



Rå mælks køling, opbevaring og kvalitet

Cooling, storing and quality of raw milk

Frode Guul-Simonsen¹, Preben Stordal Christensen², Dan Edelsten²,
Jørgen Ryhmer Kristiansen², Niels Peder Madsen¹, Egil Waagner Nielsen¹
og Lone Petersen²

¹Afd. for Jordbrugsteknik og Produktionssystemer, Statens Husdyrbrugs-
forsøg, ²Mejeri- og Levnedsmiddelinstitutet, Den Kgl. Veterinær- og
Landbohøjskole

STATENS HUSDYRBRUGSFORSØG

Forskningscenter Foulum, Postboks 39, 8830 Tjele • Tlf. 89 99 19 00 • Fax 89 99 19 19
Forskningscenter Bygholm, Postboks 536, 8700 Horsens • Tlf. 75 60 22 11 • Fax 75 62 48 80

Statens Husdyrbrugsforsøg har til formål at gennemføre forskning samt indsamle og opbygge viden af betydning for erhvervsmæssigt husdyrbrug og jordbrugsteknik i Danmark. I forskningen skal der lægges vægt på ressourceudnyttelse, dyrevelfærd, internt og eksternt miljø, produkternes kvalitet og konkurrenceevne samt en hurtig og sikker formidling af resultaterne.

Institutionen omfatter følgende forskningsafdelinger: Afdeling for Ernæring, Afdeling for Råvarekvalitet, Afdeling for Avl og Genetik, Afdeling for Sundhed og Velfærd, Afdeling for Jordbrugsteknik og Produktionssystemer samt Centrallaboratorium. Servicefunktionerne varetages af Afdeling for Landbrugsdrift, Afdeling for

Stalddrift samt af Statens Husdyrbrugsforsøgs Sekretariat.

Husdyrforskningen finder fortrinsvis sted på Forskningscenter Foulum, mens den jordbrugstekniske forskning udføres på Forskningscenter Bygholm. Herudover har institutionen adgang til en række privat-/organisationsejede forsøgsstationer m.m.

Forskningsresultaterne publiceres i internationale, videnskabelige tidsskrifter samt i publikationer udgivet af Statens Husdyrbrugsforsøg. Abonnement på årsrapporter, forskningsrapporter, beretninger og informationsblad kan tegnes ved henvendelse til ovenstående adresse.

DANISH INSTITUTE OF ANIMAL SCIENCE

Research Centre Foulum, P.O. Box 39, DK-8830 Tjele • Tel +45 89 99 19 00 • Fax +45 89 99 19 19
Research Centre Bygholm, P.O. Box 536, DK-8700 Horsens • Tel +45 75 60 22 11 • Fax +45 75 62 48 80

The aim of the Danish Institute of Animal Science is to carry out research and accumulate knowledge of importance to animal husbandry and agricultural engineering. In the research, great importance is attached to the utilization of resources, environment, animal welfare, and to the quality and competitiveness of the agricultural products along with a rapid and efficient dissemination of the results.

The institute comprises six research departments: Dept. for Nutrition, Dept. for Product Quality, Dept. for Breeding and Genetics, Dept. for Animal Health and Welfare, Dept. for Agricultural Engineering and Production Systems, and a Cen-

tral Laboratory. Service departments include Dept. for Farm Management and Services, Dept. for Livestock Management, and a Secretariat.

The research departments for animal science together with management and service departments are located at Research Centre Foulum. The technical research takes place at Research Centre Bygholm.

Research results are published in international scientific journals and in publications from the Danish Institute of Animal Science. For subscription to reports and other publications please contact the above address.

Forskningsrapport nr. 39 fra Statens Husdyrbrugsforsøg

Rå mælks køling, opbevaring og kvalitet

Cooling, storing and quality of raw milk

Frode Guul-Simonsen¹, Preben Stordal Christensen², Dan Edelsten²,
Jørgen Ryhmer Kristiansen², Niels Peder Madsen¹, Egil Waagner Nielsen¹
og Lone Petersen²

¹Afd. for Jordbrugsteknik og Produktionssystemer, Statens Husdyrbrugs-
forsøg, ²Mejeri- og Levnedsmiddelinstitutet, Den Kgl. Veterinær- og
Landbohøjskole

Indholdsfortegnelse

	Side
Sammendrag	5
Summary	7
1 Indledning	9
1.1 KRAV TIL LEVERANDØRMÆLK	9
1.2 KØLELAGRINGENS BETYDNING FOR DEN RÅ MÆLKS KVALITET	10
1.3 KØLELAGRINGENS BETYDNING FOR MÆLKENS TEKNOLOGISKE EGENSKABER	12
1.4 FORMÅL	13
2 Materialer og metoder	13
2.1 FORSØGSANLÆG	13
2.2 FORSØGSPLAN	16
2.3 ANALYSER	16
2.4 DATAINDSAMLING	18
2.5 STATISTIK	18
3 Resultater og diskussion	19
3.1 RÅ MÆLKS KVALITET VED FORSKELLIG KØLING OG OPBEVARING	19
3.1.1 Forsøgsserie I	19
3.1.2 Forsøgsserie Ia	24
3.1.3 Forsøgsserie II	26
4 Teknisk-økonomiske kalkuler	30
4.1 TIDSDIFFERENTIEREDE TARIFTER	30
4.2 VARMT BRUGSVAND	31
4.3 MODELBEREGNINGER FOR FORSKELLIGE TYPER MÆLKEKØLEANLÆG	32
5 Konklusion	37
Anerkendelser	38
Litteratur	39
Appendiks	44

Contents

	Page
Summary in Danish	5
Summary in English	7
1 Introduction	9
1.1 DEMANDS ON MILK FROM SUPPLIERS	9
1.2 IMPORTANCE OF COLD STORAGE FOR THE QUALITY OF RAW MILK	10
1.3 IMPORTANCE OF COLD STORAGE FOR THE TECHNOLOGIC QUALITIES OF MILK	12
1.4 PURPOSE	13
2 Materials and Methods used	13
2.1 Test plant	13
2.2 Test plan	16
2.3 Analyses	16
2.4 Data collection	18
2.5 Statistics	18
3 Results and discussion	19
3.1 QUALITY OF RAW MILK AT DIFFERENT COOLING AND STORAGE CONDITIONS	19
3.1.1 Test Series I	19
3.1.2 Test Series Ia	24
3.1.3 Test Series II	26
4 Technical - economic estimates	30
4.1 Time differentiated rates	30
4.2 Hot service water	31
4.3 Model calculations for different types of milk cooling plant	32
5 Conclusion	37
Acknowledgements	38
References	39
Appendices	44

Sammendrag

Under praktiske forhold er der udført forsøg med køling og opbevaring af rå mælk fra 70 malkekøer. Under hver malkning deltes mælken kontinuert ligeligt og gennemgik derefter to forskellige former for køling og opbevaring: Normalkøling/ portionsproces, temperaturen i blandingsmælk er under 10°C, og instantkøling/kontinuerlig proces, dvs. nedkøling af mælken lige så hurtigt, som den udmalkes. Mælkens kvalitet blev undersøgt ved forskellig køletemperatur og efter forskellig opbevaringstid.

Resultaterne viste, at instantkøling/kontinuerlig proces til 2,5°C, sammenlignet med normalkøling/portionsproces til 4°C i løbet af 1,5 time, gav langsommere bakterievækst og langsommere stigning i fedtsyregraden, hvorimod effekten for fedtoxidation var usikker.

Rå mælk, sammenblandet af mælk fra 4 malkninger over 2 døgn og med et begyndelseskimtal lavere end 10⁴/ml, kunne opbevares ved 4°C (normalkølet) i indtil 4-5 døgn efter første udmalkning (2 døgn efter sidste malkning), før mælkens smag bedømtes som mindre tilfredsstillende i sammenhæng med, at et stigende bakterietal begyndte at vise sig. For samme mælk, opbevaret ved 2,5°C (instantkølet), begyndte en tilsvarende kvalitetsforringelse først at vise sig 1-2 døgn senere.

Ved sammenligning af instantkøling/kontinuerlig proces med normalkøling/portionsproces til samme temperatur, 4°C, var der lidt langsommere bakterieudvikling og lidt langsommere stigning i fedtsyregrad og TBA-værdi (fedtoxidation) for den instantkølede mælk. Da mælken i denne forsøgsserie generelt var af særdeles god bakteriologisk kvalitet ved start (totalkim <5000/ml), var forskellene imidlertid ret små og kun signifikante, for så vidt angår fedtsyregrad og TBA-

værdi samt totalkimtallet 6 døgn efter første udmalkning.

I denne forsøgsserie blev der tillige bestemt indhold af C-vitamin samt indhold af valleenitrogen og proteose-pepton-nitrogen til bedømmelse af eventuel forskel i proteolysehastighed, men for ingen af disse parametre kunne der konstateres sikker forskel mellem instantkølet og normalkølet mælk. Mælkens indhold af C-vitamin aftog hurtigt under opbevaring, uanset kølemetode.

Modelberegninger over forskellige anlægstyper, normal- kontra instantkøling, viser, at anskaffelsesprisen for anlæg til instantkøling/kontinuerlig proces er højere end for anlæg til normalkøling/portionsproces. Med de nuværende priser og tretidstariffer er instantkøling ikke rentabel ved afhentning af mælk hveranden dag.

Instantkøling/kontinuerlig proces til 2,5°C, 4. dags afhentning af mælk, udnyttelse af varme- genindvindingen (fra mælk og kompressorarbejde) til opvarmning af drikkevand til husdyr, rengøring af rørmalkeanlæg og mælkekøletank, bad, rumopvarmning og husholdning ville kunne give en simpel tilbagebetalingstid på omkring 5 år, afhængigt af eltariffen. Dette forudsætter dog, at der på grund af lavere transportomkostninger vil kunne opnås en ca. 2% højere mælkepris i forhold til prisen ved afhentning hver dag. En endelig vurdering vil dog kræve en dybtgående analyse af mejeriets transportomkostninger og kendskab til anlæggets fremstillingspris, baseret på serieproduktion, ligesom overvejelser om eventuel overgang til en lavere afhentningsfrekvens end afhentning hver eller hveranden dag vil have som nødvendig forudsætning, at der gennemføres undersøgelser med vurdering af produktkvaliteten for mejeriprodukterne ved udløb af normal holdbarhedstid.

For analysemetoden, TBA-værdi, for fedtoxidation (King, 1962) blev der opnået bedre præcision ved at specificere rysteintensiteten samt ved at indføre en korrektion for uklarhed.

International Standard ISO 5708 bør ved revision ændres til at omfatte klassifikationsoplysninger om nedkøling af den rå mælk fra 35 til 4°C (evt. 2,5°C) i løbet af 1,5 og 2 timer. Endvidere bør standarden omfatte måling af det specifikke energiforbrug, kWh/100 l mælk (energimærk-

ning). Yderligere anbefales det, at der udarbejdes en standardiseret afleveringsprocedure for mælkekøleanlæg til brug efter endt opstilling hos mælkeproducenten, da udformningen af installationen under lokale forhold har stor betydning for energiforbruget.

Nøgleord: Mælkekøling, instantkøling, mælkekvalitet, varmegenvinding, tretidstarif.

Summary

Tests were made under practical conditions regarding the cooling and storing of raw milk from 70 dairy cows. During each milking the milk was divided continuously and evenly for the following two types of subsequent cooling and storing: normal cooling/batch process where the temperature of milk composites is below 10°C, and instant cooling/continuous process, i.e. cooling of the milk immediately after milking. Milk quality examinations were made for different cooling temperatures and after different storing times.

The results proved that the normal cooling/batch process to 4°C within 1.5 hours compared with the instant cooling/continuous process to 2.5°C resulted in a slower bacterial growth and a slower increase in the acidity of fat whereas for fat oxidation the effect was uncertain.

Raw milk, as a mixture of milk from four milkings over two days with an initial total plate count of less than 10^4 /ml, could be stored at 4°C (normal cooling) for up to four days after the first milking (two days after the last milking) before the taste by sensoric evaluation was classified as less satisfactory at the same time as an increasing number of bacteria could be detected. When the same milk was stored at 2.5°C (instant cooling) an equivalent reduction in quality did not appear before one or two days later.

A comparison of average values for the instant cooling/continuous process and the normal cooling/batch process at the same temperature (4°C) showed that for instantly cooled milk the bacterial growth was slightly slower and that the increase in the acidity of fat and in the TBA-value (fat oxidation) was generally slower. Since the bacteriological milk quality was very high at the beginning of this series of test (total plate

count <5000/ml), only small differences were found. Significant differences were only found for acidity of fat and TBA value and for total plate count six days after the first milking.

The test series also included determination of Vitamin C content, whey-nitrogen and proteoses-peptone-nitrogen for the purpose of estimating differences in the velocity of proteolysis. No significant differences between instantly cooled and normally cooled milk were found for these parameters. Irrespective of cooling method, the Vitamin C content decreased rapidly in the milk, when stored.

From model calculations for different types of cooling systems (normal versus instant cooling/continuous process) it can be seen that for instant cooling/continuous process systems the initial costs are considerably higher than for normal cooling/batch process systems. With the present rates and three-period tariffs the instant cooling/continuous process will not be a profitable method in connection with the collection of milk every two days.

With the instant cooling/continuous process to 2.5°C, milk collection every four days and full use of the recovery of heat from milk and operating compressors for the purpose of heating livestock drinking water, cleaning pipe milking machines and refrigerated farm milk tanks, for bathing purposes, space heating and domestic purposes a refund period of about five years can be achieved, provided that the reduced transport costs lead to increases in milk prices by 2% as compared to the price involved with every day collection. In order to make a final estimate the transport costs of the dairy should be thoroughly analysed. Moreover, the production price of the cooling system on the basis of serial production must be known. Further, experimental work

concerning quality, including shelf life, of the dairy products in respect to collection frequency must be considered.

Improved accuracy of the TBA-test for oxidation of fat (King, 1962) was obtained by specifying the shaking intensity and introducing a procedure for correction of turbidity.

At the time of revising the ISO 5708 International Standard should be modified to include classification information concerning cooling of raw milk from 35 to 4°C (or 2.5°C) within 1.5

and 2 hours. The standard should also specify energy consumption in kWh/100 l of milk (energy labelling). Moreover, it is recommended that a standardized delivery procedure be established for the installation of milk cooling plants at farms, as the design of the installation is of great importance with regard to the energy consumption under local conditions.

Keywords: Milk cooling, instant cooling, milk quality, heat recovery, three-period tariffs.

1 Indledning

Billig nat- og weekendstrøm, der ofte er 50-70% billigere end strøm i dagtimerne, kan energilagres og åbner derved mulighed for at udnytte systemet instantkøling/kontinuerlig proces. Energien akkumuleres som kulde (is og isvand) i en højisoleret beholder for senere at blive udløst til instantkøling af mælken. Det vil sige nedkøling af mælken lige så hurtigt, som den udmalkes. Akkumuleringsperioden for opsamling af energi er længere end malkeperioden, hvilket muliggør anvendelse af en mindre og mere økonomisk kølekompressor, ligesom det betyder, at det elektriske forsyningsnet ikke behøver udbygning ved ændring til anlæg med større kølingskapacitet. En udbygning af forsyningsnettet kan være omkostningskrævende både for elselskab og mælkeproducent. Af hygiejniske grunde vil køling med rent vand være at foretrække i forbindelse med levnedsmidler, fremfor brug af de kendte CFC- og HCFC-kølemidler eller vand, mættet med salt (brine).

Instantkøling/kontinuerlig proces giver gode muligheder for genvinding af energi ved opvarmet brugsvand, der kan nyttiggøres til opvarmet drikkevand til husdyr, rengøring af rørmalkeanlæg og mælkekøletank samt bad, rumopvarmning og husholdning.

I den forbindelse nævnes det, at drikkevand, opvarmet til henholdsvis 17 og 24°C til køer, gav en mælkeforøgelse på 4 og 3% (Anderson, 1984). Rice (1979) fandt optimal tilvækst ved kvier, der fik drikkevand med en temperatur på 21°C.

Instantkøling/kontinuerlig proces giver ved efterfølgende malkninger ingen temperaturstigning i mælk i tank, modsat hvad der sker ved normalkøling/portionsproces. Dette indikerer, at mælkekvaliteten bedre kan fastholdes ved instantkøling/kontinuerlig proces. Kan mælkens holdbarhed strækkes ud over, hvad der kendes fra 2. dags afhentning, med færre transportomkostninger til

følge (stoppenge), vil instantkøling/kontinuerlig proces være en interessant metode for landbrug og mejeribrug.

1.1 KRAV TIL LEVERANDØRMÆLK

Mejeriets krav til leverandørmælken kan opdeles i en række generelle krav, som vil gælde for al rå mælk, uafhængigt af, hvilket formål den ønskes anvendt til, samt specielle krav, som kun har betydning for den produktionsgren, hvortil mælken skal anvendes.

De generelle krav er, at den rå mælk skal

- Være kimfattig.
- Være frisk, dvs. have den rette surhedsgrad.
- Være sund, dvs. være fri for sygdomsfremkaldende mikroorganismer, og være udmalket fra sunde køer.
- Være fri for smuds.
- Være uden rester af antibiotika og andre medikamenter, pesticider, rengørings- og desinfektionsmidler, mykotoxiner m.m.
- Have en naturlig sammensætning.
- Have en normal lugt og smag.
- Afkøles straks efter udmalkning og opbevares i nedkølet tilstand.

Herudover kan der stilles specielle krav til mælken, afhængigt af produktionsformålet, tabel 1.

Tabel 1 Specielle krav til mælk, sammenholdt med produktionsformålet (Waagner Nielsen & Ullum, 1989)

Special requirements compared with production (Waagner Nielsen & Ullum, 1989)

	Ost <i>Cheese</i>	Smør <i>Butter</i>	Konsummælk <i>Fluid milk</i>	Surmælks- produkter <i>Cultured milk products</i>
Syrningsevne <i>Acidification ability</i>	+	+		+
Løbeevne <i>Rennet ability</i>	+			
Fedtets jodtal <i>Iodine value of fat</i>	(+)	+		
Fedtets syregrad <i>Acidity of fat</i>		+	+	+
Fedtets oxidation <i>Oxidation of fat</i>		+	+	+

1.2 KØLELAGRINGENS BETYDNING FOR DEN RÅ MÆLKS KVALITET

I bakteriekulturens vækstfase stiger antallet af bakterier eksponentielt. Begyndelseskimtallet i rå mælk har markant indflydelse på muligheden for at bevare den rå mælks kvalitet under opbevaring og på produktkvaliteten ved senere forarbejdning. Køling kan ikke tjene som en substitut for god mælkehygiejne og omhyggelig rengøring og desinfektion af malkeudstyr. Bakterietallet i frisk, rå mælk er særdeles afhængigt af rengøring af mælketank og udstyr. Kurzweil og Busse (1973) observerede, at yverfloraen var dominerende i mælk med lave kintal. Ved stigende kintal var der en forøgelse af bakterier fra malkeudstyr og patter. Mabbitt (1980) fandt, at god yverhygiejne kan bringe bakterietallet, hidrørende fra yveret, ned under 500/ml. Funktionelt design af malkeanlæg og mælkekøleanlæg samt effektiv rengøring kan reducere antallet af bakterier i mælk til under 500/ml. Ifølge IDF Monograph (1974) bør det totale levedygtige bakterietal ved afhentning på gården ikke overstige 10.000/ml, hvilket er muligt, når mælken er produceret under gode hygiejniske forhold.

Fra 0 til 5°C vil det hovedsageligt være psykrotrofe bakterier (forrådnelsesbakterier af Pseudomonas-gruppen og andre Gram-negative stavformer), der udvikler sig i mælk (Brandt, 1977). Ved køleforsøg, udført af von Bockelmann (1974) og O'Connor (1976), fandtes det, at ved en temperatur fra 2-4°C i opbevaringstanken var mellem 1 og 10% af bakterierne i mælken psykrotrofe den første dag efter udmalkningen. Efter en opbevaringsperiode på 2-3 dage var disse organismer fuldstændig dominerende. Relativt små ændringer i mælken opbevaringstemperatur kan give store udslag i mælken bakteriologiske holdbarhed.

Efter gennemgang af litteraturen, se referencer, og på grundlag af resultater fra dette projekt kan en gennemsnitlig sammenhæng mellem temperatur og generationstid (fordoblingstid) for en typisk bakterieflora i rå mælk beregnes, Appendiks C.

Lipolyse

Såvel mælkelipaser som bakterielle lipaser kan medføre fedtspaltning. En stor del af de psy-

krotrofe bakterier, som er dominerende i rå, kølelagret mælk, udviser lipolytisk aktivitet. Ved en svensk undersøgelse af 60 stammer psykotrofe bakterier fra gårdtanke med rå mælk viste det sig, at omkring 40% af stammerne dannede enzymer, som efter 2 min ved 90°C eller 30 min ved 63°C endnu udviste 25% af deres oprindelige aktivitet (Kishonti, 1975).

I rå mælk kan mækelipasernes virkning fremskyndes stærkt ved enhver form for mekanisk behandling af mælken, såsom pumpning og omrøring, især hvis der samtidig iblandes luft, hvorved der kan ske beskadigelse af fedtkuglemembranen (Statens Forsøgsmejeri, 1962a og 1964). Gentagen opvarmning og afkøling, som det sker ved tilledning af nymalket mælk til en gårdkøletank, kan aktivere lipaser (Statens Forsøgsmejeri, 1962a). Lipolyse af mælkefedt medfører en øget koncentration af frie fedtsyrer. Lipolyse kan have indflydelse på mælkens skumning og fedtbestemmelse og kan medføre en svagt hæmmet vækst af mælkesyrebakterier i syrnede produkter. Forsøg tyder på, at mælk med et højt indhold af frie fedtsyrer giver et relativt stort fedttab ved separation (Aule & Worstorff, 1975).

