

Slutrapport: Minskade energikostnader inom grisproduktionen; pilotstudier och studieresa (projnr. V0550053)

Jos Botermans, JBT/SLU, Alnarp
Knut-Håkan Jeppsson, JBT/SLU, Alnarp

Sammanfattning

Energikostnaderna inom grisproduktionen är höga och är den kostnadspost som har ökat relativt mest de senaste 10 åren. Genom att spara 40 % energi skulle man kunna spara 14-17 kronor per producerad integrerad gris samtidigt som man minskar utsläpp av växthusgaser. Syftet med projektet var att studera ventilationssystem som möjligen kan minska energiförbrukningen med 40 %.

Ventilationssystem där man tar in luften via kanaler under stallet studerades under en studieresa i Holland och Belgien. Dessutom gjordes klimatmätningar i ett liknande ventilationssystem i Finland. Fördelen med systemet är att det blir svalare i stallarna på sommaren när det är som varmast (eftermiddagen). Enligt källor från både Holland och Finland, orkar saggor äta mer foder på sommaren och man har betydligt mindre problem med att få saggorna dräktiga under sommaren och sensommaren. De uppgifter som vi fick angående energiförbrukningen i en saggbesättning i Finland (1100 saggor) tyder inte på att energiförbrukningen skulle vara lägre med detta ventilationssystem jämfört med andra ventilationssystem. Att värma upp den inkommande luften från -15°C till $+5^{\circ}\text{C}$ kräver ungefär 120 W vid ett ventilationsbehov av $18\text{ m}^3/\text{h}$ per grisningsbox.

Slutsatsen från studierna i Finland är att tekniken inte gav den energibesparing som påstås och att tekniken inte direkt kan överföras till svenska förhållanden. Om det ska fungera krävs det att man bygger en värmeväxlare mellan den utgående och ingående luften, så att man kan förvärma den inkommande luften under vintertid. Detta krävs för att minska energiförbrukningen under vintertid. Luften måste nämligen vara minst $+5^{\circ}\text{C}$ i kanalerna under stallet för att se till att det inte fryser under stallet. Tekniken måste avprovas innan man kan tillämpa den under praktiska förhållanden i Sverige.

Bakgrund

Energiförbrukningen inom grisproduktionen är hög. Ventilationsfläktar som förser grisarna med ren luft drar mycket el. Uppvärmning av stallar sker oftast med el (värmelampor till smågrisar och tillväxtgrisar, vattenburna värmeelement med el-patron eller varmvattenslingor i golvet kopplade till en värmepump). I vissa fall sker uppvärmning med eldningsolja eller biobränsle. Dessutom används el till utgödsling, utfodring av grisarna och belysning. Den höga energiförbrukningen inom grisproduktionen ger höga energikostnader. En uppskattning av den totala elförbrukningen är 44-53 kWh per producerad gris (smågrisproduktion plus slaktgrisproduktion) i en modern nybyggd grisbesättning (bra isolering, värmepump). Vid en kostnad på 80 öre per kWh (el, nätavgift och abonnemang) innebär det en kostnad på 35-42 kronor per gris. En minskning av elförbrukningen med 40 % skulle innebära en minskning av elkostnaderna med 14-17 kronor per gris (45-55 miljoner kronor för hela Sverige). Energin blir bara dyrare i framtiden och de uppskattade energikostnaderna kommer att öka i framtiden. Därför är det viktigt att det utvecklas teknik som kan minska energiförbrukningen. I detta forskningsprojekt genomfördes en studieresa och gjordes egna mätningar i ett stall med kanaler under stallet.

Material och metoder

Studieresa till Holland och Belgien

Inom forskningsprojektet gjordes en resa till Holland och Belgien för att studera energisnåla ventilationssystem. Vi besökte först en forskningsstation i Sterksel. System till digivande och dräktiga suggor, tillväxtgrisar och slaktgrisar studerades. Sedan besökte vi en grisbesättning i Belgien. Följande personer var med: Oscar Nilsson (LRF-konsult), Bengt Blad (Energimyndigheten), Rebecka Westin (PIG-försök), Tobias Ström (Novab AB), Mats Andersson (JBT-SLU) och Jos Botermans (JBT-SLU).

