.....	5	4.1 Formalingsgraden.....	10
	2.3 Dyrenes art og størrelse.....	6	4.2 møllefabrikat og type.....	10
	2.4 Staldens belægningsgrad.....	6	4.3 Vandprocenten på de formalede komponenter.....	10
	2.5 Staldens inventarbestykning.....	6	4.4 Kornart.....	10
	2.6 Udtørring.....	7	4.5 Renheden på det der skal formales.....	10
	2.7 Regulering af varmeanlæg.....	7	4.6 Indregulering af styring.....	10

## KOLOFON

### ENERGIRIGTIG PROJEKTERING DECEMBER 2015

er udgivet af

SEGES P/S  
Agro Food Park 15  
8200 Aarhus N

T +45 8750 5000  
F +45 8740 5010  
W seges.dk

#### Forfattere

Gunnar Schmidt, Energi- og teknikrådgiver, Byggeri og Teknik I/S  
Kurt Mortensen, Energirådgiver, EnergiMidt Energi A/S  
Kenneth Poulsen, Byggechef, SEGES P/S

#### Redaktør

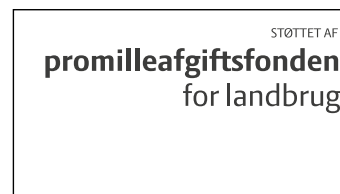
Kenneth Poulsen, Byggechef, SEGES P/S

#### Layout

Inger Camilla Fabricius, SEGES Kvæg

#### Foto

Gunnar Schmidt, Kurt Mortensen, Klimadan



# 1. BELYSNING

Ved projektering af belysningsanlæg i landbrugsbygninger er der en række krav, der skal imødekommes. Minimumskravene er i al væsentlighed beskrevet i DS700. Nærværende notat tager sigte på, at gøre kravene i DS700 operationelle i projekteringsøjemed og i praktisk brug.

## Krav

Kravene til belysningsanlæg kan sammenfattes til:

1. Belysningsstyrke (kan findes i DS 700 for forskellige lokaliteter). Generelt er kravene i fjerkræhuse 25 lux på gulvet. I kvæg- og svinstalde er kravet 50 lux på gange og rensesarealer, 100 lux i almindelige arbejdsområder og 200 lux i løbe- og behandlingsafdelinger.
2. Lysets egenskaber
  - » Farvetemperatur.  
Lysets farvetemperatur måles i Kelvingrader. Mest anvendte niveauer i landbrugsbyggeri er 2.700 K (varm hvid) og op til 4.000 K (kold hvid)
  - » Farvegengivelse, Ra index eller på engelsk CRI, Color Rendering Index.  
Tal som tilnærmelsesvis angiver, hvor godt en lyskilde gengiver overfladefarver sammenlignet med glødelamper. Skala fra 0-100, hvor 100 er bedst. Krav i stalde: Ra > 82.
  - » Flimrer.  
Ved nogle lyskilder, f.eks. lysstofrør og sparepærer, kan lyset flimre med elnettets frekvens. LED flimrer normalt ikke. Det har især betydning i fjerkræstalde, hvor der kan opstå kannibalisme, hvis lyset flimrer.
3. Energieffektivitet.
  - » Lysudbytte, Lumen (lysstrøm) / W.  
Typiske værdier for lysstofrør er 80 – 100 L/W. Bedste LED rør og natrium damp lamper er op til 150 L/W. Ofte er Ra index'et lavt ved høje L/W værdier, altså er energi effektivitet og farvegengivelse modsat proportionale. se tabel 1. Det vil sige, jo bedre lyseffektivitet (Lumen / W), des ringere farve gengivelse. Det gør sig især gældende for natrium damp lamper. Når belysningsstyrken måles i



Figur 1. LED-rør. Eksempler på forskellige farvetemperaturer.

lux, er det lysstrøm pr. arealenhed, altså Lumen / m<sup>2</sup> der måles.

