

AFPRØVNING AF DYNAMIC MULTISTEP I KOMBINATION MED LPC VENTILATORER FRA SKOV A/S

ERFARING NR. 1709

Ved anvendelse af Dynamic Multistep med 3 stk. jævnstrømsmotorer fra SKOV A/S var elforbruget til ventilation i en slagtesvinestald 3,6 kWh/gris. Ved brug af 4 stk. jævnstrømsmotorer og Dynamic Multistep kunne elforbruget reduceres til 2,9 kWh/gris.

INSTITUTION: SEGES SVINEPRODUKTION, DEN RULLENDE AFPRØVNING

FORFATTER: [ANDERS LEEGAARD RIIS](#)
[ERIK DAMSTED](#)
[KASPER BALSLEV SØRENSEN](#)

UDGIVET: 5. APRIL 2017

Dyregruppe: Slagtesvin

Fagområde: Stalde og Miljø

Sammendrag

Firmaet SKOV A/S har lanceret LPC lavenergiventilatorer, baseret på jævnstrømsmotorer sammen med ventilationsprincippet Dynamic Multistep. Formålet med denne afprøvning var at klarlægge besparelsen i elbruget ved anvendelse af LPC-ventilatorer i kombination med reguleringsprincippet Dynamic Multistep i forhold til reguleringsprincippet Multistep med traditionelle DA600-3 ventilatorer.

Afprøvningens resultater viste et elforbrug pr. produceret slagtesvin på henholdsvis 3,6 kWh ved tre stk. LPC-12 ventilatorer (periode 1) og 2,9 kWh ved fire stk. LPC-11 ventilatorer (periode 2) sammen med Dynamic Multistep. I kontrolsektionen med Multistep princippet var elforbruget pr. produceret slagtesvin 5,2 (periode 1) og 5,3 kWh (periode 2). Ved at benytte fire stk. LPC-11 ventilatorer i stedet

for tre stk. LPC-12 ventilatorer var der dermed en energibesparelse, som skal modregnes investeringsomkostningen til én ekstra udsugningsenhed. I den konkrete case kan energibesparelsen betale en investeringsomkostning på ca. 10.000 kr. til én ekstra udsugningsenhed.

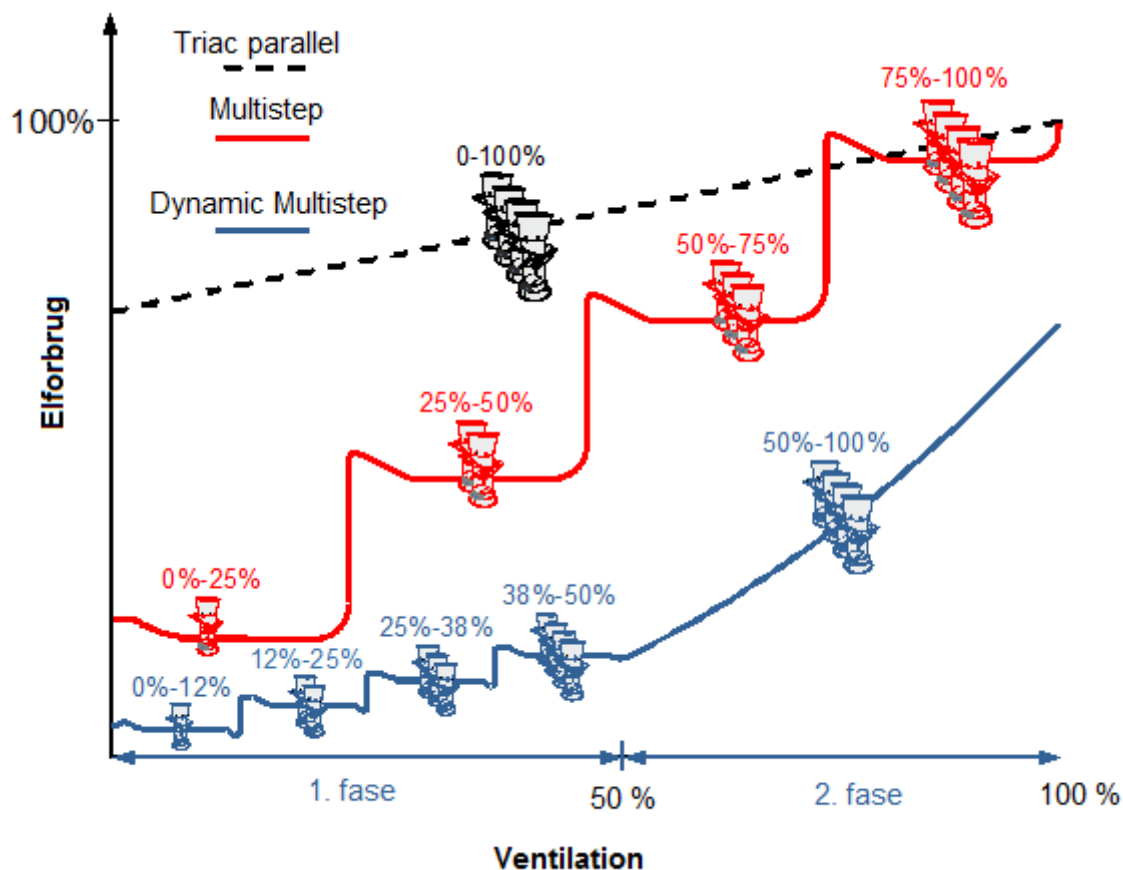
Afprøvningen blev gennemført i to identiske og parallelt liggende sektioner i en slagtesvinestald med i alt seks sektioner. Der var 24 stier i hver sektion, som var indrettet med 1/3 fast gulv og 2/3 spaltegulv. Der var i stalden diffust luftindtag samt supplerende luftindtag i loftet. Slagtesvinene blev fodret med vådfoder, som blev tildelt restriktivt i langkrybbe mellem hver anden sti.

