



FOTO: LANDBRUGSMEDIERNE

ENERGIRIGTIG PROJEKTERING KVÆGSTALDE

DECEMBER 2015
VERS 1.0

STØTTET AF
promilleafgiftsfonden
for landbrug

ENERGIRIGTIG PROJEKTERING

KVÆGSTALDE TJEKLISTE

<input type="checkbox"/> Tilvalgt <input type="checkbox"/> Fravalgt <input type="checkbox"/> Ikke aktuelt	Afsnit
Belysning	
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Belysningsstyrke fastlagt..... 1.1
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Farvetemperatur valgt 1.2
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Krav til farvegengivelse fastlagt..... 1.2
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Overfladebeskaffenhed og farve i lokalet valgt..... 1.3
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Styring og regulering - muligheder beskrevet 1.3
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Zoneopdeling - muligheder beskrevet..... 1.3
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Lyskilder kan vælges i forhold til lyskilders placering..... 1.5
Malkning	
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Frekvensstyret vakuumpumpe..... 2.1
Trykluft	
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Valg af energieffektiv kompressor 2.2
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Trykluft – frekvensstyret kompressor 2.2
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Trykluft – urstyring af tilkoblingstid..... 2.2
Mælkekøling	
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Frikøl – forkøling med brøndvand 2.3
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Frikøl – optimering af forkøling 2.3
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Varmepumpesystem; valg af type og kølemiddel..... 2.3
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Vurdering af varmepumpestyringen, mhp. energioptimering 2.3
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Beregning af kølebehov 2.4
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Valg og dimensionering af 'nødkølefunktion'; overskudsvarme 2.5
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Analyseret behov for varmtvandsmængder og tidspunkter 2.6
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Genvinding af varme til varmt brugsvand – energioptimering 2.6
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Genvinding af varme til centralvarme – energioptimering 2.6
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Supplerende vandvarmere – valg af størrelser 2.6
Isolering af rør	
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Teknisk isolering både varme og kolde rør 3.0
Frostsikring af malkerobotter	
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Placering i robotrum, samt omsætning af varmekilde 2.7
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Afskærmning..... 2.7
Frostsikring af malkestalde	
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Afskærmning og isolering af malkestalden 2.8
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Installering af rumvarme til frostsikring 2.8
Fodring	
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Valg af fodringssystem – energivenligt? 4.0
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Andet 4.0
Gyllehåndtering	
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Dimensionering af overpumpningsrør 5.0
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Andet 5.0

INDHOLD KVÆGSTALDE

1	Belysning	4
2	Malkning	5
	2.1 Vakuum.....	5
	2.2 Trykluft	5
	2.3 Køling.....	6
	2.4 Dimensionering af køleanlæg	9
	2.5 Overskudsvarme.....	11
	2.6 Varmt brugsvand	12
	2.7 Frostsikring.....	15
	2.8 Malkeanlæg i malkestalde	15
3.	Teknisk isolering af rør	16
4.	Fodring	17
5.	Gyllehåndtering.....	17
6.	Kilder	17

KOLOFON KVÆGSTALDE

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



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:

- 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.
- 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 giver 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.
- 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 / m² 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, dagslysfald, 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. MALKNING

2.1 Vakuum

Vacuum til malkningen skal holdes stabil under malkearbejdet. Anlægget skal være indrettet sådan at det kan opretholde det ønskede vacuumniveau, selv hvis et eller flere malkesæt falder af samtidig. Anlægget må derfor have indbygget reservekapacitet.

I lighed med trykluft, koster det energi at producere vacuum. Såvel ved øgende trykforskel til det atmosfæriske tryk som ved øgende luftmængde, der skal flyttes, øges energiforbruget – i begge tilfælde proportionalt med den enkelte forøgelse.

På gamle anlæg er reservekapaciteten etableret ved at regulere vakuumptrykket med en trykbegrænsningsventil, som slipper luft ind i systemet for at opretholde et ensartet tryk.

Ved at vælge en omdrejningsreguleret (frekvensreguleret) vakuumpumpe, vakuumpumpe i stedet for en pumpe med fast omdrejningstal, vil man alene producere den mængde vacuum, som malkeanlægget forbruger. Herved reducerer man den luftmængde, som vakuumpumpen skal flytte. Dette sparer energi.

Bemærk at det på en del vakuumpumper med fast omdrejningstal er muligt at eftermontere en frekvensregulering.

Central vakuumanlæg i forbindelse med malkerbottes

Ved etablering af malkerbottes kan man overveje at etablere et centralt vakuumanlæg, med 1-2 stk. omdrejningsregulerede vakuumpumper. Derved spares der investering i udstyr, vedligehold og energi. Husk at etablere store rør til fremføring af vacuum, så tryktabet i rørene minimeres.

Investering i teknik

Vakuumpumper inkl. frekvensregulering samt en vakuumbufferbeholder.

Sparepotentiale, pr. 100 årskøer (å 10.000 kg mælk/år)

Trykreguleret vacuum, med trykbegrænsningsventil: 7.008 kWh
Omdrejningsreguleret vacuum, med frekvensregulering 4.563 kWh
Energibesparelse: 2.445 kWh/år, hvilket er ca. 35% reduktion.

Kilde: Miljøteknologier i de primære jordbrug – driftsøkonomi og miljøeffektivitet. DCA – National Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, 18. august 2014

Minimumskrav (anbefaling fra DLBR)

- Malkeanlægget udstyres med omdrejningsregulerede vakuumpumper.

2.2 Trykluft

I lighed med vakuum koster det energi at producere trykluft. Såvel ved øgende trykforskel til det atmosfæriske tryk som ved øgende luftmængde, der skal flyttes, øges energiforbruget – i begge tilfælde proportionalt med den enkelte forøgelse.

Energitalbet ved produktion af trykluft er betydeligt. Kun ca. 30% af den tilførte eleffekt bliver til trykluft – resten bliver til varme. Dertil kommer at mindre end 50% af den producerede trykluftmængde anvendes til nytarbejde. Den resterende del af trykluftforbruget skyldes lækager. Derfor koster det betydelige mængder energi at anvende trykluft til løsning af arbejdsopgaver.

Kompressor – energieffektivitet

Kompressorfabrikat og type vælges i forhold den, som har den bedste energieffektivitet, Wh/m³ trykluft.

Vælg en kompressor med omdrejningsregulering, sådan at kompressoren løbende forsøger at levere trykluft, som har det ønskede arbejdstryk. Hvis man vælger en kompressor med start-stop, vil man have behov for at lade kompressoren opbygge større arbejdstryk end udstyrets mindste krævede arbejdstryk. Bemærk at et omdrejningsreguleret anlæg må have en buffertank tilkoblet, sådan at udsving i behov for trykluftmængde bliver udjævnet uden kritiske trykfald i anlægget.

Kompressortyper

Såfremt man har behov for indvinding af varme til produktion af varmt brugsvand, kan man genvinde varmen fra en oliesmurt kompressor. På store kompressor anlæg er der mulighed for at opvarme vand, til 70° C eller mere. Ved genvinding af varme til produktion af varmt vand kan man påregne at kunne hente 65-70 % af kompres-

TABEL 2. ARBEJDSTRYK – BEHOV OG EKSEMPEL.

	Mindste nødvendige arbejdstryk	Start - tryk	Stop
Start-stop kompressor anlæg	8,0 Bar	8,0 Bar	8,8 – 9,0 Bar
Omdrejningsreguleret anlæg	8,0 Bar	Regulering 8,2 – 8,4 Bar	

En omdrejningsreguleret kompressor vil spare energi, i forhold til start-stop anlæg.