Mätningar i ett stall i Finland

Under en kall 2-veckors period gjordes mätningar i en suggbesättning i Finland (1100 suggor).

En beskrivning av systemet gjordes. Följande mätningar gjordes i två grisionsavdelningar:

I) Lufttemperaturen (T) och den relativa luftfuktigheten (RF) registrerades var tionde minut under 9 dygn med miniloggrar (Tinytag, Intab) på följande ställen:

- 1) Vid luftintaget innan luften kom in i kanalen (T och RF),
- 2) Vid utloppet innan luften kom in i stallet (T och RF),
- 3) 40 cm över golvet vid tråget (T),
- 4) 1,5 m över golvet i inspektionsgången (T),
- 5) Vid frånluftsfläkten (T och RF).

II) Ammoniak och koldioxid registrerades ca kl. 10.00 och 16.00 på dag 1 och dag 11 i två avdelningar på följande ställen:

- 1) I utloppet (en box per avdelning),
- 2) 10 cm över boxgolvet mellan utloppet och suggan (två boxar per avdelning),
- 3) 1,5 m över golvet (två boxar per avdelning),
- 4) Vid frånluftsfläkten.

III) Lufthastigheten registrerades ca kl. 10.00 och 16.00 på dag 1 och 11 i två avdelningar på följande ställen:

- 1) 10 cm från utloppet i riktning mot smågrishörnan, 40 cm över golvet (två boxar per avdelning),
- 2) 10 cm från utloppet i riktning mot suggan, 35 cm över golvet (två boxar per avdelning),
- 3) 40 cm från utloppet på liggytan till smågrisarna, 1 cm över golvet (två boxar per avdelning),
- 4) 30 cm från utloppet i riktning mot suggan, 10 cm över golvet (två boxar per avdelning).

Resultat

Studieresa till Holland och Belgien

Vi besökte först en forskningsstation i Sterksel. System till digivande och dräktiga suggor, tillväxtgrisar och slaktgrisar studerades. Speciellt mycket information fick vi om ventilationssystem där man tar in luften via kanaler under marken (Bild 1-4). Följande fördelar med ventilationssystem som tar in luft via kanaler under stallet nämndes:

- en bra fördelning av den inkommande luften
- ett enkelt system
- ett effektivt sätt att ventilera
- konditionering av luften (uppvärmning vintertid, nedkylning sommartid)
- enbart 60 % ventilation behövs
- lägre energikostnader

Följande punkter nämndes dock som viktiga:

- man måste kunna hålla bra hygien i kanalerna
- man måste se till att man inte får någon vindpåverkan på luftintaget.

Det presenterades en undersökning som visar hur stor variation det finns i energiförbrukning mellan olika besättningar (ventilation, värme och övrigt). Genomsnittskostnaden var 883 SEK per integrerad sugga. Skillnaden i energikostnader mellan de '25 % besättningarna med lägst energikostnad' och de '25 % besättningarna med högst energikostnad' motsvarade en årsinkomst (Wagenberg, pers. med.). Frågan är hur stor del av dessa högre energikostnader som kunde tjänas tillbaka genom bättre produktion eller lägre arbetskostnader.