Afprøvningen blev gennemført i to perioder. I periode 1 var de oprindelige fire stk. DA600-3 udsugningsenheder udskiftet med tre jævnstrømsmotorer type DA600-LPC12 i en forsøgssektion. Denne afprøvning forløb fra april til april året efter. I periode 2 blev der indsat fire jævnstrømsmotorer type DA600-LPC11 i forsøgssektionen, som blev afprøvet i perioden fra august til september året efter.

Baggrund

I 2009 lancerede firmaet SKOV A/S LPC lavenergiventilatorer, baseret på jævnstrømsmotorer, som sammen med reguleringsprincippet Dynamic Multistep, kan give besparelser på elforbruget til ventilation.

Ved reguleringsprincippet Multistep reguleres en udsugningsenhed trinløst fra 0-100 %. Når den yder 100 % kobles én af de andre ventilatorer i stalden ind on/off reguleret, hvorefter den trinløst regulerede ventilator igen begynder forfra. Dynamic Multistep er en videreudvikling af multistep-princippet. Princippet er opdelt i to faser: I første fase, som spænder over reguleringsområdet 0 til ca. 50 % ventilationsydelse, kobles ventilatorerne ind i step som kendt fra Multistep. I dette reguleringsområde kører ventilatorerne kun ca. halvt omdrejningstal og luftydelsen reguleres dels ved spjældregulering, dels ved indkobling af en eller flere ventilatorer afhængig af ventilationsbehov. I fase 2 er alle ventilatorer indkoblet og alle drejespjæld står fuldt åbne. Reguleringen af luftydelsen fra ca. 50 % til maks. ydelse reguleres derfor udelukkende ved at regulere ventilatoromdrejningerne op fra ca. 50 % af maks. omdrejninger til maksimalt opnåelige omdrejninger for den pågældende ventilator. I figur 1 er vist en skitsering af de to ventilationsprincipper Multistep og Dynamic Multistep.



Figur 1. Skitsering af ventilationsprincipperne Multistep og Dynamic Multistep samt Triac parallelstyring som ikke var en del af denne afprøvning. Modificeret efter figur fra SKOV A/S.

LPC ventilatorerne produceres i tre forskellige størrelser. Ved et undertryk på 10 Pa har LPC-11 en luftydelse på 13.400 m³/time, LPC-12 en ydelse på 14.600 m³/time og LPC-13 en ydelse på 15.800 m³/time. I denne afprøvning blev der målt på elforbruget ved henholdsvis tre stk. LPC-12 og fire stk. LPC-11 ventilatorer. Når der anvendes fire udsugningsenheder i forhold til tre stk. vil investeringsomkostningen være højere, men energiforbruget vil forventeligt være lavere, da ventilatorerne gennemsnitlig vil køre med lavere ydelse over året.

Formålet med denne afprøvning var derfor at klarlægge besparelsen i elbruget ved anvendelse af henholdsvis tre stk. LPC-12 ventilatorer og fire stk. LPC-11 ventilatorer i kombination med reguleringsprincippet Dynamic Multistep i forhold til reguleringsprincippet Multistep og fire stk. DA600-3 ventilatorer.

Materiale og metode

Afprøvningen blev gennemført i to perioder: 1. periode fra april til april året efter og 2. periode fra august til september året efter. Afprøvningen blev gennemført i to identiske og parallelt liggende sektioner i en slagtesvinestald med i alt seks sektioner.