Det største problem ved lipolyse er dog organoleptiske defekter, hvor mælken kommer til at smage harsk. De kortkædede, frie fedtsyrer med mellem 4 og 12 C-atomer er hovedsageligt de ansvarlige for lipolytisk smag (Kolar & Mickle, 1963; Scanlan, Sather & Day, 1965; Herrington, 1954, 1956), og det antages, at den bitre smag, der til tider følger med den lipolytiske smag, kan skyldes tilstedeværelsen af mono- og diglycerider. I en undersøgelse med meget hurtig køling fra 38 til 3,5°C på mindre end 30 sekunder reduceredes den efterfølgende lipolyse markant (1/3), men mælkens følsomhed over for omrøring reduceredes ikke (Herrington og Krukovsky, 1939).

Oxidation

Smagen af spontant oxideret mælk kan i grove tilfælde beskrives som værende metallisk, oliet

eller "fisket". Afsmagen skyldes frie carbonylforbindelser, der kan variere forholdsmæssigt og føre til forskellige former for afsmag. Oxideret smag fremkommer i mælk som et resultat af oxidation af umættede fedtsyrer, specielt dem, der indgår i fosfolipiderne i fedtkuglemembranen. Smagen kan sjældent påvises i mælk direkte fra gårdkøletanke. Afsmagen udvikles i følsom mælk over flere dages kølelagring. Processen er auto-katalytisk; et molekyle af en fri radikal kan danne mange lipidhydroperoxider, og smagen forstærkes, når lagringstiden øges.

Oxidation af mælk påvirkes af en række faktorer, hvoraf næppe alle er kendte. Niveaue af pro- og antioxidanter i mælk er afgørende for fedtets stabilitet i fedtkuglemembranen. Vitamin E og karoten menes at virke antioxidativt. Ioner af opløst kobber og jern i mælk virker prooxidativt. Bakterievækst antages at kunne modvirke fedtoxidation, idet bakterierne forbruger ilt og sænker redoxpotentiallet.

Proteiner

Proteolytiske enzymer kan nedbryde proteiner til peptider og videre til aminosyrer, evt. til de uorganiske bestanddele vand, kuldioxid, ammoniak og svovlbrinte. Såvel bakterieenzymer som mælkeproteinaser kan ved begyndende proteolyse medføre nedsat osteudbytte. Vidtgående hydrolyse af proteiner kan give afsmag i produkterne.

Vitamin C

Askorbinsyre, vitamin C, er et kulhydrat i syreform. Stoffet syntetiseres i planter og i leveren hos de fleste hvirveldyr. Mennesket er dog ikke i stand til at danne C-vitamin og må derfor konstant have stoffet tilført gennem kosten.

Det anbefalede daglige indtag af vitamin C for en voksen er 60 mg; for gravide og ammende kvinder dog 80-100 mg (Levnedsmiddelstyrelsen, 1992). I frisk mælk er indholdet ca. 20 mg askorbinsyre pr. liter mælk (Webb & Johnson, 1965).

Vitamin C er meget følsomt over for oxygen. Ascorbinsyre omdannes let til den stadig aktive dehydroaskorbinsyre, der imidlertid meget let hydrolyseres til diketogluconsyre (DKGS), der ikke har vitaminvirkning. C-vitaminindholdet kan reduceres betydeligt ved kølelagring på grund af iltning. Indholdet af øvrige vitaminer samt mineraler anses for at være upåvirkeligt af kølelagring.

Mælkens smag

De tidligere nævnte smagsændringer skal være af en vis styrke, førend de menneskelige sanser (syn, lugt og smag) kan detektere en afsmag. Afsmag kan opstå under kølelagring som følge af bakterievækst, oxidation og/eller hydrolyse af mælkefedt.

For mælk og mejeriprodukter er det endeligt afgørende i kvalitetsmæssig sammenhæng produktens kvalitet i det øjeblik, produkterne indtages. En endelig vurdering af indflydelsen af den rå mælks kølelagring kan derfor kun foretages, hvis der af den kølelagrede mælk fremstilles forskellige produkter, og disse produkter bedømmes ved deres normale konsumeringsalder. Efter denne fremgangsmåde er der udført omfattende svenske og danske undersøgelser, Svenska Mejeriernes Riksförening (1964a, 1964b, 1965 og 1966) og Statens Forsøgsmejeri (1968) samt Veterinærdirektoratet (1992). Sådanne undersøgelser har det indtil nu ikke været muligt at gennemføre i nærværende sammenhæng, og det blev derfor valgt kun at bedømme den rå mælks kvalitet før den mejerimæssige behandling.

1.3 KØLELAGRINGENS BETYDNING FOR MÆLKENS TEKNOLOGISKE EGENSKABER

Syrningsevne

Den opformering af bakterier, der kan forekomme under kølelagring af mælk, giver mulighed for dannelse af stoffer, såvel med hæmmende virkning (bacteriociner), som med fremmende virkning (f.eks. frie aminosyrer) over for mejeri-

ernes syrningsbakterier. Frie fedtsyrer, der fremkommer ved fedtspaltning i mælken, kan hæmme mælkesyrebakterier i mindre grad. Begge forhold spiller dog næppe nogen rolle, før mælkens kvalitet i øvrigt er alvorligt forringet.

Ostningsevne

Kølelagring af ostemælk forlænger den enzymatiske reaktion samt tiden for aggregering af kaseinmicellerne ved løbekoagulering. Der er nogen uenighed om kølelagrings indflydelse på valleudskillelsens hastighed under ostefremstilling. Rå mælk, der skal anvendes til ostefremstilling, bør have et lavt bakterieindhold. Ved bakterieudvikling i rå mælk kan der dannes uheldige smagsstoffer. Endvidere vil en del af den rå mælks bakterier og/eller deres lipaser og proteaser kunne modstå pasteurisering og give fejl i osten. Kølelagring af mælk kan bevirke, at proteinovergangstallet ved ostning reduceres på grund af proteolyse, og at produktudbyttet falder (Qvist, 1988).

UTH-produkter

Psykrotrofe bakterier er i stand til at danne proteinaser og lipaser, der vanskeligt inaktiveres ved UHT-behandling (Snoeren et al., 1979; Snoeren & Both, 1981). Inaktivering af sådanne mikrobielle enzymer sker ikke med sikkerhed, medmindre der i UHT-behandlingen anvendes temperatur-tid kombinationer, der vil medføre uheldige kemiske omdannelser i produktet. Den rå mælks bakteriologiske kvalitet kan derfor være af afgørende betydning for UHT-produkters holdbarhed.

Emulsionstilstand

Når mælk køles, begynder en krystallisation af fedt i fedtkuglerne. Højtsmeltende fraktioner lejes ved fedtkuglemembranen, og da krystallinsk fedt har større massefylde end flydende fedt, vil der være tendens til trykstigning i fedtkuglens indre. Der opstår en labil tilstand. Ved omrøring er der stor risiko for, at fedtkuglemem-

branen beskadiges, således at flydende fedt trænger ud.

Under kølelagring sker der betydningsfulde ændringer i fedtkuglemembranens sammensætning. Blandt andet overføres agglutinin til membranen. Fedtkuglernes tendens til sammenklæbning øges, hvorfor flødeafsætning sker op til 100 gange hurtigere end med ikke-sammenklæbende fedtkugler. Dette nødvendiggør omrøring i mælken.

Tilsyneladende påvirkes renskumningen i negativ retning af kølelagring (Svenska Mejeriernes Riksförening, 1967).

1.4 FORMÅL

Projektet har taget sigte på:

- At undersøge indflydelsen af forskellige kølings- og opbevaringsmetoder på mælkens kvalitet under praktiske forhold.
- At foretage udredning vedr. køling af rå mælk og energilagring af billig nat- og weekendstrøm.
- At vurdere, om der er behov for revision af International Standard ISO 5708 for mælkekøleanlæg.
- At vurdere, om der er behov for revision af analysemetoder til bestemmelse af mælkekvalitet.

2 Materialer og metoder

2.1 FORSØGSANLÆG

På Forskningscenter Bygholm blev mælk fra 70 køer under malkningen kontinuerligt delt ligeligt og gennemgik derefter to forskellige former for køling og opbevaring: Normalkøling/ portionsproces, temperatur i blandingsmælk under 10°C, og instantkøling/kontinuerlig proces, nedkøling af mælken lige så hurtigt, som den udmalkes.

Der er anvendt en stald af sengestaldtypen med særskilt malkestald, hvor der malkes med 2 × 6 maskinsæt. Til yverafvaskning anvendtes der til hver ko en ren aftøringsklud af bomuld, der var opvredet i en 80 ppm klorhexidin-opløsning. Kludene blev vasket i vaskemaskine efter hver malkning. Mælkekøletankene og mælkerørene var af rustfast stål. Rengøring af tanke og malkeanlæg blev udført nøje efter fabrikantens/mejeriets forskrifter. Det vil sige 30 l vand + 0,5 l MDF60 + 0,3 KOH + NOOH (pH = 13). Vaskevandet var opvarmet til 75°C og skyllevandet til ca.

12°C. Vaskeprogrammet bestod af forskylning med koldt og varmt vand, vask med varmt vand, mellem- og eftersskylning med koldt vand samt desinfektion.

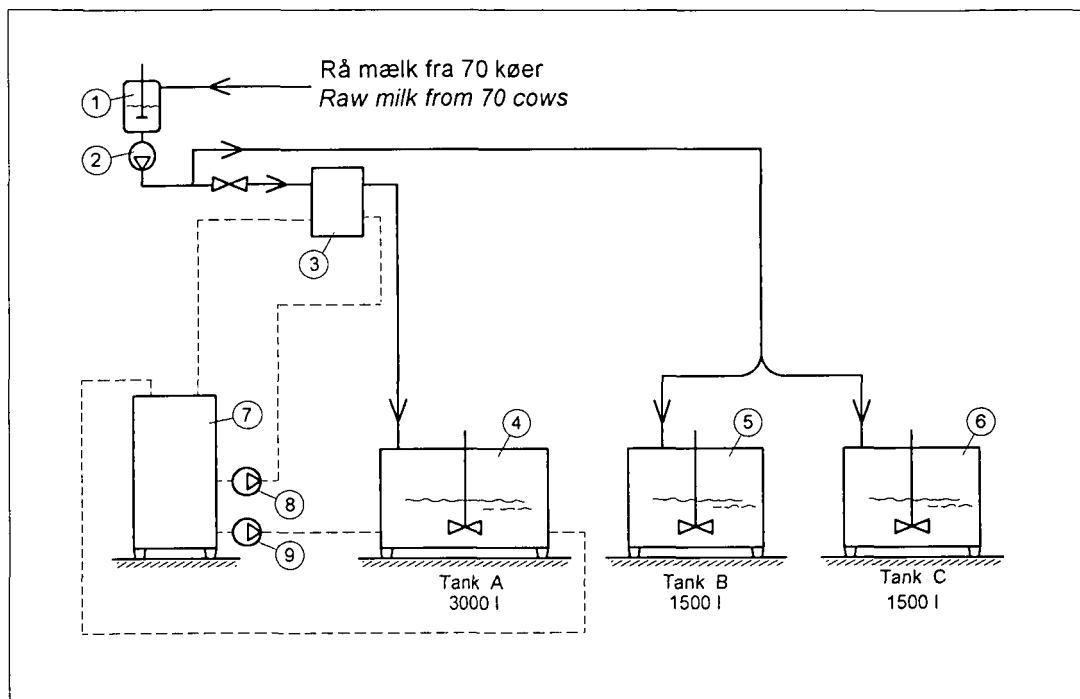
Malkningen blev foretaget på skift af 4 forskellige foderestre. Køerne blev pr. døgn tildelt 20 kg roer, 24 kg græsensilage, 0,7 kg ammoniakbehandlet halm, 3 kg korn, 1 kg markærter, 125 g mineralblanding, 70 g kridt og 0-6 kg kraftfoder. Foderet blev tildelt individuelt efter koens mælkeydelse. Kraftfodertildelingen blev styret via et transpondersystem. Den gns. mælkeydelse var 18,8 kg/dag/ko. Fodring, ventilering, hygiejne og sundhed i stalden kunne karakteriseres som hos veluddannet mælkeproducent.

I malkestaldens mælkerum var der opbygget en forsøgsopstilling med 3 mælkekøletanke. Opstillingen muliggjorde kontinuerlig, ligelig deling af mælken til tankene, efterhånden som denne udmalkedes. Hver mælkekøletank havde sit eget

nedkølingsforløb, bl.a. opnået ved skift af kompressorstørrelse og regulering af isvandsstrøm. Derved blev det muligt direkte at sammenligne forskellige kølings- og opbevaringsmetoder. Den ene af mæketankene, B eller C, benyttedes som "buffer" og blev tømt dagligt, mens de to andre mæketanke henstod med mælk til langtidsopbevaring. Forsøgsopstillingen er vist i figur 1 og billeder af forsøgsopstilling og malkestald i Appendiks A.

Ideen i forsøgsopstillingen var, at der blev arbejdet med relativt store mængder normal mælk

(modsat ved laboratorieforsøg), dvs. mælk, der efter udmalkning har passeret gennem rørmalkeanlæg og udskiller, og som er pumpet over i en mælkekøletank. Ved normal mælk forstås rå mælk, der har en bakterieflora, der dels stammer fra yverets indre, dels fra kontaminationen fra ydersiden af koen yver og patter og dels fra malkeaggregat, mælkeledning og tank. Dette var en vigtig faktor i forsøgene for vurdering af resultaternes praktiske anvendelse.



1 = Mælkeudskilningsbeholder
Releaser

2 = Mælkepumpe
Milk pump

3 = Varmeveksler, modstrømsprincippet
Heat exchanger, counterflow

4 = Mælkekøletank, instantkøling/
kontinuerlig proces
*Refrigerated bulk milk tank,
instant cooling/continuous process*

5 = Mælkekøletank, normalkøling/portionsproces
*Refrigerated bulk milk tank,
normal cooling/batch process*

6 = Mælkekøletank, normalkøling/portionsproces
("buffer")

7 = Energilager. Is og isvand, frembragt via
køleanlæggets fordamper
*Energy store, ice and ice water produced by
cooling plant evaporator*

8 = Pumpe, isvand
Pump, ice water

9 = Pumpe, isvand
Pump, ice water

Figur 1 Princip i forsøgsopstilling på Forskningscenter Bygholm
Principle of test set-up at Research Centre Bygholm

2.2 FORSØGSPLAN

Forsøgene blev udført i 1992-1994. Normalkøling/portionsproces fra 35 til 4°C i løbet af 1,5 og 2,5 time (sidstnævnte efter ISO 5708, klassifikation I) og opbevaring ved 4°C i 5 til 12 dage blev sammenlignet med instantkøling/kontinuerlig proces, nedkøling af mælken lige så hurtigt, som den udmalkes, til 2,5 og 4°C og opbevaring ved samme temperatur. Under malkningen blev mælken løbende fordelt til tanke, hvor mælken i

to tanke i statistisk forstand udgjorde et par. Forsøgsplanen fremgår af tabel 2.

Mælk, der var lagret i indtil 2 døgn, blev afhentet og afregnet af det lokale mejeri på sædvanlige leverandørvilkår. Mælk, der var lagret ud over 2 døgn, blev kasseret af hensyn til mejeriets renommé, uanset om mælken var af god eller dårlig kvalitet.

Tabel 2 Forsøgsplan
Test plan

Forsøgs-serie <i>Test series</i>	Antal malk-ninger pr. forsøg <i>Number of milkings per test</i>	Normalkøling/ portionsproces		Instant-køling/ kontinuerlig proces <i>Instant cooling/ continuous process</i> °C	Opbe- varing Døgn <i>Storage</i> <i>Days</i>	Forsøgs- periode Uge nr. <i>Test period</i> <i>Week Nos.</i>	Antal forsøg <i>No. of experi- ments</i>
		°C	h				
I	4	35 → 4	1,5	35 → 2,5	5	1992:48-51 1993:1-13, 16-21, 23- 25	10-22
Ia	4	35 → 4	1,5	35 → 2,5	12	1993:16-21, 23-26, 30- 35	8
II	4	35 → 4	2,5	35 → 4	6	1993:49-50 1994:1-5, 7, 9-12, 15	13

2.3 ANALYSER

Analyserne af den rå mælk blev udført af Steins Laboratorium A/S, Mejeridivision Holstebro, der er godkendt af Landbrugs- og Fiskeriministeriet til analyse af mælk og mejeriprodukter.

Mælkeprøverne fra forsøgsanlæggets mælketanke blev udtaget efter 15 minutters oprøring af tankens indhold. Der blev udtaget 4 à 5 mælkeprøver i forskellig tankdybde. Prøverne fyldtes i et

100 ml prøveglas, der blev lukket med plastprop og sat i termokasser med isvand, 2-4°C.

Termokasserne blev afhentet af Steins Laboratorium A/S, og analyserne udførtes ca. 1 døgn senere.

Følgende analysemetoder blev anvendt

- Syn, lugt og smag. Veterinærdirektoratets Instruks af 2. januar 1990 og med ændring af 7. januar 1991.
- Totalkim, 30°C. International IDF Standard 100 B: 1991.
- Psykrotrofe bakterier, 6,5°C. International IDF-Standard 101 A: 1991.
- Celletal. Veterinærdirektoratets Instruks af 2. januar 1990.
- BDI, fedtsyregrad. Statens Forsøgsmejeri (1962a).
- TBA, fedtoxidation. King (1962). Tilføjelse og præcisering af Waagner Nielsen og Edelsten, 1994, Appendiks B.
- C-vitamin. Statens Levnedsmiddelinstitut (1973).

Endvidere blev der ved Afd. for Forsøg med Kvæg og Får, Forskningscenter Foulum, udført analyser af indhold af valle-N og proteose-pepton-N til bedømmelse af proteolyseomfang (Waagner Nielsen og Edelsten, 1992).

Kommentarer til valg af analyseprogram

Mælkens fedt- og proteinindhold målt 2. og 3. døgn efter den første mælks udmalkning. I forsøgsserie II blev der endvidere foretaget proteinbestemmelse efter 4. og 6. døgn.

Thiobarbitursyremetoden (TBA) blev valgt til bedømmelse af omfanget af fedtoxidation, selvom der ikke i alle tilfælde kan forventes en sikker sammenhæng mellem TBA-værdi og intensitet af oxidationssmag. Dette skyldes, at der ved fedtoxidationen fremkommer en kompleks blanding af afsmagsgivende forbindelser, af hvilke antageligt kun én - malondialdehyd - måles ved TBA-analysen. Der er imidlertid endnu ikke udviklet mere tilfredsstillende metoder, som det vil være realistisk at anvende i en undersøgelse som den foreliggende. Begyndende afsmag på grund af oxidation antages at kunne registreres ved TBA-værdier over ca. 0,025 (King, 1962 og Statens Forsøgsmejeri, 1964).

BDI-metoden. Der findes ingen helt tilfredsstillende, rutinemæssigt anvendelige metoder til måling af mængden af frie fedtsyrer i mælk, idet det har vist sig vanskeligt at opnå maksimal ekstraktion af frie fedtsyrer uden samtidig ekstraktion af andre organiske og uorganiske syrer. Ved den valgte metode, BDI-metoden, ekstraheres omkring 70% af de frie fedtsyrer. Begyndende afsmag, på grund af frie fedtsyrer, antages at kunne registreres, når syregraden kommer over ca. 1 mækv./100 g fedt (Statens Forsøgsmejeri, 1962a og Tuckey & Stadhouders, 1967).

BDI-metoden blev valgt, fordi der er fundet ret god overensstemmelse mellem BDI-værdier og graden af harsk smag, der hidrører fra de frie fedtsyrer. Samtidig er metoden rimeligt reproducerbar, og den viser ret stabile basisværdier for mælkeprøver uden fedtspaltning (Andersson et al., 1991 og Waagner Nielsen & Edelsten, 1992).

Analyserne for C-vitamin udførtes kun for enkelte dage under forsøgsserie II.

De organoleptiske bedømmelser blev medtaget af følgende grunde:

1. De skulle give et billede af detektionspunktet for afsmag, afhængigt af mælkens alder og opbevaringsbetingelser.
2. De skulle virke som kontrol (gensidigt) i forhold til de objektive analyser.
3. De skulle dække områder, hvor ingen analyse foretages direkte, således at det samlede resultat af mikrobiologiske og kemisk/fysiske omdannelser vurderes smagsmæssigt.

For at vurdere køernes sundhedstilstand blev mælkens celletal i hver forsøgsserie bestemt 2. og 3. døgn efter den første mælks udmalkning.

Det blev betragtet som værende af størst interesse i mikrobiologisk henseende at følge udviklingen af totalkim samt antallet af psykrotrofe bakterier. Der blev ikke udført artsspecifikke tællinger.

For at belyse analyseusikkerheden på de manuelt udførte kimtalsbestemmelser udførtes der i perioden 8.6.1993-30.9.1993 tillige en mekanisk bestemmelse. Der var i alt 74 gentagelser. Af praktiske grunde blev analyserne ikke udført på mælk fra samme prøveglas. Mælk fra prøvetanken blev fordelt i to glas, der sendtes til hver sin afdeling hos Steins Laboratorium.

Den mekaniske bestemmelse svarer til den, der anvendes ved den rutinemæssige bedømmelse af dansk leverandørmælk. Ifølge Steins Laboratoriums egne kvalitetskrav skal

$$\text{spredningen } s = \sqrt{\frac{\sum d^2}{2n}} \text{ være } < 0,25$$

hvor d er differencen mellem logaritmerne til de parvise bestemmelser og n = antal dobbeltbestemmelser.

Spredningen på resultaterne i den undersøgte periode var 0,25. Tendensen var, at den mekanisk udførte analyse gav højere kimtal end den manuelt udførte analyse. Forklaringen kan være, at den maskinelle vending af mælkeprøver er kraftigere end vending i hånden, hvorved flere bakteriekolonier rives fra hinanden.