Figur 2. Kompressor i varmepumpeenhed til mælkekøling, med rim pga. lav væske temperatur.

sorens tilførte eleffekt. Det betyder at en kompressor, som forbruger 10kW, vil kunne levere 6,5-7 kW til varmegenvinding. Se mere om varmegenvinding senere i dette skrift.

Filtrering af trykluft

Særligt ved brug af oliesmurte kompressorer til levering af trykluft til malkebotter skal tryklufthanlægget være udstyret med et eget filter til filtrering af tryklufften. På www.landbrugsinfo.dk er problematikken beskrevet i et dokument 'Krav til olie og trykluft i malkeanlægget', dateret 15/6-2015, <https://www.landbrugsinfo.dk/kvaeg/maelkekvalitet/sider/krav-til-olie-og-trykluft-i-malkeanlaegget.aspx>

Praktiske råd vedrørende tryklufthanlæg

Placering af kompressorens luftindtag

En kompressor bør være udstyret med udskiftelige luftfiltre på indsugningssiden, for at forlænge kompressorens levetid. En kompressor bør altid suge luften ind, udenfor staldbygningen, idet luften er koldere og har større vægt pr. m³ end varm luft fx fra teknikrummet i stalden. Som tommelfingerregel gælder, at der er ca. 1 % energibesparelse for hver 3 grader, indsugningstemperaturen kan sænkes.

Placering i bygningen

En kompressor bør placeres i et teknikrum, så støjen fra den ikke kommer til at genere omgivelserne.

Ventilationssystem i teknikrummet er nødvendig

Da såvel kompressor som vakuumpumper afgiver betydelige mængder varme, bør teknikrummet i stalden være udstyret med ventilationssystem for at bortventilere overskudsvarmen.

Ved etablering af varmegenvinding fra kompressoren fjernes betydelige mængder varme fra teknikrummet – dog vil der stadig være en del overskudsvarme, som skal fjernes fra rummet i sommertiden.

Utætheder

Traditionelt tillægges det beregnede luftbehov 10 % til lækage,

når kompressor anlæg dimensioneres. Ofte er lækageandelen på 20 - 40 % af den forbrugte luftmængde, og det vil normalt være rentabelt at nedbringe lækageandelen. Typiske fejl som utætheder ved slangefastgørelser til håndværktøjer, samt ved lynkoblinger kan udbedres og holdes nede ved systematisk vedligeholdelse af tryklufthanlægget.

Energi - sparepotentiale

Da drift af tryklufthanlæg er særdeles energikrævende, er der god økonomi i såvel at optimere anlægget ved etableringen, som løbende at servicere det, i form af tætning af lækager. Fokuspunkterne er:

- Valg af omdrejningsreguleret kompressor
- Valg af energieffektiv kompressor (Wh/m³ luft)
- Indregulering af anlæggets arbejdstryk, så det netop dækker behovet for tryk. Kører man med højere arbejdstryk, stiger energiomkostningerne unødigt
- Montering af urstyring eller tilsvarende, så anlægget kun er i drift på de tidspunkter af døgnet, hvor der er behov for trykluft
- Akkumuleringsstørrelse, hvis ingen frekvensregulering; der er behov for større bufferbeholder når der køres start-stop
- Indsugningsluften til kompressoren hentes udenfor
- Tætning af lækager.

Anbefalet minimum til nye anlæg

- Urstyring eller andet, som kun tilkobler kompressor anlægget i de perioder på døgnet, hvor der er udstyr som har behov for trykluft. Det gælder særlig til brug i malkestalde.
- Energieffektiv, omdrejningsreguleret kompressor.

2.3 Køling

Køleprincipper

Mælk er 36 - 37° C, når det efter udmalkningen forlader malkeanlægget.

Mælken skal hurtigst muligt herefter nedkøles til 4° C.

Mælks varmfylde: 3,80 kJ/K°/kg.

Frikøling og kompressorkøling

Mælk kan køles med mekanisk køling, samt med naturligt forekommende midler, kold vand og kold luft.

Køling med naturligt forekommende midler koster meget lidt i energi, hvorimod mekanisk køling kræver elenergi.

Frikøling / forkøling af mælken

Frikøling er køling med naturens forekommende kølemuligheder, som kræver meget lidt tilført energi. Til frikøling af mælk kan man anvende køling med brøndvand, som herefter genbruges som drikkevand til dyrene, inden mælken ledes frem til det mekaniske køle-anlæg til færdigkøling. Metoden er den mest effektive til frikøling, når der sammenlignes med alternative muligheder – se nedenfor.

Undgå denne metode!

En anden måde til at bruge drikkevandssystemet til friskøling af mælk er at lade det opvarmede råvand cirkulere under gulvet i stalden i samme kredsløb, som bruges til cirkulation af drikkevandet for at holde dette frostfrit om vinteren. Denne metode har de laveste anlægsomkostninger, men til gengæld er den ofte ikke særlig effektiv. Særligt må det frarådes at etablere nødkøling på denne måde, hvis man har kørne på græs om sommeren og disse derfor drikker vand udenom staldens vandkredsløb.

Råvandets temperatur til forkøling

Når vandet pumpes op af jorden, er det sædvanligvis 7 - 8° C. Hvis man anvender vand fra offentlig vandforsyning til sin malkeproduktion og man bor langt fra vandværket, vil man i månederne juli, august og september kunne opleve at vandtemperaturen stiger. Flere steder er der i forannævnte måneder registreret temperaturer på 16-17° C ved vandindtaget, umiddelbart indenfor i staldbygningen. Dette stiller store krav til dimensioneringen af varmevekslerne i et forkøleanlæg.

Dimensionering af forkøling

Dimensionering af forkølesystemet til køling af mælken må udføres individuelt i hvert enkelt tilfælde, ud fra hvilken vandmængde, m³/time er der til rådighed og ud fra kølevandets maksimale temperatur. Disse forhold svinger meget, alt efter om man har egen vandboring eller man får vandet leveret fra offentlig vandforsyning.

Hvis man har offentlig vandforsyning og man har for lidt kapacitet, kan en mulighed være at opsætte en buffertank på vandindtagsiden, i stedet for at udvide vandledningen ind i stalden. Alternativ kan man etablere sin egen boring til indvinding af vand – husk at søge tilladelse dertil først hos myndighederne (pt. den stedlige kommune). I reglen skal der særlige forhold til, for at man får lov at etablere egen boring, når man i forvejen er koblet på fælles / kommunal vandforsyning.

Optimering af forkøleanlægget

Forkøleanlægget bør dimensioneres til at fjerne mest mulig af varmen fra mælken, idet elforbruget til kølingen herved minimeres. Man bør satse på som minimum at fjerne mindst 50 % af varmen fra mælken ved forkøling – dvs. at forkølingen skal sænke mælkens temperatur til ikke over 20° C. Kan forkøleanlægget fjerne mere energi, bør det indrettes sådan at det gør det, idet dette vil spare yderlige el-energi til kølemaskinen.

Bemærk at på mange eksisterende anlæg med forkøling er det muligt at øge køleeffekten betydeligt på forkølingen, ved at ombygge anlægget, dels ved at øge størrelsen på forkølesystemets varmeveksler, og dels ved at øge mængden af brøndvand igennem varmeveksleren. Endelig kan man øge effekten af forkøleanlægget ved at montere frekvensstyring på mælkepumpen. Læs mere herom i senere afsnit.

Forkøleanlæg på mælkekøleanlæg, hvor varmen skal genvindes

Ved etablering af forkøleanlæg, hvor varmen fra det efterfølgende kompressorkøleanlæg skal genbruges til opvarmning, hænder

det at man i etableringsfasen vælger at lade varmepumpen fjerne mindre end 50 % af energimængden fra mælken, for at sikre at man altid har varme nok til rådighed til genvindingen. Denne fremgangsmåde bør man undgå, idet det er sandsynligt at man derved øger elforbruget totalt set, pga. man derved øger behovet for bortskaffelse af overskudsvarme i størstedel af året.