Staldindretning

Hver sektion målte 28,8 m i længden, 11,0 m i bredden og 2,6 m i højden, og var indrettet med 24 stier fordelt på to stirækker med inspektionsgang i midten med i alt 400 stipladser. Stierne målte 5,0 m i længden og 2,4 m i bredden. De var indrettet med 1,5 m fast gulv bagest i stien, ca. 0,3 m drænet gulv i midten af stien og 3,2 m spaltegulv mod inspektionsgangen. Inventaret var delvist lukket i en meters højde. Begge sektioner var indrettet med varmeanlæg via gulvvarme og ribberør placeret ved bagvæggen. Der blev tilsat varme i stalden, hvis det var nødvendigt de første 21 dage efter indsættelsen i både forsøg- og kontrolstald. Køling var etableret ved overbrusningsanlæg med fladsprededyser placeret over gødeområdet mod inspektionsgangen. Fodringsprincippet var vådfoder, der blev tildelt restriktivt i langkrybbe mellem hver anden sti.

Ventilation

Ventilationsanlægget var i begge sektioner fra SKOV A/S, jf. tabel 1. Styringen var af typen DOL234F. Staldene blev diffust ventileret via loftet og blev suppleret ved indtag over hver sti via loftventiler af typen DA1800 fra SKOV A/S ved udetemperaturer over 19 °C. I kontrolsektionen var der fire udsugningsenheder af typen DA600-3. Udsugningsenhederne blev triac-reguleret efter styringsprincippet Multistep. To enheder blev reguleret trinløst og to enheder blev indkoblet on/off i to step i reguleringsområdet. I periode 1 var de oprindelige fire stk. DA600-3 udsugningsenheder udskiftet med tre udsugningsenheder type DA600 LPC12. To enheder blev reguleret trinløst i ventilationsområdet 0 til ca. 50 % ventilation og én enhed blev indkoblet on/off ved lave omdrejninger. I ventilationsområdet 50 til 100 % ventilation blev ventilatorernes omdrejninger reguleret ens på alle tre enheder. Der blev i periode 1 målt en maksimal luftydelse i kontrolsektionen på 36.600 m³/time ved et undertryk på 27 Pa. Tilsvarende blev der i forsøgssektionen målt en maksimal luftydelse på 37.300 m³/time ved et undertryk på 28 Pa. Den målte maksimale luftydelse var lavere end den dimensionerede luftydelse i begge sektioner, hvilket skyldtes, at loftventilerne ikke blev anvendt ved kontrolmålingerne. Såfremt loftventilerne anvendes falder tryktabet over luftindtaget, og derved kan ventilatorerne yde en højere luftydelse. I periode 2 blev der i forsøgssektionen isat fire stk. DA600 LPC11 ventilatorer. To enheder blev reguleret trinløst i ventilationsområdet 0 til ca. 50 % ventilation og to enheder blev indkoblet on/off ved lave omdrejninger. I ventilationsområdet 50 til 100 % ventilation blev ventilatorernes omdrejninger reguleret ens på alle fire enheder.

Tabel 1. Ventilationsanlæggets opbygning i henholdsvis forsøg- og kontrolsektion.

| Sektion | Kontrol | Forsøgssektion | |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|
| | Begge perioder | 1. periode | 2. periode |
| Luftindtag | Diffust | Diffust | Diffust |
| Supplerende luftindtag | 24 stk. DA1800 | 24 stk. DA1800 | 24 stk. DA1800 |
| Ventilationsstyring | DOL234F | DOL234F | DOL234F |
| Regulering | Multistep | Dynamic Multistep | Dynamic Multistep |
| Ventilatorstype | 4 stk. DA600-3 | 3 stk. DA600 LPC12 | 4 stk. DA600 LPC11 |
| Installeret maks. luftydelse, m ³ /time | 4 x 10.400 = 41.600 | 3 x 14.000 = 42.000 | 4 x 10.000 = 40.000 |
| Målt maksimal luftydelse uden brug af supplerende luftindtag, m ³ /time | 36.600 | 37.300 | 37.900 |

Registreringer

De primære registreringer i afprøvningen var elforbrug til ventilation i henholdsvis forsøg- og kontrolsektionen samt antallet af grise i hver sektion. De sekundære registreringsparametre var gennemsnitlig vægt af grisene, ventilationsydelsen samt ude- og staldtemperaturen.

Elforbrug, antal grise og den visuelle vægt af grisene blev noteret hver 14. dag af en tekniker fra den Den Rullende Afprøvning. Ude- og staldtemperaturen blev ligeledes kontrolmålt med et multiinstrument af typen TSI VelociCalc Plus 9555 ved hvert teknikerbesøg.