- » Armaturvirkningsgrad.  
Den lysmængde der udsendes af et armatur i forhold til den lysmængde lyskildens udsender.
- » Reflektans i lokalet.  
Materialers overfladebeskaffenhed og farve skal indgå i lysberegning
- » Skyggekast.  
Lysberegningen skal tage hensyn til skyggekast fra dele i rummet i forhold til lyskildens egenskaber og placering. Placering af armaturer har stor betydning for skyggekast. Er lyset placeret tæt på et emne er der mindre skygge, hvorimod en placering af armaturer langt fra, hvor lyset skal bruges, giver større risiko for skyggekast.
- » Vedligeholdelsesfaktor – (rengøring / korrodering af materialer), skal indgå i lysberegning. Placering af armaturer har stor indflydelse på dette.
- » Zoneopdeling.  
Muligheden for zone opdeling bør indgå som en parameter for energibesparelse i lysberegning, i forhold til lysbehov, dagslysindfald, bevægelsesintensitet i zonen etc.

TABEL 1. LYSKILDERS KARAKTERISTIKA. DER KAN VÆRE VARIATIONER UDEN FOR DE I TABELLEN ANGIVNE VÆRDIER.

Lyskilde	Forkobling, W, typisk	Energieff., typiske værdier, Lumen/W	Farvegengiv. Raværdi, fra-til	Levetid, timer, typisk	Pris
Glødelampe. (er udfaset)	-	12 – 15	90 – 100	1.000	Lav
Halogen pære	-	15 – 25	90 – 100	2.000	Middel
Lysstofrør / sparepære	2 – 15	60 – 100	50 – 90	15.000	Lav – middel
Kviksølv damp lampe	12 – 40	70 – 110	50 – 75	15.000	Middel
Natrium damp lampe, lavtryk	12 – 40	140 – 200	< 50	20.000	Middel
Natrium damp lampe, højtryk	12 – 40	60 – 80	50 – 80	15.000	Middel
LED	1	80 – 140	60 – 90	45.000	Middel – Høj
Induktionslys	10 –	100	80 – 95	> 60.000	Middel – høj

- » Styring og regulering af belysningsanlæg.  
Selvom man vælger lyskilder der bruger lidt energi, bør styring og regulering indgå som et parameter for energibesparelse i projektering af et belysningsanlæg. De billigste besparelser opnås ofte ved dette. Parameter der kan indgå er ur, skumringsrelæ, bevægelse. Vær opmærksom på, at lyskildens lysstrøm falder hen over levetiden og tag hensyn til dette i projekteringen. Især ved spændingsregulering skal man være opmærksom på dette, da man som regel dæmper med en fast værdi, og dermed hurtigt vil komme under minimumskravet til belysningsstyrke.
4. Driftsomkostninger
- » Eludgift – er bestemt af forhold under *Energieffektivitet*, samt elpris
  - » Vedligeholdelsesomkostninger – holdbarhed og pris på materialer
  - » Der bør stilles krav til vedligeholdelsesfaktoren i projektering.

5. Levering af belysningsanlæg
- » Fastlæg behovet for belysningsstyrke(lux) for hvert bygningsafsnit
  - » Opstil krav til lysegenskaber, energieffektivitet og regulering
  - » Indhent tilbud på installation. Tilbuddet skal omfatte energisparetiltag – se *Energieffektivitet*
  - » Forud for ordre skal tilbudsgiver levere en lysberegning inkl. kort over lysintensiteter fra den tilbudte lysinstallation.

Vær opmærksom på, at udladningslamper (kviksølv og natrium damp lamper) ikke er velegnede til regulering, da der skal gå 5-10 minutter fra de er slukket, til de må tændes igen. Endvidere går der op til 10 minutter efter de er tændt, til de er oppe på fuld lysstyrke.

Induktionslys er en lyskilde, hvor lyset skabes af elektromagnetisk energi.

## 2. OPVARMNING

### Indledning

Især for små dyr spiller opvarmning en afgørende rolle for deres trivsel og dermed produktionsresultater. Det er derfor afgørende, at der er tilstrækkelig mulighed for at opretholde den ønskede temperatur i dyrenes opholdszone.

Ved projektering af varmeanlæg til stalde skal der primært tages hensyn til:

- Bygningens transmissionsvarmetab
- Bygningens ventilationsvarmetab
- Dyrenes type og størrelse, se vejledende, dimensionerende værdier i tabel 1
- Staldens belægningsgrad
- Staldens inventar bestykning
- Muligheder for udtørring
- Regulering af varmeanlæg
- Varmeproducerende anlæg.