Hvis man i stedet lader forkølesystemet fjerne mest mulig energi, og herefter lader varmepumpen fjerne resten, får man billigst mulig mælkekøling. Skulle der så i perioder af året være behov for at supplere med varme fra varmepumpens jordslanger, vil dette kun koste energi i den del af året, hvor der er behov for suppleringsvarme.

Kompressorkøling

Direkte køl

Det traditionelle køleanlæg kan udformes på mange forskellige måder. Med henblik på at opnå den bedste energieffektivitet er følgende punkter vigtige:

- At køle med direkte ekspansion (D_x-anlæg), dvs. bruge køleanlæg, hvor det er kølegassen, der trækker varmen ud af mælken – eksempelvis ved at køle på bundfladen i en indendørs mælketank, i stedet for at bruge et vandkredsløb til at nedkøle mælken. Når dette system er dimensioneret korrekt, giver det den energimæssigt laveste forbrug. Billigst i anskaffelse, og billigst i drift!
- Varmen fra køleprocessen skal afsættes ved lavest muligt temperatur, uanset om varmen skal bortskaffes til omgivelserne eller det skal indvindes og bruges til varmt brugsvand eller til centralvarme. Bemærk at et jordslangekredsløb til at afsætte overskudsvarmen i skal have betydelig størrelse, for at undgå at det får en meget høj temperatur i sommermånederne. Læs mere om bortskaffelse af overskudsvarme i det efterfølgende afsnit.

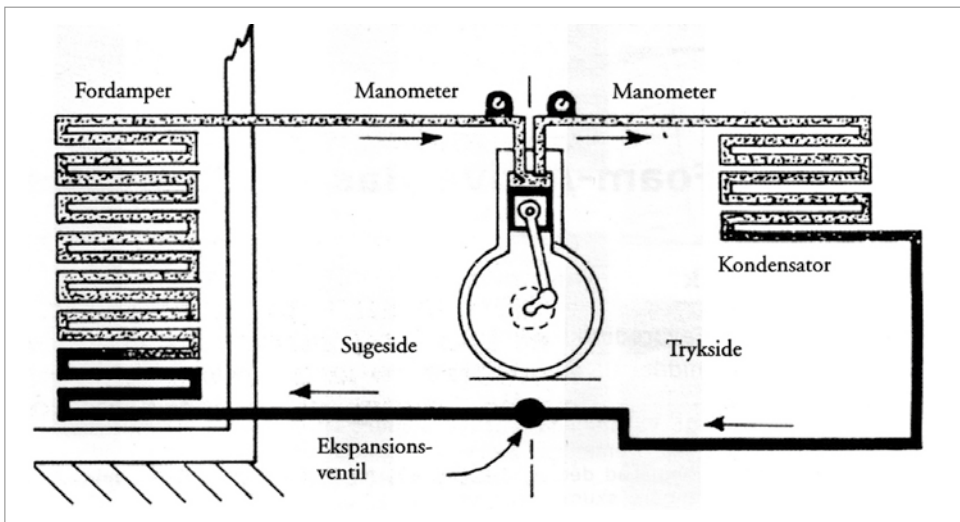
Muligheder for effektiv bortskaffelse af overskudsvarme:

- Udeluft kondensator
- Veldimensioneret jordslangekredsløb.

Andre metoder til bortskaffelse af overskudsvarme har vist sig at være energimæssigt ineffektive og må derfor frarådes. Disse er bla.:

- Bortskaffelse af overskudsvarme via varmt brugsvand, som opsamles i samme beholder som den der anvendes til opsamling af vandet fra forkølingen, idet dette vil øge elforbruget til kølingen.
- Bortskaffelse af overskudsvarmen fra køleanlægget via drikkevandsslangerne til cirkulation af drikkevand i stalden, idet vandet kan blive varmt om sommeren, hvilket både kan give problemer med at afsætte hele mængden af overskudsvarmen. Derudover øger opvarmning af drikkevandet problemerne med at holde drikkekarrene rene for algevækst.

Læs mere om bortskaffelse af overskudsvarme i senere afsnit.



Figur 3. Principskitse af et enkelt køleanlæg med direkte køling. Eksempelvis findes dette i ethvert køleskab i hjemmet. (DX-køl)

Kilde: Hæfte "Noget om køling" fra Danfoss, 1978.

Direkte køling med kølegas – DX-køl

Figur 3 viser en principskitse af et kølekredsløb, med direkte køling. Det viste kredsløb indeholder kølemiddel under tryk.

Et køleanlæg med direkte køling har følgende egenskaber:

- Varmen overføres direkte fra mælk til kølemiddel, og fra kølemiddel til luft eller vand.
- Den enkleste og mest energivenlige form for kompressorkøl.
- Har forholdsmæssigt de laveste anskaffelses- samt driftsomkostninger.

Da en række af de mest almindelige kølemidler er stærk miljøbelastende samt for nogles vedkommende også klimabelastende, er der i Danmark lagt et loft over antal kg kølemiddel i samme kølekredsløb – dette loft er pr. 2015 på 10 kg.

Til køling af mælk anvendes ofte:

R404A, og R407 C. Begge midler er afgiftsbelagte.

Kommende kølemiddel:

CO₂, som er et naturligt forekommende kølemiddel.

Indirekte køl

Andre køleteknikker

- Ved indirekte køl afkøler det primære kølekredsløb (der indeholder kølegas, som beskrevet i foregående afsnit) et sekundært kredsløb. Dette indeholder oftest vand med antifrostvæske. Disse anlæg kaldes i regle for isvandsanlæg.

Anlæg, som køler med isvand, har mindst 15% større energiforbrug end køling med direkte ekspansion (DX-anlæg),

Anlæg som køler med isbank, har 20 - 25% større energiforbrug end køling med direkte ekspansion (DX-anlæg).

Effektfaktor og COP

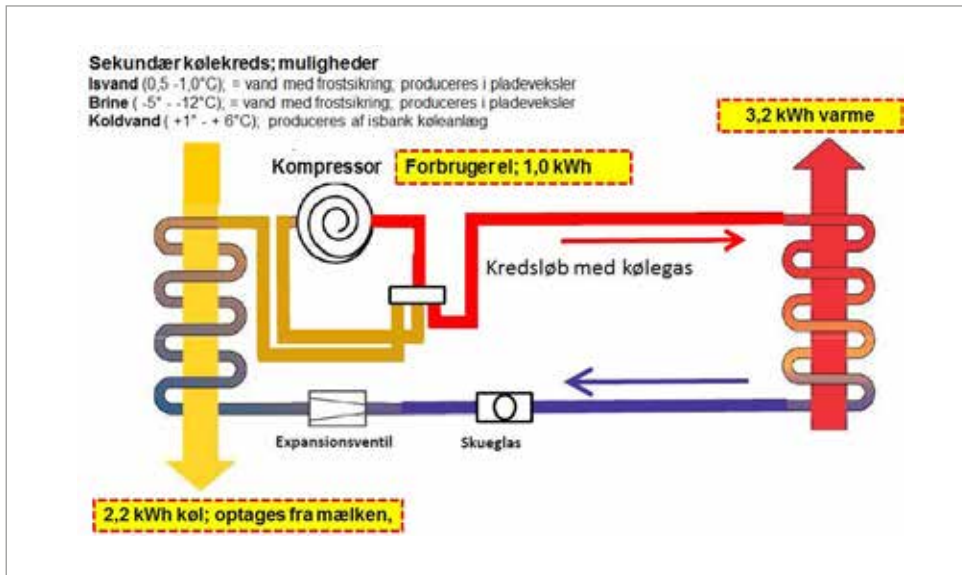
Effektiviteten på et køleanlæg opgives med to begreber, der betyder det samme: *Effektfaktor* og *COP*. Yderligere er begge begreber påhæftet enten 'varme' eller 'kulde'.