Ventilationsparametre blev logget hvert 2. minut med Farm Online fra SKOV A/S for at kontrollere, at de to staldsektioner blev styret ens. Der blev beregnet en middelværdi af luftydelsen, ude- og staldtemperaturen ud fra disse registreringer.

Kontrolmåling af Dynamic Air med Fancom målevinger samt fastlæggelse af elforbrug som funktion af ventilationsgraden (energisignatur) blev i 1. periode foretaget i begge sektioner i reguleringsområdet 0 til 100 % ventilationsydelse med 10 procentenheders interval. I 2. periode blev der i området fra 0-60 % udført målinger hver 5. procentenhed og efter 60 % hver 10 procentenhed. Ventilationsydelsen blev fastlåst i henholdsvis den ønskede procentenhed indtil udsugningskapaciteten havde stabiliseret sig. I hvert punkt, hvor ventilationsydelsen var fastlåst, blev der målt tryktab over det diffuse luftindtag, luftydelsen i m³/time blev aflæst i ventilationsstyringen og energiforbruget til ventilation blev aflæst på monterede energimålere. I kontrolsektionen blev energisignaturen målt både i første og anden periode.

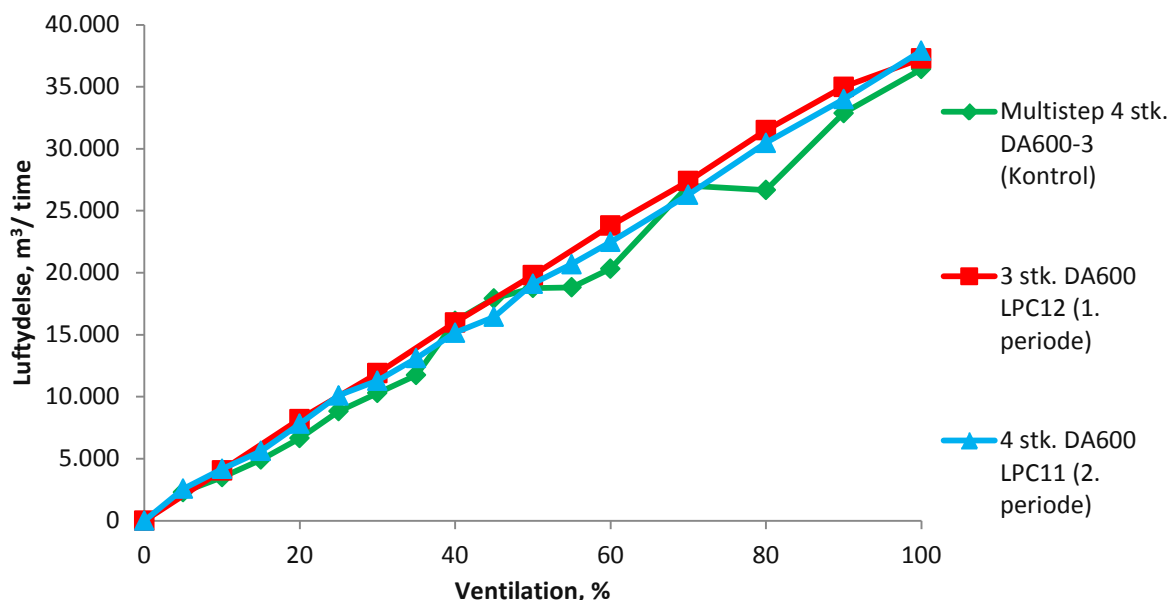
Dataanalyse

Det gennemsnitlige strømforbrug pr. produceret slagtesvin over måleperioden blev beregnet ud fra det akkumulerede elforbrug i stalden samt antallet af stipladser i hver sektion, da der blev indsat 400 grise i hhv. forsøg og kontrol ved hvert af de fire hold.

