



Examensarbete inom Lantmästarprogrammet

VAD KAN MAN GÖRA FÖR ATT MINSKA ENERGIÅTGÅNGEN VID MJÖLKNINGSARBETET?

HOW CAN YOU REDUCE THE ENERGY CONSUMPTION IN MILK PRODUCTION?

Magnus Lindgren

**Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för Landskap, trädgård och jordbruk**

Alnarp 2007

FÖRORD

Lantmästarprogrammet är en tvåårig högskoleutbildning vilken omfattar 120 hp. En av de obligatoriska delarna i denna är att genomföra ett eget arbete som ska presenteras med en skriftlig rapport och ett seminarium. Detta arbete kan t ex ha formen av ett mindre försök som utvärderas eller en sammanställning av litteratur vilken analyseras. Arbetsinsatsen ska motsvara minst 5 veckors heltidsstudier (7,5 hp).

Jag är själv intresserad av mjölkproduktion och med dagens högteknologiska teknik ökar energiförbrukningen. Marginalerna är små med dagens mjölkpris och lönsamheten är idag hårt pressad. Därför valde jag att göra detta arbete om hur man kan minska energiåtgången i mjölkproduktionen. Idén till arbetet kom ifrån min examinator.

Ett varmt tack riktas till Björn Johansson produktchef på DeLaval.

Universitetsadjunkt Torsten Hörndahl har varit handledare och examinator.

Alnarp, oktober 2007

Magnus Lindgren

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	1
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	2
SAMMANFATTNING	3
SUMMARY	4
INLEDNING	5
BAKGRUND	5
FRÅGESTÄLLNING	5
MÅL, SYFTE	5
AVGRÄNSNING	5
LITTERATURSTUDIE	6
MJÖLKTEKNIK	6
<i>Mjölkningsmaskinen</i>	6
<i>Automatisk Mjölkning</i>	7
<i>Vakuumpump</i>	8
MJÖLKKVALITÉ	9
KYLNING	10
<i>Kylteknik</i>	10
<i>Mjölkkyltank</i>	11
<i>Värmeåtervinning</i>	11
<i>För-kylning</i>	12
<i>Direktkylning</i>	13
DISKNING	13
MATERIAL Och METOD	15
RESULTAT	16
FREKVENSTYRDA VAKUUMPUPAR	16
VÄRMEÅTERVINNING	16
DISKUSSION	18
MJÖLKTEKNIK	18
<i>Vakuumpumpar</i>	18
KYLNING	18
<i>Värmeåtervinning</i>	18
<i>Direktkylning</i>	19
<i>Vattenåtervinning</i>	19
SLUTSATSER	20
REFERENSER	21
SKRIFTLIGA	21
BILAGOR	22

SAMMANFATTNING

Lönsamheten i dagens mjölkproduktion är hårt pressad. Mjölkspriset har inte följt med kostnadsutvecklingen. Dagens högteknologiska mjölkproduktion förbrukar mycket energi. Ungefär 40 - 50 % av energiåtgången står mjölkningen för. De största förbrukarna av energin är, vakuumpump, kylaggregat, varmvattenberedare och automatiska disksystem. De står i nämnd ordning störst till minst. I denna studie har jag tagit upp olika åtgärder för att kunna reducera energiåtgången. Den största besparingen kan göras genom att installera frekvenstyrda vakuumpumpar ca 60 % av energiförbrukningen minskar i automatiska mjölkningssystem och i konventionella mjölkningssystem minskar energiförbrukningen bara 30 – 50 %. Den näst största besparingen är att minska energiåtgången vid kylning av mjölken, det kan göras på tre olika sätt med olika mycket besparing. Värmeåtervinning av värmen vid kylaggregatet, förkylning av mjölken och direktkylning. Vid diskningen har jag inte hittat något bra besparingsalternativ förutom vattenåtervinning. Det ger en miljöbesparing men ingen ekonomisk besparing. Så de viktigaste åtgärderna man kan göra är att installera en frekvenstyrd vakuumpump och minska energiförbrukningen vid kylningen av mjölken. Men hur mycket energi som kan sparas beror på besättningsstorleken och mjölkningsteknik. Slutsatsen jag kan göra av detta arbete är att investering i en frekvenstyrd vakuumpump ger störst besparing i ett automatiskt mjölkningssystem eller stora besättningar.

SUMMARY

The profitability in today's milk production is very pressed. The milk price has not followed the cost for the operation. The farms is today equipped with more machines that use energy. About 40 - 50 % off the energy consumption on the farm is from the milking. The purpose with this study is to find new technology that can reduce the energy consumption. The greatest energy consumers are vacuum pump, compressor, water heater and automatic cleaning units. In this study I have take up ways to reduce the energy consumption. The greatest savings is to install a frequency controlled vacuum pump. In an automatic milking system you can save up to 60 % off the energy consumption. But in a conventional milking system you only can save 30 -50 % off the energy consumption. The second biggest savings is to reduce the energy needed for cooling off the milk. This you can do in three ways, heat recovery off the heat from the compressor, precooling, and instant cooling. For the water heater is the best savings to use heat recovery systems when you cooling the milk. For the washing I don't have found any way to reduce the energy consumption. But you can use water recycling but it don't gives any economics savings but it is good for the environment. So my conclusion is that you can save a lot of energy when you install a frequency controlled vacuum pump and one or combined systems to reduce the energy consumption for cooling of the milk. But how much energy you can save is depended off herd size and milking system.

The conclusion I can make of this study is that investment in a frequency controlled vacuum pump gives biggest savings in automatic milking system or larger herds. In small herds it gives less savings because shorter running time.

INLEDNING

BAKGRUND

Lönsamheten i mjölkproduktion är idag hårt pressad. Mjölkspriset har de senaste åren sjunkit och inte följt med kostnadsutvecklingen. Kostnaderna för foder, arbete, byggnader och drift ökar. Driftkostnaderna för energi kan delas in i tre stora huvuddelar mjölkning, utfodring och belysning. Varav att driftskostnaderna för mjölkning är ca 40 - 50 % av energiförbrukningen gör det intressant att titta på olika åtgärder. Nu har system för automatisk mjölkning börjat komma och många av de systemen ökar förbrukningen av energi. Kan man då använda olika system som minskar energiåtgången kan man slå två flugor i en smäll. Man får lägre driftskostnader och gör miljön en tjänst.