Effektfaktor_{varme} = forholdet imellem varmeydelse og effektinput. Eksempel: Effektfaktor 3,2 betyder at anlægget yder 3,2 kW for hver kW el, der tilføres.

- COP_{varme}: Se ovenfor.
- COP_{kulde}: Som ovenfor, men målt på kølesiden Eks: COP_{kulde}: 2,2 betyder, at anlægget yder 2,2 kW køl for hver kW el, der tilføres.



Figur 4. Køling af mælk med dobbelt pladekøler. Køling udføres dels med et kredsløb der forsynes med brøndvand, og dels med et kredsløb der forsynes med koldt vand fra isbank.



Figur 5. Køleanlæg med primær og sekundær kølekreds. Figur viser energistrømmene i varmepumpeanlæg til mælkekøling.

2.4 Dimensionering af køleanlæg

Dimensionerende køleberegning – forud for etablering

Ethvert køleanlæg opbygges og sammensættes individuelt, til den opgave som skal løses. Ved planlægningen må man derfor først skabe overblik over kølebehovet, hvilket man opnår ved at få udarbejdet en dimensionerende køleberegning, som skal give svar på hvor meget både køle- og varmeeffekt, der er brug for.

I forbindelse med udarbejdelsen af denne beregning må man fastlægge om varmen fra mælkekølingen skal genvindes eller blot

bortskaftes. Hvis varmen skal genvindes, må dette indkalkuleres i de dimensionerende beregninger.

Energimængder i mælken

Nedenfor er vist de daglige energimængder, som skal fjernes fra mælken, ved en årlig mælkemængde på 1.000.000 kg. Energimængderne, der skal fjernes med kompressorkøl er vist hhv. uden forkøling og med 50% forkøling (mrk. B og C). I kolonnen til højre (D) er vist den daglige energimængde (varmemængde), som køleanlægget producerer, når det fjerner 50% af energimængden fra mælken.

Mælkemængde / år	A) Pr. dag	B) Energimængde i mælken, pr. dag (36 → 4°)	C) Energimængde i mælken pr. dag, efter 50% forkøling (36 → 20°)	D) Den samlede, daglige energimængde – køleenergi fra mælken + elenergi til køleprocessen, når der skal fjernes 46,3 kWh fra mælken pr. dag
1.000.000 kg	2.740 kg	92,6 kWh	46,3 kWh	74,5 kWh

TABEL 3. KØLEANLÆGGETS NØDVENDIGE YDELSE FASTLÆGGES UD FRA FØLGENDE PARAMETRE:

Malkestald og -karussel	Robotmalkning (AMS)
Kg mælk pr. døgn og pr. malkning	Maksimalt udmalket kg mælk pr. time
Malkningens varighed	Maksimal kg mælk pr. døgn
Udvidelsesmuligheder; Skal det kommende køleanlæg kunne køle mere mælk pr. dag end dagens produktion? Hvis ja – hvor stor en daglig mælkemængde skal det kommende køleanlæg kunne nedkøle?	Udvidelsesmuligheder; Skal det kommende køleanlæg kunne køle mere mælk pr. dag end dagens produktion? Hvis ja – hvor stor en daglig mælkemængde skal det kommende køleanlæg kunne nedkøle?
Skal anlægget kunne genvinde varmen fra kølingen? Hvis ja, til hvilke formål og hvor meget varme skal anlægget kunne levere pr. dag?	Skal anlægget kunne genvinde varmen fra kølingen? Hvis ja – til hvilke formål og hvor meget varme skal anlægget kunne levere pr. dag?

Er varmegenvinding en god ide?

Ja! Til trods for at elforbruget til køling stiger, når varmen skal genvindes, sammenlignet med køling uden varmegenvinding, overgår værdien af den indvundne varme langt merforbruget af el til køling. Derfor bør ethvert mælkekøleanlæg altid udstyres med varmegenvinding, hvis genvindingsvarmen kan fortrænge anden, indkøbt energi til opvarmning.

Krav til køleanlæggets ydelse

- Ved malkning i malkestalde skal nedkølingen til lagertemperatur (4° C) være afsluttet senest 2 timer efter afslutningen af malkningen.
- Robotmalkning (AMS): Ved automatisk malkeanlæg tillades at mælken overstiger 4° C i maksimalt 2 sammenhængende timer mellem afhentningerne.

Kravene stammer fra *Hygiejneforordningen, Branchekrav og Krav fra Arla Foods*.

Kilde: 'Kvalitetsprogrammet Arlagården@, Version 4.5, Juli 2015', Arla Foods.

Øg effekten af forkølesystemet med frekvensstyret mælkepumpe

Effektiviteten på et forkøleanlæg øges ved at øge antal liter kølevand pr. liter mælk, som skal køles. Hvis man ikke kan øge vandgennemstrømningen i vekslerensystemet, kan man sænke mælkegennemstrømningen ved at montere en frekvensregulering på mælkepumpen. Herved sænkes pumpens mælkeydelse til at pumpe den mængde mælk, som leveres til den via malkeanlæggets

mælkeudskiller. På den måde vil mælkepumpen være i drift kontinuerligt under næsten hele malkningen, hvorved man får bedre nedkøling af mælken fra korkølesystemet.

På de fleste, eksisterende malkeanlæg kan man påbygge frekvensstyring af mælkepumpen.

Frekvensregulering af køleanlægget

Til køling af mælk er der normalt ikke behov for omdrejningsregulering af køleanlæggets køleeffekt, idet køleanlægget skal nedkøle mælken hurtigst muligt.

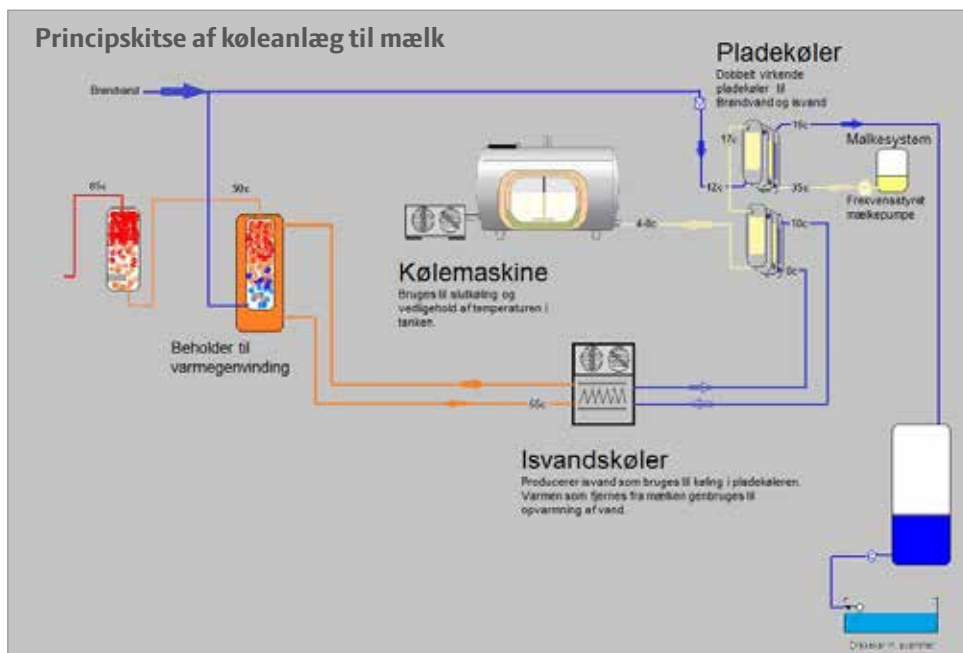
Når man i visse tilfælde alligevel vælger et anlæg med omdrejnings-/frekvensregulering, er det pga. at varmen fra køleanlægget skal genvindes og bruges til opvarmning af boligen, og her varierer varmebehovet såvel over døgnet, som over året.