Resultater og diskussion

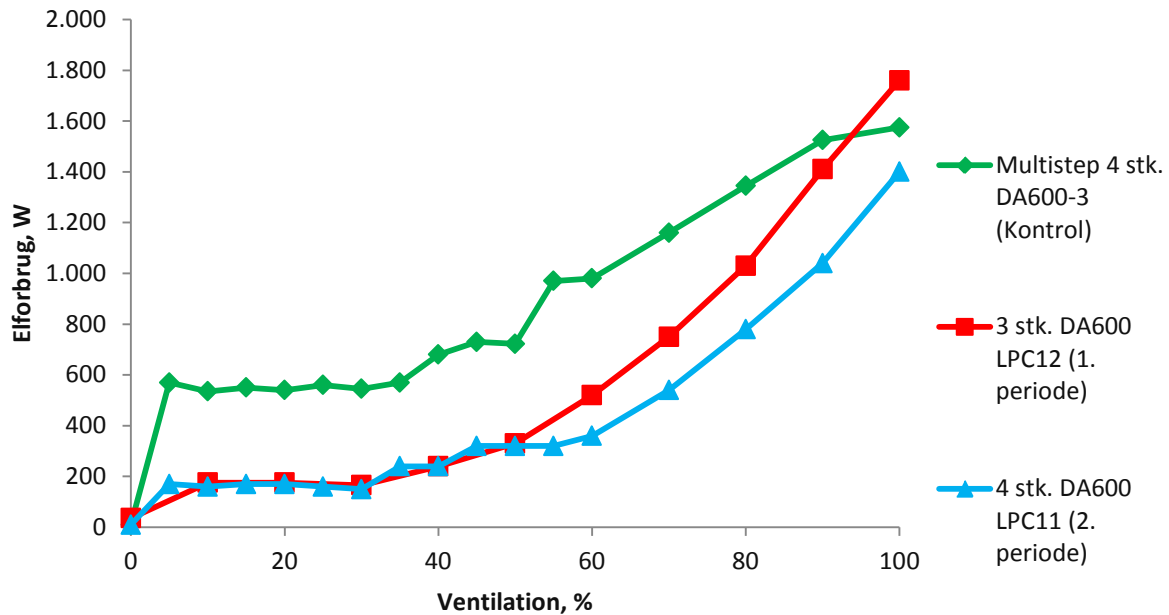
Energisignatur

Ventilationsanlægget var dimensioneret ens i begge sektioner, og luftydelsen blev kontrolleret inden afprøvningen blev igangsat. I figur 2 er vist luftydelsen som funktion af ventilationsraten, og der blev opnået forholdsvis ens driftsforhold. Ventilationsanlægget i kontrolsektionen blev målt igennem i begge afprøvningsperioder og gennemsnittet for disse er brugt i sammenligningen.



Figur 2. Samlet luftydelse som funktion af ventilationsgraden for LPC-ventilatorer og Dynamic multistep samt DA600-3 ventilatorer og Multistep.

Elforbruget som funktion af ventilationsgraden kan ses i figur 3. Det kan her ses, at energibesparelsen ved LPC-ventilatorer og Dynamic Multistep især er i det lave reguleringsområde sammenlignet med DA600-3 ventilatorer og Multistep, hvilket typisk forekommer i vinterhalvåret. Ved maksimum ventilation er det største energiforbrug ved de tre DA600 LPC12 ventilatorer, som blev afprøvet i periode 1. Det ses også, at elforbruget ved Dynamic Multistep er ens indtil 50 % ventilation, hvorefter der ved fire stk. DA600 LPC11 ventilatorer er en besparelse i forhold til tre stk. DA600 LPC12 ventilatorer.



Figur 3. Samlet elforbrug som funktion af ventilationsgraden for LPC-ventilatorer og Dynamic Multistep samt DA600-3 ventilatorer og Multistep.

Kontrolmålinger

I tabel 2 er vist den gennemsnitlige udetemperatur, staldtemperatur samt luftydelse for staldsektionerne i periode 1 og periode 2. For at gøre afprøvningerne i de to sektioner sammenlignelige var management i de to sektioner så ens som det var muligt. Grisene blev dog indsat med 3 ugers mellemrum, hvilket giver en forskydning på størrelsen af grisene i forhold til udetemperaturforhold, hvilket dog i nogen grad vil udligne sig, da der blev målt over et helt år. Udetemperaturen var i periode 1 i gennemsnit én grad højere end i periode 2, hvilket har betydet, at den gennemsnitlige luftydelse og staldtemperatur i periode 1 også var højere end i periode 2. Staldtemperaturen i forsøgsstalden var cirka én grad lavere end i kontrolstalden i begge perioder, hvilket kan skyldes, at forsøgssektionen lå mod vest og dermed har mindre solindstråling. Den gennemsnitlige luftydelse var dog numerisk set næsten ens mellem forsøgs- og kontrolsektion. Trykstabiliteten i anlægget blev ikke målt i indeværende afprøvning, men kan også have betydning for resultatet, da en u hensigtsmæssig trykstabilitet kan påvirke elforbruget.

