

# Den kjemiske sammensetning av melk og melkeprodukter

## 1. Melk

Kumelkas viktigste bestanddeler er fett, protein, melkesukker, aske og vann. For norsk melk kan den gjennomsnittlige sammensetning etter de nyeste undersøkelser angis således:

Vann .....	87,39 %
Fett .....	3,97 %
Protein .....	3,20 %
Melkesukker..	4,70 %
Aske .....	<u>0,73 %</u>
	<u>100 %</u>

Sammensetningen veksler til dels betydelig, særlig for fettets vedkommende, og avhenger av individuaslitet, rase, foring, laktasjonsperiode, alder, sykdom m.v.

## 2. Smør

For norsk normalsaltet smør angis den gjennomsnittlige sammensetning således:

Fett .....	82 %
Protein .....	0,5 %
Karbohydrater	0,5 %
Salt (NaCl)....	1,5 %

Det maksimalt tillatte vanninnhold i smør er 16 %.

## 3. Hvitoster

Verdier for fett, tørrstoff og saltinnhold for hvitoster:

Ostesort	Fett %	Tørrstoff %	Salt %
TINE Camembert	28	51	1,5
TINE smørbar Cheddar	20	63	1,6
TINE Edamer	27	59	1,5
Vellagret Norvegia	28	60	1,2
TINE Gamalost	1	55	-
TINE Grand Brie	33	54	1,5
TINE Gräddost	38	62	1,3
Jarlsberg F45 m/sk.	28	60	1,2
Jarlsberg F45 sk.fri	27	59	1,1
Lettere Jarlsberg sk.fri	16	53	1,0
TINE ekte hvit Geitost	28	55	1,0
Normanna	28	54	2,5
Norvegia sk.fri	27	59	1,2
Lettere Norvegia sk.fri	16	53	1,1
Norzola	35	57	2,5
Nøkkel sk.fri	27	59	1,5
Lettere Nøkkel m/sk.	17	55	2,0
Lettere Nøkkel sk.fri	16	53	1,4
TINE Port Salut	25	54	1,5
TINE Pultost smørbar, Løten	1	35	2,0
TINE Pultost	1	42	2,3

Ridder	38	61	1,5
Royal Blue	44	62	1,5
Sveitser	28	61	1,3
Norbo	28	58	1,2
TINE Kremost, beger	27	40	1,0
Snøfrisk	25	36	1,3

#### 4. Brunoster

Verdier for fett, tørrstoff og saltinnhold for brunoster:

Ostesort	Fett %	Tørrstoff %
TINE Ekte Geitost	27	81
TINE Ekte Geitost Stølstype	27	81
TINE Gudbrandsdalsost G35	29	81
TINE Lettere Gudbrandsdalsost G35	16	76
TINE Fløtemysost	27	81
TINE Lettere Fløtemysost	16	76
TINE Prim	8	69
TINE Mager Prim	4	67

## Melkeproduktene fysikalske og kjemiske egenskaper

### Melkens egenvekt.

Egenvekt måles i melk ved 20° C, og angis i masse pr. volumenhet. Benevning er kg/m<sup>3</sup> eller g/ml.

	g/ml	Svingninger
<i>Helmelk</i> .....	1,030	
<i>Skummet melk</i> .....	1,034	
<i>Kjernemelk:</i>		
<i>Ublandet</i> .....	1,031	1,027-1,033
<i>Med minst 8 % tørrstoff</i> .....		1,029-1,033
<i>Myse:</i> .....	1,034	
<i>Fløte:</i>		
<i>10 % fett</i> .....	1,024	
<i>15 % fett</i> .....	1,019	
<i>20 % fett</i> .....	1,013	
<i>25 % fett</i> .....	1,008	
<i>30 % fett</i> .....	1,002	
<i>35 % fett</i> .....	0,996	
<i>40 % fett</i> .....	0,991	
<i>45 % fett</i> .....	0,985	

### Melkens frysepunkt.

For blandingsmelk angis melkens frysepunkt til -0,530°C (0,515-0,540°C.).