Mere information om varmegenvinding i det efterfølgende afsnit.

Vedligehold af køleanlægget

Ud over det årlige, lovkrævede*) eftersyn af selve kølekredsløbet, bør man også få udført en kontrol på de varmevekslere, som har direkte opvarmning af brugsvand, idet disse varmevekslere tilkalker i løbet af 2-3-4 år, alt efter vandets kalkindhold.

*) Kilde: www.at.dk, AT-vejledning B.4.4, Oktober 2010 Køleanlæg og varmepumper



Figur 6. Tretrins køling af mælk. 1) forkøling med brøndvand 2) køling med isvand/brine, og 3) vedligeholdelseskøl i køletank. Kilde: DeLaval.

2.5 Overskudsvarme

Bortskaffelse af overskudsvarme / nødkøling

Ved køling frembringes en mængde varme, som skal bortskaffes. Hvis køleanlægget er udstyret med varmegenvinding, vil der store dele af året også her være behov for at bortskaffe overskudsvarme fra køleprocessen.

Overskudsvarme skal bortskaffes ved lavest mulig temperatur.

Den mest anvendt metode til bortskaffelse af varme fra køleprocessen er med en udeluftkondensator, som overfører varmen fra kølingen til luften. På en del køleanlæg er kølekompressoren og udeluftkondensatoren sammenbygget til en fysisk enhed – kaldet et køleaggregat.

Afsætning af overskudsvarme i jordslanger

På anlæg med varmegenindvinding sendes overskudsvarmen ofte ud i jordslanger. Disse har også til formål at kunne levere energi

til varmepumpen i de perioder på døgnet, hvor der ikke skal køles mælk. Ved dimensionering af såvel udeluftkondensator som af jordslanger til at aftage overskudsvarmen er det vigtigt at sikre at overskudsvarmen kan afsættes til lavest mulig omgivelsestemperatur, også i sommermånederne.

Fejlkilder

Mange køleanlæg har et for højt energiforbrug pga. overskudsvarmen bortskaffes ved for høj temperatur. Typiske fejlkilder er:

- Luftkondensatoren er stoppet af skidt
- Luftkondensatoren er placeret indendørs i tankrum eller andet
- Luftkondensatoren er for lille.
- På varmegenvindingsanlæg styres bortskaffelsen af varmen af forkerte parametre, fx trykstyret vandventil, eller PLC med programfejl – samt en del andre fejlkilder.

TABEL 4. ENERGIFORBRUG TIL MÆLKEKØLING, VED FORSKELLIGE TYPER KØLEANLÆG – PR. 100 KG MÆLK.

Pr. 100 kg mælk	Energiindhold, 36°C à 4°C	Energi fjernes med forkøling	Energi fjernes med kompressorkøl	Varmepumpe, effektfaktor; COP	Køling, effektfaktor; COP	Elforbrug til kølingen, total, kWh
1. Køling fx i tank, med kølemiddel og luftkondensator udenfor (D _x -anlæg). Uden varmegenvinding	3,38 kWh	0	3,38 kWh	3,9	2,9	1,28
2. Køling (fx i tank), med kølemiddel og luftkondensator udenfor, samt <u>med</u> varmegenvinding	3,38	0	3,38	3,0	2,0	1,69
3. Forkøling med brøndvand + køling med D _x – <u>uden</u> varmegenvinding.	3,38	1,86	1,86	3,4	2,4	0,77
4. Forkøling med brøndvand + køling & varmegenvinding	3,38	1,86	1,86	2,8	1,8	1,03



Figur 7. Sammenbygget kølekompressor og udeluftkondensator.

Varmegenindvinding

Genvinding af varmen til opvarmningsformål sparer energi, typisk el-varme og fyringsolie.

Ved beregning af totaløkonomi ved etablering af varmegenvinding er der oftest en kort tilbagebetalingstid på investeringen.

For at virke både effektivt og have lavt energiforbrug, er det vigtigt at genvindingssystemet opbygges hensigtsmæssigt, sådan køleanlægget kun leverer varme til genvinding, når det har behov for energi. Såfremt køleanlægget af kølemæssige hensyn har behov for at køre, selv om varmegenvindingsanlægget ikke har behov for varme, skal køleanlægget være sammensat, så overskydende varme fra køleprocessen bortskaffes med lavest muligt energiforbrug.

Varmegenindvinding til produktion af såvel varmt brugsvand som centralvarme er beskrevet i de efterfølgende afsnit.

Kilde: Indretning af mælkerum – Vejledning, Videncentret for Landbrug, 2010

2.6 Varmt brugsvand

I kvægbedriften bruges der betydelige mængder varmt vand, først og fremmest til vask af malkeanlæg og mælketank. Det varme vand skal opvarmes til højest mulig temperatur, dog mindst 70°C, idet vaskevandet i malkeanlæg og køletank skal være mindst 60°C ved afslutningen af den varme vask. I praksis bør beholderens temperatur være 88°C eller mere, for at opnå den højeste gennemsnitstemperatur på en aftapning.

Ved installation af flere beholdere, bør disse ubetinget monteres i serie, idet man derved kun får opblanding af kold vand ved aftapning, i en af beholderne – herved øges nyttevirkningen af den samlede volumen på varmtvandsbeholderne.

Kilde: El-vandvarmere- test, September 2013, af Videncentret for Landbrug

Analysér behov for vandmængder og leveringstidspunkter

Ved planlægning af mælkekøle- og varmegenvindingssystem må man tage hensyn til hvor meget varmt vand, der skal bruges hvornår. Samtidig må man også tage hensyn til hvor hurtigt efter vask af malkeanlægget at mælketanken skal vaskes. Hvis man vil kunne vaske sin mælkekøletank 100% uafhængig af hvornår der kunne malkeanlæg, betyder det at mælketanken må have sin egen, dedikerede vandvarmer.

I praksis er buffetanke samt varmegenvindingsbeholdere næsten altid for små, ligesom man jævnligt opdager at varmtvandsbeholdere enten for små eller er dårligt virkende*).

Da energitabet fra velisolerede buffetanke og VV-beholdere er beskedent, er der ikke noget energimæssigt belæg for små beholderstørrelser. Til varmegenvinding bør man derfor planlægge med store beholdere!