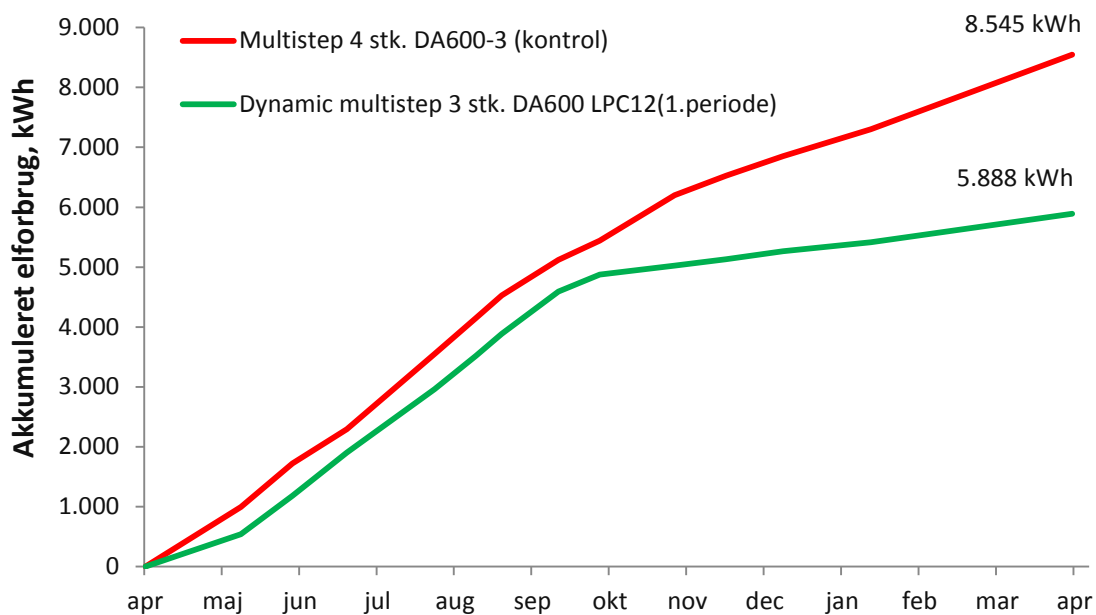
Tabel 2. Gennemsnitlig ude- og staldtemperatur samt luftydelse (\pm standardafvigelse)

| Periode 1* | Kontrolsektion (4 stk. DA-600-3 og Multistep) | Forsøgssektion (3 stk. LPC-12 og Dynamic multistep) |
|----------------------------------|---|---|
| Udetemperatur, °C | 9,8 (\pm 6,4) | 9,7 (\pm 6,2) |
| Staldtemperatur, °C | 19,5 (\pm 2,2) | 18,6 (\pm 2,6) |
| Luftydelse, m ³ /time | 21.040 (\pm 13.060) | 22.070 (\pm 11.960) |
| Periode 2 | Kontrolsektion (4 stk. DA-600-3 og Multistep) | Forsøgssektion (4 stk. LPC-11 og Dynamic multistep) |
| Udetemperatur, °C | 8,7 (\pm 5,6) | 8,6 (\pm 5,5) |
| Staldtemperatur, °C | 18,4 (\pm 1,7) | 17,8 (\pm 1,8) |
| Luftydelse, m ³ /time | 18.730(\pm 11.650) | 18.720 (\pm 11.300) |

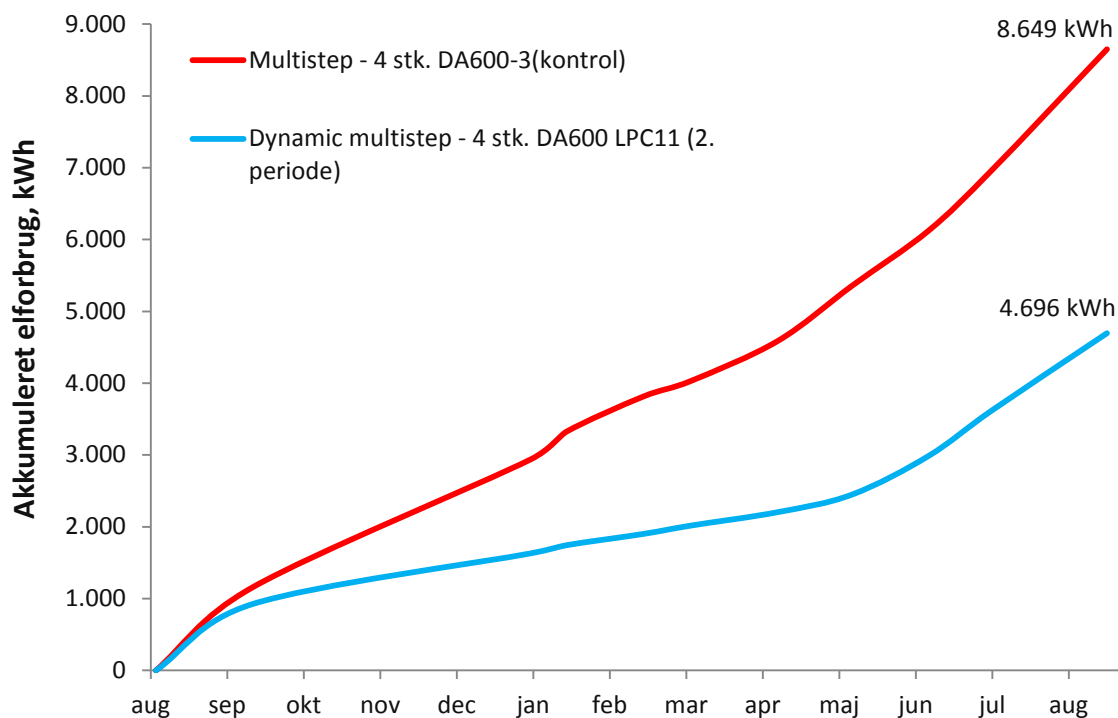
* Temperaturer og lufttydelser i periode 1 fra 17.04 – 24.5 indgår ikke i beregning på grund af udfald i måleudstyr.