Undersøgelse over proteolyse i forskelligt kølet mælk

Undersøgelsens formål var at eftervise, om der var forskel i proteolyse, afhængigt af, om mælken blev udsat for normalkøling til 4°C eller instantkøling til 4°C. Der blev udtaget mælkeprøver i uge 48-51 1993 og i uge 1-15 1994, i alt 15 forsøguger, henholdsvis straks efter 2. malkning og efter endt lagring, 6 dage efter første udmalkning for hver af de to kølingsmetoder.

2.4 DATAINDSAMLING

Kølingsforsøgene startede ved aftenmalkningen om søndagen (af hensyn til mælkeafhentningen, hvor den ene mælketank var "buffer", som tømtes dagligt, mens de to andre mælketanke henstod med mælk til langtidsopbevaring), så der efter

morgenmalkningen om mandagen var 2 malkninger i mælkekøletankene, og det var af denne blandingsmælk, 1. mælkeprøve blev udtaget.

Næste udtag af mælkeprøver skete tirsdag morgen, onsdag morgen og så fremdeles, indtil forsøget var afsluttet. Forsøgene strakte sig fra ½ til 11 døgns lagring af den rå mælk i mælkekøletankene. For at reducere forsøgsomkostningerne blev der ved visse forsøg ikke udtaget mælkeprøver hver dag, men der blev altid udtaget et antal analyser mellem første og sidste mælkeprøve.

Ved mælkens alder forstås tiden, hvor mælken lagres i mælkekøletank, og tiden indtil mælkeprøvens analyse.

Mælkens temperatur i mælkekøletank blev målt med et dataopsamlingsudstyr, der kontinuerligt registrerede mælkens temperatur hvert 2. minut fra forsøgets start og til dets afslutning. Temperaturen blev registreret med en nøjagtighed på $\pm 0,2^\circ\text{C}$.

Tankenens mælkeindhold målt efter volumen med udstyret på mejeriets tankbil.

2.5 STATISTIK

For at formindske indflydelsen af variabiliteten hos forsøgsenhederne ved sammenligning af to behandlinger bruges observationer i par (Rudemo, 1979).

Under malkning blev mælken løbende fordelt til to tanke, hvor mælken i de to tanke i statistisk forstand udgjorde et par. De to mælkestrømme fik hver sin af de to behandlinger: Normalkøling/portionsproces eller instantkøling/kontinuerlig proces.

For kontinuerte variable blev forskellen D mellem n par af observationer testet vha. t-test med

$$t = \sqrt{n} D/s$$

hvor s er spredningen.

For syns-, lugt- og smagsbedømmelserne blev forskellene mellem de to kølemåder (opgjort på antal prøver uden fejl (tilfredsstillende), hhv. antal prøver med fejl (mindre tilfredsstillende og ikke tilfredsstillende), tillige testet vha. χ^2 -test.

For hældningsskøn, b , beregnet ved regressionsanalyse (figur 4), blev forskellen mellem et b og nul testet vha. t -test med

$$t = |b| / s_b ; (f = n-2)$$

og forskellen mellem to hældningsskøn, b_1 og b_2 med

$$t = |b_1 - b_2| / \left(\bar{s} \sqrt{1/SAK_{x_1} + 1/SAK_{x_2}} \right) ;$$

$$(f = n_1 + n_2 - 4)$$

(Gjeddebæk, 1966).

3 Resultater og diskussion

3.1 RÅ MÆLKES KVALITET VED FORSKELLIG KØLING OG OPBEVARING

3.1.1 Forsøgsserie I

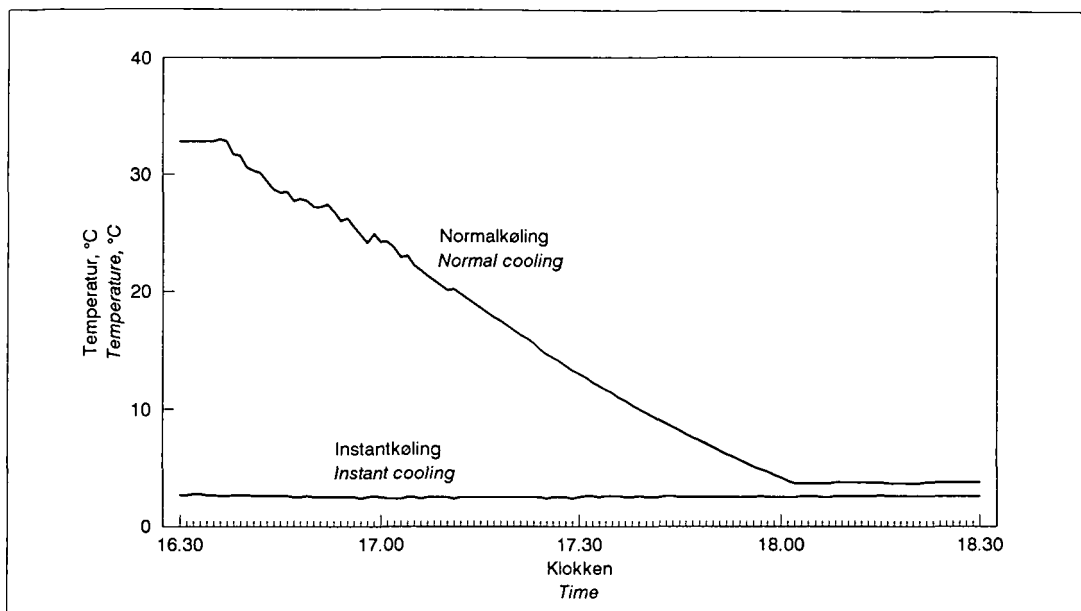
Resultater fra forsøgsserie I, hvor instantkøling/kontinuerlig proces fra 35 til 2,5°C, sammenlignet med normalkøling/portionsproces fra 35 til 4°C, er vist i tabel 3a og 3b. Mælkens sammensætning var: Fedt = 4,49 ± 0,23%, protein = 3,35 ± 0,14%, celletal pr. ml × 10³ = 253 ± 44.

Af tabel 3a og 3b ses, at instantkøling/kontinuerlig proces til 2,5°C giver en markant mere sikker opbevaring af mælken, 5 døgn, end normalkøling/portionsproces til 4°C, 3 døgn. Det skal dog nævnes, at køletiden på 1,5 timer er væsentligt hurtigere, end angivet i ISO 5708, hvor bedste klassifikation er 2,5 timer. Der er grund til at antage, at resultaterne ved normalkøling/portionsproces med køletiden 3,0-3,5 timer ville have været dårligere (Andersen & Risum, 1989 og Hadland, 1965). 3,0 timer regnes på de fleste landbrug for den normale køletid. Endvidere skal det nævnes, at Singaas & Hadland (1972) fandt, at nedkøling af rå mælk til 2°C i stedet for 4°C var en ekstra garanti for god mælk og gode mejeriprodukter.

For instantkøling/kontinuerlig proces blev den ønskede mælketemperatur på 2,5 ± 0,2°C, og senere i forsøgsserie II på 4,0 ± 0,2°C, opnået næsten lige så hurtigt, som mælken blev udmalket, og denne temperatur fastholdtes under hele opbevaringsperioden. For normalkøling/portionsproces var tiden for nedkøling af mælken til 4,0 ± 0,2°C afhængig af mælkeydelsen og omgivelsernes temperatur, idet der anvendtes mælkekøleanlæg af typen med direkte fordampning (det mest udbredte mælkekølingssystem i dansk landbrug). Dette bevirkede, at køletiden kunne variere 3-7 minutter fra den ønskede. Det vurderes imidlertid, at denne forskel er uden praktisk betydning, da forsøgsresultaterne er gennemsnitstal af mange gentagne procesforløb. Kølingen fra 35 til 4°C havde næsten lineært forløb, idet forløbet dog buede lidt som følge af indløb af frisk mælk. Afvigelsen var bedre end 2°C fra den rette linie, se figur 2 og 3.

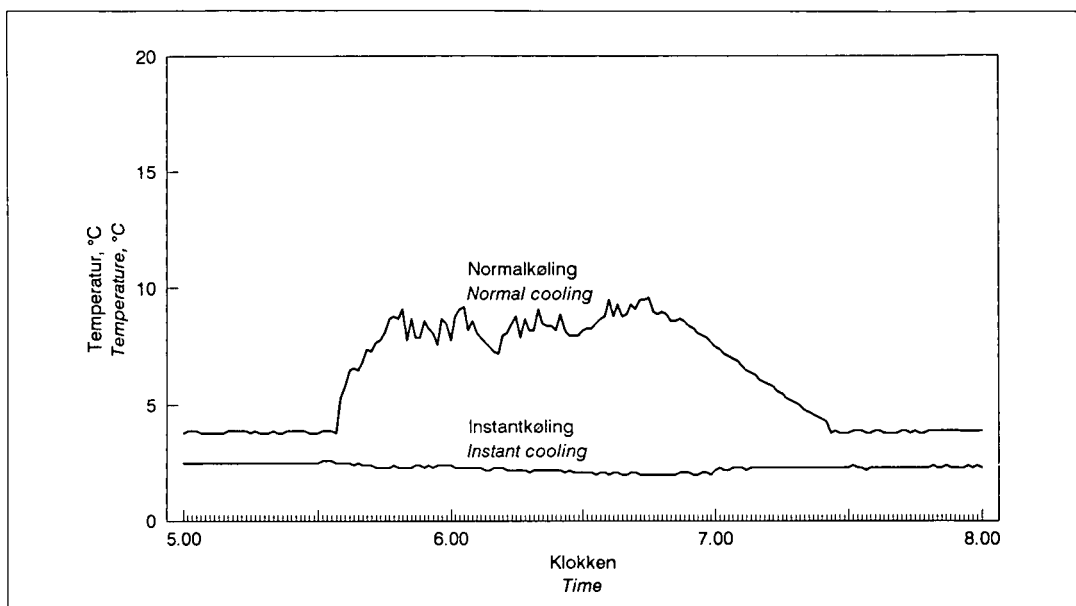
Den i forsøgene anvendte mælk har overordnet set været af meget god kvalitet. Som tidligere nævnt, er mælkens begyndelseskimtal samt lipolyse- og oxidationsgrad af afgørende betydning for kvalitetsforringelsen under opbevaringen. Opmærksomheden bør derfor henledes på, at den talmæssige værdi for de relativt små ændringer,

der er registreret i den rå mælk gennem disse opbevaringsforsøg, ikke umiddelbart kan overføres på mælk af ringere kvalitet.



Figur 2 Eksempel på mælkens temperaturforløb ved normalkøling/portionsproces fra 35 til 4°C i løbet af 1,5 time samt ved instantkøling/kontinuerlig proces til 2,5°C (23/11-1992).

Temperature development of milk in normal cooling/batch process from 35 to 4°C within 1½ hours and in instant cooling/continuous process from at 2.5°C (32/11-1992).



Figur 3 Eksempel på blandingsmælkens temperaturforløb under 2. malkning ved normal-køling/portionsproces til 4°C samt ved instantkøling/kontinuerlig proces til 2,5°C (24/11-1992).

Temperature development of mixed milk during the second milking in normal cooling/batch process to 4°C and in instant cooling/continuous process to 2.5°C (24/11-1992).

Tabel 3a Resultater fra forsøgsserie I. Gennemsnitsværdier ($\bar{x}$), standardafvigelse (s) samt antal gentagelser (n) for totalkim og for psykrotrofe kim (beregnet aritmetisk samt logaritmisk) efter opbevaring af rå mælk i indtil 5 døgn efter første malkning (i alt 4 malkninger i hver portion mælk) og med forskellig køling, hvor

- I, 2,5°C: Instantkøling/kontinuerlig proces fra ca. 35 til 2,5°C og opbevaring ved 2,5°C.

- N, 4°C: Normalkøling/portionsproces fra ca. 35 til 4°C i løbet af 1½ time og opbevaring ved 4°C.

Results from Test Series I. Mean values ($\bar{x}$), standard deviations (s) and number of repetitions (n) for determination of bacteria, total plate count and psychrotrophic count, (calculated arithmetically and logarithmically) after storage of raw milk for up to five days after the first milking (four milkings per portion of milk) and at different cooling degrees, where

- I, 2.5°C: Instant cooling/continuous process from about 35 to 2.5°C and storage at 2.5°C.

- N, 4°C: Normal cooling/batch process from about 35 to 4°C within 1½ hours and storage at 4°C.

Mælken alder. Døgn efter første malkning <i>Age of milk Days after first milking</i>		Totalkim				Psykrotrofe bakterier			
		Total plate count				Psychrotrophic bacteria			
		Aritmetisk: 10 ³ /ml Arithmetic: 10 ³ /ml		Logaritmisk, ml ⁻¹ Logarithmic, ml ⁻¹		Aritmetisk: 10 ³ /ml Arithmetic: 10 ³ /ml		Logaritmisk, ml ⁻¹ Logarithmic, ml ⁻¹	
		I 2,5°C	N 4°C	I 2,5°C	N 4°C	I 2,5°C	N 4°C	I 2,5°C	N 4°C
2	$\bar{x}$ s n	9,0 ^a 6,7 20	9,3 ^a 8,0 20	3,87 ^a 0,27 20	3,87 ^a 0,29 20	2,1 ^a 1,5 13	2,5 ^a 1,7 13	3,21 ^a 0,36 13	3,25 ^a 0,41 13
3	$\bar{x}$ s n	10,8 ^a 7,7 21	10,8 ^a 7,5 21	3,94 ^a 0,30 21	3,94 ^a 0,30 21	3,0 ^a 3,1 21	4,1 ^b 3,8 21	3,15 ^a 0,72 21	3,35 ^b 0,54 21
4	$\bar{x}$ s n	11,4 ^a 6,6 12	48,2 ^b 54,2 12	3,97 ^a 0,31 12	4,37 ^a 0,60 12	4,0 ^a 3,2 12	44,1 ^b 51,7 12	3,35 ^a 0,65 12	4,19 ^b 0,80 12
5	$\bar{x}$ s n	16,5 ^a 10,7 10	475,8 ^b 499,8 10	4,08 ^a 0,43 10	5,18 ^a 0,91 10	12,1 ^a 13,4 10	448,5 ^b 444,9 10	3,68 ^a 0,76 10	5,08 ^b 1,07 10

^{a)} a og b: Tal med forskelligt bogstav under samme kvalitetsparameter er signifikant forskellige ($P < 0,05$ ved parvis t-test)
a and b: Figures for one and the same quality parameter with different letters were significantly different ($P < 0.05$ by paired t-test).

Tabel 3b Resultater fra forsøgsserie I. Gennemsnitsværdier ($\bar{x}$), standardafvigelser (s) samt antal gentagelser (n) for smagsbedømmelser samt mål for kemiske omdannelser efter opbevaring af rå mælk i indtil 5 døgn efter første malkning (i alt 4 malkninger i hver portion mælk) og med forskellig køling, hvor

- I, 2,5°C: Instantkøling/kontinuerlig proces fra ca. 35 til 2,5°C og opbevaring ved 2,5°C.

- N, 4°C: Normalkøling/portionsproces fra ca. 35 til 4°C i løbet af 1½ time og opbevaring ved 4°C.

Results from Test Series I. Mean values ($\bar{x}$), standard deviations (s) and number of repetitions (n) for evaluation of taste and estimation of degree of chemical transformation after storage of raw milk for up to five days after the first milking (four milkings per portion of milk) and at different cooling degrees, where

- I, 2,5°C: Instant cooling/continuous process from about 35 to 2.5°C and storage at 2.5°C.

- N, 4°C: Normal cooling/batch process from about 35 to 4°C within 1½ hours and storage at 4°C.

Mælken alder. Døgn efter første malkning <i>Age of milk. Days after first milking</i>		Syn, lugt og smag Klasse ^{*)}		BDI-Fedtsyregrad mækv./100 g fedt		Fedtoxidation, TBA-værdi	
		<i>Sensoric classification^{*)}</i>		<i>Fatty acid degree, BDI meq/100 g fat</i>		<i>Fat oxidation, TBA-value</i>	
		I 2,5°C	N 4°C	I 2,5°C	N 4°C	I 2,5°C	N 4°C
2	$\bar{x}$	1,1 ^a	1,0 ^a	0,49 ^a	0,55 ^b	0,012 ^a	0,011 ^a
	s	0,4	0,2	0,05	0,05	0,007	0,006
	n	22	22	13	13	12	12
3	$\bar{x}$	1,1 ^a	1,0 ^a	0,52 ^a	0,57 ^b	0,011 ^a	0,012 ^a
	s	0,5	0,2	0,06	0,07	0,005	0,006
	n	22	22	21	21	17	17
4	$\bar{x}$	1,1 ^a	1,1 ^a	0,51 ^a	0,60 ^b	0,010 ^a	0,014 ^b
	s	0,3	0,3	0,06	0,05	0,004	0,005
	n	13	13	11	11	11	11
5	$\bar{x}$	1,0 ^a	1,1 ^a	0,54 ^a	0,63 ^b	0,015 ^a	0,015 ^a
	s	0,3	0,3	0,07	0,07	0,008	0,008
	n	11	11	10	10	11	11

^{*)} Klassifikation

Scale of sensoric classification

1 = Ingen fejl (tilfredsstillende) *No defects (satisfactory)*

2 = Fejl (mindre tilfredsstillende) *Small defects (less satisfactory)*

3 = Tydelige fejl (ikke tilfredsstillende) *Distinct defects (not satisfactory)*

^{**) a og b: Tal med forskelligt bogstav under samme kvalitetsparameter er signifikant forskellige (P < 0,05 ved parvis t-test (for syn, lugt og smag er anvendt χ^2 -test)).}

a and b: Figures for one and the same quality parameter with different letters were significantly different (P < 0.05 by paired t-test (sensoric classifications were tested by a χ^2 -test)).

Totalkim

Ved første tælling 2. døgn efter udmalkning af den første mælk var kimtallet i gennemsnit ca. 9.000/ml. På femtedagen efter første udmalkning var kimtallet i instantkøletanken stadig i gennemsnit under 20.000/ml, dvs. klasse 1x ved afregning, mens kimtallet i normalkøletanken var >400.000/ml, dvs. klasse 3, og det endda på trods af, at normalkølingen fandt sted over halvt så lang tid, som praksis ellers er i de etablerede gårdkøletanke. Antallet af totalkim 4-5 døgn efter første udmalkning var højere ($P < 0,05$) i normalkølet mælk, kølet til 4°C, end i instantkølet mælk, kølet til 2,5°C.

Psykrotrofe bakterier

To døgn efter den første mælks udmalkning udgjorde de psykrotrofe bakterier ca. 25% af det totale kimal ved begge kølingsformer. På 4. døgn var ca. 35% af bakterierne psykrotrofe i den instantkølede mælk, mens andelen var ca. 90% i den normalkølede mælk. Denne forskel afspejler det forhold, at en stor del af begyndelseskimtallet repræsenterer en flora, der ikke er i stand til at vokse i dybkølet mælk. På 5. døgn efter den første mælks udmalkning var antallet af psykrotrofe bakterier i instantkølet mælk stadig under 15.000/ml, mens antallet i normalkølet mælk var ca. >400.000/ml. Antallet af psykrotrofe bakterier var signifikant højere ($P < 0,05$) efter 3., 4. og 5. dag i normalkøletanken, 4°C, end i instantkøletanken, 2,5°C.

Sensorisk bedømmelse

Karakterernes gennemsnit var næsten konstante i op til 5 døgn, og der var ingen sikre forskelle mellem de to kølingsmetoder.

Fedtoxidation

Der var en svag stigning i tallene for fedtoxidation i mælk fra begge køleanlæg. Niveauet for TBA-værdier kom dog ikke op i det område, hvor afsmag normalt kan registreres, og der var ikke signifikant forskel for de to kølingsmetoder.

Fedtsyregrad

Fedtsyregraden var allerede 2. døgn efter første mælks udmalkning højere ved normalkøling end ved instantkøling, og i løbet af de følgende dage øgedes forskellen mellem resultaterne fra de to kølingsprincipper. Forskellene var signifikante ($P < 0,05$).

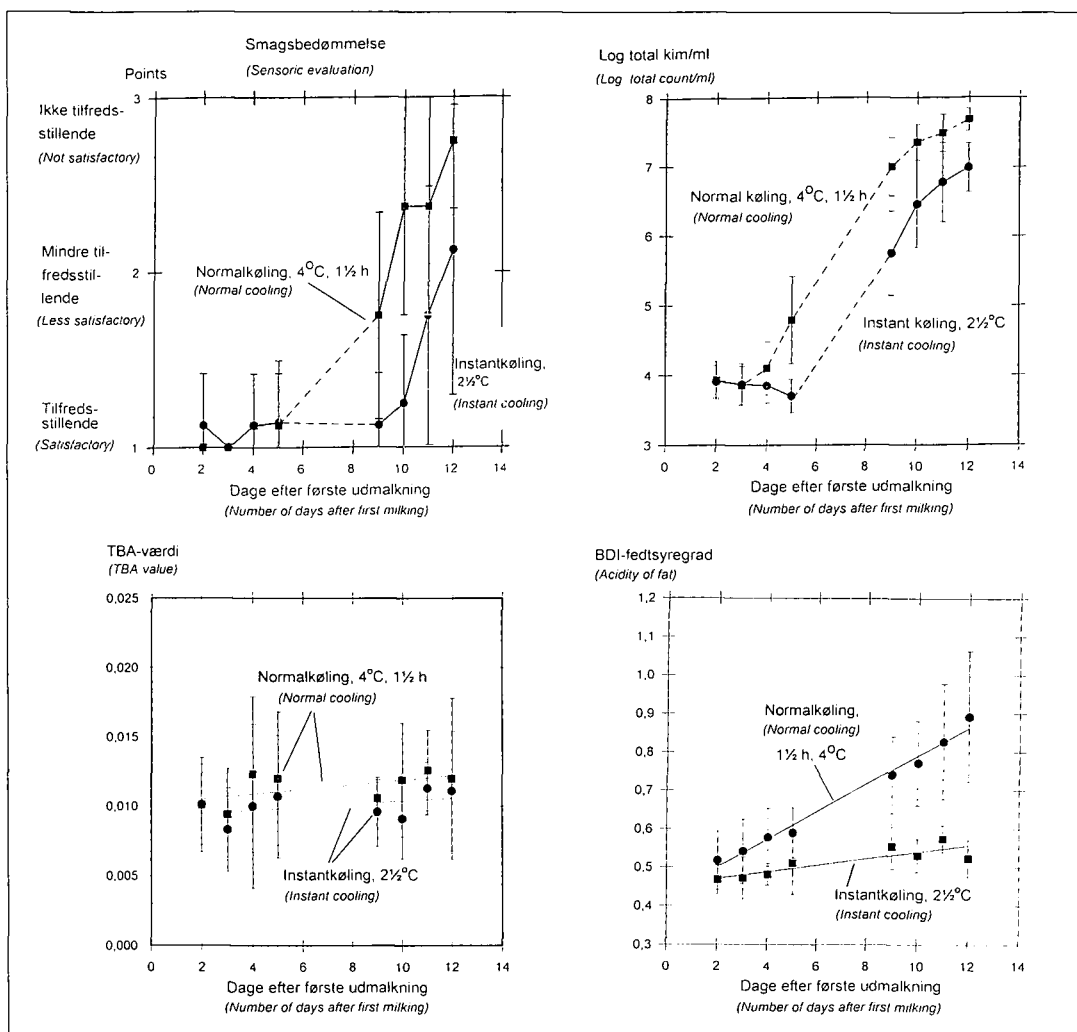
3.1.2 Forsøgsserie Ia

Til denne serie blev opbevaringen i 8 enkeltforsøg udstrakt til i alt 12 dage efter første malkning. Resultaterne, hvad angår smagsbedømmelse, totalkimal, fedtsyregrad og TBA-værdi, fremgår af figur 4.