FRÅGESTÄLLNING

Vilka tekniska lösningar finns för att minska energiåtgången?
Finns det några andra sätt att spara energi på?
Hur fungerar det praktiskt?
Är det lönsamt att göra en investering i sådan utrustning?

MÅL, SYFTE

Målet med studien är att ta reda på vilka olika tekniska lösningar som finns för att minska energiförbrukningen i de olika systemen för konventionell mjölkning och automatisk mjölkning. Samt att försöka svara på vad som blir lönsamt, investering i energibesparande system eller inte.

AVGRÄNSNING

Jag har valt att begränsa mitt arbete till de delar jag anser hör till själva mjölkningsarbetet. Kylning av mjölken, rengöring av utrustning och vakuumpumpar. Litteraturstudien kommer att ge lite bakgrundsfakta för läsaren om ämnet men jag förutsätter att läsaren har lite kunskap om mjölkproduktionens facktermer.

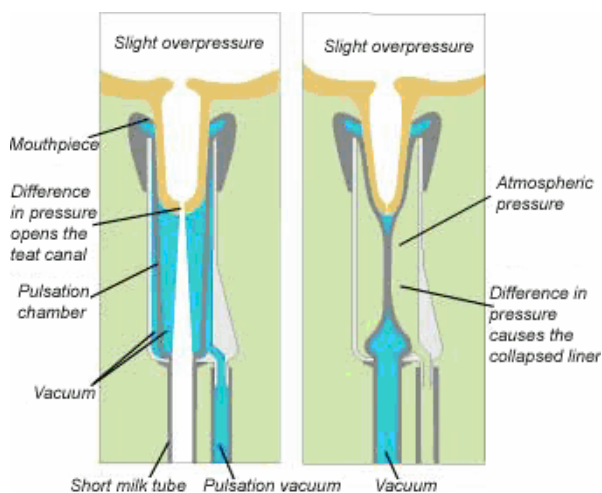
LITTERATURSTUDIE

MJÖLKTEKNIK

Idag finns det två olika system för att bedriva mjölkproduktion, uppbundna respektive lösgående kor. Trenden går mot allt större och mer rationellare besättningar i lösdrift. Vid system med uppbundna kor mjölkas korna på sin plats och mjölken leds till mjölkkrummet genom en ledning för lagring i en tank. Vid lösdrift flyttas korna till mjölkningsplatsen och de olika typer av mjölkningsplats som finns är mjölkningsgrop, karusell och automatisk mjölkning. Gemensamt för dem är att man använder mjölkningsmaskiner som använder pulsatorer och att de drivs av vakuum och elektricitet (Sällvik. och Dolby, 2007). Mjölknigen kan delas in i tre olika faser, förstimulering av juvret, mjölkningsfas och efterstimulering (Hörndahl, 2007).

Mjölkningsmaskinen

Mjölkningsmaskinen består av en central med fyra tvåkammarsspenkoppar (var och en består av en hylsa med ett spengummi i och en kort pulseringsslang se figur 1), en pulsator, en flödesindikator som växlar mellan hög och låg vakuum, mjölkslangar som leder mjölken till mjölkledningen och pulseringsslangar. I tvåkammarspennkoppen sugs mjölken ut genom skillnad i tryck mellan juvrets innervägg och yttervägg. Om spenen påverkas av konstant sugning ansamlas blod och lymfvätska i spenen. För att eliminera detta är mjölkningsmaskinen konstruerad så att sugningen avbryts med jämna mellanrum. Detta görs genom att öppna och stänga spengummit med hjälp av en pulsator. Pulsatorn gör så att det uppstår en skillnad i tryck mellan metallkoppen och spengummit genom att vakuumnivån ändras. Pulsationshastigheten ligger mellan 40 - 160 pulseringar per minut beroende på vilken inställning man valt (antalet öppningar och stängningar av spengummit). Under en mjölkningscykel kan man även ställa in hur mycket av tiden som spengummit skall vara öppet. (Delaval, 2007a).



Figur 1, Tvåkammarspennkoppens funktion (Delaval, 2007a)

Spengummi

Spengummit är den enda del som har direkt kontakt med spenen och utförandet av den är mycket viktig för att optimera mjölkningen. Resultat från jämförande prov visar att spengummiutförandet vanligtvis påverkar mjölkningsförhållandet mer än samtliga andra komponenter tillsammans. Spengummiutförandet kan påverka sådana funktioner som luftinsläpp, mjölkningstid, spenbehandling och juverhälsa. Spengummit måste vara konstruerat så att förbindelsen i båda ändar är lufttät och försedda med en cylindrisk del som passar spenen. Det är viktigt att notera att om spengummit är för kort kommer den cylindriska delen inte att ha tillräckligt utrymme för att stänga till under spenspetsen vilket har till följd att mjölkningen blir ineffektiv. Men däremot om utrymmet blir för stort finns det en tendens att spengummit lossnar. Spengummit måste tillverkas för att klara stora påfrestningar. Det pulserar en gång varje sekund samtidigt som det sträcks ut så mycket som 20 % eller mera över den ursprungliga längden. Därför rekommenderas regelbundet utbyte av spengummit för att garantera optimal elasticitet (Delaval, 2007a).

Pulseringscykeln

Pulseringscykeln kan delas in i fyra faser, öppningsfasen, mjölkningsfasen, stängningsfasen och massagefasen. Under öppningsfasen öppnas spenkanalen och mjölk börjar rinna ut från juvret genom spenen. Moderna mjölkmaskiner tillämpar flödeskontrollerad mjölkning och sänker vakuumnivån och pulseringshastigheten under denna fas. Under mjölkningsfasen höjs vakuumnivån och pulseringshastigheten och mjölken sugts ut ur juvret. Under stängningsfasen sänks vakuumnivån och pulseringshastigheten. Under massagefasen stängs spenkanalen och denna fas bör vara 15 % av pulseringscykeln för att förbättra juverhälsan. Vakuumnivån i anläggningen ligger på 50 kPa vid högt liggande ledning (rörmjölkning) och 42 kPa vid lågt liggande ledning (mjölkgrup). (Delaval, 2007a).