Det er melkens innhold av melkesukker og salter som gjør at frysepunktet ligger lavere enn vannets. Ved vanntilsetning stiger frysepunktet. Dette forhold kan derfor nyttes til påvisning av om melken er forfalsket med vann. Ved stigende surhetsgrad blir frysepunktet lavere. Dette p.g.a. at melkesukkeret spaltes til melkesyre slik at man får flere molekyler i oppløsning. Mer av melkens salter kan også gå i oppløsning ved høy surhetsgrad.

# Analysemetoder for melk og melkeprodukter

Det henvises til **Meierienes Analysebok** som er en samling av analysemetoder for meierienes laboratoriepersonell, feltpersonell i husdyrsektoren, produsenttjenesten, konsulenter og andre involverte i kontroll av melk og melkeprodukter.

Alle metoder som inngår i analyseboken blir vurdert og ajourført av en arbeidsgruppe med representanter fra TINE FoU Senter og Norsk Matanalyse.

## 1. Teknikk og energi

Framstilling av meieriprodukter er avhengig av en rekke innsatsfaktorer. I tillegg til gode råvarer gjelder naturlover og regler for god og riktig behandling av disse for å skaffe rett smak og kvalitet. De tekniske løsninger som driver slike prosesser må være avstemt til å yte optimale forhold til de behov som kreves.

Riktig håndtering av disse lover og regler krever kunnskap om sammenhenger mellom ulike faktorer. Feil behandling av produkter pga. feil i tekniske innretninger fører ofte til store miljøkonsekvenser og tap av produkt.

I det følgende er det gjengitt noen grunnleggende tekniske data som kan benyttes som et oppslagsverk i det daglige arbeid. Videre er det angitt tips og råd som kan være nyttig innenfor fagområdet.

### 1.1 Måleenheter

#### 1.1.1 SI, det internasjonale enhetssystemet

Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) har ansvaret for global innføring og vedlikehold av det internasjonale enhetssystemet International System of Units (SI).

I Norge har Justervesenet ansvaret for de nasjonale normaler og at dette er iht. SI enheter. Justervesenets tjenester finnes på Web siden [www.justervesenet.no](http://www.justervesenet.no)  
SI er basert på 7 grunnstørrelser og grunnenheter.

Størrelse		Enhet	
Navn	Symbol	Navn	Symbol
lengde	l	meter	m
masse	m	kilogram	kg
tid	t	sekund	s
elektrisk strøm	I	ampere	A
temperatur	T	kelvin	K
stoffmengde	n	mol	mol
lysstyrke	I <sub>v</sub>	candela	cd

#### 1.1.2 Avledede enheter

Ved å multiplisere eller dividere disse enhetene får man et (koherent) samstemt system av enheter, f.eks. m<sup>2</sup> for areal, m<sup>3</sup> for volum, m/s for hastighet, rad/s for vinkelhastighet osv.

#### 1.1.3 Prefikser

For å få tall som er lettere å arbeide med, gjerne tall mellom 0,1 og 1000, kan enhetene kombineres med prefiksene i følgende tabell:

Navn	Symbol	Potens	Faktorkor
tera	T	10 <sup>12</sup>	1000 000 000 000
giga	G	10 <sup>9</sup>	1 000 000 000
mega	M	10 <sup>6</sup>	1 000 000

kilo	k	$10^3$		1 000
hekto	h	$10^2$		100
deka	da	$10^1$		10
desi	d	$10^{-1}$	0,1	
centi	c	$10^{-2}$	0,01	
milli	m	$10^{-3}$	0,001	
mikro	$\mu$	$10^{-6}$	0,000 001	
nano	n	$10^{-9}$	0,000 000 001	
piko	p	$10^{-12}$	0,000 000 000 001	