Som følge af den længere opbevaringstid blev forskellene mellem de to kølemåder generelt endnu mere udtalte end i forsøgsserie I (tabel 3a og 3b). Det må antages, at de forskelle, der viser sig ved den langvarige opbevaring, mere skyldes forskellen i opbevaringstemperatur (2,5°C mod 4°C), end det skyldes forskellen i kølingshastighed (instantkøling kontra normalkøling i løbet af 1½ time).

Det fremgår, at selvom begyndelseskimtallene var under 10.000 kim/ml, fremkom der en betydelig bakterievækst med en fordoblingstid på omkring ½ døgn ved opbevaring ud over 4-5 døgn, hvilket medførte en stærkt tiltagende forringelse af mælkens smag. Denne udvikling skete med 1-2 døgn's forsinkelse ved 2,5°C i forhold til ved 4°C, men selv ved den laveste temperatur skete der en markant kvalitetsforringelse ved opbevaring ud over 5-7 døgn efter første malkning.

Der skete en signifikant stigning i fedtsyregraden i løbet af de 12 døgn ved begge temperaturer, figur 4. Fedtsyregraderne for opbevaring ved 4°C var efter 4 døgn signifikant højere end efter 4 døgn ved 2,5°C ($P < 0,01$), og stigningstakten ved 4°C var signifikant større end ved 2,5°C ($P < 0,01$). Den gennemsnitlige stigning i fedtsyregraden var 0,036 pr. dag ved 4°C og 0,0086 pr. dag ved 2,5°C.



Figur 4. Forsøgsserie Ia. Resultater af smagsbedømmelser, kimtællinger (totalkim), fedtsyregradsbestemmelser (BDI, mækv. pr. 100 g fedt) samt bestemmelse af TBA-værdi for mælk, opbevaret i indtil 12 dage efter første malkning (i alt 4 malkninger i hver portion) med forskellig køling, enten normalkøling til 4°C i løbet af 1½ time og opbevaring ved 4°C eller instantkøling til 2,5°C og opbevaring ved 2,5°C. Hvert punkt repræsenterer et gennemsnit af 8 forsøg (for TBA-værdier kun 7 forsøg). De lodrette streger angiver 95% konfidensintervaller. For fedtsyregrad og TBA-værdi er indtegnet beregnede regressionslinier.

Test Series Ia. Results of evaluations of taste, total plate counts, determination of acidity of fat (BDI, meq./100 g of fat) and determination of TBA value in milk stored for up to 12 days after the first milking (four milkings per portion of milk) at different cooling regimes: normal batch cooling to 4°C within 1½ hours and storage at 4°C or instant cooling to 2.5°C and storage at 2.5°C. Each dot represents the average obtained from eight experiments (for TBA values only seven experiments). Vertical bars indicate 95% confidential limits based on the average values. For acidity of fat and for TBA values regression lines are shown.

For TBA-værdierne var der en svag, men ikke signifikant tendens til stigning, og der kunne ikke ses signifikante forskelle mellem de to opbevaringstemperaturer.

For kimtalsudviklingen var der stort set konstante kimtal i de første 4 døgn efter første malkning, hvorefter stigningen satte ind. Forløbet de første døgn behøver dog ikke være udtryk for en egentlig "nølefase" for bakterierne. De første 2 døgn blev der imalket ny mælk 2 gange pr. døgn, hvorved der til stadighed må antages at være sket en fortynding for de først fremvoksede bakterier. (Dette svarer til iagttagelser af Singsaas & Hadland, 1972). Endvidere kan det antages, at kun en mindre del af begyndelsesfloraen er i stand til at vokse ved de lave opbevaringstemperaturer, hvorimod en del af floraen, der består af termofile tarmbakterier, tilført fra gødningspartikler, næppe vil kunne vokse ved temperaturer ved 4°C eller derunder (Gehriger, 1980).

Væksthastigheden for de bakterier, der kunne vokse ved 2,5-4°C, er beregnet for den stærkest stigende del af vækstkurverne i diagrammet i figur 4, for 4°C fra 4. til 9. dag og for 2,5°C fra 5. til 9. dag. Udtrykt som generationstid, timer til fordobling af kimtallet, er der herved som gennemsnit for 8 forsøg fundet en generationstid på 11,1 timer ved 4°C og 12,3 timer ved 2,5°C.

I appendiks C indgår de fundne generationstider i et Arrhenius-plot sammen med data, samlet fra litteraturen, og på grundlag heraf er der beregnet et udtryk for sammenhængen mellem opbevaringstemperatur og generationstid for bakterierne i den rå mælk ved disse undersøgelser:

Generationstid (timer) = $1/(\exp. (22,41 - 6873,95/(273 + ^\circ\text{C})))$.

3.1.3 Forsøgsserie II

Resultater fra forsøgsserie II, hvor instantkøling/kontinuerlig proces fra 35 til 4°C er sammenlignet med normalkøling/portionsproces fra 35 til 4°C, er vist i tabel 4a og 5b. Mælkens sammen-

sætning var: Fedt = $4,60 \pm 0,18\%$, protein = $3,52 \pm 0,07\%$, celletal pr. ml $\times 10^3 = 226 \pm 63$.

Af tabel 4a og 4b fremgår, at såvel normal- som instantkøling har resulteret i mælk med tilfredsstillende kvalitet (klasse I) i indtil 5 døgn. Kvaliteten holdt sig bedst ved instantkøling. Køletiden ved normalkøling på 2,5 h var i overensstemmelse med bedste klassificering efter ISO 5708.

Proteolyse

I forsøgsserie II blev der foretaget bestemmelse af valle-N og proteose-pepton-N, hhv. efter 2. malkning og 6 døgn efter første malkning til bedømmelse af proteolyse. Der kunne herved ikke påvises signifikante forskelle mht. kølingsmetode.

Det var heller ikke muligt at finde en statistisk signifikant stigning i valle-N og proteose-pepton-N i forhold til lagringstiden (Ostersen, 1995). Dette nævnes, fordi der ved en undersøgelse med et større antal prøver på Forskningscenter Foulum er målt en signifikant stigning i proteose-pepton-N, svarende til ca. 0,5% af det samlede proteinindhold, under opbevaring af rå mælk i 4 døgn ved 5°C (Ostersen, 1995). Det er et generelt problem i denne sammenhæng, at det på den ene side, på grund af analyseusikkerhedens størrelse i forhold til proteolysens meget lille omfang under opbevaring af mælk, er svært at påvise dette omfang med sikkerhed, mens, på den anden side, selv et ret lille omfang af en sådan proteolyse kan være af økonomisk betydning i osteproduktionen.

Totalkim

Efter det 2. døgn var begyndelseskimtallene i dette forsøg i gennemsnit ca. halvt så store som i forsøgsserie I (tabel 3a og 4a). På trods af, at normalkølingen strakte sig over ca. dobbelt så lang tid som i forsøgsserie I, er kimtallet for begge kølemetoder stadig under 10.000/ml 5. døgn efter den første mælks udmalkning. Først da mælken blev lagret i 6 døgn, var det totale kimtal højere i normalkølet end i instantkølet mælk ($P < 0,05$).

Psykrotrofe bakterier

Det 2. døgn efter første udmalkning var også antallet af psykrotrofe bakterier ca. halvt så stort i forsøgsserie II som i forsøgsserie I. De psykrotrofe bakterier udgjorde ca. 25% af det totale kimtal såvel efter 2. døgn som efter 4. døgn. Antallet af psykrotrofe bakterier var endnu efter 5 døgn under 10.000/ml for begge tanke. Kølingsmetoden havde ikke signifikant indflydelse på antallet af psykrotrofe bakterier i mælken.

Organoleptisk bedømmelse

Af tabel 4b ses, at der ikke er tendens til ændring af smagskaraktererne inden for 6 døgn, og der er ingen sikre forskelle mellem de to kølingsmetoder.

Fedtsyregrad

Fedtsyregraden var i gennemsnit højere for normalkølet end for instantkølet mælk gennem hele opbevaringstiden. Forskellen var signifikant ($P < 0,01$). Niveauet for fedtsyregrad var for begge kølemetoder lidt højere i forsøgsserie II end i forsøgsserie I.

Fedtoxidation

TBA-værdierne var lidt højere i gennemsnit for normalkølet end for instantkølet mælk, bortset fra 3. døgn, hvor de var lige store. Forskellene var dog kun signifikante ($P < 0,05$) efter 2 og efter 6 døgn. Niveauet for TBA-værdierne var lavt ved begge kølingsmetoder i forsøgsserie II og lavere end i forsøgsserie I.

C-vitamin

I forsøgsserie II blev der foretaget bestemmelser af mælkens indhold af askorbinsyre. På grund af vanskeligheder med analysemetoden over flere forsøgsdage er resultaterne ikke medtaget i tabel 3. Følgende gennemsnitstal for mg askorbinsyre pr. liter mælk blev fundet for hhv. 2, 3, 4 og 5 døgn efter første malkning: 13 (3), 9 (6), 4 (2) og 1,5 (1), idet tallene i parentes angiver antal parvise sammenligninger mellem de to kølemetoder. Der var i ingen af tilfældene signifikante forskelle de to kølemetoder imellem. Det fremgår af tallene, at der efter 5 døgn efter sidste udmalkning stort set ikke var mere askorbinsyre tilbage.

Tabel 4a Resultater fra forsøgsserie II. Gennemsnitsværdier ($\bar{x}$) og standardafvigelse (s) samt antal gentagelser (n) for totalkim og psykrotrofe kim (beregnet aritmetisk samt logaritmisk) efter opbevaring af rå mælk i indtil 6 døgn efter første malkning (i alt 4 malkninger i hver portion mælk) og med forskellig kølemetode, hvor
- I, 4°C: Instantkøling/kontinuerlig proces fra ca. 35 til 4°C og opbevaring ved 4°C.
- N, 4°C: Normalkøling/portionsproces fra ca. 35 til 4°C i løbet af 2½ time og opbevaring ved 4°C.

Results from Test Series II. Mean values ($\bar{x}$) and standard deviations (s) and number of repetitions (n) for determination of bacteria total plate count and psychrotrophic count (calculated arithmetically and logarithmically) after storage of raw milk for up to six days after the first milking (four milkings per portion of milk) for different cooling methods, where
- I, 4°C: Instant cooling/continuous process from about 35 to 4°C and storage at 4°C.
- N, 4°C: Normal cooling/batch process from about 35 to 4°C within 2½ hours and storage at 4°C.

Mælkens alder. Døgn efter første malkning Age of milk. Days after first milking		Totalkim				Psykrotrofe bakterier			
		Total plate count				Psychrotrophic bacteria			
		Aritmetisk: 10 ³ /ml Arithmetic: 10 ³ /ml		Logaritmisk, ml ⁻¹ Logarithmic, ml ⁻¹		Aritmetisk: 10 ³ /ml Arithmetic: 10 ³ /ml		Logaritmisk, ml ⁻¹ Logarithmic, ml ⁻¹	
		I 4°C	N 4°C	I 4°C	N 4°C	I 4°C	N 4°C	I 4°C	N 4°C
2	$\bar{x}$	4,8 ^a	4,6 ^a	3,63 ^a	3,61 ^a	1,2 ^a	1,1 ^a	3,00 ^a	3,01 ^a
	s	2,8	2,3	0,21	0,21	0,6	0,5	0,34	0,19
	n	13	13	13	13	13	13	13	13
3	$\bar{x}$	6,1 ^a	6,1 ^a	3,69 ^a	3,64 ^a	1,5 ^a	1,3 ^a	3,06 ^a	3,04 ^a
	s	5,3	6,8	0,27	0,34	1,1	0,8	0,38	0,28
	n	13	13	13	13	13	13	13	13
4	$\bar{x}$	6,1 ^a	6,5 ^a	3,72 ^a	3,73 ^a	1,5 ^a	1,6 ^a	3,09 ^a	3,16 ^a
	s	4,9	6,0	0,21	0,24	0,8	0,6	0,28	0,18
	n	13	13	13	13	13	13	13	13
5	$\bar{x}$	8,3 ^a	9,8 ^a	3,87 ^a	3,90 ^a	4,5 ^a	6,7 ^a	3,51 ^a	3,65 ^a
	s	6,4	2,0	0,31	0,28	3,6	5,7	0,38	0,43
	n	13	13	13	13	13	13	13	13
6	$\bar{x}$	32,4 ^a	55,4 ^b	4,31 ^b	4,57 ^b	34,4 ^a	50,9 ^a	4,24 ^a	4,44 ^a
	s	32,4	42,4	0,44	0,45	46,2	48,1	0,54	0,58
	n	13	13	13	13	13	13	13	13

^{a)} a og b: Tal med forskelligt bogstav under samme kvalitetsparameter er signifikant forskellige (P < 0,05 ved parvis t-test).
a and b: Figures for one and the same quality parameter with different letters were significantly different (P < 0.05 by paired t-test).

Tabel 4b Resultater fra forsøgsserie II. Gennemsnitsværdier ($\bar{x}$) og standardafvigelser (s) samt antal gentagelser (n) for smagsbedømmelser samt mål for kemiske omdannelser efter opbevaring af rå mælk i indtil 6 døgn efter første malkning (i alt 4 malkninger i hver portion mælk) og med forskellig kølemetode, hvor

- I, 4°C: Instantkøling/kontinuerlig proces fra ca. 35 til 4°C og opbevaring ved 4°C.
- N, 4°C: Normalkøling/portionsproces fra ca. 35 til 4°C i løbet af 2½ time og opbevaring ved 4°C.

Results from Test Series II. Mean values ($\bar{x}$) and standard deviations (s) and number of repetitions (n) for evaluation of taste and estimation of degree of chemical transformation after storage of raw milk for up to six days after the first milking (four milkings per portion of milk) for different cooling methods, where

- I, 4°C: Instant cooling/continuous process from about 35 to 4°C and storage at 4°C.
- N, 4°C: Normal cooling/batch process from about 35 to 4°C within 2½ hours and storage at 4°C.

Mælkens alder. Døgn efter første malkning <i>Age of milk. Days after first milking</i>		Syn, lugt og smag Klasse ^{*)}		BDI-Fedtsyregrad mækv./100 g fedt		Fedtoxidation, TBA-værdi	
		<i>Sensoric classification^{*)}</i>		<i>Fatty acid degree, BDI meq/100 g fat</i>		<i>Fat oxidation, TBA value</i>	
		I 4°C	N 4°C	I 4°C	N 4°C	I 4°C	N 4°C
2	$\bar{x}$ s n	1,0 ^a 0 13	1,1 ^a 0,3 13	0,45 ^a 0,06 13	0,59 ^b 0,09 13	0,008 ^a 0,002 13	0,010 ^b 0,004 13
3	$\bar{x}$ s n	1,0 ^a 0 13	1,0 ^a 0 13	0,48 ^a 0,05 13	0,65 ^b 0,09 13	0,010 ^a 0,003 13	0,010 ^a 0,003 13
4	$\bar{x}$ s n	1,0 ^a 0 13	1,1 ^a 0,3 13	0,49 ^a 0,05 13	0,65 ^b 0,09 13	0,010 ^a 0,003 13	0,011 ^a 0,005 13
5	$\bar{x}$ s n	1,0 ^a 0 13	1,0 ^a 0 13	0,51 ^a 0,05 13	0,67 ^b 0,09 13	0,011 ^a 0,005 13	0,012 ^a 0,006 13
6	$\bar{x}$ s n	1,0 ^a 0 13	1,1 ^a 0,3 13	0,54 ^a 0,05 13	0,74 ^b 0,08 13	0,009 ^a 0,004 13	0,010 ^b 0,006 13

^{*)} Klassifikation

Scale of sensoric classification

1 = Ingen fejl (tilfredsstillende) *No defects (satisfactory)*

2 = Fejl (mindre tilfredsstillende) *Small defects (less satisfactory)*

3 = Tydelige fejl (ikke tilfredsstillende) *Distinct defects (not satisfactory)*

^{**) a og b: Tal med forskelligt bogstav under samme kvalitetsparameter er signifikant forskellige (P < 0,05 ved parvis t-test (for syn, lugt og smag er anvendt χ^2 -test)).}

a and b: Figures for one and the same quality parameter with different letters were significantly different (P < 0.05 by paired t-test (sensoric classifications were tested by a χ^2 -test)).

4 Teknisk-økonomiske kalkuler

Muligheden for økonomisk varmegenvinding ved mælkekøleanlæg er afhængig af den daglige mælkemængde, eltarifferne, anlæggets konstruktion samt anskaffelsesprisen og vedligeholdelsesomkostningerne. Endvidere er økonomien afhængig af mulighederne for fuldt ud at kunne udnytte den genvundne varme til praktiske formål, såsom opvarmet drikkevand til husdyr, oprøring af mælkepulver til kalve, rengøring af rørmalkeanlæg og køletank, tørring af klæder og støvler, bad, rumopvarmning og husholdning.

Der er gennemregnet fire modeller af forskellige mælkekøleanlæg, hvor model I er konventionel normalkøling/portionsproces med R 22 som kølemiddel og 2. dags afhentning af mælken, mens model II, III og IV er instantkøling/kontinuerlig proces med R 134a som kølemiddel og 4. dags afhentning af mælken.

Anlægsmodellerne er dimensionerede ud fra almindeligt kendte regler for konstruktion af køleanlæg (Andersen, S.A., 1971; Bäckström, E., 1965; Knak, C., 1983; Krex, E.H., 1991; Mansa, J.L., 1942; Tvergaard, B., 1954). Anlægspriserne baserer sig på katalogpriser over enkeltstykskomponenter + arbejdsforbrug. De samlede beregninger fremgår af Appendiks D, E, F og G.

4.1 TIDSDIFFERENTIEREDE TARIFFER

Kraftværkernes omkostninger til fremstilling af elektricitet varierer over døgnet og årstiden. Omkostningerne er lavest, når der i nattetimer, weekender og på helligdage produceres elektricitet på de mest økonomiske kraftværksenheder. På hverdage varierer efterspørgslen efter elektricitet inden for faste tidsintervaller. Disse varierende belastningsformer benævnes: Lavlast, højlast og spidslast.

Under højlast indkobles der yderligere kapacitet, oftest fra andre kraftværker. Ved spidslast ind-

kobles også ældre kraftværker, som har en mindre økonomisk drift. Med det formål at udjævne belastningen fra erhvervs- og privatsektoren for derved at opnå en mere økonomisk produktion er der indført en tretidstarif, som også landbruget kan have fordel af.

Strømpriserne fastlægges af elselskaberne ud fra den betragtning, at de skal være så omkostningsægte, som muligt, så hver forbruger kun betaler de omkostninger, som denne påfører elforsyningen. Rammerne for prisfastsættelsen af eltariffer er fastlagt i Elforsyningsloven, hvis princip bygger på, at der ikke kun findes én rigtig rimelighedsbetragtning at fastlægge tariffer på.

Elselskaberne har forskellige kriterier for overgang til og udformning af tretidstarif. Det kan hos nogle elselskaber være det samlede årsforbrug, der er den afgørende faktor. Hos andre selskaber kan det være de maksimale kW-belastninger. Det vil generelt være middelstore og større landbrug, der overgår til tretidstarif. Tidstariffen er opdelt efter døgntidspunkt, hverdage, helligdage og weekender samt i en sommer- og en vinterperiode.

Indførelse af tretidstariffer kræver skift til anden type måler med elektronisk tællerværk eller ombygning af den eksisterende måler, så denne får et elektronisk tællerværk. Elektronikken holder styr på, hvornår på døgnet forbruget sker.

Døgnmålinger af elforbrug, udført over 1 år, med registrering hvert 15. minut på 8 gårde med 50-140 malkekøer og normalkøling/portionsprocesanlæg viste, at indførelse af tretidstarif vil forårsage en gennemsnitlig besparelse i elafregningen på ca. 3%. En enkelt mælkeproducent vil dog få en udgift på 8%. I undersøgelsen er der anvendt strømpriser for spids-, høj- og lavlastperioden på henholdsvis 54, 38 og 16 øre/kWh (Guul-Simonsen & Gudbjerg, 1993a).