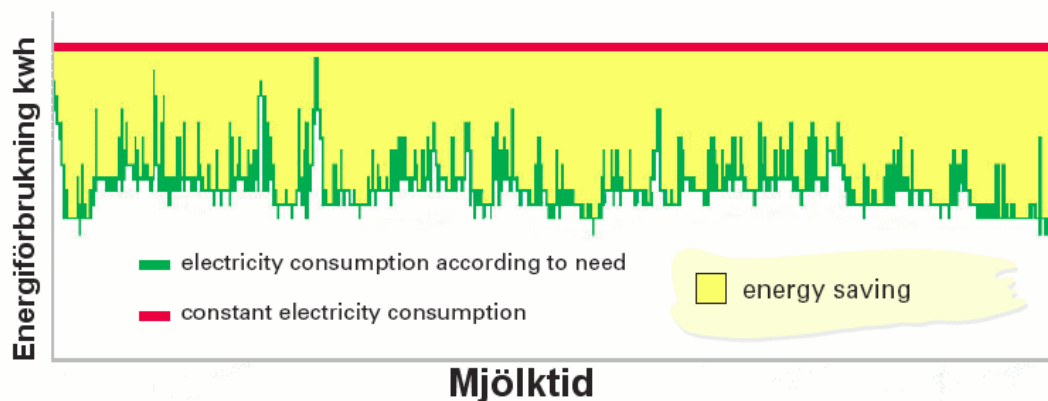
Automatisk Mjölkning

På senare år har utvecklingen av automatiska mjölkningssystem (AMS) tagit fart. Detta för att slippa ifrån det tunga och slitiga jobbet med mjölkningen. Sedan den första automatiska mjölkningsboxen installerades 1992 har det hänt en hel del. 1998 började systemet bli mer känt och sedan dess har utvecklingen tagit fart. Med denna teknik har man gått från att mjölka två gånger per dygn till att mjölka 24 h om dygnet. Detta gör att energiförbrukningen på gården ökar. Man har en box som kon går in i där en robotarm sköter mjölkningen automatiskt. Varje box kan klara att mjölka ca 60 kor per dygn med ett mjölkorgan. Mjölkningsfrekvensen ökar vid övergången till ett automatiskt system, 2,5 till 3 mjölkningar per ko och dag. Detta pga. att kon frivilligt kan välja när på dygnet hon vill bli mjölkad. Lely var först med att utveckla automatiska mjölkningssystem och deras robotarm sitter hela tiden kvar under kon och det gör den snabbare med rengöring och påsättning av spenkoppar. Lelys robot Astronaut A3 förbrukar mindre energi genom att de är utrustade med frekvenstyrda vakuumpumpar och mindre mängd diskvatten. DeLavals VMS fungerar lite annorlunda den kan mjölka varje juverdel separat. DeLavals robotarm var fram tills 2005 tryckluftdriven men pga. att den var instabil efter några års drift och därför utvecklades en hydraulisk driven arm som är något snabbare. Den förbrukar något mindre energi. Sedan har även VMS 2007 ett nytt driftsprogram som styr de olika komponenterna, vakuumpump, kyltank, diskning av kyltank, diskning av mjölkningsutrustningen, sköljning av golvet och sköljning av spenkopparna mellan varje ko. VMS 2007 är helt

monterad och klar när den kommer till gården, det gör att den går snabbare att installera än de gamla modellerna. De monterades innan delvis på gården och fördelen är att alla komponenter är integrerade med varandra (Mejjering, Hogengeveen, de Koning, 2004).

Vakuumpump

Man kan säga att vakuumpumpen är själva hjärtat i mjölkningsanläggningen. Den driver mjölkningsmaskinen, transporterar mjölken till lagringstanken och sköter cirkuleringen av diskvatten. Konventionella vakuumpumpar är dimensionerade efter den högsta förväntade förbrukningen som kan uppstå (figur 2 den gröna linjen). Detta inträffar inte mer än ungefär 1 % av tiden. Denna pump ger ett konstant flöde av vakuum och den regleras genom att luft släpps in i systemet med en regulator. Detta innebär att pumpen går hela tiden på max och förbrukar konstant lika mycket energi (figur två röda linjen) under hela mjölkningen. Den totala energiförbrukningen varierar mycket beroende på hur många organ som används, och t.ex. om en ko sparkar av och släpper in luft i systemet. Därför har en ny typ av vakuumpump med frekvensstyrning utvecklats. Istället för att regulatören släpper in luft sänker den hastigheten på pumpen och genom detta förbrukas mindre energi. Därmed kan man spara energin som åtgår i det gula fältet (figur 2). Upp till 60 % av energin som en traditionell vakuumpump utan frekvensstyrning kan sparas vid automatisk mjölkning. Vid konventionell mjölkning kan bara 40 % - 50 % av energin sparas. Men det är viktigt att man inte överdimensionerar en vakuumpump som skall frekvensstyras. Risken finns då att den går för långsamt, regulatören måste då användas och släppa in luft istället. En mycket mindre energibesparing kan då ske (Westfalia, 2007).



Figur 2, Energiförbrukning hos en vakuumpump (Westfalia, 2007)

MJÖLKKVALITÉ

Mjölkkvalité regleras genom EU-direktiv, lagstiftning och olika branchbestämmelser. EU- direktivet syftar till att utveckla branschen och skydda folkhälsan. De olika mejerierna ställer olika krav på mjölkråvaran som har betydelse för det ekonomiska utfallet. I EU- direktivet ställs det krav på produktionsplatsen, på djurhälsan och hygien. De svenska myndighetskraven utgår ifrån EU- direktivet och att produktionsplatsen skall synas av en distriktsveterinär minst vartannat år. De krav mejerierna har är, bakteriehalt, celltal, syrningshämmande ämnen, fryspunkt, lukt och smak, förekomst av sporer, fetthalt och proteinhalt. Normal mjölk innehåller 100 – 1000 bakterier per ml. Höga bakteriemängder uppstår då mjölken förorenats på spenarna, pga diskproblem eller när mjölken lagrats dåligt. Fryspunkten mäts för att kolla att mjölken har normal sammansättning och att vatteninblandning inte skett. Problem med vatteninblandning är ofta förknippat med diskproblem.