### 1.1.4 størrelser og enheter og avledninger av disse

Størrelse		SI-enhet		Opplysninger om andre enheter
Navn	Symbol	Navn	Symbol	
lengde	l	<b>meter</b>	m	1000 m = 1 km og 0,001 m = 1 mm (nautisk mil = 1852 m)
areal	A	kvadratmeter	m <sup>2</sup>	1 km <sup>2</sup> = 1 000 000 m <sup>2</sup> 1 ar (a) = 100 m <sup>2</sup> 1 dekar (da) = 1 000 m <sup>2</sup> 1 hektar (ha) = 10 000 m <sup>2</sup>
volum	V	kubikkmeter	m <sup>3</sup>	liter, 1 l = 1 dm <sup>3</sup> = 0,001 m <sup>3</sup> milliliter, 1 ml = 1 cm <sup>3</sup> = 0,000 001 m <sup>3</sup> Etter internasjonalt vedtak (CGPM) oktober 1079 kan både L og l brukes som sybol for liter.
vinkel	$\alpha, \beta, \gamma$	radian	rad	En radian er den vinkel mellom to rader som avgrenser en bur av sirkelens omkrets med lengde lik radien. grad, 1° = ( $\pi/180$ ) = 0,017 453 rad (vinkel) minutt, 1' = 1/60 (vinkel) sekund 1" = 1/60 gon, (nygrad), 1 on, (1 <sup>o</sup> ) + ( $\pi/200$ ) rad = 0,015 708 rad
romvinkel	$\Omega$	steradin	sr	rett vinkel = ( $\pi/2$ ) rad = 90 = 100 gon
tid	t	<b>sekund</b>	s	minutt, 1 min = 60 s 1 time, 1 h = 60 min = 3600 s døgn, 1 d = 86 400 s
hastighet, fart	v	meter per sek	m/s	kilometer per time, 1 km/h = (1/3,6) m/s = 0,2777 m/s (knop, 1 kn = 0,514 m/s)
akselerasjon	$\alpha$	meter er sek. i annen	m/s <sup>2</sup>	
masse	m	<b>kilogram</b>	kg	gram, 1 g = 0,001 kg tonn, 1 t = 1 000 kg
densitet	$\delta$	kilogram per kubikkmeter	kg/m <sup>3</sup>	1 t/m <sup>3</sup> = 1 kg/dm <sup>3</sup> = 1 kg/l = 1 g/cm <sup>3</sup>
kraft		newton	N	
trykk	p	pascal	Pa	1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup> 1 MPa = 1 N/mm <sup>2</sup>
normalspenning	o			1 bar = 10 <sup>5</sup> Pa = 100 000 Pa, 1 mbar K 100 Pa
skjærspenning	t			Enheten bar brukes bare for trykk i gasser og væsker. For manometertrykk anbefales symbolet $P_e$ .

kraftmoment, (moment) bøyemoment torsjonsmoment, vrilmoment	M  T	newtonmeter	N•m	(kraftmoment = kraft ganger arm)
energi	E	joule	J	1 J = N•m = 1 W•s (kilowatttime, 1 kWh = 3,6 MJ) (kalori, 1 calIT = 4,1868 J)
arbeid varme effekt	W, (A) Q P	wat	W	1 W = 1 J/s = 1 N - m/s (hestekraft, 1 hk = lik 735,5 W)
termodynamisk temperatur celsiustempera- tur	T, φ tt, θ	<b>kelvin</b> grad Celsius	K °C	Temperaturdifferens kan angis med K eller °C, 1 K = 1 °C t = T-273,15 K hvor T er termodynamisk temera- tur (angitt i kelvin)
elektrisk strøm potensialdiffe- rens, spenning resistans Lydtrykksnivå rotasjonsfrekvens	I U  R L <sub>p</sub> n	<b>ampere</b> volt  ohm desibel per sekund	A V  Ω dB s <sup>-1</sup>	1 V = W/A  1 Ω = 1 V/A  For roterende maskindeler kan omdreiningar per sekund (r/s) og omdreiningar per minutt (r/min) brukes som enhet.
aktivitet, (radioaktivitet)	A	becquerel	Bq	1 Bq = 1/s