#### 2.1. Transmissionsvarmetabet er primært bestemt af:

- **Forskelsestemperatur på inderside og yderside.**  
Jo lavere temperatur i stalden, des mindre transmissionsvarmetab. Det taler for stald systemer, med høj lokaltemperatur og lav rumtemperatur. Det er muligt i smågrisestalde f.eks. intelligent overdækning og andre toklimasystemer. Se tabel 1.
- **Bygningskonstruktion og klimaskærm.**  
Klimaskærmens tykkelse og materiale har betydning for bygningens varmetab. Men en forøgelse af klimaskærmen er ikke altid rentabel, fordi det kun er noget af tiden, at der er et varmebehov ved dyregrupper i holddrift.

I stalde med diffuse lofter som ventilationsluftindtag, er der ikke et varmetab gennem loftet, såfremt minimumsventilationen er indstillet korrekt, og der er undertryk i staldrummet.

- **Vindpåvirkning.**  
Vindudsatte bygninger har større transmissionsvarmetab end ikke vindudsatte bygninger. Det har primært betydning i store staldrum, hvorimod sektionerede stalde med mindre sektioner, typisk har en gang i den ene side af stalden.
- **Kuldebroer og randisolering.**  
Beregningsmæssigt udgør disse faktorer ikke meget i det samlede varmetab. Men da dyrene fryser, der hvor der er kuldebroer, varmes hele stalden ofte op til en højere temperatur, med betydeligt forøget energiforbrug til følge.

Transmissionsvarmetab udgør typisk 5-15 % af en stalds varmebehov.

#### 2.2. Bygningens ventilationsvarmetab

Ventilationsvarmetab er bestemt af:

- Temperatur- og fugtighedsforhold i stalden. Grundreglen er, at summen af temperatur og fugt skal være mellem 85 og 90. Er tallet lavere er luften meget tør og energiforbruget er højt. Er tallet højere, har man et dårligt klima i stalden
- Der skal være stor opmærksomhed omkring fugtfølere, da disse nemt kan komme ud af kalibrering. En variation i luftens relative fugtighed på 5 % betyder 100 % forskel i varmeforbruget.

TABEL 2. FORSLAG TIL TEMPERATURSTRATEGI – SMÅGRISSE, DELVIST FAST GULV, TRADITIONEL TOKLIMA, °C.

Vægt, kg	7	10	14	18	21	25	30
Diffust luftindtag	22-24	22	21	20	19	18	17
Stråleventilation	23-25	23	23	22	21	20	20

TABEL 3. VEJLEDEnde YDELSE FOR MINIMUMSVENTILATION.

Smågriseperiode: Vejledende ydelse 45 m <sup>3</sup> /t pr. gris									Slagtesvineperiode: Vejledende ydelse 100 m <sup>3</sup> /t pr. gris											
Dag	0	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	98	105	112	119	126	
Vægt	7	9	11	13	15	19	24	30	35	41	47	53	60	67	74	81	88	95	102	
m <sup>3</sup> /t	2	3	3	4	4	4	5	6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	15	
Pct.*	4	6	6	9	9	9	11	13	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	15	

\* Minimumsventilationen i pct. er beregnet i forhold til vejledende ydelse for hhv. smågrise og slagtesvin.

### Minimumsventilation

Jo højere minimumsventilation, des større varmekonsum. Men man kan bevidst vælge, at anvende en lidt højere minimumsventilation end normalt anbefalet, og i stedet undlade fugtstyring og dennes usikkerhedsmomenter.

### Anvendelse af genindvinding

I kyllingestalde er der mulighed for at anvende genindvinding af varme fra ventilationsluft. Besparelspotentialet er op til 80 % af det normative varmekonsum, idet det er luft på op til 37° C der udsuges. Genindvindingen fungerer som en recirkulation, der erstatter hele eller dele af minimumsventilationen.

Der er ikke de samme muligheder for genindvinding fra svinestalde, dels fordi temperaturniveauet i staldene er meget lavere og dels fordi der er tale om flere, men mindre staldrum, hvilket vil fordyre genindvindingsanlægget betydeligt. Dog kan man genindvinde varme fra udsugningsluften i ventilationsanlægget ved hjælp af en varmeoptager der består af pexrør. Se figur 2.

### 2.3. Dyrenes art og størrelse

I tabel 4 er angivet de normative varmekonsum i forskellige staldsektioner. Især forskellige inventarvalg og valgte temperatur- og fugtstrategier i smågrisestalde kan påvirke dette forbrug.