Mejerierna kontrollerar mjölkråvaran för 2 olika sorters sporer, *Bacillus cereus* och *Klostridier*. *Klostridier* kommer från feljäst ensilage som koncentreras i gödseln och som i sin tur smutsar ned spenarna. Sporererna ger en försämrad ostkvalité. *Bacillus Cereus* är en aerob sporbildande bakterie som vanligen finns i jord. Den växer i temperaturer över +5 °C och förkortar hållbarheten hos konsumtionsmjölk. Den kallas också ibland för ”sommarsporer” pga. att juvret exponeras mer för jord sommartid (Sällvik och Dolby, 2006).

Arlafoods har utformat kvalitetsprogrammet Arlagården som skall följas av producenterna för att kvalitén på konsumtionsmjölken skall bli den konsumenterna efterfrågar. En av de viktigaste punkterna i kvalitetsprogrammet är punkt 6.3.2 som säger ”att mjölken skall börja kylas ned senast 45 minuter efter att första mjölkningen efter hämtning startat” (Arla Foods, 2006). Sedan enligt en annan punkt 6.3.3 som säger ” att mjölken skall vara nedkyld till 4 °C senast 2 timmar efter att mjölkningen är avslutad” (Arla Foods, 2006). Använder man automatiska mjölkningssystem tillåts mjölkens temperatur att överstiga 4 °C maximalt 2 timmar under en sammanhängande period. Detta görs för att öka hållbarheten hos mjölken genom att bakterier och mikroorganismer inte trivs i en låg temperatur.

En annan viktig punkt är också 3.3.6 vilken säger att diskanläggningen är väl dimensionerad samt att typ och mängd av diskmedel är doserat så att ett fullgott diskningsresultat uppnås. Att diska rätt är nödvändigt för att förhindra att bakterier växer i mjölk tanken och mjölkninganläggningen. En ljummen försköljning tar bort 95 % av mjölkresterna, så att diskmedlet kan fungera bra. Under diskningen är det viktigt med tillräckligt hög temperatur, rätt doserat diskmedel, tillräcklig vattenmängd och flöde så att anläggningen blir ren. Varmvattenberedaren bör ge 85 - 90 °C för att varmvattnet under diskningen skall hålla minst 60 - 70 °C under diskningen. Anläggningen måste sköljas efteråt och en bra diskning avslutas då diskvattnet fortfarande inte understiger 42 °C.

KYLNING

Varför skall man kyla mjölken?

Ur det historiska perspektivet har vi gått från att varje individ har varit självförsörjande tills dess att industrialiseringen kom. I och med det producerar gårdarna mer än vad man kan använda själv. Mjölken som kommer ur kons juver håller 35 °C och den måste snabbt kylas ned för att kunna lagras fram tills tankbilen kommer och hämtar mjölken. Detta görs för att bevara mjölkens hygieniska sammansättning. Bakterier och mikroorganismer trivs inte i låga temperaturer. Det är inte den enda anledningen att kyla mjölken, fett i mjölken härsknar vid lagring i högre temperaturer. Det ger lukt- och smakproblem med mjölken. Mjölken lagras på moderna gårdar i stora kyltankar fram tills hämtning sker (Delaval, 2007b).

Beroende på vilket system som används för mjölkning så har man olika lång tid på sig för att kyla mjölken. De system som används i dagsläget är manuell och automatisk mjölkning. Vid manuell mjölkning mjölkas alla kor på en och samma gång 2-3 ggr om dagen. Vid automatisk mjölkning mjölkas korna under hela dygnet av en robot. Vid manuell mjölkning får man två toppar med mjölk som skall kylas ned varje dag vid mjölkning 2 gånger om dagen. Vid automatisk mjölkning så kommer det ett konstant flöde mjölk hela tiden. Till detta krävs kylanläggningar som kan klara dessa olika krav. Till detta åtgår en hel del energi och det finns olika sätt att spara denna energi på (Delaval, 2007b).

Kylteknik

Det har under årens lopp utvecklats olika teknik för att kyla. En grundregel att komma ihåg är att materia kan förekomma i tre olika former, fast, flytande och gas. När en vätska skall gå från fast till flytande form går det åt stora mängder energi, likadant vid övergång från flytande form och till gas. De första kylsystemen utnyttjade vatten som kylmedium. Innan lagring av mjölk började ske i mjölktankar användes mjölkflaskor som rymde 50 liter per flaska. Dessa kunde man kyla med hjälp av kallt vatten, man sänkte ned dem i vattenbassänger. På så vis överförs värmen i mjölken till vattnet. Men det krävs att vattnet byts ut med jämna mellanrum för att vattnet måste hålla lägre temperatur än mjölken om kylning skall ske. Man kan på det viset kyla ned mjölken till vattnets temperatur. För att effektivisera kylningen började man använda is istället. Det åtgår mer energi när isen skall gå från fast till flytande form. Man lagrade isen från vintern till sommaren (Delaval). Dagens moderna system använder sig istället av kompressorkyltekniken. Med den tekniken kan man flytta värme från ett ställe till ett annat och den drivs av elektricitet. Den består av fyra huvuddelar, förångare, kompressor, kondensor och strypanordning. När köldmediumet förångas åtgår det värme som tas ifrån det som skall kylas ned. På så vis kommer värmen ut ur mjölktanken. Kompressorn suger upp ångan och där komprimeras ångan till ett högre tryck och går vidare till kondensorn. I kondensorn återgår köldmediumet till vätskeform. Vid detta förlopp frigörs värme som måste bortföras. Det görs vanligen med luftkylning (Sjögren, m.fl. 1993).

Mjölkkyltank

Mjölkkyltanken består av en innetank och en yttertank gjord i rostfritt stål (Figur 3). I mellanrummet mellan de båda tankarna går det rör som innehåller ett köldmedium. Resten av utrymmet är fyllt med isolering. Köldmediet pumpas runt med hjälp av en kompressor och tar med sig värme ur tanken. Köldmediet är i vätskeform när det går in i tanken och när det kommer ur tanken är det förångat. Detta för att kunna transportera mer värme. I kylaggregatet sitter en kondensator som tar emot det varma köldmediet. Den omvandlar där det förångade köldmediet till vätska igen med hjälp av luftkylning. Fläktarna och pumparna drivs vanligtvis med elektricitet (Delaval, 2007b).