### 1.1.5 Avledede enheter med egne navn

Størrelse	Enhet		Uttrykt i SI- og avledede enheter
	Navn	Symbol	
frekvens	hertz	Hz	1/s
kraft	newton	N	kg•m/s <sup>2</sup>
trykk, spenning	pascal	Pa	N/m <sup>2</sup>
energi, arbeid, varme	joule	J	N•m
effekt	watt	W	J/s
elektrisk ladning	coulomb	C	A•s
elektrisitetmengde			
elektrisk potensial	volt	V	J/C = W/A
spenning, potensialdifferens, elektromotorisk spenning			
kapasitans	farad	F	C/V
resistans	ohm	Ω	V/A = 1/S
konduktans	siemens	S	A/V = 1/ Ω
magnetisk fluks	weber	Wb	V•s
magnetisk flukstetthet	tesla	T	Wb/m <sup>2</sup>
magnetisk induksjon			
induktans	henry	H	V•s/A = Wb/A
lysfluks, lysstrøm	lumen	lm	cd•sr
belysning	lux	lx	lm/m <sup>2</sup>

Disse enhetene kan kombineres med grunnenhetene. For elektrisk dipolmoment f.eks. brukes gjerne C•m (coulomb meter) i stedet for A•s•m.

## 1.2 VARMETEKNIKK

Varmebehandling av meieriprodukter er en vesentlig del av framstillingsprosessen. Temperatur, trykk og spesifikk varmekapasitet er setnrle begreper.

### 1.2.1 Temperatur og trykk.

Temperaturskalaer:

	For- kortelse	Symbol	Vannets frysepkt.	Vannets kokepkt. (ved atmosfæretrykk)
Kelvin	K	T	273	373
Celsius	°C	t	0	100
Fahrenheit	°F		32	212

Overgang fra °C til K:  $T = t + 273$

Overgang fra °F til °C:  $t = \frac{5}{9} (°F - 32)$

Temperatur: 1°C = 1 K (kelvin)

### 1.2.2 Spesifikk varmekapasitet.

Spesifikk varmekapasitet for et stoff (symbol: c) angir den varmemengde (J) som skal til pr. kg for å heve temperaturen av stoffet én grad.

### 1.2.3 Noen stoffegenskaper

	Masse- tetthet $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Spesifikk varme- kapasitet c kJ/(kg•K)	Varme- konduktivitet $\lambda$ W/(m•K)
Svart stål	7850	0,46	50
Rustfritt stål	7900	0,50	17
Kopper	8930	0,38	385
Teglstein	1700	0,84	0,7
Tre (abs. tørt)	500-700	2,5	0,12
Betong	2300	0,92	1,5
Lettbetong:			
Lettklinkerbetong	770		0,21
Gassbetong	500		0,12
Glass	2600	0,85	0,8
Mineralull:			
Steinull	25	0,85	0,036
Glassull	15	0,85	0,036
Skumplast:			
Polystyren	20		0,036
Polyuretan	30		0,028

Is, 0°C	910	2,1	2,2
Vann:			
atm. trykk, 20°C	998	4,18	0,60
atm. trykk, 80°C	972	4,19	0,67
10 bar, 180°C	887	4,41	0,67
Olje	830-930	2,0	0,15
Kalsiumklorid- lake 29,9%, 0°C	1293	2,74	0,47
Helmelk, 5°C	1033	3,9	0,50
Skummet melk	1036	4,0	0,55
Fløte 35% fett	996	3,3	0,30
Smør	930	2,4	0,20
Atmosfærisk luft:			
0°C	1,293	1,00	0,024
80°C	1,000	1,00	0,030
Vanndamp:			
0-100°C		1,85	0,020

Gasser har to forskjellige varmekapasiteter. I tabellen er angitt den høyeste ( $C_p$ ) som er den en normalt kan bruke i de beregningene det er tale om her.