Bild 1: Luftintaget



Bild 2: Kanaler under stallet

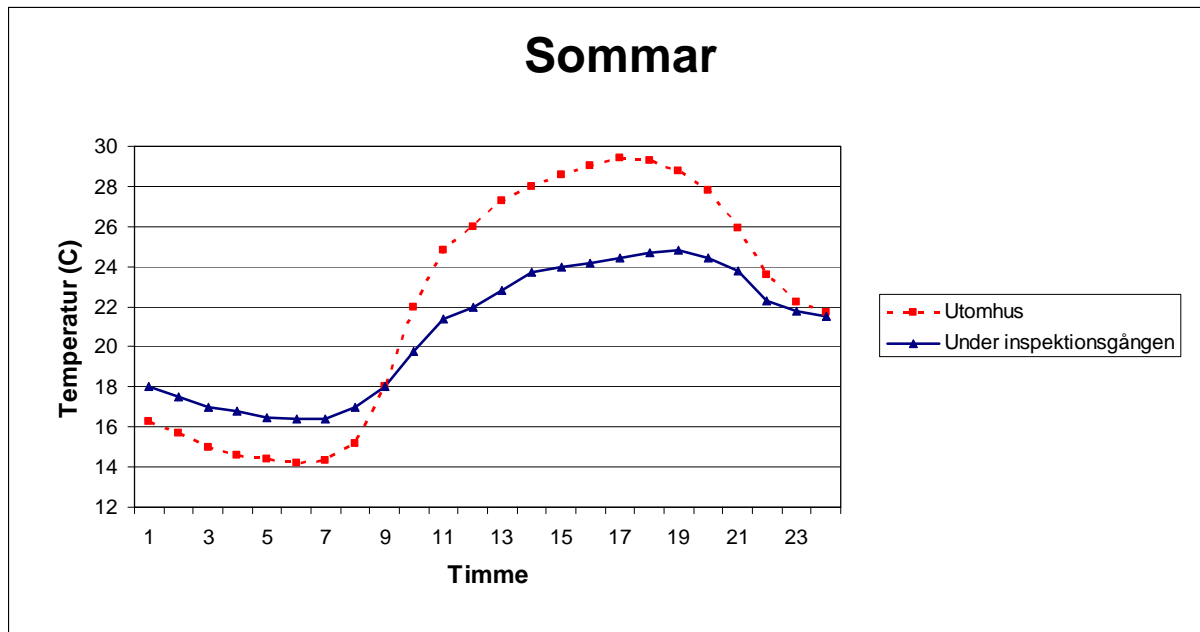


Bild 3: Luftutloppet framför suggan

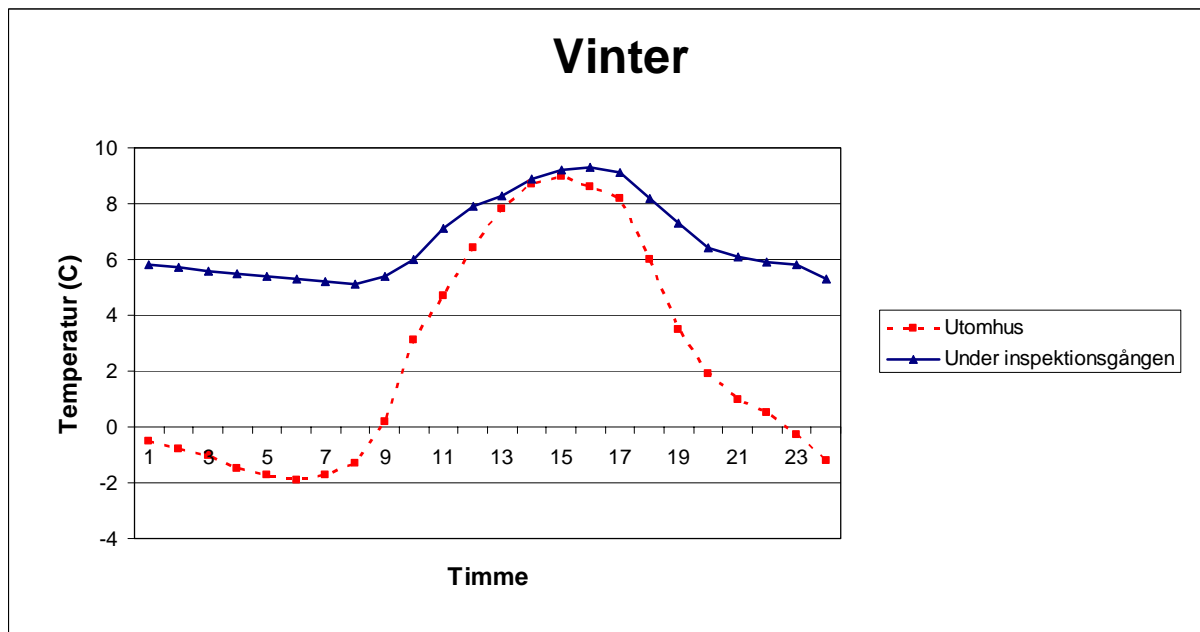


Bild 4: Test med rökgas hos slaktgrisar

Genom att leda luften genom kanaler under marken innan den kommer in i stallet, blir klimatet inomhus jämnare både mellan dygn och inom ett dygn (se Figur 1 och 2). På den varmaste tidpunkten på dagen under en sommardag var den inkommande luften 5-6 °C lägre än temperaturen utomhus. På den kallaste tidpunkten på dagen under en vinterdag var den inkommande luften 6-7 °C högre än temperaturen utomhus.