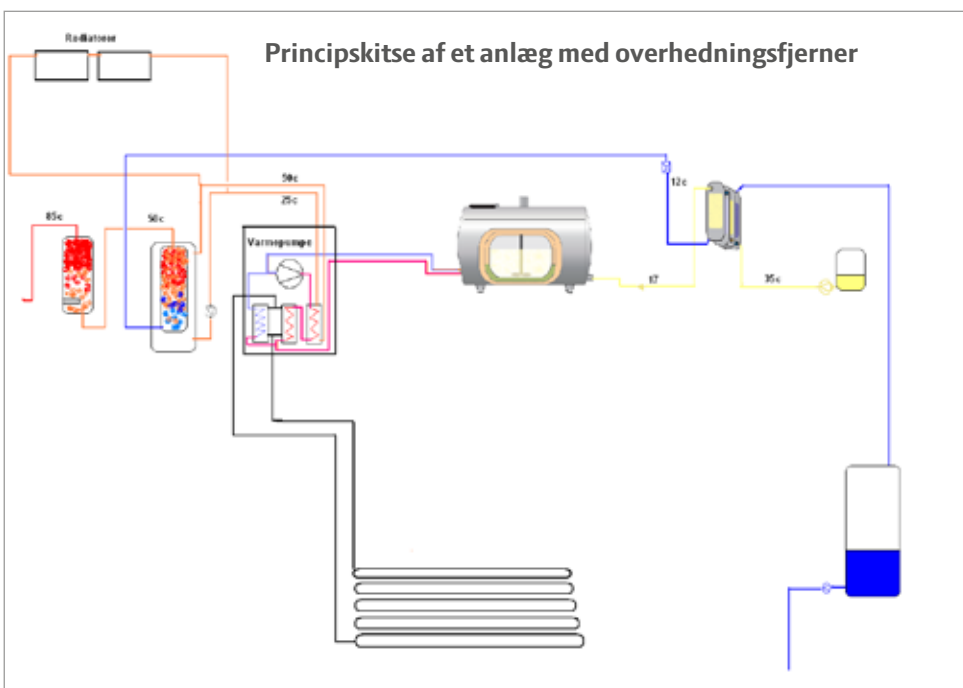
*) Kilde: El-vandvarmere- test, September 2013, af Videncentret for Landbrug

Varmegenindvinding til produktion af varmt brugsvand

Ved at forvarme vandet til 55 – 60°C med varme, som genvindes fra mælkekølingen, spares der (el-)energi. Dette er dagens (2015) standard ved etablering af mælkekøleanlæg. Har man behov for mere varmemængde, kan man i nogen tilfælde også etablere varmegenvinding fra trykluftkompressoren. Læs mere om dette senere.

Supplerende teknik

Ved at etablere en overhedningsfjerner, der er en ekstra kondensator på kølekredsløbet, som fjerner toppen af temperaturen fra den varme kølegas – kan man i reglen producere varmt vand med højere temperatur end 60°C. Hvis man supplerer med at vælge en varmepumpe, som anvender CO₂ som kølemiddel, har man mulighed for at producere varmt vand på op til 70-75°C med varmepumpen.



Figur 8. Principskitse af mælkekøleanlæg, med varmepumpe, køling med brine (glykolvand; ca. -5°C) varmegenvinding til centralvarme og varmt brugsvand, samt afsætning af overskudsvarmen i jordslanger.

Eksempel på vandforbrug til vask af malkeanlæg, med tilhørende energiforbrug:

Ca. 100 årskøer, 2 x malkning pr. dag, 250 liter varmt vand til vask pr. malkning og 250 liter pr. vask af mælketank, hver dag, samt

brug af 200 - 300 liter vand til foder til småkalve, samt til vask. Opvarmning: 7- 88°C.

TABEL 5. ENERGIFORBRUG TIL OPVARMNING AF BRUGSVAND.

Opvarmning, metode	Liter / dag	kWh el / dag	KWh el / år
100 % el-varme, 7 - 88° C	750	70,5	25.746
Genvinding, 7 - 55°C + elvarme til 88° C	750	35,7	13.030
7 - 80° C, produceret alene med varmegenvinding	855	12,1	4.416*

* I beregningen er indregnet merforbrug af el, idet det forbruger mere el til køleprocessen at genvinde varmen end hvis varmen bortskaffes uden genvinding. Til trods for merforbruget af el, er det stadig energimæssigt fordelagtigt at genvinde varmen, til at erstatte opvarmning med el eller olie.

Varmt vand til øvrigt forbrug bør tages ud af varmegenvindingsbeholderne – og *ikke* igennem el-vandvarmerne !

Vigtigt angående tilkalkning af komponenter

Drøft med leverandøren hvordan problemer mht. tilkalkning af varmeproducerende komponenter håndteres. Forhør om hvor ofte en rensning for kalk skal udføres, og ang. hvad dette vil koste pr. gang.

Varmegenvinding til rumvarme samt til produktion af varmt brugsvand kræver store buffertanke

Energirigtig varmegenvinding fra mælkekøling kræver store buffertanke. Ikke blot for at kunne oplagre energien, men også for hurtigt at kunne producere varmt brugsvand, med varme fra genvindingsystemet, sådan at elforbruget til opvarmning af brugsvand minimeres.

Forhold imellem varmtvandsbehov, VV-beholder- og buffertankstørrelser

Ved etablering af varmegenvinding bør der tages hensyn til følgende faktorer, når anlæggets beholderstørrelser fastlægges. Malkesystemet – der skal vælges forskellige beholderstørrelser, alt efter om der er tale om malkestalde / - karusseller eller der er tale om robotter.

- Det maksimale samtidige varmtvandsbehov, samt
- Det maksimale varmebehov til rumvarme, i en 12 timers periode.

Lidt om indretning af systemerne

Buffertank eller akkumuleringstank: Et varmegenvindingsanlæg bør have en buffertank, som kan levere varme til såvel rumvarme som varme til for-opvarmning af det varme brugsvand. Denne buffertank bør være stor nok til at den kan rumme det maksimale varmeforbrug imellem 2 malkninger, dvs. såvel varme til rumvarme som til varmt brugsvand.

Varmtvandsbeholdere – til varmt vand fra varmegenvindingen

Systemer til produktion af varmt brugsvand fra varmegenvinding fra køleanlægget kan indrettes enten med varmtvandsbeholdere, eller med en tilsvarende større buffertank, hvor det varme vand så produceres med en gennemstrømningsvandvarmer.

Varmtvandsbeholderne bør være 20 – 30 % større end det maksimale, samtidige vandforbrug.

El-vandvarmere

El-vandvarmere skal opvarme vand til vask af malkeanlæg og til vask af mælkekøletank. Vandet skal være så varmt som muligt – 85 – 88°C. For at bruge mindst mulig el på opgaven bør vandet til el-vandvarmere leveres forvarmet fra varmegenvindingen. Herved reduceres el-forbruget til opvarmning af brugsvand, med ca. 50%.

Kilde: El-vandvarmere- test, September 2013, af Videncenter for Landbrug



Figur 9. Principskitse af varmegenvinding. Ved genvinding af varme fra mælkekølingen, er der god økonomi i at dimensionere genvindingsbeholderne så de kan dække varmtvandsbehovet.

Beregning af beholderstørrelser til varmegenvinding

For at kunne fastlægge de nødvendige beholderkapaciteter til såvel el-vandvarmere som til varmegenvindingsbeholdere, må man have oversigt over det totale forbrug af varmt brugsvand, samt over forbruget af rumvarme. Tallene skal opgøres for en malkeperiode, dvs. for 12 timer ved 2 x malkning pr. dag. Hvis man planlægger et staldanlæg til 3 x malkning pr. dag bør man vurdere at opdimensionere nødvendige kølekomponenter, så ejeren på et senere tidspunkt kan ændre til 2 x malkning pr. dag, hvis man måtte ønske dette.

Vigtigt

- Al vand til el-vandvarmere bør foropvarmes med varmegenvinding. Herved sparer man ca. 50 % el til opvarmningen.
- Al varmt vand, hvor man kan nøjes med en vandtemperatur på ca. 50° C, bør tappes direkte fra den varmtvandsbeholder, som opvarmes fra varmegenvindingsanlægget.
- Forhør med leverandøren af såvel malkeanlæg som leverandøren af køletanken om deres respektive krav til varmtvandstemperatur og mængder.