Tidsdifferentierede strømpriser forventes indført i de fleste europæiske lande, hvor prisforholdet mellem de høje dagspriser og de lave natpriser oftest er 3:1 (Guul-Simonsen & Kofod, 1988).

Billig nat- og weekendstrøm åbner op for udvikling af teknik til energilagring af strøm ved lave tarifpriser for frigivelse af energien, senere ved høje tarifpriser, f.eks. ved instantkøling af mælk i forbindelse med malkningen.

Normalkøling af mælk fra 35 til 4°C og vedligeholdelse af mælketemperaturen på 4°C kræver omkring 2,27 kWh/100 l og 2,19 kWh/100 l mælk ved 1. og 2. dags afhentning (Statens Forsøgsmejeri, 1963, 1970 og 1974). Det gennemsnitlige delforbrug til mælkekøling er ud af totalforbruget på 38 gårde med mælkeproduktion målt til $12,9 \pm 5\%$ (Guul-Simonsen & Gudbjerg, 1993).

4.2 VARMT BRUGSVAND

Ved vandkøling af mælkekøleanlæggets kondensator - eller ved indbygning af en særskilt varmegendvindingsbeholder mellem luftkølet kondensator og kondensator i et bestående anlæg - kan der genvindes varmt brugsvand for nyttiggørelse. Princippet gælder både for anlæg af typen normalkøling/portionsproces og for anlæg af typen instantkøling/kontinuerlig proces, men det er bedst egnet for instantkøling med energilagring.

Ved nævnte varmegenvinding fås brugsvand med omkring 50°C i temperatur, afhængigt af kølemiddel og anlæggets konstruktion. Ønskes højere temperatur af brugsvandet, f.eks. til 70°C, må vandet passere en elektrisk vandvarmer, eller der må indbygges en elpatron i varmegendvindingsbeholderen.

Radiatorer med 50°C i fremløbstemperatur skal være større end de normale, som er dimensioneret for en fremløbstemperatur på 60°C.

En anden metode til hævnning af brugsvandets temperatur er indbygning af en reguleringsanord-

ning efter kondensatoren, så denne får et højere kondenseringstryk, hvorved vandets temperatur hæves. Til gengæld øges energiforbruget, og kompressoren får større arbejdsstryk, end den er dimensioneret for, hvorved dens levetid reduceres.

Afprøvning af en varmegenvindingsbeholder viser, at køling af ca. 3 l mælk giver 1 l vand à 45°C (Statens Jordbrugstekniske Forsøg, 1979). Ved lavere temperaturer kan et større vandvolumen opvarmes, idet energisummen er konstant; $\sum Q = K = \Delta t \times m \times c$, hvor K = konstant, Δ = temperaturdifferencen, m = væskemængden og c = væskens specifikke varmekapacitet.

Ved effektive varmevekslere er det muligt at opnå en genvinding fra 15 til 75% af det totale energiforbrug, afhængigt af vekslerens konstruktion (Peterson & Koelsch, 1979).

Erfaringen viser, at forbruget af varmt brugsvand på en landbrugsbedrift stiger i forhold til tidligere, når der installeres varmegenvinding, idet der ændres på rutiner og metoder (Kammel & Patoch, 1993).

Mælkeydelsen stiger, når kørne gives forvarmet drikkevand. Der er målt en stigning i mælkeydelsen på 4 og 3% ved opvarmet drikkevand på 17 og 24°C. Virkningen af vandets temperatur er afhængig af temperaturen i koens omgivelser (Anderson, 1984). Rice (1979) fandt optimal tilvækst ved kvier, der fik drikkevand med en temperatur på 21°C.

En spørgeundersøgelse blandt 603 landbrugsbedrifter, der er repræsentative for dansk landbrug, viste, at 33% af landbrugsbedrifterne accepterer en simpel tilbagebetalingstid på 3 år, mens 56% accepterer en tilbagebetalingstid på 5 år ved investering i energibesparelser (Guul-Simonsen & Gudbjerg, 1993).

4.3 MODELBEREGNINGER FOR FORSKELLEGE TYPER MÆLKEKØLEANLÆG

Modelberegningerne omfattede fire forskellige anlægstyper af mælkekøleanlæg med en kølingskapacitet på 2500 kg/dg, hvor normalkøling/portionsproces havde 2. dags afhentning, og instantkøling/kontinuerlig proces havde 4. dags afhentning og nyttiggørelse af varmegenvindingen ved model III og IV. I beregningerne er ikke medtaget værdien af øget mælkemængde ved tildeling af opvarmet drikkevand til husdyrene, dvs. en mælkeforøgelse på 3% ved 17°C opvarmet drikkevand, hvor der er regnet med udnyttelse af natstrøm (ikke weekendstrøm).

* **Model I.** Normalkøling/portionsproces af mælken fra 35 til 4°C i traditionel mælkekøletank, hvor mælken nedkøles i løbet af 3 timer. Temperaturen i blandingsmælk ved efterfølgende malkninger må ikke overstige 10°C. Tretidstarif. Forudsætninger og beregninger, se Appendiks D.

* **Model II.** Instantkøling/kontinuerlig proces af mælken fra 35 til 3°C ved passage gennem isvandskølet varmeveksler. Tretidstarif. Forudsætninger og beregninger, se Appendiks E.

* **Model III.** Instantkøling af mælken fra 35 til 3°C. Forkøling til ca. 14°C i varmeveksler med koldt grundvand. Opvarmet drikkevand føres til forrådsbeholder. Slutkøling af mælken ved passage gennem isvandskølet varmeveksler. Vandkølet kondensator for genvinding af varmt brugsvand. Tretidstarif. Forudsætninger og beregninger, se Appendiks F.

* **Model IV.** Instantkøling af mælken fra 35 til 3°C ved passage gennem varmeveksler, der køles med nedkølet drikkevand, 0°C. Opvarmet drikkevand føres til forrådsbeholder. Vandkølet kondensator for genvinding af varmt brugsvand. Tretidstarif. Forudsætninger og beregninger, se Appendiks G.

I modelberegningerne er benyttet følgende to tretidstariffer:

BHHH-Tretidstarif. Betingelsen for denne tarif er, at forbrugeren har et årligt forbrug over 200.000 kWh, B-forbruger. Weekender og helligdage er lavlast. Vinterhverdage (oktober til marts), kl. 21.00-6.30 = lavlast, kl. 6.30-7.30, 18.30-21.00 = højlast og kl. 7.30-12.00, 17.00-18.30 = spidslast. Sommerhverdage (marts til oktober), kl. 21.00-6.30 = lavlast, kl. 6.30-7.30, 12.00-21.00 = højlast og kl. 7.30-12.00 = spidslast. Strømpriserne er 16, 38 og 54 øre/kWh for henholdsvis lav-, høj- og spidslast. Dertil skal der lægges en fast abonnementspris på 3600 kr./år samt en elafgift og en CO₂-afgift på 33 og 10 øre/kWh (Elselskabet BHHH, 1993).

NESA-Tretidstarif. Weekender og helligdage er lavlast. Vinterhverdage (oktober-april), kl. 21-6 = lavlast, kl. 6-8, 12-17 og 19-21 = højlast, kl. 8-12 og 17-19 = spidslast. Sommerhverdage (april-oktober), kl. 21-6 = lavlast, kl. 6-8 og 12-17 = højlast, kl. 8-12 og 17-19 = spidslast. Strømpriserne er 59,9, 83,0 og 114,2 øre/kWh for henholdsvis lav-, høj- og spidslast. Normalprisen er 70,2 øre/kWh (Elselskabet NESA, 1994).

Der er gjort overvejelser ved en mælkepris, der er uændret, samt ved en mælkepris, der er henholdsvis 2 og 6 øre højere pr. l, idet der ved 4. dags afhentning ligger et sparepotentiale i form af mindskede transportomkostninger (stoppenge) ved at gå fra 1. dags til 4. dags mælkeafhentning på gårdene.

I tabel 5, 6, 7 og 8 vises resultatet af modelberegningerne. I Appendiks D, E, F og G vises beregningerne af kompressor, komponenter, elforbrug m.v. Disse beregninger findes endvidere delvist beskrevet i delrapporten: Energioptimering af instantkøleanlæg (Madsen, 1994).

Tabel 5 viser de beregnede hoveddimensioner for de fire modelanlæg. Heraf fremgår det, at instantkøling/kontinuerlig proces kræver en betydeligt mindre kompressor end normalkøling/portionsproces, ca. mellem en trediedel og den halve størrelse. Forklaringen herpå er den længere køretid ved instantkøling/kontinuerlig proces,

hvor der i løbet af natten og i weekenden ved de billige strømpriser akkumuleres store kuldemængder, der frigøres senere, mens normalkøling/portionsproces med stor kompressor skal udføres på kort tid i forbindelse med selve malkningen, ($\sum E = \sum E_1 + E_2 \dots E_n = \text{Konstant}$). Mindre kompressorer betyder billigere anskaffelsespris og billigere drift, ligesom elforsyningens ledningsnet og gårdens tilslutningsledninger ikke behøver at blive ændret til større dimensioner, fordi der skiftes til mælkekøleanlæg med større kapacitet.

Tabel 6 viser anskaffelsespriserne for de fire modelanlæg. Priserne er beregnet ud fra arbejdsforbrug (300 kr./h) samt enkeltstykspriser over komponenter fra kataloger. Det vurderes, at anskaffelsespriserne vil kunne reduceres væsentligt ved serieproduktion. Det ses, at anlæg for normalkøling/portionsproces har en anskaffelsespris, der er mellem en trediedel og det halve lavere end anlæg for instantkøling/portionsproces. Til gengæld fås en varmegenvinding på omkring 10.000 kWh/år ved instantkøling/kontinuerlig proces og laveste elforbrug ved instantkøling/kontinuerlig proces, model III og IV, eller ca. det halve af udgifterne ved normalkøling/portionsproces, model I. Der er ingen større forskel i de

årliche eludgifter ved modellerne, hvad enten der anvendes BHHH eller NESA-tretidstarif.

Tabel 7 viser simpel tilbagebetalingstid, dvs. anskaffelsesprisen divideret med den årlige værdi af varmegenvindingen, under forskellige forhold. Heraf fremgår det, at en tilbagebetalingstid på omkring 5 år kun kan opnås, hvis mælkeprisen ved 4. dags afhentning hæves, f.eks. med 5-6 øre/l i forhold til 1. dags afhentning. De færre transportomkostninger (stoppenge) ved instantkøling/kontinuerlig proces giver visse muligheder herfor.

Mælkepriser, 1992-1993, bearbejdet materiale fra EU's statistiske kontor, var i Danmark, Holland, Tyskland, Frankrig, Storbritannien og Irland henholdsvis: 243 (-2%), 245 (+0,1%), 229 (-2,2%), 216 (+1,3%), 189 (-9%) og 203 (-4%) kr. pr. 100 kg mælk med 3,7% fedt og 3,4% protein. Tallene i parentes angiver prisstigninger/prisfald i perioden 1990-1993 (Uge-Nyt, 1994). En prisstigning på 5 øre/l svarer ved en mælkepris på 2,43 kr./l omtrent til 2%.

Tabel 8 viser eludgifterne pr. liter mælk, når varmegenvindingen udnyttes fuldt ud.

Tabel 5 Tekniske modelberegninger
Technical model calculations

	Enhed <i>Unit</i>	Model - Model			
		I Normal- køling/por- tionsprocess <i>Normal</i> <i>cooling/</i> <i>batch</i> <i>process</i> 35→4°C	II Instantkø- ling/kon- tinuerlig process <i>Instant</i> <i>cooling/</i> <i>continuous</i> <i>process</i> 35→3°C	III Instantkø- ling/kon- tinuerlig process <i>Instant</i> <i>cooling/</i> <i>continuous</i> <i>process</i> 35→3°C	IV Instantkø- ling/kon- tinuerlig process <i>Instant</i> <i>cooling/</i> <i>continuous</i> <i>process</i> 35-3°C
Tankkapacitet <i>Tank capacity</i>	l	5.000	2 × 5.000	2 × 5.000	2 × 5.000
Mælkeafhentning <i>Collection of milk</i>	døgn <i>days</i>	2	4	4	4
Udetemperatur <i>Outdoor tempera-</i> <i>ture</i>	°C	20	20	20	20
Kølemiddel <i>Coolant</i>	R	22	134a	134a	134a
Kuldebehov <i>Cooling requirement</i>	kJ/døgn <i>kJ/day</i>	345.000	388.220	167.720	175.700
Kompressorens kuldeydelse <i>Cooling perform-</i> <i>ance of compressor</i>	kW	15,1	12,0	5,2	4,3
Kompressorens størrelse <i>Compressor size</i>	kW	3,8	4,0	1,7	1,4
Elforbrug <i>Energy consumption</i>	kWh/år <i>kWh/year</i>	16.070	23.882	10.306	10.731
Effektfaktor <i>Power factor</i>		2,18	1,65	1,65	1,66
Genvunden energi <i>Recovered energy</i>	kWh/år <i>kWh/year</i>	0	0	10.646	10.646

Tabel 6 Tekniske modelberegninger
Technical model calculations

	Enhed <i>Unit</i>	Model - Model			
		I Normal- køling/ portions- proces <i>Normal</i> <i>cooling/</i> <i>batch</i> <i>process</i> 35 → 4°C	II Instant- køling/kon- tinuerlig proces <i>Instant</i> <i>cooling/</i> <i>continuous</i> <i>process</i> 35 → 3°C	III Instant- køling/kon- tinuerlig proces <i>Instant</i> <i>cooling/</i> <i>continuous</i> <i>process</i> 35 → 3°C	IV Instant- køling/kon- tinuerlig proces <i>Instant</i> <i>cooling/</i> <i>continuous</i> <i>process</i> 35 → 3°C
Anskaffelsespris <i>Purchase price</i>	kr. <i>DKK</i>	156.500	473.773	405.000	370.645
Service <i>Service</i>	kr./år <i>DKK/year</i>	600	900	900	900
Mælkeafhentning <i>Collection of milk</i>	døgn <i>days</i>	2	4	4	4
Mælkens merpris i forhold til 1. dags af- hentning <i>Excess price of milk</i> <i>compared with first</i> <i>day collection</i>	øre/l øre/l <i>1/100</i> <i>DKK</i>	2 2	2 6	2 6	2 6
Eludgifter, BHHH- tarif <i>Electricity charges,</i> <i>BHHH rates</i>	kr./år <i>DKK/year</i>	11.840	14.090	6.080	6.331
Eludgifter, NESA- tarif <i>Electricity charges,</i> <i>NESA rates</i>	kr./år <i>DKK/year</i>	12.381	14.305	6.173	6.428
Genvunden energi <i>Recovered energy</i>	kWh/år <i>kWh/year</i>	0	0	10.646	10.646
Værdien af genvun- den energi, BHHH- tarif <i>Value of recovered</i> <i>energy, BHHH rates</i>	kr./år <i>DKK/year</i>	0	0	8.410	8.410
Værdien af genvun- den energi, NESA- tarif <i>Value of recovered</i> <i>energy, NESA rates</i>	kr./år <i>DKK/year</i>	0	0	9.124	9.124
Merudgifter. Afdrag og renter i forhold til model I <i>Additional costs. Re-</i> <i>payment and interest</i> <i>compared with</i> <i>Model I</i>	kr./år <i>DKK/year</i>	0	37.062	29.032	25.018

Tabel 7 Økonomiske modelberegninger over simpel tilbagebetalingstid
Economic model calculations of simple refund period

Elselskabet BHHH-tretidstarif <i>Utility Company BHHH three-period tariff</i>	Elselskabet NESA-tretidstarif <i>Utility Company NESA three-period tariff</i>	Med/uden varmegenvinding <i>With/without heat recovery</i>	Mælkens merpris, øre/l <i>Excess price of milk, øre/l</i>	Model - Model			
				I Normal- køling/ portions- proces 35 → 4°C, år <i>Normal cooling/ batch process 35 → 4°C, years</i>	II Instant- køling/kon- tinuerlig proces 35 → 3°C, år <i>Instant cooling/ continuous process 35 → 3°C, years</i>	III Instant- køling/kon- tinuerlig proces 35 → 3°C, år <i>Instant cooling/ continuous process 35 → 3°C, years</i>	IV Instant- køling/kon- tinuerlig proces 35 → 3°C, år <i>Instant cooling/ continuous process 35 → 3°C, years</i>
X		+	2	0	—	17,9	15,7
X		÷	2	0	—	45,5	41,2
X		+	4	0	20,0	7,7	6,7
X		÷	4	0	20,2	10,5	9,1
X		+	6	0	9,4	5,0	4,3
X		÷	6	0	9,4	5,9	5,1
X		+	0	0	—	17,9	15,7
X		÷	0	0	—	45,5	41,2
	X	+	2	0	—	16,5	14,5
	X	÷	2	0	—	42,1	37,9
	X	÷	4	0	19,8	10,3	9,0
	X	+	4	0	19,8	7,5	6,5
	X	+	6	0	9,3	4,8	4,2
	X	÷	6	0	9,3	5,9	5,1
	X	+	0	0	—	16,5	14,5
	X	÷	0	0	—	42,1	37,9

Tabel 8 Modelberegninger, eludgifter pr. l kølet mælk ved 2500 l/døgn i 365 dage
Model calculations, electricity costs per l for 2500 l of cooled milk/day in 365 days

	Enhed <i>Unit</i>	Model - Model			
		I Normal- køling/por- tionsprocess <i>Normal cooling/ batch process 35 → 4°C</i>	II Instantkø- ling/kon- tinuerlig process <i>Instant cooling/ continuous process 35 → 3°C</i>	III Instantkø- ling/kon- tinuerlig process <i>Instant cooling/ continuous process 35 → 3°C</i>	IV Instantkø- ling/kon- tinuerlig process <i>Instant cooling/ continuous process 35 → 3°C</i>
BHHH-tarif <i>BHHH tariff</i>	kr./l <i>DKK/l</i>	0,0130	0,0154	0,0067	0,0069
Besparelse <i>Saving</i>	kr./l <i>DKK/l</i>	0,0	0,0	0,0092	0,0092
Σ	kr./l <i>DKK/l</i>	0,0130	0,0154	-0,0025	-0,0023
NESA-tarif <i>NESA tariff</i>	kr./l <i>DKK/l</i>	0,0136	0,0157	0,0068	0,0070
Besparelse <i>Saving</i>	kr./l <i>DKK/l</i>	0,0	0,0	0,0100	0,0100
Σ	kr./l <i>DKK/l</i>	0,0136	0,0157	-0,0032	-0,0030

5 Konklusion

Under praktiske forhold er der udført forsøg med forskellig køling og opbevaring af rå mælk fra 70 malkekøer.

Instantkøling/kontinuerlig proces, hvor mælken nedkøles fra ca. 35 til 2,5°C, medfører en lavere bakterievækst, så mælken var af bakteriologisk god kvalitet 2 døgn længere, end hvor den portionkøles fra ca. 35 til 4°C i løbet af 1,5 time, og hvor temperaturen i blandingsmælken er under 10°C.

Instantkøling/kontinuerlig proces, hvor mælken nedkøles fra ca. 35 til 4°C, giver inden for

6 døgns opbevaring kun svag bedring i mælkens kvalitet i forhold til portionskøling fra ca. 35 til 4°C i løbet af 2,5 timer, hvor temperaturen i blandingsmælken er under 10°C (ISO 5708, klassifikation I).

Instantkøling/kontinuerlig proces giver mulighed for at udnytte elforsyningsens tretidstarif til energilagring og mælkekøling, idet billig nat- og weekendstrøm akkumuleres som kulde (is og isvand), der senere frigøres til mælkekøling. Systemets spildvarme (fra mælk og kompressor) kan genvindes som varmt brugsvand og nyttiggøres til opvarmning af drikkevand til husdyr,

rengøring af malkeanlæg og køletank samt bad, rumopvarmning og husholdning. Den mindre kompressor (med længere driftstid i lavlastperioder) betyder, at det ikke er nødvendigt at øge dimensioneringen af elforsyningens- og gårdens ledningsnet, når der installeres instantkøling/kontinuerligt procesanlæg med større kølingskapacitet.

Anskaffelsesprisen for anlæg til instantkøling/kontinuerlig proces er højere end for anlæg til normalkøling/portionsproces. Med de nuværende priser er instantkøling ikke rentabel ved mælkeafhentning hver eller hveranden dag. Modelberegninger med malkemængder på 2500 kg mælk pr. dag viser, at hvis mælkeprisen hæves med 2% på grund af lavere transportomkostninger ved 4. dags afhentning, og spildvarmen nyttiggøres, fås der en simpel tilbagebetalingstid på 4,1 - 4,2 år, afhængigt af den anvendte tretidstarif for natstrøm og typen af instantkøling/kontinuerligt procesanlæg. En endelig vurdering vil dog kræ-

ve en dybtgående analyse af mejeriets transportomkostninger og eksakt viden om anlæggets fremstillingspris ved serieproduktion, når det dimensioneres for natstrøm eller for både nat- og weekendstrøm.

Overgang til lavere afhentningsfrekvens af mælken end afhentning hver eller hveranden dag ved instantkøling til 2,5°C vil have som nødvendig forudsætning, at der gennemføres undersøgelser med vurdering af produktkvaliteten for mejeriprodukterne ved udløb af normal holdbarhedstid.

Mælkekøling efter instantkøling/kontinuerlig proces vil være af interesse for specialmælk samt for områder og lande, hvor transport af mælk omfatter små malkemængder pr. dag og lange transportafstande, hvor det elektriske forsyningsnet er svagt udbygget, samt hvor der gives økonomisk mulighed for udnyttelse af tidsdifferentierede strømtariffer.

Anerkendelser

Til referencegruppen, der bestod af afdelingsleder Laust Jepsen, Danske Mejeriers Fællesorganisation, seniorforsker John E. Hermansen, Afd. for Forsøg med Kvæg og Får, Statens Husdyrbrugsforsøg, forstander Peter Kierkegaard, Statens Jordbrugstekniske Forsøg og chefkonsulent Anna Rosenqvist, Danske Landboforeningers Husholdningsudvalg, rettes en tak for faglig støtte.