Elforbrug

I figur 4 og 5 er vist det akkumulerede elforbrug til ventilation over måleperioden. Det ses her, som tidligere beskrevet, at den største energibesparelse opnås i de kolde måneder, hvor der er behov for et lavt luftskifte sammenlignet med de varme måneder.



Figur 4. Akkumuleret elforbrug, som funktion af måleperioden i periode 1.



Figur 5. Akkumuleret elforbrug, som funktion af måleperioden i periode 2.

Elforbruget pr. produceret slagtesvin er vist i tabel 3. Det fremgår, at Dynamic multistep med tre stk. DA600 LPC12 jævnstrømsmotorer resulterede i et elforbrug på 3,6 kWh pr. produceret gris i forhold til 5,2 kWh pr. produceret gris ved anvendelse af fire stk. DA600-3 ventilatorer og Multistep, svarende til en reduktion på 31 %. I 2. periode med fire stk. LPC-11 ventilatorer og Dynamic Multistep var elforbruget 2,9 kWh pr. produceret gris svarende til en reduktion på 46 % i forhold til anvendelse af fire stk. DA600-3 ventilatorer og Multistep. Den yderligere energibesparelse, der var ved fire udsugningsenheder i stedet for tre udsugningsenheder udgjorde 14 procentpoint, hvilket skal sættes i forhold til den investeringsomkostning, der er ved at gå fra tre enheder til fire enheder. I den konkrete case kan energibesparelsen betale en investeringsomkostning på ca. 10.000 kr. til én ekstra udsugningsenhed ved rente på 4 %.

Tabel 3. Gennemsnitligt elforbrug per produceret gris over afprøvningsperioden.

| Periode 1 | Kontrolsektion (4 stk. DA-600-3 og Multistep) | Forsøgssektion (3 stk. LPC-12 og Dynamic multistep) |
|---------------------------------------|--|--|
| Elforbrug, kWh/ produceret slagtesvin | 5,2 | 3,6 |
| Reduktion i forhold til multistep, % | - | 31 % |
| Periode 2 | Kontrolsektion (4 stk. DA-600-3 og Multistep) | Forsøgssektion (4 stk. LPC-11 og Dynamic multistep) |
| Elforbrug, kWh/ produceret slagtesvin | 5,3 | 2,9 |
| Reduktion i forhold til multistep, % | - | 46 % |

Tidligere blev det i notat nr. 1231 [1] simuleret, at det forventede energiforbrug på årsbasis var 43 % lavere fra en slagtesvinestald med delvist fast gulv ved anvendelse af reguleringsprincippet Dynamic Multistep og tre stk. DA600-LPC12 ventilatorer i forhold til Multistep og fire stk. DA600-3 ventilatorer. Denne reduktion er større end hvad der konkret blev målt i denne afprøvning, hvilket skyldes, at temperaturreferencen fra simuleringsprogrammet Staldvent var forskellig fra de aktuelle temperaturer i afprøvningsperioden. I appendiks A3 kan det ses, at middeltemperaturen er lavere i referencen TryRef i forhold til måleperioden. Som tidligere beskrevet er besparelsen ved LPC og Dynamic multistep størst ved lavere temperaturer, hvilket forklarer den større besparelse i simuleringen i forhold til aktuelle målinger.

Konklusion

Afprøvningen viste, at elforbruget pr. produceret slagtesvin gennemsnitlig var 5,3 kWh ved anvendelse af SKOVs Multistep anlæg i forhold til 2,9 kWh ved anvendelse af Dynamic Multistep anlæg med fire strømbesparende jævnstrømsmotorer svarende til en reduktion på 46 %. Ved sammenligning af et Multistep anlæg med Dynamic Multistep med kun tre strømbesparende ventilatorer blev elforbruget reduceret fra 5,2 kWh til 3,6 kWh svarende til 31 %. Energibesparelsen ved brug af fire udsugningsenheder i forhold til tre enheder kan i den konkrete case betale en investeringsomkostning på ca. 10.000 kr. til én ekstra udsugningsenhed.