1. Beholderkapacitet til varmt brugsvand

Det maksimale, samtidige varmtvandsbehov, pr. 12 timer

a. Vask af malkeanlæg +85° C

Eksempel

350 liter

b. Vask af mælketank +85° C

350 liter

Samtidig varmtvandsforbrug, i alt

700 liter

El-vandvarmerne bør have en overkapacitet på 15 - 20 %, dvs. være på 800 - 900 liter i alt

c. Vask af udstyr, badevand i mandskabsrum (+ 50° C)

300 liter

Varmtvandsforbrug i alt pr. malkning (12 timers periode)

1.000 liter

Genvindingsbeholderen til produktion af varmt brugsvand bør være 1.200 – 1.300 liter

2. Beholderkapacitet til varmegenvinding til rumvarme

Genvindingsbeholderen til levering af varme til rumvarme skal kunne rumme den varmemængde, som forbruges i den periode, hvor mælkekøleanlægget står stille. Hvis der malkes i en malkestald i alt 3 timer pr. malkning og der malkes 2 x døgn, vil køleanlægget skulle køre i maksimalt 5 timer pr. 12 timer, ved isvandsanlæg. Det betyder at der må etableres en varmegenvindingsbeholder, som kan akkumulere varmen til rumvarme til at dække op til 7 timers varmeforbrug.

Eksempel: En bolig hvor varmebehovet er 15 kW på årets koldeste dag = 180 kWh pr. 12 timer. Forbruget i 7 timer er da 105 kWh. Ved 25°C afkøling skal beholderen være på 3617 liter. I praksis bør man vælge en beholder på 33 – 50% af denne størrelse – dvs. en beholder i området 1200 – 1800 liter.

*) Kilde: El-vandvarmere- test, September 2013, af Videncenter for Landbrug.

Om varmt vand til vask af mælkekøletanke

Vask af mælkekøletanke, som køles med koldt vand eller med isvand kræver ekstra store mængder varmt vand til vask, idet det kolde vand i kølesystemet i bunde af tanken også skal opvarmes til mindst 70°C. Forhør ang. nødvendige vandmængder til vask af tanken, hos tankleverandøren, forud for opstilling af køletanken.

Investering i udstyr, som giver højere temperatur fra varmegenvindingen

For at kunne producere 80°C varmt vand med varmegenvinding alene, skal man både have et varmepumpeanlæg, som anvender CO₂ som kølemiddel, og anlægget skal udstyres med en overhedningsfjerner, eller man må etablere varmegenvinding fra såvel køleanlægget som fra en trykluftkompressor (hvis en sådan findes). En overhedningsfjerner er et ekstra varmevekslerkredsløb imellem kølegas og vand, fra varmepumpen. Det producerede varme vand fra såvel overhedningsfjerner som fra genvindingen fra trykluftkompressoren bør ubetinget sendes ind i toppen af VV-beholderne.

Varmt brugsvand ved malkerobotter, som har hver sin varmtvandsbeholder

En del malkerobotter er udstyret med hver sin varmtvandsbeholder, for at undgå at skulle etablere varmetransmissionsledninger til varme brugsvand over lange afstande, noget som sædvanligvis medfører tab af temperatur og energi. Det betyder at al det varme vand skal opvarmes 100% med el.

Ved at fremføre foropvarmet vand fra varmegenvindingen fra mælkekøleanlægget til elvandvarmerne på den enkelte malkerobot kan man påregne at reducere el-forbruget med 50% eller mere til opvarmningen af vaskevandet.

Investering

Løsningen kræver fremføring af et velisoleret rør til varmt brugsvand til den enkelte malkerobot. Såfremt der vælges fremføring med stålør eller plastør, bør røret isoleres med mindst 30 mm og gerne 40 mm mineraluldsskåle, afsluttet med glat plastkappe.

Økonomi i investeringen

Om investeringen er rentabel, kommer an på afstanden fra varmtvandsforsyningen til den enkelte robot, samt af hvor meget varmt vand den enkelte robot bruger pr. år.

Styring af varmepumper, som både skal køle mælk og genvinde varme til brugsvand samt centralvarme

Styringen af varmepumpen har også betydning for varmegenvindingsanlæggets energieffektivitet, særlig hvis anlægget er udstyret med en stor buffertank på centralvarmekredsen.

For at sikre størst mulig lagring af varme fra mælkekølingen, bør anlægget styres via flere termofølere i buffertanken, som via varmepumpens styring sikrer at buffertanken tømmes for varme, i de perioder af døgnet, hvor der ikke er behov for mælkekøling. Styringerne skal indrettes sådan at anlæggets buffertanke er tømt for varme, på det tidspunkt hvor en malkning indledes (gælder for malkestalde og -karusseller).

Indtil nu er denne opgave overvejende blevet løst med en urstyring – en løsning, hvis effektivitet var afhængig af brugernes indstilling af uret!

2.7 Frostsikring

Malkerobotter

En malkerobot i en uisolere kvægstald er i perioder med frost ofte udsat for problemer med frysende vand, ventiler og andre bevægelige dele. Problemet er særlig udtalt, hvis robotten er placeret i et åbent miljø, uden nogen form for særlig afskærmning eller anden beskyttelse, i form af indbygning i et robotrum. I sådanne tilfælde er det set at brugerne kan have både 1 stk og 2 stk 9 kW varmeblæsere opstillet pr. malkerobot, for at holde den enkelte robot frostfri. I længerevarende frostperioder kan det være nødvendigt at anvende betydelige elmængder til at holde en robot frostfri.

Løsningsmuligheder

Princippet for frostsikring er først og fremmest at holde på den varme, som findes omkring robotten, i form af varme fra maskineri samt fra køerne.

- Malkerobotter kan indkapsles enten med nedklapbare, isolerede låger, eller afskærmes med løse, isolerede plader. En 3. mulighed er at opsætte plastgardiner, som kan trækkes rundt om robotten i perioder med frost.
- **Rum til robotten:** Malkerobotten bør indbygges i et robotrum

eller indkapsles, så der i frostvejrperioder kun skal tilsættes lidt varme for at holde den frostfri.

- Ved indbygning i et robotrum eller ved indkapsling vil der om sommeren være et betydeligt overskud af varme, hvilket vil give problemer. Derfor bør der ved etablering af robotrum og afskærmninger etableres ventilation, med regulerbar kapacitet.
- **Hæve-sænkbare kip:** I stalde med isoleret tag og med ventilationsåbning i tagkappen, kan en hæve-sænkbare kip som sænkes, medvirke til at holde temperaturen i stalden omkring frysepunktet (0 °C), selv med betydelige frostgrader udenfor. Derved bliver det samtidig lettere at holde malkebotterne frostfrie.

2.8 Malkeanlæg i malkestalde

Ved etablering af staldanlæg bør man indbygge afskærmning og evt. isolering af malkestaldsrummet, sådan at der i vinterperioder kun skal tilsættes mindre mængde varme dels at holde malkeanlægget frostfri, og dels for at gøre malkearbejdet tåleligt for de ansatte at udføre.

Energimæssig set er den bedste måde at løse opgaven på, at indkapsle og isolere, idet man herved sparer energi.

Totaløkonomisk er det oftest bedst at indkapsle og isolere. Alternativt må man etablere en relativ kraftig varmforsyning til at holde malkestald og malkeanlæg frostfri – et anlæg som koster i etablering og koster at køre med.

Hvis malkestalden er placeret inde i selve staldområdet, vil en hæve-sænkbare kip i stalden hæve staldtemperaturen og dermed også bidrage til at holde selve malkestalden frostfri.