### 2.4. Staldens belægningsgrad

I stalde med lav belægningsgrad, som f.eks. løbestalde, kan der trods god isolering, være nødvendigt at etablere et varmeanlæg i stalden, primært for at sikre en god luftkvalitet i den kolde del af året. Hvis luftkvaliteten søges bibeholdt ved øget ventilation alene, kan det blive for koldt i stalden.

### 2.5. Staldens inventarbestykning

#### Farestalde

I farestalde er der normalt kun behov for rumvarme til udtørring, samt for i meget kolde perioder, at hæve temperaturen lige omkring faringstidspunktet.

Gulvarme er der normalt behov for i smågrisehuler. Jo mindre varmetab fra hulerne des mindre forbrug. Varmetabet kan begrænses ved at isolere inventarsider og låg, specielt ved sidevendte farestier. Ved stier til diegivende løsgående søer har dette særlig relevans, da smågrisehulen har større inventar areal mod gangen.

Nedhæng fra overdækningen eller forsatsplader (hundehulplader) kan reducere varmekonsumet fra hulen betragteligt. I nogle tilfælde kan gulvvarmen helt elimineres ved at etablere ekstra isolering i gulvet f.eks. i form af en isolerende måtte.

Varmelamper eller varmepaneller bør altid være fastmonteret i smågrisehulens låg. En temperatursensor i hulen kan medvirke til at styre varmelampens varmeafgivelse sammen med en styreen-



Figur 2. Man kan genindvinde varme fra udsugningsluften i ventilationsanlægget ved hjælp af en varmeoptager, der består af pexrør.



hed, det kan reducere lampens energiforbrug. Nogle systemer fungerer ikke godt sammen med gulvvarme. Man kan spare op til 30 % af varmelampens energiforbrug ved dette tiltag.

### Smågrisestalde

I traditionelle toklimasystemer med traditionelle fugt- og temperatur strategier er der behov for rumvarme. Normalt dimensioneres der efter 15 W pr. stiplads i rumvarme.

Gulvvarme er der normalt behov for under overdækningen. Man dimensionerer normalt efter 5 W pr. stiplads. I nogle tilfælde etableres der også gulvvarme uden for overdækningen, dette cirkulerer dog i sin egen kreds og kan lukkes separat. Det anvendes kun til udtørring efter vask.

Udvidet toklimasystem. Hvis åbningshøjden under overdækningens nedhængsbrædt reduceres, stiger temperaturen under overdækningen. Rumtemperaturen i stalden kan reduceres tilsvarende med betragtelige energibesparelser til følge. Hvis der etableres varmelamper eller – paneler i overdækningen, kan gulvvarme også ofte spares. Se fotos.

### Øvrige svinestalde

I løbe-/drægtighedsstalde har inventaret ikke den store indflydelse på, om der skal etableres varmeanlæg, det er mere belægningsgraden, der afgør det.

## 2.6. Udtørring

Svinestalde. Normalt skal der anvendes 1,5 – 3 kWh pr. m<sup>2</sup> pr. gang der skal udtørres. Variationen skyldes forskelle i mængden af beton og plastic i staldene. Typisk anvendes oliekanon og ventilation til udtørring, men en affugter kan nogle gange bruges til supplement, for at opnå en kortere udtørringstid. Der kan spares ca. 10 % ved anvendelse af affugter sammen med oliekanon og ventilation.

## 2.7. Regulering af varmeanlæg

Pumper. Hovedpumper skal altid være trykstyret. Gulvvarmepumpe kan være med faste trin.

Reguleringsventiler. Alle staldafsnit skal have sin egen varmekreds og sin egen regulering. Det kan være en blandekreds, en motorventil eller en trykuafhængig strengreguleringsventil. Sidstnævnte behøver ikke sin egen pumpe. Alle tre reguleringer kræver et styresignal, gerne fra ventilationsanlæg, men kan køre på sin egen termostat. Magnet ventiler bør undgås, da de stiller store krav til vandmængder, rørdimensionering og pumpekapacitet.

## 2.8. Rørføring og teknisk isolering

Rør skal dimensioneres så vandflow større end 1-1,5 m/s undgås. Alle varmforsyningsrør og ventiler skal isoleres, så varmetab undgås qua DS 452-3. Eksempelvis har et 1" rør et varmetab på 53 W pr. meter, hvis det ikke er isoleret. Det svarer til 55 liter fyringsolie.