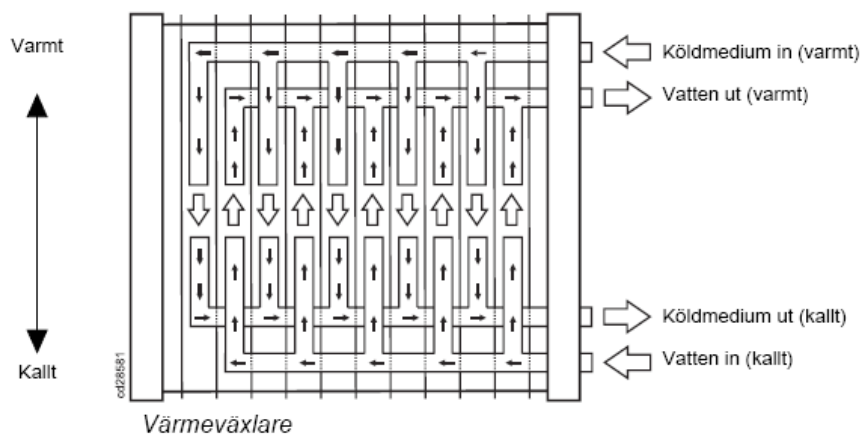
Figur 3. En Mjölkkyltank (Wedholms, 2007).

Värmeåtervinning

I ett kylsystem avges vanligen värme till den omgivande luften. Med ett värmeåtervinningssystem kan värmen användas till att värma upp vatten. Upp till 0,7 l varmvatten (53 °C) kan produceras per liter juvervarm mjölk som skall kylas ned från 35 °C till 4°C. Genom att utnyttja denna befintliga värmekälla kan man minska den energi som går åt att värma upp vattnet. För att värmeväxlaren (Figur 4.) skall kunna jobba effektivt krävs att kondenseringstemperaturen är högre än vid luftkylningen, normalt ställer man in den på 50 °C. När kallt vatten leds in i värmeväxlaren leds mycket värme direkt från köldmediet till vattnet. Fläktarna går då långsammare eller stoppas. Men om förvaringstanken är full leds varmare vatten in i värmeväxlaren och mindre värme kan ledas till vattnet och fläktarna måste jobba mer. Man kan inte få ut högre vattentemperatur än 53 °C för att kylaggregatet skall fungera effektivt. Det är dock viktigt att tänka på att kylaggregatets huvuduppgift är att kyla mjölken effektivt och den värme som kan återvinnas är en biprodukt (Delaval, 2006).

Principen för systemet är att i kyltanken cirkulerar det ett köldmedium med hjälp av en kompressor. Köldmediet tar upp värme i tanken. Sedan går det varma köldmediet och kallt vatten in i en värmeväxlare. I den överförs värmen från det uppvärmda köldmediet till det kalla vattnet. Sedan går köldmediet vidare till kondensorn som kyler bort den kvarvarande värmen. En cirkulationspump transporterar vattnet till en förvaringstank när vattnet värmts upp till 53 °C . Varmvattnet värms sedan upp till 80 °C i en

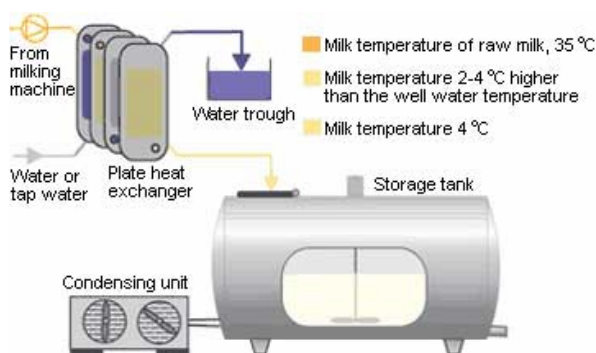
varmvattenberedare. Förvaringstanken måste vara godkänd och klara ett provtryck på mellan 9-13 bar beroende på tankens storlek. Vattnet i förvaringstanken måste förbrukas inom en vecka annars finns det risk för att legionellabakterier växer till. (DeLaval, 2006).



Figur 4. Principen för hur en värmeväxlare fungerar (DeLaval, 2006).

För-kylning

Istället för att låta mjölken kylas ned i tanken kan man låta mjölken kylas ned på vägen till tanken. Det görs med hjälp av en plattvärmeväxlare eller rörkyl (Figur 5.). Plattvärmeväxlaren sitter någonstans på pumphedningen mellan slutenhet och mjölkkyltanken. I plattvärmeväxlaren går varm mjölk in på ena sidan och strömmande kallt vatten in på andra. Mjölken kyls ned till 2- 4 °C högre än vattnets temperatur. Det går åt mycket vatten till detta och det uppvärmda vattnet kan användas till kornas dricksvatten. Fördelen med detta system är att det sänker tiden kompressorn behöver gå. Man kylar mjölken i två steg (DeLaval, 2007b). En rörkyl fungerar nästan på samma sätt men istället för att använda kallt vatten används kompressorns köldmedium en sänkning till 20 °C på mjölkens temperatur kan ske på detta sätt (Wedholms, 2007). Fördelen med att för-kyla mjölken är att mjölkens kvalitet förbättras när mjölken i tanken inte blandas med juvervarmmjolk. Detta är bäst tillämpligt vid större besättningar eller robotmjölkning.

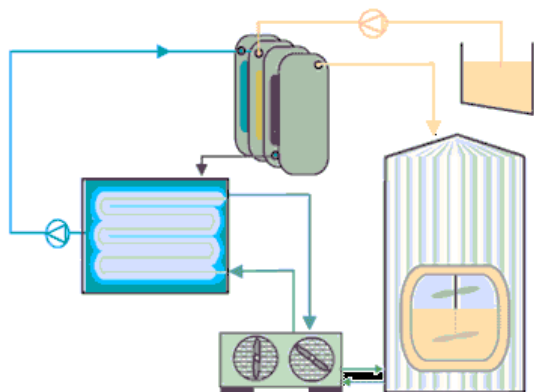


Figur 5. En värmeväxlare kylar ned mjölken till vattnets temperatur innan den når lagringstanken (DeLaval, 2007b)

Direktkylning

Idag när besättningarna blir större och mjölkningstiden blir längre behövs en ny typ av kylningsteknik. För att klara att behålla kvalitén på mjölken kan man använda en bufferttank som motsvarar 10 % av lagringstanken. Detta är mest användbart vid låga mjölkflöden som exempelvis robotmjölkning. Problemet med att kyla mjölken i den ordinarie tanken är när den är mindre än 10 % full. Det finns risk för att isbildning då kan ske i botten av tanken. Direktkylning kan ske i olika steg, med eller utan förkylning. Kompressorn kyler ned isvatten (vatten med glykol i), isvattnet cirkulerar sedan i en plattvärmeväxlare tillsammans med mjölken (Figur 6). Mjölakens temperatur kan då sänkas från 35 °C till 4 °C innan den når tanken (Benfalk och Gustavsson, 2004).