Endvidere rettes en tak til mejeriingeniør Steen Ostensen, Afd. for Forsøg med Kvæg og Får, for

udførelse af undersøgelse over proteolyse i forskelligt kølet mælk samt til Ingeniørhøjskolen, Helsingør (nu Danmarks Tekniske Universitet) ved ingeniørerne Jacob Madsen, Hugo Torp Larsen og Søren Berthelsen for assistance ved modelberegningerne.

Renskrivning af rapporten og engelsk oversættelse er udført af overassistent Lene Nøkkentved, Afd. for Jordbrugsteknik og Produktionssystemer.

Litteratur

- Alteneder, K., 1992. Milchkühlung. Probleme, Stand der Technik, Prüfung. Landtechnik. 47. Jahrg., 633-636.
- Andersen, P.E. & Risum, J., 1989. Levnedsmidlers kvalitet, 79-117. Polyteknisk Forlag.
- Andersen, S.A., 1971. Køleanlæg. 3. udg., C.E. Gads Forlag.
- Anderson, M., 1984. Drinking Water Supply to Housed Dairy Cows. Swedish University of Agricultural Sciences, Report 130, 47-58.
- Andersson, M., Heeschen, W., Jellema, A., Kuzdal-Savoi, S., Needs, E.C., Suhren, G. & Reusel, A. van, 1991. Determination of free fatty acids in milk and milk products. IDF Bulletin No. 265, 52 pp.
- Aule, O. & Worstorff, H., 1975. Influence of mechanical treatment of milk on quantities of FFA and free fat in the milk, as well as on the separability of the milk. IDF Bulletin Doc. 86, 116-119.
- Bäckström, E., 1965. Kälteteknik. 3. udgave. Brauns Forlag, 807 p.
- Bauman, B., 1987. Energy Cost Savings in Milk Cooling. International Winter Meeting of the American Society of Agricultural Engineers. Paper No. 87, 3522.
- Bertelsen, E., Norberg, L. & Närlid, G., 1981. Utredning över orsaken till belcksmak i leverantörmjök samt prövning av älgårder för eliminering av dessa på produktionsplatsen. The Swedish Dairies' Assoc., Malmö, Sweden, 29 pp.
- Brandt, J., 1977, Mikrobiologi for mejeriskolen. Erhvervsskolernes Forlag, Odense, 52 pp.
- De Danske Mejeriers Fællesorganisation og Mejeribrugets Osteeksportudvalg, 1982. Malke-maskinfaktorerens indflydelse på mælkens bakterielle kontaminering. EØF kontrakt nr. 271/8909, 22 pp.
- Elselskabet BHHH, 1993. Prisblad for forbrugere og tretidstarif, 1 p.
- Elselskabet NESA, 1994. Prisblad for tretidstarif, 1 p.
- European Standard. CEN Draft, 1994. Bulk milk coolers on farms. Construction, performance, suitability for use, safety and hygiene. CEN/TC 153/WG8 N68, 33 pp.
- Gehriger, G., 1980. Multiplication of bacteria in milk during farm storage. IDF Bulletin, Doc. 120, 22-24.
- Gjeddebæk, N.F., 1966. Anvendelser af statistik og sandsynlighedsregning. Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, København, 64 pp.
- Griffiths, M.W., Philips, J.D. & Muir, D.D., 1987. Effect of low-temperature storage on the bacteriological quality of raw milk. Food Microbiology 4, 285-291.
- Gudbjerg, E., Guul-Simonsen, F., Kromann, H., Kudsk, P., Lund, I., Lundgaard, N., Lykou, J., Overby, T., Sams, T. & Schriver, P., 1994. Energirådgivning - mindre virksomheder - landbrug. Danske Elværkers Forening, 225 pp. + bilag 100 pp.
- Guul-Simonsen, F. & Gudbjerg, E., 1993a. Mælkekøling, Projekt Elgård, maj. De 13 Elselskaber og Statens Jordbrugstekniske Forsøg, 40 pp.

- Guul-Simonsen, F. & Gudbjerg, E., 1993b. Spørgeundersøgelse og energianalyse, Projekt Elgård. De 13 Elselskaber og Statens Jordbrugstekniske Forsøg, 77 pp.
- Guul-Simonsen, F. & Gudbjerg, E., 1993c. Driftsmålinger, Projekt Elgård, oktober. De 13 Elselskaber og Statens Jordbrugstekniske Forsøg, 58 pp. + 107 pp. bilag.
- Guul-Simonsen, F. & Gudbjerg, E., 1994. Stromverbrauch und Einsparungsmöglichkeit. Landtechnik vereinigt mit den Grundlagen der Landtechnik. 49. Jahrgang, 5, 304-305.
- Guul-Simonsen, F. & Kofod, C., 1988. Landbrugets muligheder for besparelser ved tidsdifferentierede eltariffer. SjøF-Beretning nr. 43, 60 pp.
- Guul-Simonsen, F., Madsen, N.P., Jepsen, L., Gudbjerg, E., Elefsen, F., Laursen, M., Kirk, B. & Hoffbech, M., 1994. Vedligeholdelse af mælkekøleanlæg, KVL-SjøF rapport, 26 pp. + 12 pp. bilag.
- Guul-Simonsen, F., Ryhmer Kristiansen, J., Jessen, J., Gudbjerg, E., Jepsen, L. & Laursen, M., 1993. Mælkekøling og mælke kvalitet, KVL-SjøF rapport, 28 pp.
- Hadland, G., 1965. Milk quality collection and storage of milk in farm tanks for maximum 4 days. Dairy Research Institute, Vollbek, Norway. Report No. 120, 23 pp.
- Herrington, B.L. & Krukovsky, V.N., 1939. J. Dairy Sci. Studies of lipase action. II. The activation of milk lipase by temperature changes. 22, 149-150.
- Herrington, B.L., 1954. Lipase: A Review. J. Dairy Sci. 37, 775-789.
- Herrington, B.L., 1956. The Control of Rancidity in Milk. J. Dairy Sci. 39, 1613-1616.
- IDF Monograph, 1974. Bacteriological quality of cooled bulk milk. IDF Doc. 83, 38 pp.
- International IDF Standard 100 B, 1991. Colony Count Technique at 30°C, 3 pp.
- International IDF Standard 101 A, 1991. Colony Count Technique at 6.5°C, 3 pp.
- International IDF Standard 141 B, 1990. Determination of Milk Fat, Protein and Lactose Content, 7 pp.
- International Standard, ISO 5708, 1983. Refrigerated bulk milk tanks, 20 pp. $\equiv$ DIN 8968, 1983. Behälter - Kühlanlagen für frisch ermolkene Milch, 19 pp. $\equiv$ DS 5708, 1985. Mælkekøletanke, 20 pp.
- Jellema, A. & Schipper, C.J., 1975. Influence of Physiological factors on the lipolytic susceptibility of milk. IDF Bulletin Doc. 86, 2-6.
- Jensen, B.J., 1993. Anvendelse af nyt kølemiddel. DEFU, Institut for forskning og udvikling uden for elforsyningsområdet, 4 pp.
- Jepsen, Aa., 1951. Veterinær Mælkekontrol II. A/S Carl Fr. Mortensen, København, 361 pp.
- Johansson, S., 1964. Smørets kvalitet ved tankuppsamling. SMR, medd. 79, 25 pp.
- Johansson, S. & Swartling, P., 1965. Ostens kvalitet ved tankuppsamling. SMR, medd. 82, 21 pp.
- Joost, Kr., Bertelsen, E. & Bresby, G., 1967. Undersökningar om aktuella renskumningsproblem. SMR, medd. 89, 18 pp.
- Kammel, D.W. & Patoch, Y., 1993. Energy savings achieved from heat recovery systems. Transactions of the ASAE, Vol. 35 (4), July-August, 1211-1215.

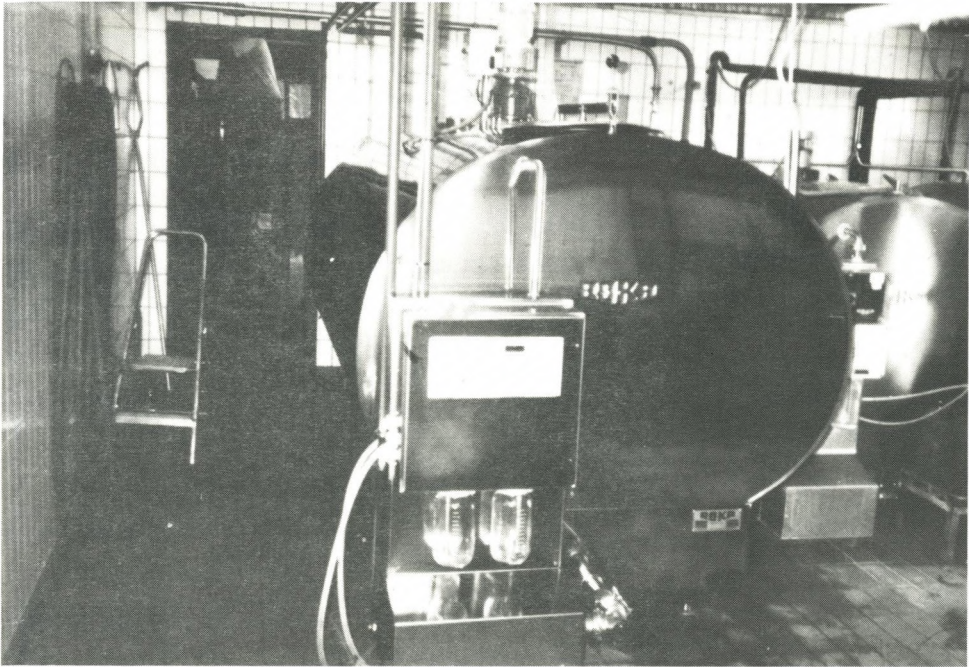
- King, R.L., 1962. Determination of Oxidation in Milk. Method of TBA. Journal of Dairy Science 45, 1165-1171.
- Kishonti, E., 1975. Influence of heat resistant lipases and proteases in psychrotrophic bacteria on product quality. IDF Bulletin Doc. 86, 121-124.
- Kleinhauss, W. & Orth, W.H., 1979. Technische und wirtschaftliche Aspekte der Wärmerückgewinnung aus Milchkühlung. Landbauforschung Völkerode, 29. Jahrgang, Heft 1, 19-31.
- Knak C., 1983. Køleteknik. 2. rev. udg., C.E. Gads Forlag, København, 286 pp. + 61 pp. bilag.
- Kolar, C.W. & Mickle, J.B., 1963. Relationships between milk fat acidity, short chain fatty acids and rancid flavours in milk. J. Dairy Sci. 46, 569-571.
- Krex, E.H., 1991. Maskin ståbi. 6. udg., Teknisk Forlag, 550 pp.
- Kristensen, O., 1994. Hvorfor taler man om B-mælk? Erhvervsjordbruget, 22-24.
- Kristiansen, J. Ryhmer, 1990. Lovgivning vedrørende konsummælksproduktion. Mejeri og Levnedsmiddelinstituttet, 32 pp.
- Kristiansen, J. Ryhmer, 1990. Prøver på leverandørmælk, 55-78.
- Kurzweil, R. et al., 1973. Keimgehalt und Florazusammensetzung der frisch ermolkenen Milch. Milchwissenschaft, 28 (7), 427-431.
- Kuzdzal-Savoie, S., 1980. Determination of free fatty acids in milk and milk products. IDF Bulletin Doc. 118, 60-61.
- Levnedsmiddelstyrelsen, 1992. Næringsstofanbefalinger, 151 pp.
- Mabbitt, L.A., 1980. The bacteriological quality of raw milk. IDF Bulletin, Doc. 120, 30 pp.
- Madsen, J., 1994. Energioptimering af instant-køleanlæg. Afgangsprøjet, Ingeniørhøjskolen, Helsingør, 74 pp.
- Madsen, J., 1995. Personlig meddelelse.
- Mansa, J.L., 1942. Maskinteknisk varmelære. Udgivet af Det Private Ingeniørfond, København, 168 pp.
- Mejeribrugets Uge Nyt, 1994. Internationale mælkepriser. April, 112-113.
- Miettinen, H. & Huhtanen, P., 1989. The concentrations of blood metabolites and the relations between blood parameters, fatty acid composition of milk and estimated ME-balance in dairy cows given grass silage ad libitum with five different carbohydrate supplements. ACTA AGRIC. SCAND. 39, 319-330.
- Muir, D.D., Kelly, M.E. & Philips, J.D., 1978. The effect of storage temperature on bacterial growth and lipolysis in raw milk. Journal of the Society of Dairy Technology 31, 203-208.
- Mulder, H. & Walstra, P., 1974. The Milk Fat Globule. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, 296 pp.
- Nielsen, E. Waagner, 1988. Omdannelser i mælk under varmebehandling. Mejeribrugsinstituttet, KVL, København, 78 pp.
- Nielsen, E. Waagner & Edelsten, D., 1992. Mejerikemiske analysemetoder I. Jordbrugsforlaget, København, 208 pp.
- Nielsen, E. Waagner & Ullum, J.A., 1989. Mejerilære. Almen del. Erhvervsskolernes Forlag, 159 pp.
- Ostersen, S., 1995. Personlig meddelelse.

- Energie-einsparung bei der Warmwasserbereitung durch Milchwärmerückgewinnung. *Grundl. Landtechnik*, Bd. 31, Nr. 4, 137-142.
- Peterson, R.A. & Koelsch, R.K., 1979. Dairy Farm Heat Exchangers for Heating Water. NRAES Publication FS-18. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Ithica, N.Y.
- Qvist, K.B., 1988. Mejeriteknologi. Ost: Løbning og synerese. Mejeribrugsinstituttet, KVL, København, 85 pp.
- Rasmussen, M.D., Galton, D.M. & Petersson, L.G., 1991. Effects of Premilking Teat Preparation on Spores of Anaerobes, Bacteria, and Iodine Residues in Milk. *Journal of Dairy Science* 74, 2472-2478.
- Rice, J.G., 1979. Optimum temperature of drinking water for Hereford heifers on range land. Colorado State University, Department of Range Science. Fort Collins. Master thesis.
- Rowe, M.T., Johnston, D.E., Kilpatrick, D.J., Dunstall, G. & Murphy, R.J., 1990. Growth and extracellular enzyme production by psychrotrophic bacteria in raw milk stored at low temperature. *Milchwissenschaft* 45, 495-499.
- Rudemo, M., 1979. Statistics and Calculus of Probabilities. DSR Forlag, København, 202 pp.
- Samuelsson, E.-G., Wallgren, K. & Magnusson, 1966. Torrmjölkens kvalitet vid tankhämtning av mjölk. SMR, medd. 84, 20 pp.
- Scanlan, R.A., Sather, L.A. & Day, E.A., 1965. Contribution of free fatty acids to the flavor of rancid milk. *J. Dairy Sci.* 48, 1582-1584.
- Singsaas, K., & Hadland, G., 1972. Collection of milk on farm and dairy bulk tanks during extended periods. Dairy Research Institute, Norway. Report No. 162, 33 pp.
- Snoeren, T.M.H. & Both, P., 1981. Neth. Proteolysis during the storage of UHT-sterilized whole milk. 2. *Milk and Dairy Journal* 35, 113-119.
- Snoeren, T.M.H., Spek, C.A.v.d., Dekker, R. & Both, P., 1979. Proteolysis during the storage of UHT-sterilized whole milk. 1. *Neth. Milk and Dairy Journal* 33, 31-39.
- Stadhouders, J., 1981. Cooling and thermization as a means to extend the keeping quality of raw milk. IDF Symposium on Bacteriologic Quality of Raw Milk, Kiel. Paper, 19-26.
- Statens Forsøgsmejeri, 1962a. Lipasevirksomhed i mælk og nogle mælkeprodukter. Beretning nr. 136, 58 pp.
- Statens Forsøgsmejeri, 1962b. Nogle undersøgelser vedrørende indsamling og transport af ikke-afkølet leverandørmælk i tankvogn. Beretning nr. 137, 78 pp.
- Statens Forsøgsmejeri, 1963. Afprøvning af 8 mælkekøleaggregater og en tanktransportvogn. Beretning nr. 142, 40 pp.
- Statens Forsøgsmejeri, 1964. Rørmalkningsanlægs indflydelse på mælkefedtets lipolyse. Beretning nr. 145, 20 pp.
- Statens Forsøgsmejeri, 1964. Tallet smag i mælk. Beretning nr. 147, 55 pp.
- Statens Forsøgsmejeri, 1968. Mejeriprodukters kvalitet ved hver- og hverandendags afhentning. Beretning nr. 172, 50 pp.
- Statens Forsøgsmejeri, 1970. Afprøvning af 4 mælkekøletanke. Beretning nr. 185, 17-21.
- Statens Forsøgsmejeri, 1974. Afprøvning af mælkekøletanke. 34. årsberetning, 35-45.

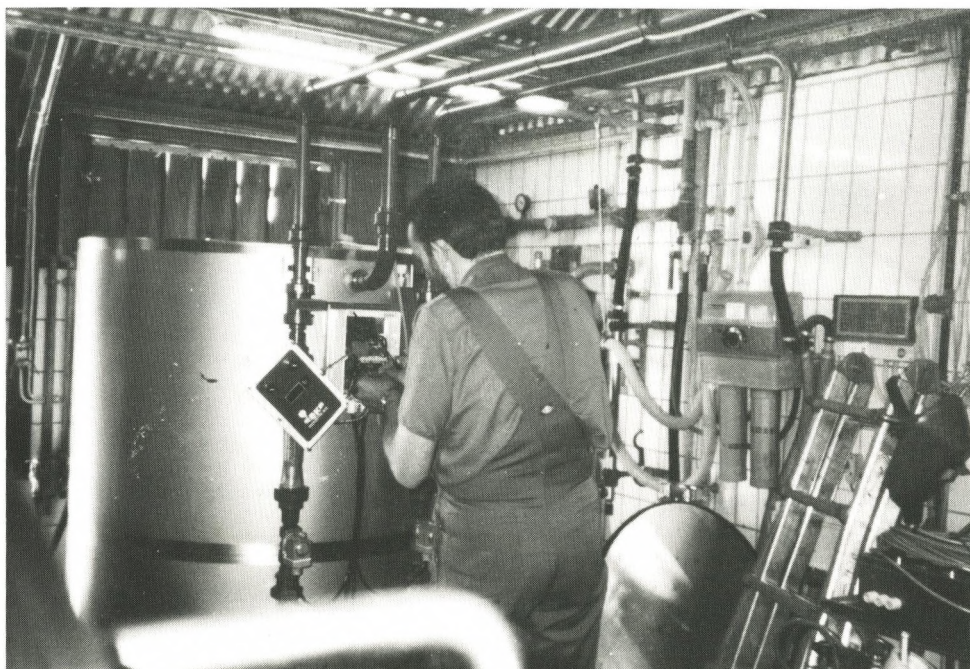
- Statens Jordbrugstekniske Forsøg, 1979. Varmegenvindingsbeholder, type GV 150. Meddelelse nr. 14, 5 pp.
- Statens Levnedsmiddelinstitut, 1973. Bestemmelse af askorbinsyre ved titrering med 2,6-diklorphenol-indephenol, 4 pp.
- Stewart, D.B., Murray, J.G. & Neill, S.D., 1975. Lipolytic activity of organisms isolated from refrigerated bulk milk. IDF Doc. 86, 38-50.
- Suhren, G., Heeschen, W. & Tolle, A., 1975. Free fatty acids in milk and bacterial activity. IDF Doc. 86, 51-57.
- Svenska Mejeriernes Riksförening, medd. nr. 78, 1964; 79, 1964; 82, 1965; 84, 1966; 89, 1967.
- Swartling, P. & Bockelmann, I. von, 1964. Den bakteriologiska kvaliteten hos tankhämtad mjölk. SMR, medd. 78, 25 pp.
- Tuckey, S.L. & Stadhouders, J., 1967. Increase in the sensitivity of the organoleptic detection of lipolysis in cows' milk by culturing or direct acidification. Neth. Milk Dairy Journ. 21, 158-165.
- Tvergaard, B., 1954. Kølemaskiner. 3. udg. Odense Teknikum, 48 pp. + bilag.
- Valente, A., 1992. Ice storage in dairy farms in New South Wales, Australia. CADDET newsletter No. 4, 2 pp.
- Veterinærdirektoratets Instruks af 2. januar 1990 og med ændring af 7. januar 1991. Celletal, 9 pp.
- Veterinærdirektoratets Instruks af 2. januar 1990. Syn, lugt og smag, 2 pp.
- Veterinærdirektoratet, 1992. Rapport vedrørende kvaliteten af mælk ved hverdags og ved hverandendags afhentning, 45 pp.
- Walstra, P. & Jenness, R., 1984. Dairy Chemistry and Physics, 467 pp.
- Webb, B.H. & Johnson, A.H., 1965. Fundamentals of Dairy Chemistry. The Avi Publishing Company, Connecticut, 827 pp.