Figur 1: Lufttemperaturen utomhus och i den inkommande luften under inspektionsgången under en sommardag (Data från van Wagenberg, 2005).



Figur 2: Lufttemperaturen utomhus och i den inkommande luften under inspektionsgången under en vinterdag (Data från van Wagenberg, 2005).

Sedan besökte vi en praktisk grisbesättning i Belgien med 200 sugor i integrerad produktion. I grinsningsavdelningen tog man in luften i kanaler under stallet. Den friska luften fördes sedan upp på skullen (isolerat) och vidare ner genom ett rör (i innertaket) (se bild 5) ovanför varje suggplats. Frånluften togs ut via central avsugning för hela stallet med mätfläktar för varje avdelning. Fläktarna till hela stallet var frekvensstyrda. I övrigt var de andra avdelningarna på

gården försedda med äldre teknik (tilluftstak, bundna suggor, många slaktgrisar och tillväxtgrisar per kvadratmeter stallyta).



Bild 5: Luftintaget ovanför varje sugga

Mätningar i ett stall i Finland

Beskrivning av systemet

Under en kall 2-veckors period gjordes mätningar i en suggbesättning i Finland (1100 suggor). Mätningarna gjordes i två avdelningar (Bild 9). Varje avdelning med 42 grigningsboxar (6 rader med 7 boxar i varje rad) var försedda med 3 luftintag (se bild 6 och 7). Luften kom in via dessa luftintag och leddes sedan under boxarna. Det fanns nämligen ett utrymme på 30 - 40 cm mellan golvet och de glasfiberbehållare som fanns under spalten. Dessa glasfiberbehållare fanns där för att fånga upp gödseln. Vid varje box kom luften in via en öppning (utlopp) på 40 x 40 cm (Bild 8). Utloppet var utformat på ett sådant sätt att den styrde luften mot suggan, genom att kanten var lägre mot suggan.

På sommaren var alla 3 luftintag öppna. På vintern var dock bara ett luftintag öppet. Lufttemperaturen höjdes direkt vid luftintaget till + 5 °C för att grunden inte skulle frysa. Detta gjordes med tre värmeaggregat per avdelning (14,5 kWh per aggregat) drivna med en centralbelägen flispanna. Det fanns en frånluftsfläkt per avdelning. Denna fläkt var försedd med en mätfläkt. Den hade en diameter på 58 cm och en max kapacitet på 9 105 m³/h (217 m³/h per grigningsbox).

I mars 2006 fanns det 3 besättningar med liknande ventilationssystem. Enligt uppgifter från slakteriorganisationen ligger alla dessa 3 besättningar på 24-25 avvanda smågrisar/sugga/år. Under 2006 har det byggts ytterligare 3 besättningar med samma system.



Bild 6: Stallet med luftintag



Bild 7: Ett luftintag

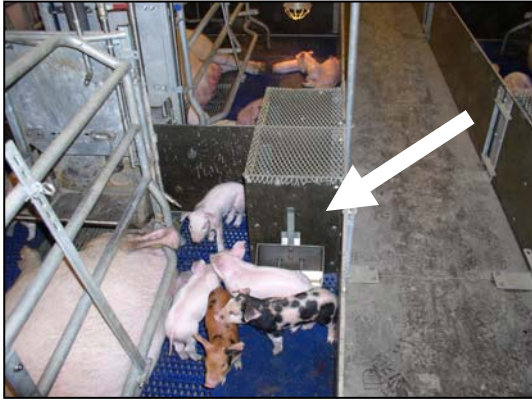


Bild 8: Ett utlopp för luften



Bild 9: En avdelning med 42 boxar

Klimatmätningar

Under mätperioden var det kallt utomhus. Några nätter var temperaturen under -20°C (Figur 3). Trots detta kunde reglersystemet hålla den inkommande luften på $4\text{--}5^{\circ}\text{C}$. Luftfuktigheten utomhus var 82 %. Luftfuktigheten var vid luftutloppet 48 % och vid frånluften 38 %.