#### 1.2.4 Smeltevarme og fordampningsvarme.

For å smelte is av 0°C til vann av samme temperatur, må det tilføres 334 kJ/kg, som er smeltevarmen. Den samme varmemengden må bortføres for å fryse vann av 0°C til is. Vannets kokepunkt avhenger av trykket. Tabellen for vann og tørr mettet vandamp viser sammenhørende verdier av absolutt trykk, temperatur, spesifikt volum og varmeinnhold (entalpi). En tommelfingerregel for sammenhengen mellom trykk og temperatur i området 100 til 200°C er:

$$p \approx (t/100)^4$$

t i °C og p i bar (abs)

For å overføre vann på kokepunktet til damp av samme temperatur og trykk, må fordampningsvarmen tilføres. Fordampningsvarmen er på over 2000 kJ/kg og altså betydelig større enn smeltevarmen. Kondensasjonsvarmen er lik fordampningsvarmen.

#### 1.2.5 Beregning av varmebehov.

a)  
Varmebehov ( $Q$ , i J) for å varme opp en avgrenset stoffmengde ( $M$ , i kg) beregnes av:

$$Q = M \cdot \Delta h$$

der  $\Delta h$  er forskjellen i entalpi (i J/kg) som enten kan beregnes av spesifikk varmekapasitet ( $c$ , i J/kg·K) og temperaturforskjell ( $\Delta t$ , i K eller °C):

$$\Delta h = c \cdot \Delta t$$

eller tas ut av tabeller på grunnlag av trykk og temperatur (se tabell for vann og vanndamp). Hvis en bruker tabell for å finne varmeinnholdet (entalpien) i vann, skal en bare gå etter temperaturen, ikke trykket (entalpien) av vann er tilnærmet uavhengig av trykket). Entalpi-forandring ved smelting, tining, fordampning, kondensasjon kommer i tillegg til den som beregnes ut fra temperaturforskjell.

b)  
For å beregne varmebehovet for en kontinuerlig stoffstrøm ( $m$ , i kg/s), brukes de samme formlene som ovenfor, men med  $m$  (kg/s) istedet for  $M$ . Varmebehovet kommer da ut i Watt i stedet for i Joule.

**c) Eksempler:**

**I.** For å overføre 20 kg is av  $\div 15^{\circ}\text{C}$  til vann av  $45^{\circ}\text{C}$  må tilføres:  $Q = 20 \text{ kg} [2,1 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K}) \cdot (0-(\div 15) \text{ K}) + 334 \text{ kJ}/\text{kg} + 4,19 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K}) \cdot (45-0) \text{ K}]$

$$Q = 20 \cdot [2,1 \cdot (0 - (-15)) + 334 + 4,19 \cdot (45 - 0)] = 11081 \text{ kJ} \approx 11 \text{ MJ}$$

**II.** For å kjøle ned 5000 kg skummet kulturmilk fra  $35^{\circ}\text{C}$  til  $3^{\circ}\text{C}$  må det bortføres:  $Q = 5000 \cdot 4,0 \cdot (35-3) = 640\,000 \text{ kJ} = 640 \text{ MJ}$ .