Referencer

- [1] Riis, A.L., E. Damsted & P. Hansen, 2012. Simulering af energiforbrug for Dynamic Multistep i kombination med LPC-ventilatorer fra SKOV A/S. Notat nr.1231, SEGES Videncenter for Svineproduktion.
- [2] Danmarks Meteorologiske Institut, <https://www.dmi.dk/vejr/arkiver/vejrarkiv/>

Deltagere

Sally B. Josefsen, SEGES Svineproduktion

Hans Peter Thomsen, SEGES Svineproduktion

Peter Hansen, SEGES Svineproduktion

Thomas Ladegaard Jensen, SKOV A/S

Afprøvning nr. 1239

Aktivitetsnr.: 060-330131

//ANR - KMY//

Appendiks 1

Tabel A.1. Indstilling af ventilationsanlægget i både kontrol-og forsøgssektion.

| Dag | Ønsket temperatur, °C | Temperatur for varmetilsætning, °C | Min. ventilationsydelse, m ³ /time | Relativ luftfugtighed, % | Udetemperatur for åbning af loftventiler, °C |
|------------|-----------------------|------------------------------------|---|--------------------------|--|
| 1 | 21 | 21 | 7 | 65 | 19 |
| 2 | 20 | 20 | 7 | 70 | |
| 7 | 20 | 18,5 | 8 | 70 | |
| 14 | 19 | 18 | 9 | 70 | |
| 21 | 18 | 17 | 10 | 75 | |
| 42 - slagt | 18 | 16 | 15 | 75 | |

Appendiks 2

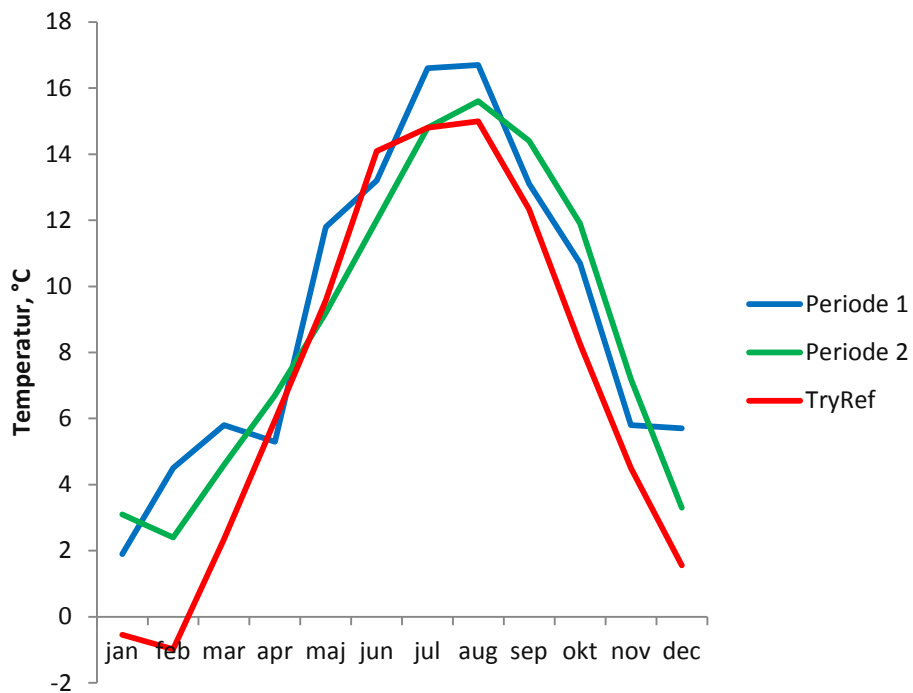


Figur A.2.1. Stiindretning.



Figur A.2.2. Staldindretning

Appendiks 3



Figur A.3. - Sammenligning af månedsgennemsnit over udetemperaturer målt af DMI [2] i afprøvningsperioden sammenlignet med referencen TryRef fra simuleringprogrammet StaldVent.



Tlf.: 33 39 45 00

vsp-info@seges.dk

Ophavsretten tilhører SEGES. Informationerne fra denne hjemmeside må anvendes i anden sammenhæng med kildeangivelse.

Ansvar: Informationerne på denne side er af generel karakter og søger ikke at løse individuelle eller konkrete rådgivningsbehov.

SEGES er således i intet tilfælde ansvarlig for tab, direkte såvel som indirekte, som brugere måtte lide ved at anvende de indlagte informationer.