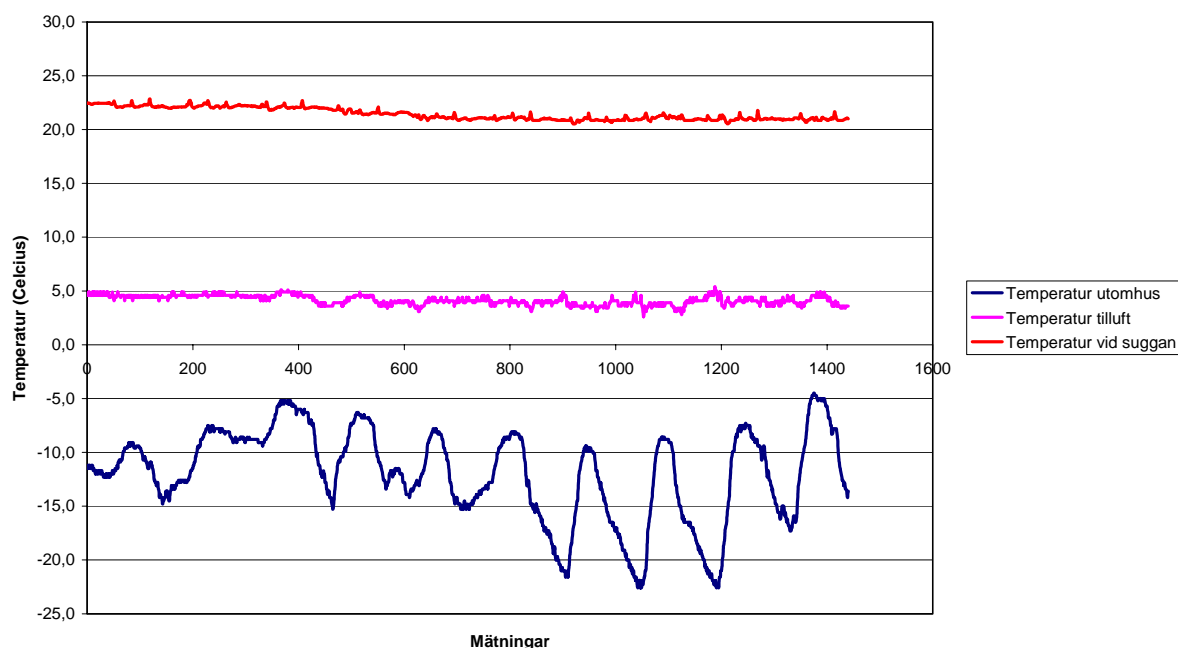
Undertrycket i stallet var 4,5 Pa.

Ammoniakhalterna var något höga (Tabell 1). Detta berodde på att glasfiberbehållarna inte användes som det var planerat från början. Egentligen skulle dessa glasfiberbehållare vara fyllda med vatten under den främsta delen av boxen så att ammonium skulle lösas upp i vattnet och mindre ammoniak skulle släppas ut till stallluften. Besättningen ville minska mängden vatten i gödseln för att minska den totala flytgödselproduktionen på gården. Därför användes inget vatten och glasfiberbehållarna under spalten var fyllda med gödsel i stället.

Koldioxidhalterna var låga och speglar det höga ventilationsflödet under mätperioden (omkring $98\text{ m}^3/\text{h}$ per grisningsbox). De något högre värdena av ammoniak och koldioxid 1,5 m över golvet jämfört med frånluften visar att ventilationseffektiviteten var låg på arbetshöjd (något sämre luftkvalité än frånluften). Däremot var ventilationseffektiviteten hög vid suggan (bättre luftkvalité än frånluften). Koldioxidhalten utomhus var runt 460 ppm ($n=1$) och vid alla luftintag 466 ppm ($n=8$). I vanliga fall brukar koldioxid halten ligga runt 360 ppm. Det var kallt vinterväder och inte mycket vind under observationsdag 1 och 11. Förmodligen stannade en del koldioxid från grisarna kvar runt byggnaderna.