Appendiks A

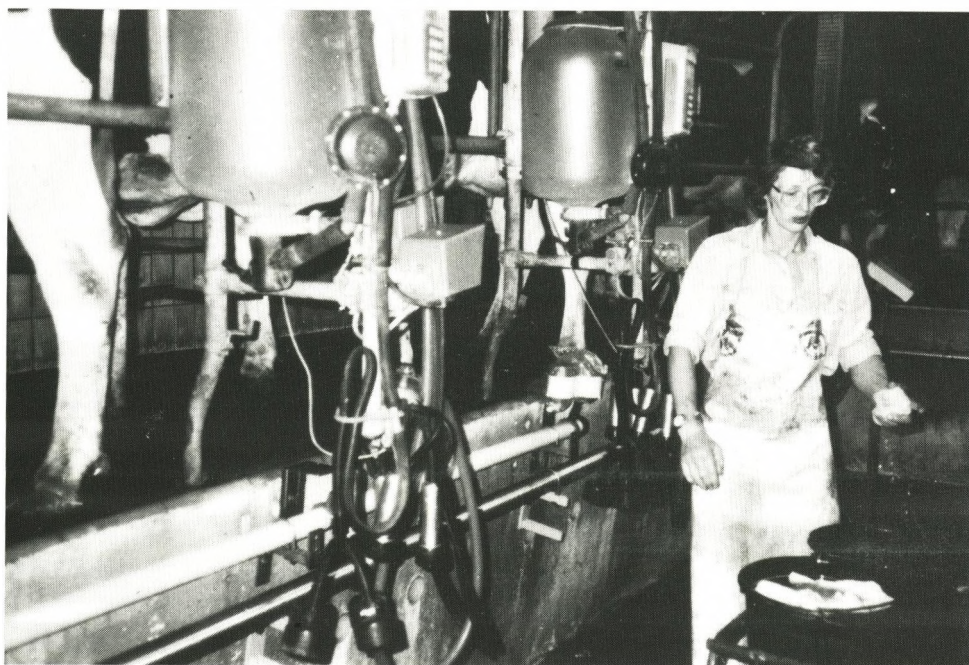
FORSØGSANLÆG OG MALKESTALD



Figur 1 **Forsøgsanlæg for instantkøling/kontinuerlig proces på Forskningscenter Bygholm**
Test installation for instant cooling/continuous process at Research Centre Bygholm



Figur 2 **Forsøgsanlæg for energilagring på Forskningscenter Bygholm**
 Test installation for energy storage at Research Centre Bygholm



Figur 3 **Malkestald på Forskningscenter Bygholm**
 Milking parlour at Research Centre Bygholm

Appendiks B

ANALYSEMETODE, TBA-VÆRDI

Der har været flere tilfælde i projektresultaterne, hvor der har været høje TBA-værdier (0,07-0,1 eller endnu højere), uden at der samtidig er givet anmærkning ved dommernes subjektive smagsbedømmelser, således som man umiddelbart skulle forvente (ved så høje værdier). Der blev derfor set nærmere på mulige fejlkilder ved TBA-analysen.

Erfaringsmæssigt vides det, at uklare filtrater kan være en fejlkilde. Uklare filtrater kan skyldes en for svag rystning efter tilsætning af trikloreddike-

syre, TCA, til fældning, en for kort tids henstand efter TCA-tilsætningen eller en for svag TCA-opløsning.

Der blev undersøgt forskellige former for rystning. Endvidere blev der set på den rødlige farves spektrum for, om muligt, at foreskrive en korrektionsprocedure til eliminering af eventuel uklarhedsbidrag til ekstinktionen ved målebølgelængden. Der blev målt på mælk med tydeligt tættet smag. Resultaterne fremgår af nedenstående tabel og omstående figur.

Tabel Rystning og absorption af mælkeprøve
Shaking and absorption of milk sample

Rystningsintensitet <i>Shaking intensity</i>	Klarhed af filtrat <i>Transparency of filtrate</i>	Absorptionsværdi - <i>Absorption value</i>		
		ved 532 nm <i>at 532 nm</i>	ved 600 nm <i>at 600 nm</i>	ved 532 nm - 600 nm <i>at 532 nm - 600 nm</i>
10 sek., kraftig <i>10 sec., Vigorous</i>	Klar <i>Clear</i>	0,087	-0,014	0,101
5 sek., kraftig <i>5 sec., Vigorous</i>	Klar <i>Clear</i>	0,086	-0,006	0,092
2 sek., kraftig <i>2 sec., Vigorous</i>	Klar <i>Clear</i>	0,128	0,019	0,109
5 gange vending <i>5 turnings</i>	Lidt uklar <i>Slightly turbid</i>	0,319	0,222	0,097
1 gange vending <i>1 turning</i>	Uklar <i>Turbid</i>	2,302	1,929	0,373

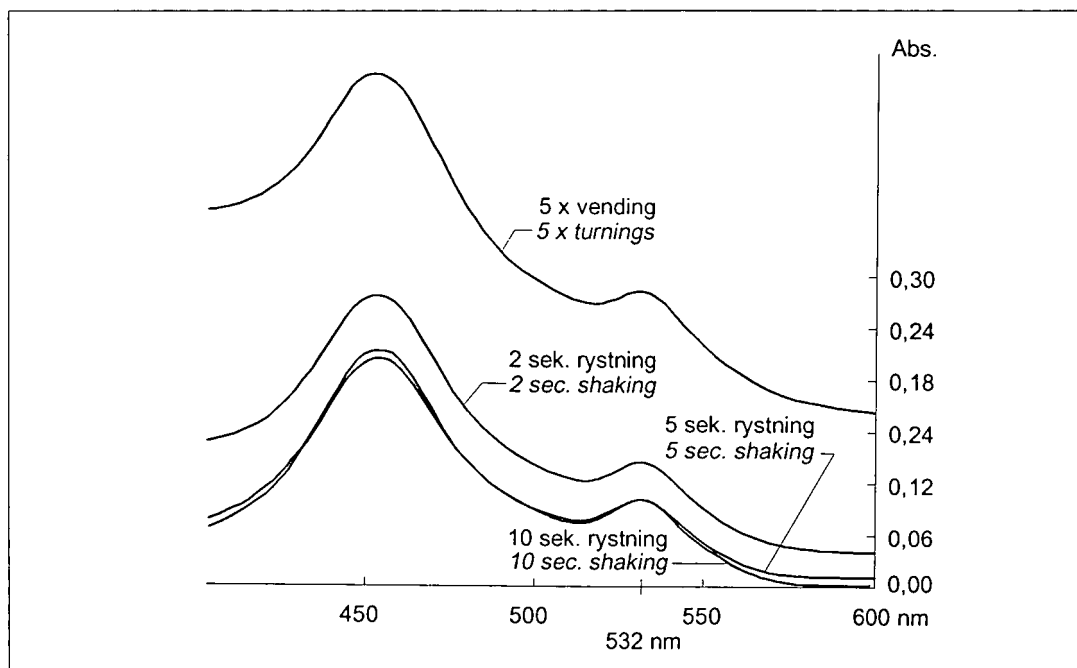
Det fremgår af figuren, at det røde farvestof fra TBA-reaktionen i tættet mælk ikke absorberer ved 600 nm. Målingen foregår sædvanligvis ved 532 nm, hvor farvestoffets absorption har et

lokalt maksimum. Det ses endvidere, at tilstedeværelse af en svag uklarhed efter 5 × vending før filtrering i stedet for kraftig rystning har medført en parallelforskydning af absorptionskurven. Der

kan derfor stort set kompenseres for bidraget fra de partikler, der giver uklarhed, ved at trække absorptionsværdien ved 600 nm fra værdien ved 532 nm.

Ved udførelse af TBA-prøven, som angivet af King (1962), blev forskriften suppleret med følgende:

- Kraftig rystning i 5 sekunder efter sammenblanding af mælk og Triklorreddikesyre.
- Efter farveudvikling måles absorption ved 532 nm og ved 600 nm, og den sidste værdi trækkes fra den første.

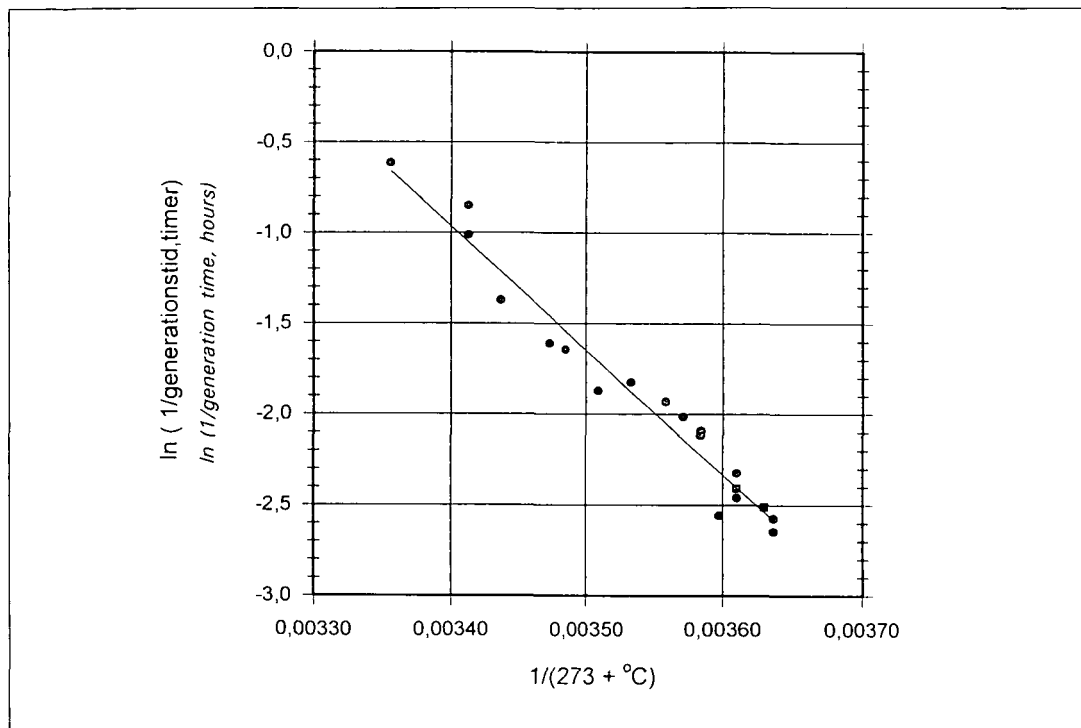


Figur Absorption ved forskellige bølgelængder ved bestemmelse af TBA-værdi efter forskellig forbehandling før filtrering.

Absorption for different wavelengths when determining TBA value after different pre-treatments prior to filtration.

Appendiks C

SAMMENHÆNG MELLEM VÆKSTHASTIGHED FOR BAKTERIER I RÅ MÆLK OG OPBEVARINGSTEMPERATUR



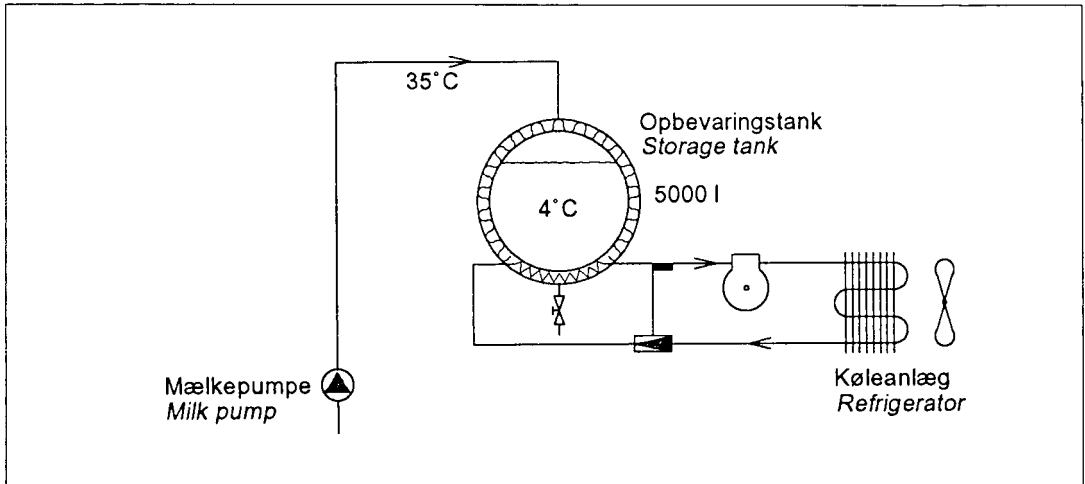
Figur Sammenhæng mellem væksthastighed for bakterier i rå mælk og opbevaringstemperatur (Arrhenius plot: $\ln(1/\text{generationstid, timer})$ mod reciprok absolut temperatur). ● repræsenterer data, i nogle tildælede rekalkulerede på grundlag af aflæsninger fra grafer fra forskellige undersøgelser (Jepsen, 1951; Statens Forsøgsmejeri, 1962b; Muir et al., 1978; Griffiths et al., 1987 & Rowe et al., 1990). ■ repræsenterer data fra nærværende undersøgelse, serie IA, for væksthastighed ved 2½ og 4°C med generationstid på hhv. 12,3 og 11,1 timer. Den indtegnede regressionslinie er beregnet på grundlag af de indplottede data:

$$\ln(1/\text{generationstid, timer}) = 22,41 - 6873,95/(273 + ^\circ\text{C}).$$

Correlation between bacterial growth rate in raw milk and storage temperature (Arrhenius plot: $\ln(1/\text{generation time, hours})$ versus reciprocal absolute temperature). ● represents data from different sources (Jepsen, 1951; Statens Forsøgsmejeri, 1962b; Muir et al., 1978; Griffiths et al., 1987 & Rowe et al., 1990). Some of the data have been recalculated on the basis of graphs. ■ represents data in this report, test series IA, with generation times for 2½ and 4°C at 12.3 and 11.1 h respectively. The regression line is calculated on the basis of the plotted data: $\ln(1/\text{generation time, hours}) = 22.41 - 6873.95/(273 + ^\circ\text{C})$.

Appendiks D

MODEL I. NORMALKØLING/PORTIONSPROCES FRA 35 TIL 4°C



Figur Princip i modelanlæg I. Normalkøling/portionsproces fra 35 til 4°C.

Principle of Model Plant I. Normal cooling/batch process from 35 to 4°C

Forudsætninger

Mælkeydelse = 2500 kg/døgn. Afhentning = 2. dag. Tankstørrelse = 5000 l, D = 1,5 m, L = 3,1 m, polyurethan = 50 mm. Udetemperatur = 20°C. Kølemiddel = R 22. Kølemidlets under-

køling = 40°C. Kondenseringstemperatur = 50°C. Fordampertemperatur = 0°C. Kompressor = sugegaskølet. Overhedning = 30°C. Kompressorens køretid = 2 × 3 h/døgn. Anskaffelsespris = 156.500 kr. (firmaoplysning).

Mælkekøling i tank:

$$Q_{\text{mælk}} = m \times c_p \times \Delta t = 2.500 \text{ kg} \times 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \times \text{K}} \times (35^\circ\text{C} - 4^\circ\text{C}) = 325.500 \text{ kJ}$$

Kompressorens kuldeydelse:

$$\dot{Q}_0 = \frac{Q_{\text{mælk}}}{\tau} = \frac{325.500 \text{ kJ}}{2 \times 3 \text{ h} \times 3.600 \frac{\text{s}}{\text{h}}} = 15,1 \text{ kW}$$

Tankens optagne energi:

$$\dot{Q}_{\text{tab, plan}} = k_{\text{plan}} \times A \times \Delta t, \text{ hvor } k_{\text{plan}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_u} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_i}}$$

$$k_{\text{plan}} = \frac{1}{\frac{1}{20 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \times \text{K}}} + \frac{0,05 \text{ m}}{0,03 \frac{\text{W}}{\text{m} \times \text{K}}} + \frac{1}{500 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \times \text{K}}}} = 0,582 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \times \text{K}}$$

$$\dot{Q}_{\text{tab, plan}} = 0,582 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \times \text{K}} \times 3,53 \text{ m}^2 \times (20^\circ\text{C} - 3^\circ\text{C}) = 35 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{\text{tab, cyl}} = \frac{2 \times \pi \times 1 \times \Delta t}{\frac{1}{\alpha_i \times r_1} + \frac{1}{\lambda} \times \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{\alpha_u \times r_2}}$$

$$\dot{Q}_{\text{tab, cyl}} = \frac{2 \times \pi \times 3,1 \text{ m} \times (20^\circ\text{C} - 3^\circ\text{C})}{\frac{1}{20 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \times \text{K}} \times 0,75 \text{ m}} + \frac{1}{0,03 \frac{\text{W}}{\text{m} \times \text{K}}} \times \ln \frac{0,8 \text{ m}}{0,75 \text{ m}} + \frac{1}{500 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \times \text{K}} \times 0,8 \text{ m}}} = 147,2 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{\text{tab, tank}} = \dot{Q}_{\text{tab, plan}} + \dot{Q}_{\text{tab, cyl}} = 35 \text{ W} + 147,8 \text{ W} = 182,8 \text{ W}$$

$$Q_{\text{tab, tank}} = 182,8 \text{ W} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{døgn}} \times 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}} = 15.794 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{omrør}} = 750 \text{ W} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{døgn}} \times 2 \times 60 \frac{\text{s}}{\text{min}} = 2.160 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{tab, tank}} = 2.160 \text{ kJ} + 15.794 \text{ kJ} = 17.954 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{mix}} = \Delta t \times \sum m \times c = 8,5^\circ\text{C} \times (350 \text{ kg} \times 0,465 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \times \text{K}} + 38 \text{ kg} \times 1,38 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \times \text{K}} + 6,9 \text{ kg} \times 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \times \text{K}}) = 1.888 \text{ kJ}$$

Det samlede kuldebehov pr. døgn:

$$Q_{\text{samlert}} = 325.500 \text{ kJ} + 17.954 \text{ kJ} + 1.888 \text{ kJ} = 345.342 \text{ kJ}$$

Af lg p, h - diagram for R22 findes:

$$q_0 = h_7 - h_6 = 404 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 249,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 154,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$q_{\text{komp}} = h_2 - h_1 = 464 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 425 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 39 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Kompressorstørrelse:

$$Q_{\text{komp}} = \frac{\dot{Q}_o}{q_o} \times q_{\text{komp}} = \frac{15,1 \text{ kW}}{154,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} \times 39 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 3,81 \text{ kW}$$

Effektfaktor (total virkningsgrad er sat til 0,55):

$$\epsilon_{k, R22} = \frac{q \times \eta_{\text{tot}}}{q_{\text{komp}}} = \frac{154,5 \times 0,55}{39} = 2,18$$

Årligt elforbrug:

$$Q_{\text{år}} = \frac{365}{3.600} \times \frac{Q_{\text{samlet}}}{\epsilon_{k, R22}} = \frac{365}{3.600} \times \frac{345.342 \text{ kJ}}{2,18} = 16.070 \text{ kWh}$$

Eludgifter, NESA:

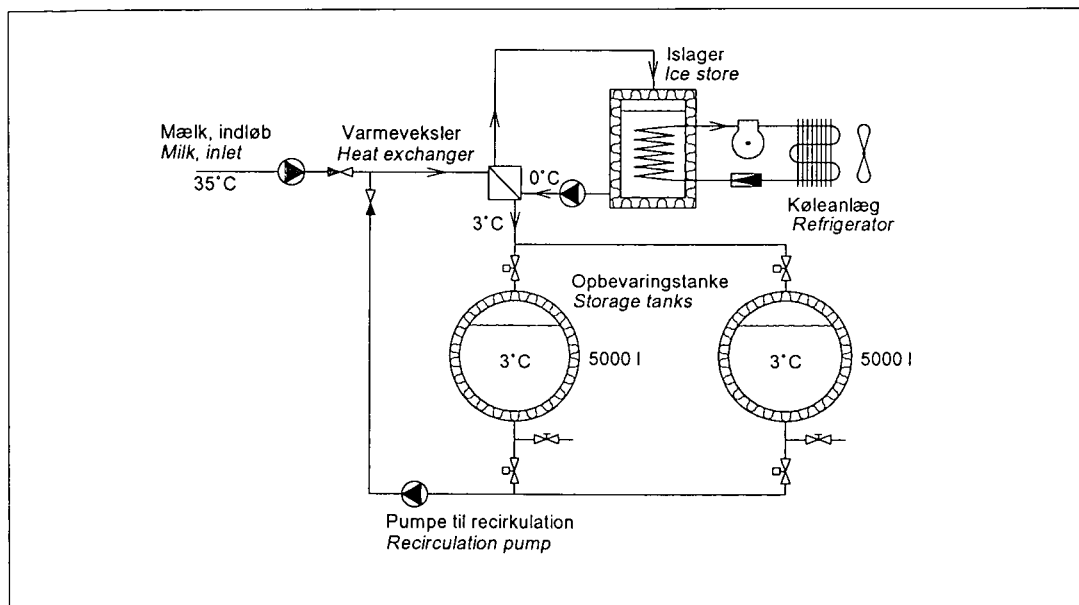
$$\text{Udgift} = 16.070 \text{ kWh} \times (0,42 \times 59,9 \frac{\text{øre}}{\text{kWh}} + 0,46 \times 83 \frac{\text{øre}}{\text{kWh}} + 0,12 \times 114,2 \frac{\text{øre}}{\text{kWh}}) = 12.381 \text{ kr./år}$$

Eludgifter, BHHH:

$$\text{Udgift} = 16.070 \text{ kWh} \times (0,42 \times 59,9 \frac{\text{øre}}{\text{kWh}} + 0,46 \times 81 \frac{\text{øre}}{\text{kWh}} + 0,12 \times 97 \frac{\text{øre}}{\text{kWh}}) = 11.840 \text{ kr./år}$$

Appendiks E

MODEL II. INSTANTKØLING/KONTINUERLIG PROCES FRA 35 TIL 3°C



Figur Princip i modelanlæg II. Instantkøling/kontinuerlig proces fra 35 til 3°C.
Principle of Model Plant II. Instant cooling/continuous process from 35 to 3°C.