Lagring kan sen ske i en bufferttank och när den är full pumpas mjölken över till den ordinarie tanken. Detta gör det möjligt att tankbilen kan hämta mjölken även när mjölkning pågår. Detta system förbrukar mindre energi vid låga mjölkflöden, kompressorn behöver inte starta lika ofta. Upp till 25 % av energiförbrukningen kan sparas. (DeLaval, 2007b).



Figur 6. Direktkylning, kompressorn kyler ned isvatten som i sin tur kyler ned mjölken (DeLaval, 2007b).

DISKNING

Syftet med diskningen av mjölkningsutrustningen är att avlägsna mjölkresterna och övriga oönskade substanser som finns kvar efter mjölkningen. Efter mjölkningen är mjölkningsutrustningen förorenad av mjölkdroppar och tunna hinnor av lufttorkad mjölk. Mjölkresterna består av fett och protein och det är en attraktiv näringskälla för bakterier att växa i. Även om mjölkresterna tas bort kan bakterierna växa på olika ytor och bilda en hinna som är svår att se med blotta ögat. Man kan dela in anläggningen i tre olika grupper som måste diskas.

1. Den första gruppen består av de delar som innehåller både mjölk och vakuum under mjölkningen. Den omfattar mjölkningsorgan, mjölmätare, mjölkledning och slutenhet.
2. Den andra gruppen utgörs av pumpledningen mellan slutenhet och kyltank

3. Den sista gruppen är kyltanken.

Anledningen att dela in den på detta sätt är för att man diskar de olika delarna på olika sätt. Den princip man använder vid diskning är cirkulationsdisk uppdelad i 3 olika faser.

1. Försköljning sker med ljummet vatten för att avlägsna huvuddelen av mjölkresterna efter mjölkningen. Sköljningen ska pågå tills vattnet är klart. Sköljvattnet suggs upp av mjölkkningsorganet och leds in i mjölkledningen. Från slutenheten pumpas vattnet genom pumpledningen till avloppet.
2. Cirkulationsdiskning med en disklösning som innehåller ett rengöringsmedel. Denna lösning skall hålla en vattentemperatur på 70-90 °C och sjunker sedan till 40-50° C i slutet av diskningen. Sluttemperaturen får aldrig understiga 40° C, eftersom fettets då börjar stelna och bilda en hinna. Disklösningen cirkulerar i systemet innan det leds till avloppet.
3. Eftersköljning måste göras för att avlägsna alla rester av disklösningen. Sker på samma sätt som försköljning av systemet.

Diskningen är den största förbrukaren av varmvatten i ett mjölkstall och mängden diskvatten som används påverkar hur mycket energi som åtgår för uppvärmning av varmvatten. Längden på diskprogrammet påverkar också hur mycket energi som går åt (Rasmussen o Pedersen, 2004).

Avloppsvattnet leds till en gödselbrunn och tas om hand där. För att minska vattenförbrukningen kan man samla upp eftersköljvattnet i en tank och använda vid tvätt av ytor ex mjölkgrup eller som nästa disks förssköljvatten. Diskvattnet kan också samlas upp i en tank och användas vid nästa diskning. Samma vatten och disklösning kan användas i upp till en vecka. Det görs genom att man har en behållare som disklösningen går in i efter disk. Problemet är att uppvärmning av det vattnet måste ske separat i t.ex. diskapparaten (DeLaval, 2007a).

MATERIAL OCH METOD

Detta arbete har genomförts som en litteraturstudie. Information har hämtats in genom intervju med Björn Johansson på De Laval. Jag har även tagit kontakt med Lely och Westfalia. Men tyvärr hade jag otur för återförsäljaren på Lely hade semester och Westfalia hänvisade mig till tyskland. Därför kommer det mesta materialet endast från DeLaval. Vid intervjun med Björn Johansson fick jag en del tips på hur man kan göra beräkningar på energiåtgång och hur mycket som kan sparas. Med detta som utgångspunkt gjorde jag beräkningar på de två största besparingsposterna, frekvenstyrda vakuumpumpar och värmeåtervinning. Min tanke var att jämföra konventionell mjölkning med automatisk mjölkning därför valde jag att göra beräkningarna på en besättning med 180 kor. När jag skulle börja räkna på en konventionell besättning visade det sig svårt att få fram information om det.

RESULTAT

FREKVENSTYRDA VAKUUMPUPPAR

Hur mycket energi som kan sparas genom att installera en frekvenstyrd pump beror på pumpens storlek och drifttid. Följande fall är en gård på 180 kor med 3 stycken VMS. Varje VMS har sin egen vakuumpump. Energiförbrukning för en vakuumpump utan frekvenstyrning är 45 kwh för 24 timmars drift. Med frekvenstyrning sjunker förbrukningen till 18 kwh för 24 timmars drift (pers. medd. Johansson Björn, maj 2007).

Besparingen blir vid nyinstallation:

Vakuumpump utan frekvenstyrning 45 kwh * 365 dagar = 16 425 kwh per år

Vakuumpump med frekvenstyrning 18 kwh * 365 dagar = 6 570 kwh per år

Besparing **10 000 kwh per år**

Med ett elpris på 80 öre / kwh ger detta en besparing på 8000 kr per VMS och år. Kostnaden för en ny vakuumpump utan integrerad frekvenstyrning är 28 000 kronor och med integrerad frekvenstyrning är 46 000 kronor. Frekvenstyrningen kostar då 18 000 kronor och är tjänas in på 2,25 år. Efter det att den är betald blir driftkostnaderna lägre.

En befintlig vakuumpump kan utrustas med en frekvenstyrning men mindre energi kan sparas på det viset.