Lufthastigheten var lagom (Tabell 1). På smågrisarnas liggyta var lufthastigheten dock relativt hög (0,25 m/s). Det högst lämpliga värdet anses vara 0,3 m/s. Byggingenjören som hade ritat hela stallet ändrade därför några luftutlopp genom att lägga en skiva på ovansidan. På så sätt gick all luft mot suggan och inget mot smågrisarnas liggyta. Efter denna ändring var lufthastigheten på smågrisarnas liggyta betydligt lägre (0,14 m/s, $n=3$).

Box 67



Figur 3: Lufttemperaturen utomhus, vid utloppet och vid suggan under en kall period (9 dygn). Mätningar var tionde minut.

Tabell 1: Ammoniak, koldioxid och lufthastighet på olika ställen i försöksbesättningen

	Antal observationer	Medelvärde
<i>Ammoniak (ppm)</i>		
I utlopp	8	1,3
10 cm från boxgolvet	16	10,2
1,5 m från golvet	16	17,4
vid frånluften	8	17,1
<i>Koldioxid (ppm)</i>		
I utlopp	8	466
10 cm från boxgolvet	16	1572
1,5 m från golvet	16	1949
vid frånluften	8	1906
<i>Lufthastigheten (m/s)</i>		
10 cm från utloppet, mot smågrishörnan	16	0,23
10 cm från utloppet, mot suggan	16	0,30
40 cm från utloppet, liggytan till smågrisarna	16	0,25
30 cm från utloppet, mot suggan	16	0,13

Energiförbrukningen

Vi fick fakta från besättningsägaren om hur mycket energi som gick åt per år (Tabell 2). Dessa kostnader jämfördes med data från Sverige och Holland. Försöksbesättningen ligger dock i en helt annan klimatzon där energiförbrukningen är högre beroende på de kalla vintrarna. Från denna jämförelse i tabell 2 kan man konstatera att energikostnaderna inte var låga i besättningen. Energikostnaderna måste dock ses i samband med arbetsmiljö och

produktionsresultat. Genom att öka energiförbrukningen kan man i vissa fall få ett bättre produktionsresultat eller kan man indirekt få ett bättre produktionsresultat genom bättre trivsel hos personalen. I försöksbesättningen var t.ex. ljuset i grisningsavdelningen tänt 16 timmar per dygn. Grisningsboxarna var försedda med helpaltgolv med uppvärmda plattor till smågrisarna. Inget arbete krävdes för att gödsla ut. Däremot krävdes en högre rumstemperatur för att ge samma termiska komfort jämfört med smågrisar som går på fast betonggolv och strömedel. Dessutom var smågrislamporna (250 W) tända under de första 2 veckorna efter grisningen. Det ventilerades 98 m³/h i genomsnitt under mätperioden per grisningsbox. Den Svenska normen ligger på 30 m³/h minimum-ventilation per grisningsbox (Svensk Standard, 1992). Enligt beräkningar innebär detta ett extra behov av 650 Watt per grisningsbox. Förklaringen från driftsledningen till att de använde relativt mycket energi för att värma upp och samtidigt ventilerade så mycket var att de ville ha en bra arbetsmiljö för de anställda.

Om man skulle ventilerade med 60 % av Svensk Standard (18 m³/h per grisningsbox) och värma upp den inkommande luften från -15 °C till + 5 °C skulle det kräva omkring 120 W per grisningsbox.

Tabell 2: En jämförelse av årlig energiförbrukning inom smågrisproduktion mellan olika undersökningar. Per sugga.

	Elförbrukning (kWh)	Bränsle	Bränsle i kWh ⁶⁾	Bränsle omräknat till värmepump (kWh) ⁷⁾	Totalt korrigerat (kWh)
Sverige	589-699 ¹⁾	0	0	0	589-699
Sverige	730 ²⁾	0	0	0	730
Sverige	513 ³⁾	0	0	0	513
Holland	190 ⁴⁾	90 m ³ naturgas ⁴⁾	879	176 - 293	366 - 483
Finland	568 ⁵⁾	Flis ⁵⁾	1182 ⁵⁾	236 - 394	804 - 962

1) data från Nilsson och Pålhorstorp (1985)

2) data från Hörndahl (2006)

3) data från egna mätningar i en integrerat besättning med värmepump och mätfläktar, korrigerade med data från Hörndahl (2006)

4) data från Holländska normen (Wagenberg & de Leeuw, 2002)

5) data fått vid gårdsbesök i Finland (årsförbrukning)

6) bruttoenergi där man även räknar in energi i ångan i avgas.