Investering / tiltag

- Afskærmning og isolering af malkestaldsområdet, samt etablering af ventilationsanlæg, til ventilering af malkestalden i varme perioder.
- Opvarmning af malkestalden: Monter indblæsningsrør til varme. Varmen tages fra teknikrummet (hvor der næsten altid er varme i overskud) og føres til malkestalden med ventilator. Suppler gerne varmforsyningen med varmeveksler, for at holde malkestalden frostfri og let tempereret.
- Hæve-/sænkbare kip i stalden, se afsnittet ovenfor.

3. TEKNISK ISOLERING AF RØR

Rør skal dimensioneres, så vandflow større end 1 - 1,5 m/s undgås.

En Dansk Standard udstikker regler for tekniske installationer maksimale energitab. Dette gælder for såvel varmførende, som kuldeførende rør. Reglerne er beskrevet i DS 452 3. udgave, 2013, Termisk isolering af tekniske installationer.

Alle rør og ventiler i forbindelse med køling og opvarmning i staldanlægget skal isoleres efter ovennævnte standard, så energitab undgås.

Eksempelvis har et 1-tommer rør et varmetab på 53 W pr. meter, hvis det er uisoleret. Det svarer til 55 liter fyringsolie pr. år.

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

Varmeafgivelse fra 3 forskellige rør ved en overtemperatur på 40° C i forhold til stalden:

- Sort stålrør, 2": 93 W/m
- Alukseret deltarør 130 W/m
- Ribberør, 1" 200 W/m

Praktiske råd

Rør bør isoleres med materialer, som er sikret mod gnavnere samt katte og som tåler vask med højtryksrensere. I praksis bør rørisoleringen beskyttes med plastkapper, som vist i figur 10.

Isolering af rør kræver plads. Illustrationen nedenfor viser det anbefalede friplads omkring rørene, efter afslutningen af isoleringen!

Som det fremgår af figur 11 skal rørene monteres med god afstand til såvel hinanden, som vægge og loft, for at der bliver plads til isoleringsmaterialerne.

Bøjninger, udtag og T-stykker bør ubetinget også isoleres, idet varmetabet fra uisolerede rør udgør ca. 350 kWh/meter uisoleret rør / år, hvilket svarer til 38 - 40 liter olie/meter/år.

Undgå at bruge rørsåle af skumplast

Selv om brug af rørsåle i skumplast er en noget billigere løsning end at anvende rørsåle i mineraluld + plastbeskyttelseskappe, bør man kun undtagelsesvis vælge denne isoleringsform. Erfaringer fra praksis viser, at denne type isolering let ødelægges – med højtryksrensere eller af katte og gnavnere.

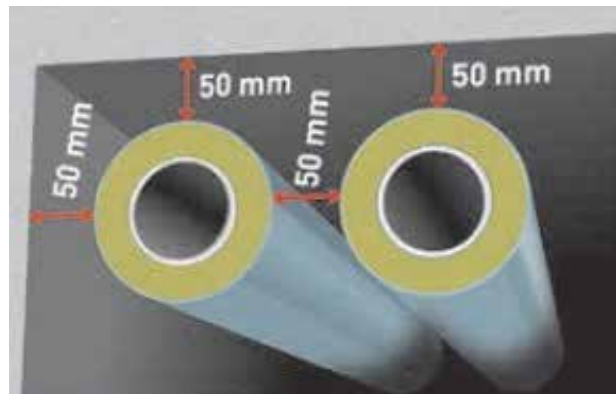
Kilder:

Iscover: www.iscover.dk/r%C3%A5dgivning/lovgivning/teknisk+isolering

Rockwool: www.rockwool.dk/produkter/u/10807/teknisk+isolering



Figur 10. Varmeserier ophængt i gangen i en stald. Rørene er isoleret med mineraluldrørsåle, som er afsluttet med en udvendig plastbeskyttelseskappe (Isogenapack).



Figur 11. Varmeserier skal monteres med den anbefalede friplads omkring rørene – efter afslutningen af isoleringen.

4. FODRING

I kvægproduktionen består udfodringssystemet oftest af en traktortrukket mobil fuldfoderblander, som fyldes med selvstændig læsemaskine. I praksis bruges der mange traktortimer og tilsvarende liter dieselolie på at holde dette system kørende.

Blanding og udfodring med eldrevne systemer forbruger kun ca. 1/2 mængde brutto energi, sammenlignet med mobil, traktortrukket blander.

Energisparemuligheder

- Alternativt kan en selvkørende, selvlæssende fuldfodervogn løse opgaven på såvel kortere tid, som med et lavere forbrug af dieselolie pr. dag.
- Ved planlægning af nye stalde er det muligt at etablere en stationær, eldrevet fuldfoderblander, med eldrevet udfodringssystem. Dette vil ligeledes reducere forbruget af traktordiesel betydeligt. Vær opmærksom på at såfremt stalden designes med smalt foderbord og automatisk udfodring, er det endog overordentlig vanskeligt at ændre udfodringssystem på et senere tidspunkt.

5. GYLLEHÅNDTERING

Gylleomrøring

I kvægstalde etableres der i reglen gyllekummer i et ringkanalsystem, hvor gyllen omrøres og cirkuleres mindst én gang pr. dag, med en eldrevet gyllerører. Regler fra Arbejdstilsynet kræver, at gylle i ringkanalsystemer omrøres mindst én gang pr. dag for at undgå, at der frigøres svovlbrinte (H₂S) ved omrøringen.

Sparemuligheder

- Reducér gyllemængden i kummerne ved hyppigere overpumpning – sådan at røreværket har mindre gylle at skulle cirkulere
- Forsøg at reducere den daglige omrøring, så røreværket kører færre minutter pr. døgn.

Gyllepumpning

Ved overpumpning fra fortank til lagertank bør der anvendes den størst mulige rørdiameter, idet modtrykket fra gyllen falder, med øgende rørdimension. Jo lavere modtryk, jo mindre problemer med overpumpningen. Samtidig falder energiforbruget til pumpeopgaven.

Desuden skal rør og pumpeanlæg dimensioneres så væskehastig-

heden i røret bliver mindst 1,0 m/sek og gerne op til 1,5 m/sek, fordi man med denne hastighed mindsker risikoen for aflejringer i bunden af røret.

Forsuring

Forsuring af gylle kræver omrøring under syretilsætningen. Energiforbruget til processen fastlægges mere af adfærd end ved valg af komponenter.

Da gyllen i ringkanalsystemer under alle omstændigheder skal omrøres hver dag, ifølge krav fra Arbejdstilsynet, for at undgå dannelse af H₂S (svovlbrinte), vil forsuring sjældent udløse ekstra, daglig omrøring.

Adfærd

- Forsuringsopgaven skal løses med mindst mulig driftstid pr. døgn på røreanlægget
- Reducér gyllemængden i kummerne ved hyppigere overpumpning – sådan at røreværket har mindre gylle at skulle cirkulere.

6. KILDER

- Kvalitetsprogrammet Arlagården, ver. 4.5, juli 2015 (Hygiejneforordningen, Krav fra Arla Foods, Anbefaling fra Arla Foods).
- Indretning af stalde til kvæg – Danske anbefalinger, DLBR 2010.
- Indretning af mælkerum – Vejledning, Videncentret for Landbrug, 2010.
- El-vandvarmere- test, September 2013, Videncentret for Landbrug.
- Tekniske krav til indretning af malkeanlæg findes i *Indretning af stalde til kvæg – Danske anbefalinger, DLBR 2010*, samt i *Kvalitetsprogrammet Arlagården, ver. 4.5, juli 2015*.
- Regler om isolering af såvel kolde som varme rør findes i *Termisk isolering af tekniske installationer, DS 452, 3. udgave 2013*
www.isover.dk/t%C3%A5dgivning/lovgivning/teknisk+isolering