Forudsætninger

Mælkeydelse = 2500 kg/døgn. Afhentning = 50°C. Fordampertemperatur = -10°C, der overhedes til -3°C. Kompressor = overhedes fra -3 til 27°C. Kompressorens køretid = 9 h, lavlastperiode kl. 21-6.
4. dag. Tankstørrelse = 2 × 5000 l, D = 1,5 m, L = 3,1 m, polyurethan = 50 mm. Udetemperatur = 20°C. Kølemiddel = 134 a. Kølemidlets underkøling = 40°C. Kondenseringstemperatur =

Anskaffelsespris:

Opbevaringstanke, HVA 5000, 2 stk.	kr.	240.350
Varmevæksler, SAC type 30	-	5.155
Kompressorer, GME (MTE) 100, 2 stk.	-	62.268
Islagre, AG 1900, 2 stk.	-	138.000
Cirkulationspumper, 2 stk.	-	3.000
Arbejdsløn, komponenter m.v.	-	25.000
Pris i alt	kr.	<u>473.773</u>

Mælkekøling i varmeveksler:

$$Q_{\text{mælk}} = m \times \Delta t \times c = 2500 \text{ kg} \times (35^\circ\text{C} - 3^\circ\text{C}) \times 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \times \text{K}} = 336.000 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{opbevar}} = Q_{\text{mtr}} + 2 \times Q_{\text{tab, tank}} = 1.888 \text{ kJ} + 2 \times 17.954 \text{ kJ} = 37.800 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{pumpe}} = (2 \times 2,5 \text{ h} + 2 \text{ h}) \times 3.600 \frac{\text{S}}{\text{h}} \times 100 \text{ W} = 2.520 \text{ kJ}$$

$$Q = Q_{\text{mælk}} + Q_{\text{tab}} + Q_{\text{pumpe}} = 336.000 \text{ kJ} + 37.800 \text{ kJ} + 2.520 \text{ kJ} = 376.320 \text{ kJ}$$

$$\dot{Q}_{\text{tab, is}} = \Delta t \times (k \times A_{\text{plan}} + \frac{1}{k_{\text{cyl}}} \times 2 \times \pi \times L) = 20^\circ\text{C} \times (0,582 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \times \text{K}} \times 3,53 \text{ m}^3 + \frac{1}{2,22 \frac{\text{m} \times \text{k}}{\text{W}}} \times 2 \times \pi \times 1,7 \text{ m})$$

$$\dot{Q}_{\text{tab, is}} = 137,7 \text{ W}$$

$$Q_{\text{tab, is}} = 137,7 \text{ W} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{døgn}} \times 3.600 \frac{\text{S}}{\text{h}} = 11.900 \text{ kJ/d}$$

Samlet kuldebehov:

$$Q_{\text{samlet}} = 376.320 \text{ kJ} + 11.900 \text{ kJ} = 388.220 \text{ kJ}$$

Kompressorens kuldeydelse:

$$\dot{Q}_0 = \frac{Q_{\text{samlet}}}{\tau} = \frac{388.220 \text{ kJ}}{9 \text{ h} \times 3.600} = 12 \text{ kW}$$

Af lg p, h - diagram for R 134a findes =

$$q_0 = h_8 - h_6 = 300 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 158 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 142 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$Q_{\text{komp}} = h_2 - h_1 = 372,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 325,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 47 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$q_{\text{komp}} = \dot{m} \times q_{\text{komp}}$$

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_0}{q_0} = \frac{12 \text{ kW}}{142 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 0,0845 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$Q_{\text{komp}} = \dot{m} \times q_{\text{komp}} = 0,0845 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 47 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 4 \text{ kW}$$

Optagen effekt:

$$\dot{Q}_{\text{til}} = \frac{O_{\text{komp}}}{\eta_{\text{is}} \times \eta_{\text{mek}} \times \eta_{\text{el}}} = \frac{4 \text{ kW}}{0,55} = 7,3 \text{ kW}$$

Effektfaktor:

$$\epsilon_k = \frac{\dot{Q}_0}{\dot{Q}_{\text{til}}} = \frac{12 \text{ kW}}{7,3 \text{ kW}} = 1,65$$

Årligt elforbrug:

$$Q_{\text{år}} = \frac{365}{3.600} \times \frac{Q_{\text{samlet}}}{\epsilon_k} = \frac{365}{3.600 \frac{\text{s}}{\text{h}}} \times \frac{388.220 \text{ kJ}}{1,65} = 23.882 \text{ kWh}$$

Eludgifter, NESA:

$$\text{Udgift} = 23.882 \text{ kWh} \times 59,9 \frac{\text{øre}}{\text{kWh}} = 14.305 \text{ kr./år}$$

Eludgifter, BHHH:

$$\text{Udgift} = 23.882 \text{ kWh} \times 59,0 \frac{\text{øre}}{\text{kWh}} = 14.090 \text{ kr./år}$$

Varmeveksler, køling af mælk. 1250 l mælk køles på 1 h fra 35 til 3°C.

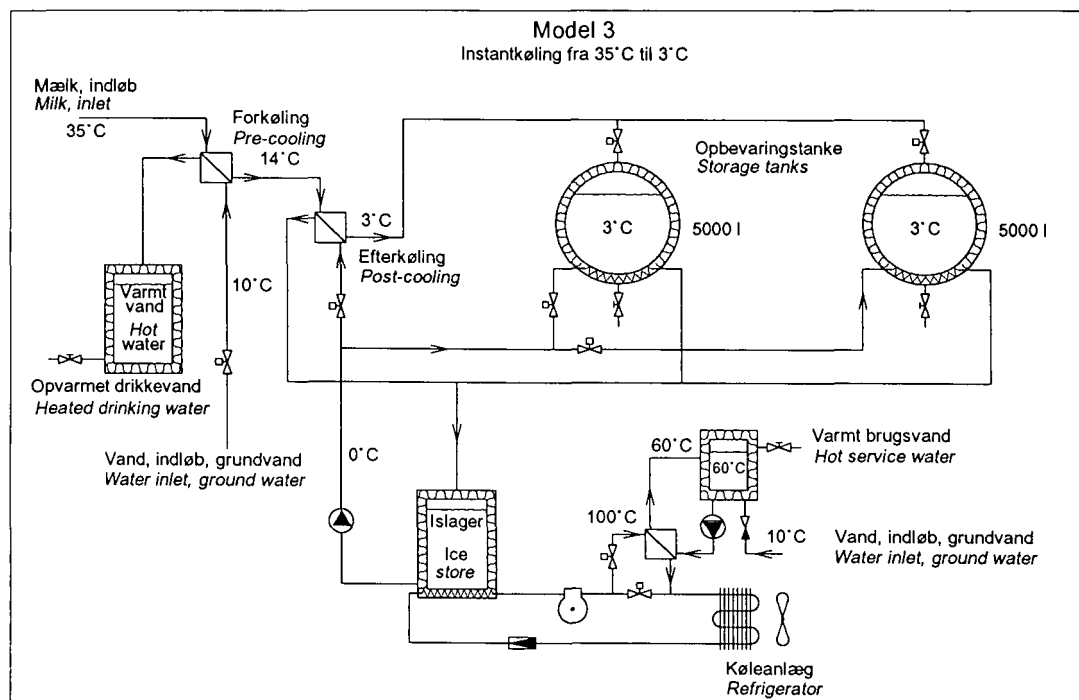
$$C_{\text{P mælk}} - C_{\text{p vand}} = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \times \text{K}}$$

$$Q = \dot{m} \times \Delta t \times C^{\text{p}} = \frac{1.250 \text{ kg}}{3.600 \frac{\text{s}}{\text{h}}} \times (35^{\circ}\text{C} - 3^{\circ}\text{C}) \times 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \times \text{K}}$$

$$Q = 46,7 \text{ kW}$$

Appendiks F

MODEL III. INSTANTKØLING/KONTINUERLIG PROCES FRA 35 TIL 3°C



Figur Princip i modelanlæg III. Instantkøling/kontinuerlig proces fra 35 til 3°C
Principle of Model Plant III. Instant cooling/continuous process from 35 to 3°C

Forudsætninger

Mælkeydelse = 2500 kg/døgn. Afhentning = 4. dag. Tankstørrelse = 2×2500 l, D = 1,5 m, L = 3,1 m, polyurethan = 50 mm. Udetemperatur = 20°C. Kølemiddel = 134a. Kølemidlets underkøling = 40°C. Kondenseringstemperatur = 50°C. Fordampertemperatur = -10°C, der overhedes til -3°C. Kompressor = sugegaskølet fra -3°C til 27°C. Overhedning = 30°C. Kompressorens køretid = 9 h, lavlastperiode kl. 21-6. Varmveksler, forkøling = fra 35 til 14°C. Varme-

veksler, størrelse = 30,6 kW. Varmveksler, efterkøling = fra 14 til 3°C. Varmveksler, størrelse = 16,04 kW. Islager = Alfa-glase, model AG 1900, vand tilsat alkohol, kapacitet 240.870 kJ, D = 1,5 m, L = 1,7 m, polyurethan = 50 mm. Beholderstørrelse, opvarmet drikkevand = 3000 l. Temperatur, opvarmet drikkevand = 27,5°C. Beholderstørrelse, varmt brugsvand = 500 l. Temperatur, varmt brugsvand = 60°C.

Anskaffelsespris:

Islager, AG 1900	kr.	69.000
Kompressor, GME 100	-	31.134
Opbevaringstanke, 500 l, 2 stk.	-	240.350
Varmeveksler, forkøling	-	5.155
Varmeveksler, efterkøling	-	14.555
Varmtvandsbeholder, 500 l	-	7.940
Arbejdsløn, komponenter m.v.		<u>36.866</u>
Pris i alt	kr.	<u>405.000</u>

Samlet kuldebehov:

$$Q_{\text{samlet}} = 388.220 \text{ kJ/dg.} \quad [\text{Som i model II}]$$

Forkøling fra 35 til 14°C:

$$Q_{\text{forkøler}} = m \times C_p \times \Delta t = 2.500 \text{ kg} \times 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \times \text{K}} \times (35^\circ\text{C} - 14^\circ\text{C}) = 220.500 \text{ kJ/d.}$$

Islagerets kapacitet:

$$Q_{\text{islager}} = Q_{\text{samlet}} - Q_{\text{forkøler}} = 388.220 \frac{\text{kJ}}{\text{dg}} - 220.500 \frac{\text{kJ}}{\text{dg}}$$

$$Q_{\text{islager}} = 167.720 \text{ kJ/dg.}$$

Kompressorens kuldeydelse, 9 h i lavlastperiode:

$$\dot{Q}_o = \frac{Q_{\text{islager}}}{\tau} = \frac{167.720 \frac{\text{kJ}}{\text{dg}}}{9 \text{ h} \times 3.600 \frac{\text{s}}{\text{h}}} = 5,18 \text{ kW}$$

Køleanlægget i model III arbejder under samme betingelser som køleanlægget i model II, dvs.:

$$q_o = 142 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$q_{\text{komp}} = 47 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{q_o} = \frac{5,18 \text{ kW}}{142 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 0,0365 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\dot{Q} = \dot{m} \times q_{\text{komp}} = 0,0365 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 47 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 1,71 \text{ kW}$$

Optagen effekt:

$$\dot{Q}_{\text{til}} = \frac{\dot{Q}_{\text{komp}}}{\eta} = \frac{1,71 \text{ kW}}{0,55} = 3,12 \text{ kW}$$

Effektfaktor:

$$\epsilon_k = \frac{\dot{Q}_o}{\dot{Q}_{\text{til}}} = \frac{5,18 \text{ kW}}{3,12 \text{ kW}} = 1,65$$

Årligt elforbrug:

$$Q_{\text{år}} = \frac{365}{3.600} \times \frac{Q}{\epsilon_k} = \frac{365}{3.600} \times \frac{167.720 \frac{\text{kJ}}{\text{dg}}}{1,65} = 10.306 \text{ kWh}$$

Energibesparelse, vandkølet kondensator, 500 l vand à 60°C pr. dag:

$$Q_{\text{sparet}} = \frac{365}{3.600} \times m \times C_p \times \Delta t = \frac{365}{3.600} \times 500 \text{ kg} \times 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \times \text{K}} \times (60^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C})$$

$$Q_{\text{sparet}} = 10.646 \text{ kWh}$$

Eludgifter, NESA:

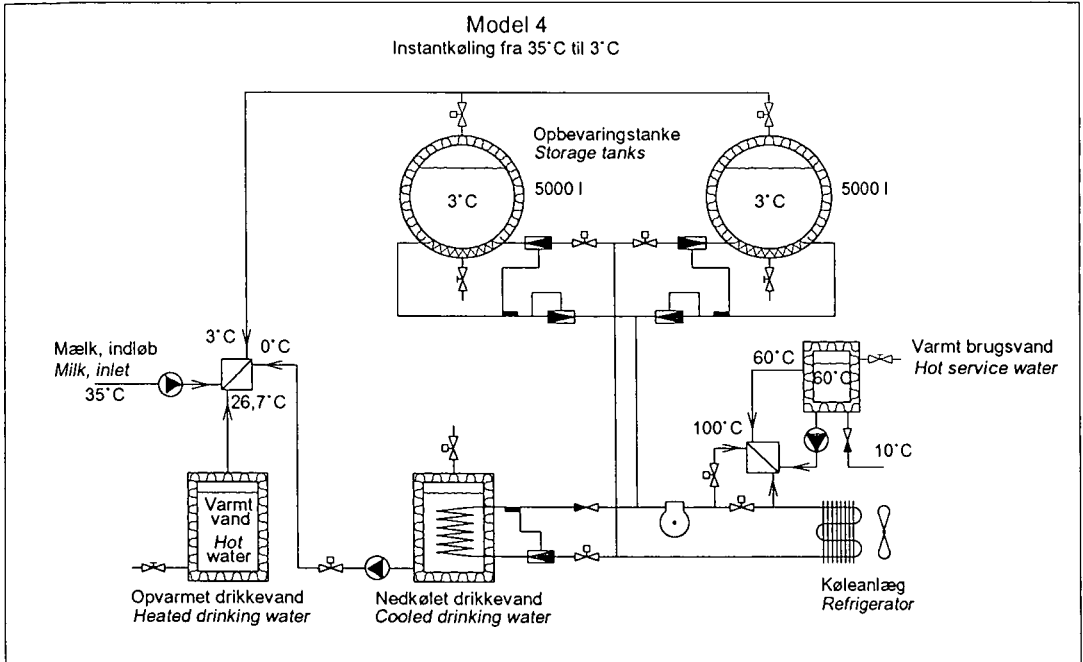
$$\text{Udgift} = 10.306 \text{ kWh} \times 59,9 \frac{\text{øre}}{\text{kWh}} = 6.173 \text{ kr./år}$$

Eludgifter, BHHH:

$$\text{Udgift} = 10.306 \text{ kWh} \times 59 \frac{\text{øre}}{\text{kWh}} = 6.080 \text{ kr./år}$$

Appendiks G

MODEL IV. INSTANTKØLING/KONTINUERLIG PROCES FRA 35 TIL 3°C



Figur Princip i modelanlæg IV. Instantkøling/kontinuerlig proces fra 35 til 3°C
Principle of Model Plant IV. Instant cooling/continuous process from 35 to 3°C.

Forudsætninger

Mælkeydelse = 2500 kg/døgn. Afhentning = 4. dag. Tankstørrelse = 2×2500 l, D = 1,5 m, L = 3,1 m, polyurethan = 50 mm. Udetemperatur = 20°C. Kølemidlets underkøling = 40°C. Kondenseringstemperatur = 50°C. Fordampertemperatur = -10°C, der overhedes til -3°C. Overhedning = yderligere fra -3 til 27°C. Kompresso-

rens køretid = 9 h, lavlastperiode kl. 21-6. Var-meveksler, køling = fra 35 til 3°C. Varmveksler, størrelse = 46,7 kW. Beholderstørrelse, opvarmet drikkevand = 3000 l. Temperatur, opvarmet drikkevand = 26,7°C. Beholderstørrelse, varmt brugsvand = 500 l. Temperatur, varmt brugsvand = 60°C.

Anskaffelsespris:

Opbevaringstanke, HVA 5000, 2 stk.	kr.	240.350
Varmeveksler, SAC type 30	-	5.155
Koldtvandsbeholder	-	35.000
Kompressorenhed, GMT (MTE) 80	-	28.000
Varmtvandsbeholder, 3000 l	-	19.000
Vandkølet kondensator, Alfa Compact Hear	-	5.700
Varmtvandsbeholder, 500 l	-	7.440
Arbejds løn, komponenter m.v.		<u>30.000</u>
Pris i alt	kr.	<u>370.645</u>

Kuldebehov til nedkøling af koldt vand samt varmetab i kuldager:

$$Q_{\text{tank}} = 137.900 \text{ kJ}$$

Kompressorens kuldeydelse, 9 h i lavlastperiode:

$$\dot{Q}_o = \frac{Q_{\text{tank}}}{9 \text{ h} \times 3.600} = \frac{137.900}{9 \text{ h} \times 3.600} = 4,26 \text{ kW}$$

Køleanlægget i model IV arbejder under samme betingelser vedr. kuldager som anlæg II og III, dvs.:

$$q_o = 142 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$q_{\text{komp}} = 47 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_o}{q_o} = \frac{4,26 \text{ kW}}{142 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 0,03 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$Q_{\text{komp}} = \dot{m} \times q_{\text{komp}} = 0,03 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 47 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 1,41 \text{ kW}$$

Optagen effekt:

$$Q_{\text{til}} = \frac{\dot{Q}_{\text{komp}}}{\eta} = \frac{1,41 \text{ kW}}{0,55} = 2,56 \text{ kW}$$

Effektfaktor:

$$\epsilon_k = \frac{\dot{Q}_o}{Q_{\text{til}}} = \frac{4,26 \text{ kW}}{2,56 \text{ kW}} = 1,66$$

Varmetab i opbevaringstankene udgør 37.800 kJ/døgn.

Samlet kuldebehov:

$$Q_{\text{samlet}} = Q_{\text{tank}} + Q_{\text{opbevaringstank}} = 137.900 \text{ kJ} + 37.800 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{samlet}} = 175.700 \frac{\text{kJ}}{\text{dg}}$$

Årligt elforbrug:

$$Q_{\text{år}} = \frac{365 \text{ dg}}{3.600 \frac{\text{s}}{\text{h}}} \times \frac{175.700 \frac{\text{kJ}}{\text{dg}}}{1,66} = 10.731 \text{ kWh}$$

Dagligt opvarmes 500 l vand til 60°C:

$$Q_{\text{sparet}} = \frac{356 \text{ dg}}{3.600 \frac{\text{s}}{\text{h}}} \times 500 \text{ kg} \times 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \times \text{J}} \times (60^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C})$$

$$Q_{\text{sparet}} = 10.646 \text{ kWh}$$

Eludgifter, NESA:

$$\text{Udgift} = 10.731 \text{ kWh} \times 59,9 \frac{\text{øre}}{\text{kWh}} = 6.428 \text{ kr./år}$$

Eludgifter, BHHH:

$$\text{Udgift} = 10.731 \text{ kWh} \times 59 \frac{\text{øre}}{\text{kWh}} = 6.331 \text{ kr./år}$$

Sparede eludgifter pga. vandkølet kondensator:

$$\text{NESA} = 9.124 \text{ kr.}$$

$$\text{BHHH} = \frac{0,97 \text{ kr.} + 0,81 \text{ kr.} + 0,59 \text{ kr.}}{3} \times 10.646 \text{ kWh} = 8.410 \text{ kr./år}$$

Kompressorstørrelsen er beregnet ud fra et kuldebehov på 137.900 kJ/døgn. Der skal køles i lavlastperioden. Hertil kommer køling af indhold af opbevaringstanke, som udgør 37.800 kJ/døgn., hvor tankene kan ligge hen hele døgn. Det betyder, at eludgifterne bliver lidt større, dog

komponeres der herfor, idet fordampertemperaturen i opbevaringstankene er hævet til 0°C, hvorved elforbruget bliver mindre. Der regnes med, at det samlede kuldebehov, 175.700 kJ/døgn., køles under betingelserne for kuldageret og til den laveste tarif.

Appendiks H

ISO 5708 (REVISION)

Standardisering vedr. mælkekøleanlæg sker gennem International Standard Organization, ISO og European Committee for Standardization, CEN.

International Standard, ISO 5708 (1983), "Refrigerated bulk milk tanks", er med modifikation identisk med DIN 8968 (1983), "Behälter-Kühlanlagen für frisch ermolkene Milch" og med DS 5708 (1985), "Mælkekøleanlæg". Derudover foreligger der et standardforslag, "CEN Draft, Bulk milk coolers on farms. Construction, performance, suitability for use, safety and hygiene" (CEN/TC153/WG8.N68, 1994).

Begge standardiseringsinitiativer er meget lig hinanden. De indeholder således krav til mælkekøleanlæg, der arbejder med såvel direkte fordampning som isbanksystem. Der er lighed/forskel med hensyn til nedkølingstid af den rå mælk fra 35 til 4°C. ISO 5708 anvender klassifikationerne I, II og III for kølingstiderne 2,5, 3,0 og 3,5 timer pr. afsluttet malkning, mens CEN Draft benytter klassifikationerne: 0, I, II og III - for kølingstiderne 2,0, 2,5, 3,0 og 3,5 timer. En anden lighed/forskel er, at ISO arbejder med

tankkapacitet til 2 og 4 malkninger, mens CEN draft omtaler 2, 4 og 6 malkninger. Resultaterne fra nærværende projekt, herunder den foretagne udredning, (Singsaas, 1972; Stadhouders, 1981; Andersen & Risum, 1989) viser, at hurtig nedkøling af rå mælk giver sikrere opbevaring end langsom nedkøling. Denne antagelse skønnes især at være fremtrædende, hvis mælken er kontamineret i svær grad af snavs fra koens patter og dårlig rengøring af malkeanlæg.

Det foreslås ved revision af ISO 5708 at udbygge denne til også at omfatte krav til nedkøling af rå mælk fra 35 til 4°C (evt. 2,5°C) i løbet af 1,5 og 2 timer, samt at standarden udbygges til at omfatte måling af det specifikke energiforbrug, angivet ved kWh/100 l mælk, ved de forskellige klassificeringer af nedkølingsforløbet (energimærkning). Yderligere anbefales det, at der udarbejdes en standardiseret afleveringsprocedure, der skal anvendes efter endt opstilling af mælkekøleanlæg hos mælkeproducent. Erfaringer viser, at udformningen af installationen, herunder kondensatorplaceringen, under lokale forhold har stor betydning for energiforbruget (Guul-Simonsen & Gudbjerg, 1993a).

75,- kr.