7) beroende på pannans och värmepumpens verkningsgrad, faktor 3 - 5

Diskussion

Nackdelar och beaktande vid kanaler under stallet

Både under studieresan till Holland och Belgien och under studien i Finland uppkom det en del frågor/problem som måste lösas innan man kan tillämpa tekniken att ta in luften under stallet under Svenska förhållanden (se Tabell 3). Sedan är frågan vad det kostar att lösa dessa problem i form av högre byggkostnader. Nästa fråga är då: vilket elpris eller hur stor produktionsförbättring behövs det innan det blir attraktivt att göra dessa extra investeringar? Dessutom är det viktigt att man får en produktion som är stabil (inga stora fluktuationer, inga risker). Det är inte bara nivån på produktionen som är viktigt, utan även ett lågt risktagande.

Tabell 3: Fördelar, nackdelar och beaktande vid ventilationssystem med kanaler under stallet

Fördelar	Nackdelar / beaktande
- Svalare på sommaren	- Hög investeringskostnad (430 kr/kvm)
- Bättre produktion på sommaren	- Hygien (kondens, salmonellasanering)
- Renare boxar ?	- Arbetsmiljö
- Energibesparing ?	- Nödventilation
- 40% lägre kapacitetsbehov vid central luftrensning	- Frostfri grund

I Holland, Belgien och Finland fick de kanalerna under stallet 'på köpet' när de ändå skulle investera i system med låg NH₃ emission (glasfiberbehållare under helspaltgolv). I Sverige behöver vi däremot göra extra investeringar för att skapa dessa kanaler. Enligt beräkningar från Ström (pers. med., 2006) skulle det kosta 675 kr extra per m² stallyta. Dock medför byggnadssättet att markarbete blir enklare och därför kan man dra av cirka 70 kr per m² stallyta. Dessutom krävs inga tilluftsdon och en mindre fläkt som ger en besparing på ungefär 172 kr/m². Detta ger en kostnadsökning på cirka 430 kr/m² (Ström, pers. med., 2006). Detta motsvarar ungefär 3000 kr per grisningsbox och 450 kr per slaktgrisplats. Denna högre investeringskostnad resulterar i högre inhysningskostnader: 300 kr per sugga och 15 kr per producerad gris. Denna högre inhysningskostnad måste tjänas tillbaka genom en bättre produktion, lägre arbetsförbrukning (renare boxar) eller lägre energikostnader.

Hygien i kanalerna måste vara bra. I Holland har de använt tekniken i mer än 10 år och har inte upplevt problem med kondens i kanalerna. Inte heller i Finland har de haft problem med kondens på sommaren. Svenska experter menar dock att risken finns för kondens på våren och försommaren (Ehlermark, pers. med., 2006). Detta för att väggarna i den underjordiska kanalväggen är kallare än den inkommande fuktiga luften. Viktigt i detta sammanhang är då att ha tillräckligt luftflöde genom kanalen så att väggen nästan har samma temperatur som lufttemperaturen. Dessutom kan det vara viktigt att välja byggnadsmaterial som inte suger åt sig fukt, som torkar fort och som är lätt att desinfektera (t.ex. boxväggfärg). Detta kan också vara viktigt i samband med möjligheten för att sanera mot salmonella. För att kunna sanera kanalerna måste de vara minst 1,2 m djupa. Sprickorna mellan gödselkanalen och luftkanalen måste vara helt täta så att ingen gödsel kan läcka till luftkanalen. Luftkanalerna måste ha ett avloppssystem. Ett järngaller (där luften kommer in i avdelningen), som går att lyfta upp, måste täcka inspektionsgången. På så sätt kan man lätt inspektera och göra rent i kanalerna.