Ribberør har større varmeafgivelse pr. løbende meter end stålrør og deltarør, fordi det er forsynet med ribber og dermed har en større overflade.



Varmeafgivelse pr. meter fra tre forskellige rør ved en overtemperatur på 40° C i forhold til stalden:

- Sort stålør, 2" 93 W
- Aluokeret deltarør 130 W
- Ribberør 1" 200 W

## 2.9. Varmeproducerende anlæg

Olie- eller gasfyrede kedelanlæg. Bygningsreglementer foreskriver anvendelse af kondenserende olie- og gaskedler, hvis disse brændsler vælges.

### Biobrændselsanlæg

*Portionsfyrede kedler.* Vil typisk være med halm som brændsel, men kan også være træ. Afgørende faktorer for nyttevirkning er akkumulerings størrelse, styringens effektivitet, samt pasning af kedlen (hyppig rengøring).

*Kontinuert fyrede kedler.* Pausefyrende. Afgørende faktorer for nyttevirkning er varmemeforbrugsprofil – hvis der er lange perioder med meget lav last i forhold kedlens effekt, falder nyttevirkning betydeligt. Endvidere styringens effektivitet og opsætning i forhold og bestykning med hensyn til selvrems.

*Start-stop kedler.* Afgørende faktorer for nyttevirkning er korrekt dimensionering af akkumuleringsstank i forhold til varmemeforbrugs-

profil. Mange start-stop reducerer nyttevirkning betydeligt. Endvidere selvremsningens effektivitet og styringens opsætning i forhold til valgt brændsel. De fleste af disse kedler kører kun på træpiller eller flis.

*Varmepumper.* Der bør vælges varmepumper med kølemidler, samt varmeveksler- og akkumuleringsstank-bestykning, der kan levere fremløbstemperaturer på mindst 60° C.

Brændselspris og nyttevirkning på det varmeproducerende anlæg, samt samlet årligt varmebehov er økonomis afgørende for hvilket anlæg der bør vælges.

Ud fra brændselspris er olie dyrest og varmepumper og biobrændselskedler billigst i drift. Der er mindst pasning ved olie- og gaskedler og varmepumper.

Referencer:

1. DS 452-3 2013.
2. Staldvent, Danish Exergy Technology A/S.
3. Klimateknik, Landbrugsforlaget ISBN 87 7470 9240, 4. udgave 2005.
4. Grøn viden husdyrbrug nr. 5, februar 1998.

TABEL 4. BELÆGNINGSGRADEN SPILLER VÆSENTLIG IND PÅ DIMENSIONERENDE EFFEKT.

Staldtype	Forbrug pr. Stiplads, kWh / år	Installeret effekt pr. stiplads, W / stk.
Farestalde, hule + delvis spalter	354	75
Farestalde med fuldspalter og huler	525	125
Faresti til løsgående, diegivende søer*	525	125
Babysektion til smågrise (4-8 kg)	100	30
Klimastalde, to-klima *	46	25
Klimastalde uden overdækning	93	100
Klimastald m. intelligent overdækning	5	18
Drægtighedsstald	20	18
Løbe-/kontrolstald	20	18
Poltestald	20	18
Slagtesvinestald	20	18

\* 7 W Gulvvarme og 18 W rumvarme

\* I skrivende stund er der begrænset erfaringsgrundlag med farestier til ritående, diegivende søer. Beregninger indikerer ca. 50 % større forbrug på gulvvarme, da hulens areal er noget større end traditionelt, og endvidere et større rumvarmeforbrug, da stien formodes at være mere våd.



## 3. VENTILATION

### Indledning

Ventilationens formål er at fjerne overskudsvarme, fugt, gødningsgasser, partikler, samt CO<sub>2</sub> og dermed skabe et godt klima for dyr og mennesker. Ud fra et energimæssigt synspunkt er naturlig ventilation at foretrække. Det lader sig næsten altid gøre i kvægstalde, hvorimod der i fjerkræ- og svinestalde stort altid er krav om mekanisk ventilation for at sikre de rette klimatiske forhold.