Besparing vid installation av en frekvenstyrning till en befintlig pump.

Vakuumpump utan frekvenstyrning 45 kwh * 365 dagar = 16 425 kwh per år

Vakuumpump med frekvenstyrning 25 kwh * 365 dagar = 9125 kwh per år

Besparing **7300 kwh per år**

Med ett elpris på 80 öre / kwh ger detta en besparing på 5 840 kronor per år och frekvenstyrningen kostar 15 000 kronor den är betald på 2,6 år.

VÄRMEÅTERVINNING

Energien som kan erhållas ur en liter mjölk kan räknas ut så här. Mjölakens inkommande temperatur minus lagringstemperaturen. Sen multiplicerar man den med energifaktorn 1,16 wh. Energifaktorn är hur mycket värme ett specifikt ämne behöver för att värma upp 1 kilo av ämnet 1 grad (Delaval, 2006).

$$(35\text{ °C} - 4\text{ °C}) * 1,16 = 36\text{ wh}$$

Energien som åtgår för att värma upp 1 liter vatten räknas ut genom att ta vattnets tänkta uppvärmda temperatur minus det kalla vattnets temperatur.

$$(53\text{ °C} - 10\text{ °C}) * 1,16 = 50\text{ wh}$$

Genom att dividera energin som tas upp av en liter mjölk med den energi som åtgår för att värma upp 1 liter vatten får man reda på hur mycket vatten som kan återvinnas.

$$36\text{ wh} / 50\text{ wh} = 0,7\text{ liter vatten per liter mjölk}$$

För att kunna beräkna hur mycket energi man kan spara genom att installera ett värmeåtervinningssystem måste man veta hur mycket energi som behövs för den dagliga varmvattenförbrukningen och daglig producerad mjölmängd. På en gård med 180 mjölkkor produceras 6 000 l mjölk per dag. Med värmeåtervinningssystemet kan man få ut 6000 liter mjölk * 0,7 liter vatten = 4200 l varmvatten som håller en temperatur på 53 °C per dag. Detta vatten kan utnyttjas till att minska kostnaderna för att värma upp tappvarmvatten på gården genom att leda vattnet till gårdens varmvattenberedare.

Den energi som sparas är varmvattenberedarens energiförbrukning genom att den inte behöver värma upp kallt vatten till 80 °C. Man behöver också veta hur mycket vatten som förbrukas per dag.

Varmvattenbehov per dag för en besättning på 3 VMS och 180 kor:

Diskning	550 l
Diskning av kyltank	100 l varannan dag
Kalvar	100 l
Övrigt	200 l
Summa	950 l

Genom detta vet vi hur mycket energi vi kan spara per dag genom att varmvattenberedaren inte behöver värma upp vattnet till 53 °C.

Energibesparingen blir per år:

$$950\text{ l} * (53-10) * 1,16 * 365 = \mathbf{17\ 295\ kwh}$$

Med en elektriskt driven varmvattenberedare kan man då spara 17 295 kwh och i pengar räknat med 0,8 kronor per kwh i elpris blir besparingen **13 836 kronor**.

Kostnad för värmeåtervinningsutrustningen är:

Värmeåtervinningsats (värmeväxlare, vattenpump, installationsmaterial)	10 665 kronor
Vattenlagringstank 500 l	13 000 kronor
Summa	23 665 kronor

$23\ 665 / 13\ 836 = 1,7$ Denna investering skulle vara betald inom 1,7 år med ett elpris på 80 öre per kwh.

Detta innebär att vi bara återvinner en del av värmen som kan återvinnas, resten måste kylas på traditionellt sätt.

DISKUSSION

MJÖLKTEKNIK

Valet av mjölkningsutrustning påverkar hur mycket energi som kommer att gå åt varje dag, konventionell eller automatisk mjölkning. Vid valet av automatisk mjölkning bör man tänka på att den går 24 timmar per dygn vilket gör det intressant att installera utrustning som minskar energiåtgången.

Vakuumpumpar

Små konventionella besättningar tjänar inte så mycket på att installera frekvenstyrda vakuumpumpar eftersom driftstiden ligger mellan 2-6 h / dygn och därmed blir besparingen liten (Bilagor, Tabell 1). Stora konventionella besättningar med lång mjölktid tjänar på att installera frekvenstyrning genom att pumpen är större och driftstiden blir längre. Främst valet av automatisk mjölkning gör det intressant i att investera i frekvensstyrda vakuumpumpar på grund av att de har en drifttid på 24h per dygn. Fördelen med frekvenstyrning i automatisk mjölkning är att VMS:en kan styra frekvenstyrningen och när ingen ko mjölkas stängs pumpen av. Därför kan mer energi sparas genom att installera en frekvenstyrning i ett automatiskt mjölkningssystem jämfört med konventionell mjölkning.

Men jag rekommenderar att vid en nyinstallation av en vakuumpump att installera en integrerad frekvenstyrd vakuumpump. Skillnaden i pris är ca 18 000 kronor men den tjänas in på ett antal år genom lägre driftskostnader. I mitt resultat kom jag fram till att med en integrerad frekvenstyrd vakuumpump kan man spara mer energi än genom att installera en frekvensstyrning till en befintlig pump.

KYLNING

Värmeåtervinning

Det man bör tänka på när man väljer att installera värmeåtervinning är att det inte sker någon besparing av energi vid kylningen av mjölken. Besparingen ligger i vad man utnyttjar vattnet till, t.ex. att man låter varmvattenberedaren använda vattnet (Bilaga, Tabell2). Det ger en besparing av driftskostnad för varmvattenberedaren. Men att använda vattnet till uppvärmning är svårt. Vattenburna radiatorer har ett slutet vattensystem och samma vatten används år efter år. Det för att undvika korrosion i radiatorerna. Skall man då använda tappvarmvattnet till uppvärmning av t.ex. bostaden i närheten måste en värmeväxlare till användas. I den leds värmen från tappvarmvattnet till radiatorernas vatten som leds in i en ackumulatortank. Restprodukten blir då kallt ”tappvarmvatten” och det är inte lämpligt att använda till dricksvatten pga. att det är

risk för tillväxt av legionellabakterier. Sen får man även förluster om vattnet skall ledas i en kulvert till bostaden. Kostnaden blir då hög för att använda värmen och ett separat uppvärmningssystem är kostnadseffektivare. En annan idé kan vara att utnyttja vattnet till en swimmingpool året runt men det ger ingen besparing av energi utan bara ett användningsområde. Så det största problemet med värmeåtervinning är att vattnet som man får är tappvarmvatten. Nu när besättningarna blir större kan väldigt stora vattenvolymer fås genom återvinning av värmen men det finns ingen användning för dessa stora volymer. Men att återvinna en del av värmen som motsvarar den dagliga tappvarmvatten förbrukningen rekommenderas. Värmeåtervinning i kombination med förkylning kan ge en större energibesparing. Man blir av med värmen i två steg och kompressorn kan jobba lite mindre. Förvaringstanken kan då användas till både förkylningen och värmeåtervinningen.