Vid besöket i Holland tyckte vi att luftkvalitén för djurskötare var för dålig (uppskattning utan mätningar: 20-25 ppm NH₃). Vi fick svaret att luften inte var sämre än i avdelningar med andra ventilationssystem. Man har mellan 16 och 18 % råprotein i fodret i Holland vilket ger en högre ammoniakavgång. I Finland uppmätte vi relativt höga halter av ammoniak. Funktionen av ventilationsystemet gör att luftkvalitén på 1,5 m höjd är sämre än i ett ventilationssystem med tilluftsdon. För det första ventilerar man bara 60 % när man har grundkanaler jämfört med 100 % vid tilluftsdon. För det andra är luftkvalitén för djurskötaren ungefär densamma som för den utgående luften (ventilationseffektivitet = 1). I system med tilluftsdon faller mer frisk luft ned i inspektionsgången (ventilationseffektivitet > 1). Därför blir det ännu viktigare att ha rena boxar, rena grisar och låg ammoniakavgång från gödselgången när man vill ha ventilation med grundkanaler. Möjligen kan avsugning av gödselgaser under spalten vara en lösning.

En annan punkt som kräver uppmärksamhet är vad som händer vid strömavbrott. Enligt den holländska forskaren är system med kanaler under marken bättre än andra system eftersom man utnyttjar skorstenseffekten bättre. Vår egen kommentar är dock att samtidigt är tilluften och frånluften enbart dimensionerad för 60 % av mängden i andra system. Den holländska forskaren menade att, oavsett ventilationssystem, behöver man ha extra luckor som öppnas automatiskt när klimatet blir för dåligt (nödventilation).

Ett annat problem är att grunden under stallet inte får frysa. För grisningsstallar och tillväxtstallar kan det lösas genom att värma luften till 5 °C. För slaktsvin blir detta bara bortkastade pengar i och med man i vanliga system med tilluftsdon nästan aldrig behöver tillsätta extra värme. Marktemperaturen i Sverige är bara 5 °C vilket betyder att man inte får någon energiöverföring från marken till luft som redan är uppvärmd till 5 °C. Då faller hela tanken med att värma luft under stallet under vintertid. I Holland är marktemperaturen högre (omkring 9 °C) och vintrarna är mildare och då är det lättare att utnyttja denna teknik. Att värma upp all luft till 5 °C kommer att bli kostsam. En värmeväxlare som återvinner energi från frånluften eller en värmeväxlare som tar energi från marken kan vara en lösning för detta ändamål.

Fördelar med kanaler under stallet

Alla ställen som vi besökte nämnde det bättre klimatet på sommaren som den största fördelen med systemet. Digivande suggor orkar äta mer foder, producerar mer di och kommer lättare i brunst under sensommaren. Även i betäckningsavdelningen leder systemet till bättre resultat. Bättre hälsa hos slaktgrisar nämndes också (Hoofs, 2005, pers. med.). Ett jämnare klimat (inga extremt höga och låga lufttemperaturer) kan möjligen leda till en bättre boxfunktion och renare boxar. Renare boxar skulle i så fall leda till en lägre arbetsförbrukning och på så sätt lägre produktionskostnader.

En annan fördel som förknippas med systemet är att 40 % mindre mängd luft behöver renas om det kommer att bli nödvändigt att leda den genom system för luftrening. Den energibesparing som man har hittat i några utländska undersökningar kunde vi inte visa i våra egna studier i Finland. Fördelen med att spara 40 % energi genom användning av kanaler under stallet finns möjligen, men då måste systemet dock anpassas.

Publikationer och övrig resultatförmedling till näringen

Resultatet av projektet presenterades på Alnarps grisdag den 11 januari 2007 (Botermans, J & Jeppsson, K-H, 2007, Effektiv energianvändning i grisstallar, Alnarps grisdag 2007: Effektivitet i grisproduktionen - Energi och produktion, Alnarp, sida 17-31) med över 150 deltagare. Dessutom presenterades en del resultat i 'Svensk Gris med Knorr' (2007, Nr 2, sida 8-11). Det kommer att undersökas om delar av projektet kan publiceras som PIG-rapport (kontakter med Barbro Mattsson).

Finansiering av projektet

Projektet genomfördes med medel från Stiftelsen Lantbruksforskning (SLF) och Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien (SLO-fonden). Vi vill tacka Markku Puumala (LSO FOODS OY) och ägarna till den finska smågrisbesättningen för att de gav oss möjlighet att göra mätningarna i deras stallar.