**1.2.6 Vann og tørr mettet vanndamp**

Damptabell basert på trykk

Trykk bar $p$	Temp. $^{\circ}\text{C}$ $t$	Sp.vol. $\text{m}^3/\text{kg}$ $v''$	Entalpi $\text{kJ}/\text{kg}$ $h' + r = h''$			Trykk bar $p$	Temp. $^{\circ}\text{C}$ $t$	Sp.vol. $\text{m}^3/\text{kg}$ $v''$	Entalpi $\text{kJ}/\text{kg}$ $h' + r = h''$		
			$h'$	$r$	$h''$				$h'$	$r$	$h''$
0,010	7	129,20	29	2484	2513	3,2	136	0,570	571	2157	2728
0,015	13	87,984	55	2470	2525	3,4	138	0,539	580	2151	2731
0,020	18	67,010	73	2460	2533	3,6	140	0,510	589	2145	2734
0,025	21	54,259	88	2451	2539	3,8	142	0,485	597	2139	2737
						4,0	144	0,462	605	2134	2739
0,030	24	45,670	101	2444	2545						
0,035	27	39,490	112	2438	2550	4,2	145	0,442	612	2129	2741
0,040	29	34,805	121	2432	2553	4,4	147	0,423	620	2123	2743
0,045	31	31,142	130	2428	2558	4,6	149	0,405	627	2118	2745
0,050	33	28,195	138	2423	2561	4,8	150	0,389	634	2113	2747
						4,9	151	0,382	637	2111	2748
0,060	36	23,744	151	2415	2566	5,0	151	0,375	640	2109	2749
0,070	39	20,535	163	2409	2572						
0,080	42	18,104	174	2403	2577	5,2	153	0,361	647	2104	2751
0,090	44	16,203	183	2397	2580	5,4	155	0,349	653	2099	2752
0,10	46	14,674	192	2392	2584	5,6	156	0,337	659	2095	2754
						5,8	158	0,326	665	2091	2756
0,12	49	12,361	207	2384	2591	6,0	159	0,316	670	2086	2756
0,15	54	10,022	226	2373	2599						
0,18	58	8,444	242	2363	2605	6,2	160	0,306	676	2082	2758
0,20	60	7,648	251	2358	2609	6,4	161	0,297	682	2078	2760
0,25	65	6,203	272	2346	2618	6,6	163	0,288	687	2074	2761
						6,8	163	0,280	692	2070	2762
0,30	69	5,228	289	2335	2624	7,0	165	0,273	697	2066	2763
0,35	73	4,407	307	2325	2632						
0,40	76	3,993	318	2319	2637	7,2	166	0,266	702	2063	2765
0,50	81	3,239	341	2305	2646	7,4	167	0,259	707	2059	2766
						7,6	168	0,252	712	2055	2767
0,60	86	2,731	360	2293	2653	7,8	169	0,246	716	2052	2768
0,70	90	2,364	377	2283	2660	8,0	170	0,240	721	2048	2769
0,80	94	2,087	392	2274	2666						
0,90	97	1,869	405	2265	2670	8,2	171	0,235	725	2045	2770
1,0	100	1,693	418	2258	2676	8,4	172	0,229	730	2041	2771
						8,6	173	0,224	734	2038	2772



1,1	102	1,549	429	2251	2680	8,8	174	0,220	738	2035	2773
1,2	105	1,428	439	2244	2683	9,0	175	0,215	743	2031	2774
1,3	107	1,325	449	2238	2687						
1,4	109	1,236	458	2232	2690	9,2	176	0,210	747	2028	2775
1,5	111	1,159	467	2226	2693	9,4	177	0,206	751	2025	2776
						9,6	178	0,202	755	2022	2777
1,6	113	1,091	475	2221	2696	9,8	179	0,198	759	2018	2777
1,7	115	1,031	483	2216	2699	10,0	180	0,194	763	2015	2778
1,8	117	0,977	490	2211	2701						
1,9	119	0,929	498	2206	2704	10,5	182	0,186	772	2008	2780
2,0	120	0,886	504	2202	2706	11,0	184	0,177	781	2000	2781
						11,5	186	0,170	790	1993	2783
2,2	123	0,810	518	2193	2711	12,0	188	0,163	798	1986	2784
2,4	126	0,747	530	2185	2715	12,5	190	0,157	807	1979	2786
2,6	129	0,693	541	2178	2719						
2,8	131	0,646	552	2171	2723	13,0	192	0,151	815	1973	2788
2,9	132	0,625	557	2167	2724	13,5	193	0,146	823	1966	2789
3,0	134	0,606	561	2164	2725	14,0	195	0,141	830	1960	2790
						14,5	197	0,136	837	1953	2790
						15,0	198	0,132	845	1947	2792
<i>p</i>	<i>t</i>	<i>v</i> "	<i>h</i> '	<i>r</i>	<i>h</i> "	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>v</i> "	<i>h</i> '	<i>r</i>	<i>h</i> "

**III.** En dampkjel som får tilført matevann av 105°C og produserer 2,8 kg/s tørr mettet damp (10 tonn/h) av 8 bar (abs), yter en varmeeffekt på:

$$q = 2,8 \text{ kg/s} \cdot (2767,5 - 440,2) \text{ kJ/kg} = 6516 \text{ kW} \approx 6,5 \text{ MW}$$

(Ental piverdiene er tatt fra tabellen for vann og tørr mettet vanndamp. For vann avleses etter temperaturen, her 105°C).