Direktkylning

Direktkylning är klart ett intressant alternativ på grund av att man kan slå två flugor i en smäll. Man får en energibesparing och en bättre mjölkqualität genom att hela tiden ha kallt isvatten redo till nedkylningen. Det gör att kompressorn kan arbeta effektivare och minska antalet starter. Detta är även intressant till större konventionella besättningar med lång mjölktid.

Vattenåtervinning

Vattenåtervinning i Sverige lönar sig inte eftersom vi har god tillgång på vatten och ett lågt vattenpris. Det lönar sig inte med avseende för kostnaden för vattnet. Däremot tjänar miljön på att mindre vatten förbrukas.

SLUTSATSER

- Investering i frekvenstyrda vakuumpumpar ger störst besparing i automatiska mjölkningssystem eller stora besättningar. I små besättningar ger de endast små besparingar pga. kortare drifttid. Men slutsatsen är att vid nyinstallation av en vakuumpump bör en integrerad frekvensstyrd vakuumpump väljas om drifttiden är högre än 6 h.
- Värmeåtervinning större än daglig tappvarmvattenförbrukning ger ingen besparing ekonomiskt. I större besättningar kan värmeåtervinning i kombination med för-kylning vara ett lämpligt alternativ.
- För-kylning av mjölken kan ge korna en optimal vattentemperatur på 17 °C. Vintertid kan det även hjälpa till att frostsäkra vattnet. Sommartid får då kylaggregatet jobba mer.

REFERENSER

SKRIFTLIGA

Arla Foods, 2006. Mjök med kvalité Kvalitetsprogrammet arlag rden version 2. Arlafoods, Sverige.

Benfalk, C., Gustafson, M., 2004. Mj lkhygien I en AMS, Nr 105. JTI Institutet för jordbruks- och miljöteknik.

Br gger Rasmussen, J. och Pedersen, J., 2004. Farm Test – Cattle nr 17, Electricity and water consumption at milking Danish Agricultural Advisory Service. Denmark. ISSN 1601- 6785.

Delaval, 2006. Internt material värmeåtervinning. DeLaval, Tumba, Sverige.

Delaval, 2007b. Diary knowledge. <http://www.delaval.com>. (april 2007).

Delaval, 2007a. Produkter, om mjölkproduktion. <http://www.delaval.se>. (april 2007).

Hörndahl, T., 2007. Energiförbrukning i jordbruket driftbyggnader, rapport 145. Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi (JBT).

Mejjering, A., Hogengeveen, H, de Koning, C,J,A.,M, 2004. Automatic Milking a better understanding. Wageningen Academic Publishers. Nederländerna. ISBN 9076998388.

Sjögren P. (red), 1993. Nationalencyklopedin Elfte bandet. Bra böcker. Höganäs ISBN 917024619-1.

Sällvik, K. och Dolby, C-M, 2007. Kostallplan 06, Planeringsr d f r mjölkkor i lösdrift. <http://www.jbt.slu.se/kostallplan>. (april 2007).

Wedholms, 2007. R rkyl kyler mjölken på väg till tanken. <http://www.wedholms.se> (maj 2007).

Westfalia, 2007. Vacuum Equipments. <http://www.westfalia.com>. (april 2007).

Johansson, Björn. produktchef. DeLaval Tumba. Sverige. Maj 2007.

BILAGOR

Tabell 1. Ett exempel på hur mycket energi som kan sparas med en vakuumpump som förbrukar 2,2 kwh per h och olika lång drifttid. Ingen hänsyn är tagen till ränta på kapitalet.

Drifttid h per dag	2,2 kwh per h	Förbrukning per år	Besparing 50%	Elpris på 0,8 öre per kwh	Investeringen är betald efter:
2	4,4	1 606	803	642 kr	28 år
4	8,8	3 212	1 606	1 285 kr	14 år
6	13,2	4 818	2 409	1 927 kr	9 år
8	17,6	6 424	3 212	2 570 kr	7 år
10	22	8 030	4 015	3 212 kr	6 år
12	26,4	9 636	4 818	3 854 kr	5 år
14	30,8	11 242	5 621	4 497 kr	4 år
16	35,2	12 848	6 424	5 139 kr	4 år
18	39,6	14 454	7 227	5 782 kr	3 år
20	44	16 060	8 030	6 424 kr	3 år
22	48,4	17 666	8 833	7 066 kr	3 år
24	52,8	19 272	9 636	7 709 kr	2 år

Tabell 2. Ett exempel på hur mycket energi som kan sparas genom att varmvattenberedaren inte behöver värma upp vatten direkt från kallt vatten genom att installera värmeåtervinning.

Varmvatten-förbrukning	Energibesparing Per år	Elpris kr per kwh			
		0,6 kr	0,8 kr	1,0 kr	1,2 kr
200 l	3 641	2 185 kr	2 913 kr	3 641 kr	4 369 kr
400 l	7 283	4 370 kr	5 826 kr	7 283 kr	8 740 kr
600 l	10 925	6 555 kr	8 740 kr	10 925 kr	13 110 kr
800 l	14 567	8 740 kr	11 654 kr	14 567 kr	17 480 kr
1000 l	18 209	10 925 kr	14 567 kr	18 209 kr	21 851 kr
1200 l	21 851	13 111 kr	17 481 kr	21 851 kr	26 221 kr
1400 l	25 493	15 296 kr	20 394 kr	25 493 kr	30 592 kr
1600 l	29 130	17 477 kr	23 303 kr	29 129 kr	34 955 kr