Man bør stille krav om ventilations anlæggets SEL værdi (Specifikt Energiforbrug til Luftransport). Denne bør ikke overstige 200 J/m<sup>3</sup> i noget driftspunkt og som gennemsnit over året bør den ikke overstige 100 J/m<sup>3</sup>.

Følgende forhold har især indflydelse på ventilationsanlæggets energiforbrug:

- Luftmængde (dyretype, -størrelse, regulering)
- Modtryk (Spjæld, ventiler, diffust loft, lufthastighed)
- Lufthastighed (Luftmængde, skorstensdiameter, skorstensudformning)
- Køling (konvektiv eller adiabatisk køling) Overtemp. Max 4-5 °C
- Motortype og -regulering (Triac, frekvens, kaskade, EC / PM motorer)
- Anlæggets hovedtype (undertryk / ligetryk).

#### 3.1. Luftmængde

Luftmængden er bestemt af, hvilken type dyr der er i stalden og staldens belægningsgrad. Groft regnet, skal der ved maksimum kapacitet ventileres 1 m<sup>3</sup> pr. time pr. kg legemsvægt af dyrene.

#### 3.2. Modtryk og lufthastighed

Jo større modtryk, des højere energiforbrug. Det har især betydning ved store luftmængder (store lufthastigheder), idet modtrykket over en blænde (ventil) stiger med lufthastigheden i anden potens. Et diffust indtag har større modtryk end en væg- eller loftsventil.

For at få luft nok igennem stalden med et acceptabelt energiforbrug, bør man supplere det diffuse luftindtag med loftsventiler, der åbner ved store ventilationsgrader (kombi diffust anlæg). Det giver også bedre mulighed for køling på varme dage, når luftstrålen kan rettes ned mod dyrene.

Producenter bør have fokus på aerodynamikken i det leverede produkt, optimeret vingeformning, samt tilpasning mellem motor, styring og vinge.



Figur 3. Rengøring af ventilationskorsten med højtryksrenser.

Endelig har udformning af skorstenen stor indflydelse på, hvor nemt luften 'glider', luftens tendens til turbolens dannelse og dermed forøget energiforbrug.

#### 3.3. Køling

Staldrummets temperatur kan ved køling med luft alene ikke bringes længere ned end 4-5° C over udetemperaturen. På varme dage kan man sænke temperaturen yderligere ved at befugte luften med vand, via højtryksdyser (adiabatisk køling). Dyserne placeres i forbindelse med luftindtaget. Virkningen består i, at man udnytter vandets fordampningsvarme til at køle luften. Luften skal være tør nok til at kunne fordampe vand (tør sommerdag), for at den adiabatisk køling har den tilsigtede virkning. Ofte kan der spares 10 % eller mere på ventilationen ved adiabatisk køling. Men den største besparelse ligger i bedre trivsel hos dyrene som følge af at reduktionen i foderoptag og tilvækst bliver ikke så markant.

#### 3.4. Motortype og regulering

I rigtig mange ventilationsanlæg er i de fleste af årets timer kun behov for en delmængde af anlæggets maximale kapacitet. Det giver et behov for hastighedsregulering af anlægget. Ved lave kapaciteter skal der tages hensyn til trykstabilitet og risiko for koldluftnedslag, uden at energiforbruget stiger.

TABEL 5. ENERGIFORBRUG VED FORSKELLIGE REGULERINGSPRINCIPPER. KILDE: VSP.

Type	kWh/ produceret slagtesvin	kWh pr. stiplads
Triac	10	35
Multistep (1 on/off, 1 triac)	5,7	20
Frekvens	4,6	16
LPC / EC / PM	2,9	10

**Asynkron motorer skal overholde EU direktiv ERP 2015**

*Triacregulering.* En spændingsregulering, der 'åbner og lukker' for strømmen i op til 100 gange i sekundet. Bruges ikke længere i ny-anlæg, da det har en meget stor varmeudvikling og dermed et stort energiforbrug (SEL værdi op til 700 J/m<sup>3</sup>), ca. 10 kWh pr. produceret slagtesvin.

*Frekvensregulering.* Her reguleres nettets frekvens til motoren. Denne metode er meget mere effektiv end en triacregulering. I reguleringen kan endvidere optimeres Permanent Magnet Motor / EC motor. Magnetiseringstab er mindre i en PM-motor, da den er permanent magnetiseret og elektronisk kommuteret (EC). Det giver en bedre virkningsgrad ved lavere omdrejninger.