### 1.2.7 Brennverdi

Brennverdien er den varmemengden som fås ut pr. kg brensel (J/kg). Vanligvis regnes med «nedre brennverdi»  $H_n$  som gjelder når vannet fra forbrenningen går ut i form av damp. For kull varierer nedre brennverdi mellom 25 og 33 MJ/kg. Absolutt tørt tre har brennverdi ca. 19 MJ/kg. For brensler som kan medføre fuktighet, må fordampningsvarmen  $r$  for vannet trekkes fra for å finne den effektive brennverdien  $H_{eff}$ :

$$H_{eff} = H_n - r \cdot x$$

$x$ : fuktighet (kg vann/kg tørrstoff)

$r$ : fordampningsvarme ( $\approx 2,5$  MJ/kg vann)

Ved forbrenning dannes  $CO_2$ , som er en drivhusgass, og dersom brensllet inneholder svovel, vil det dannes  $SO_2$ , som går over til  $SO_3$ , og det blir korrosjon på flater som har lavere temperatur enn ca. 140-150°C (Svovelsyren har høyt doggpunkt). Svovelet fører også til sur nedbør. Det dannes også ved forbrenningen små mengder av NO-forbindelser (nitrose gasser NOX) som er svært giftige og gir sur nedbør.

Brenselolje inndeles i kvalitetsgrupper fra nr. 1 til 6. Massetetthet og viskositet øker med økende nr., mens brennverdi avtar.

## Noen tekniske data om fyringsoljer og propan

	Fyr nr 1	FSD	Fyr nr. 6	Propan	
Densitet ved 15°C	kg/l	0,83	0,92	0,97	0,51VF
Nedre brennverdi	MJ/kg	43,2	42,7	39,9	46,3
Flammepunkt	°C	60	73	91	–
Viskositet	cST	3,3	7,7	15,7	–
Stivnepunkt	°C	-15	-6	+20	–
Masseandel svovel	%	0,1	0,2	<3,5	2 mg/kg

FSD = Fyring spesialdestillat, (tidligere olje nr. 3)

VF = Væskefase

### 1.2.8 Dampproduksjon pr. kg. olje.

En dampkjel som fyres med olje nr. 1 og som får tilført matevann av temperatur 85°C, leverer tørr mettet damp av 9,0 bar(o) og har en virkningsgrad på 75%, vil produsere:

$$43,2 \text{ MJ/kg olje} \cdot 0,75 \\ = 13,25 \text{ kg damp/kg olje} \\ (2,776 - 0,355) \text{ MJ/kg}$$

Ved høyere temperatur på matevannet vil den samme brenselmengden produsere mere damp.

## 1.3 ENERGIPRODUKTER

Det er i dag hovedsakelig tre former for energi som benyttes i framstilling av meieriprodukter. Elektrisitet, olje og gass. I tillegg vurderes det å benytte/benytted Bioenergi som et fjerde alternativ. Det er viktig i valg av energiform å ta hensyn til pris, energieffektivitet og miljøaspektet. Et fjerde element som må vurderes er energibærerens logistikkjede fra den «er på døra» til den er plassert «i utførende arbeid». Her ligger utfordringen ikke minst innenfor olje, gass og bioenergi.

### 1.3.1 Elektrisitet

Elektrisitet har den enkleste logistikken av disse energibærerne. Etter innføring av energiloven for en tid tilbake har også prisnivået stort sett vært gunstig. Prisen på elektrisk energi er delt i to deler, kraftpris og overføring i tillegg til evt. avgifter. For bruk av elektrisk energi til lys og motordrift er det ofte noe høyere overføringskostnader enn til elektrokjel. Dette fordi de fleste kjelanleggene kan kobles over til alternative energiformer så som olje/gass/bio. Virkningsgrader for elektrokjeler er ofte i området 95–98%.