Ud over regulering af selve motoren, bør der tages hensyn til, hvorledes de forskellige ventilatorer er reguleret i forhold til hinanden. Kaskadestyring (Multistep) er en mulighed, som bevirker, at der er

færre motorenheder, der skal reguleres. Det er en fordel, da der er et tab i enhver regulering. Til gengæld stiger lufthastigheden og dermed modtryk og energiforbrug i den regulerede skorsten, set i forhold til, hvis alle ventilatorer havde været reguleret i hastighed.

En kombination mellem kaskade styring ved lave ventilationsgrader og parallel drift ved højere kapaciteter kan give lavere energiforbrug.

**3.5. Anlæggets hovedtype**

Ved store bygningsbredder, hvor man ikke ønsker diffust indtag, kan det være nødvendigt at etablere ligetryksanlæg for at få fordelt ventilationsluften jævnt i stalden. Det betyder, at den samme m<sup>3</sup> luft skal håndteres af to ventilatorer, hvilket får SEL værdien til at stige.

**Kilder**

- VSP.

## 4. FODERFREMSTILLING

Ved foderfremstilling er det især formalingen, der er energikrævende. Men ofte har medløbende udstyr som snegle, redlere, elevatorer, rensere, blandekar lige så stor, samlet effekt som selve møllen. Derfor er det vigtigt, at driftstiden er så kort som muligt.

Ved projektering af foderfremstillingsanlæg til svin, spiller følgende især ind på energiforbruget:

- Formalingsgraden
- Møllefabrikat og type
- Vandprocenten på de komponenter der skal formales.
- Kornart
- Renheden på det, der skal formales
- Indregulering af styring.

**4.1. Formalingsgraden**

Jo finere formalingsgrad, des højere specifikt energiforbrug. Til smågrise og slagtesvin anvendes finere foder end til søer. Det kan derfor være en fordel, enten at have en mølle der kan præstere variabel formalingsgrad (typisk en skivemølle), eller at have to møller med hver sin formalingsgrad.

Man vinder meget mere ved forøget foderudnyttelse end man bruger ekstra i energi til fin formaling.

**4.2. Møllefabrikat og type**

Der kan være op til 55 % forskel på det specifikke energiforbrug de enkelte møllefabrikater imellem. Endvidere er der forskel på mølletypen, altså om det er en hammermølle eller en skivemølle. Inden for hver enkelt mølletype er der forskel på energiforbruget på de forskellige fabrikater som funktion af formalingsgraden.

**4.3. Vandprocenten på de formalede komponenter**

Jo højere vandprocent, des højere energiforbrug til formaling. Til gengæld spares der energi til tørring af kornet. Jo højere vandprocent i kornet des større risiko er der for kondensdannelse i transportudstyr og blander. Man bør derfor etablere ventilation i blanderen, så fugt kan bortventileres.

**4.4. Kornart**

Der er nogen forskel på hvor meget energi, der går til at formale de forskellige kornarter. Byg kræver op til 50 % mere energi at formale end hvede.

**4.5. Renheden på det der skal formales**

Jo flere urenheder der er i det, der skal formales, des lavere kapacitet og des højere specifikt energiforbrug. Det er derfor en god idé at have en renser før møllen. Det bevirker også, at vedligeholdelsesomkostningerne til sliddele i møllen reduceres. Renseren i sig selv bruger kun lidt energi, typisk omkring 0,5-0,6 kW pr. time eller under 0,1 kWh pr. hkg.

Pneumatisk transport er energimæssigt dyrt og bør undgås. Ofte kan der være tale om op til 4 kWh / hkg.

**4.6. Indregulering af styring**

I styringen kan bl.a. tomgangstider mellem komponentskift indstilles. Mens der skiftes komponent, vil al det medløbende udstyr være i drift. Det betyder, at der spildes energi. Ofte bruges 0,1-0,2 kWh pr. hkg til tomgangskørsel. Det gælder ligeledes, hvis møllens kapacitet ikke udnyttes optimalt, for at undgå overbelastning, da dette giver længere driftstid. Her kan nogle styringer suppleres med en regulering, der øger transportudstyrets hastighed i forhold til møllens belastningsgrad. Det reducerer driftstiden og sparer energi – typisk 0,1- 0,2 kWh / hkg.