### 1.3.2 Olje

Fyringsoljer har ulike kvaliteter. Fyr 1, FSD (spesialdestillat) og Fyr 6 (tungolje) er de mest vanlige. Et fåtall benytter Fyr 6 på grunn av strenge krav til utslipp.

### 1.3.3 Gass

Det finnes ulike former for gass. LNG og LPG er de mest sentrale for bruk i meieriindustrien. Av disse er det bare LPG (Propan) som benyttes pr. dato. Dette er et miljømessig og logistikkmessig gunstig alternativ til fyringsolje. Prisen varierer, men synes å kunne bli konkurransedyktig på sikt.

### 1.3.4 Bioenergi

Bioenergi finnes i mange utgaver og benyttes på ulike områder. Når det gjelder fyring i industrien er det først og fremst pellets eller briketter som er aktuelle. Dette ut fra logistikkvalg og kvalitetssikring mht. brennverdi. Prismessig bør dette bli aktuelle energibærere forutsatt at investeringskostnader til fyringsanleggene ligger på et økonomisk forsvarlig nivå.

## 1.4 KULDETEKNIKK

### 1.4.1 Mekanisk kjøling

Et ekspansjonskuldeanlegg består av følgende hoveddeler: Kompressor m/drivmotor, kondensator, ekspansjonsventil og fordamper. I tillegg til dette kommer forskjellig regulerings og sikringsutstyr.

Prinsippet er følgende: Kompressoren suger dampformig kuldemedium fra fordamperen og komprimerer dette. Deretter kjøles gassen og kuldemediet går over til flytende form ved kjøling i kondensatoren. Kondensasjonsvarmen for kuldemediet blir bortført med kjølevann eller luft. Når det flytende kuldemediet passerer ekspansjonsventilen, som er montert like før fordamperen, skjer det et trykk og temperaturfall og en andel av kuldemediet vil spontant fordampe. Til fordampningen trengs varme, som blir tatt fra omgivelsene rundt fordamperen. Er det et kjølerom vil varmen bli tatt fra luften i rommet og derved synker temperaturen. Er det en ispåfrysingsfordamper, vil vannet avgi varme og derved dannes det is på fordamperen.

De vanligste kuldemedier er ammoniakk (NH<sub>3</sub>) med betegnelse R717, KFK gassen R12, HKFK gassen R22, og HFK gassene R134a og R404a. KFK (R12) er regulert kuldemedium og det er forbudt å tilvirke, innføre, utføre, installere eller omsette kuldeanlegg, klimaanlegg og varmpumper med dette kuldemediet. R401a er en erstatning for R12. Fra og med august 1997 er også HKFK (R22) et regulert kuldemedium og skal fases ut iht. de restriksjoner som legges i forskriften. En god erstatning for fryseanlegg hvor R22 ville vært et naturlig valg, når ikke ammoniakk kan benyttes, vil være R404a eller R407a. Dette er en HFK blanding og som sådan fri for klor.

Det arbeides med å utvikle utstyr for å benytte CO<sub>2</sub> og propan (R290) i kommersielle kuldeanlegg. CO<sub>2</sub> har tidligere vært brukt som kuldemedium, men med på grunn av høye kostnader har dette vært ute av markedet i lang tid. Bruk av propan har en forsiktig start pga. eksplosjonsfare og det avventes nærmere retningslinjer for denne bruken.

Det er å foretrekke at ammoniakk benyttes i størst mulig grad da dette er et naturlig medium. For mindre anlegg vil HFK være en løsning i overskuelig framtid. Ammoniakk er giftig i større konsentrasjoner, men vil på grunn av sterk lukt gi tidlig varsel om evt. lekkasjer.

Ved ammoniakkanlegg benyttes det ofte sekundært kuldemedium for distribusjon av kulde. Dette kan være isvann eller glycolblanding. I kjøle/fryserom er det mest vanlig med direktevirkende fordampere.

Kuldemedier basert på blandinger bør unngås da det ofte vil oppstå glidning av fordampningstemperaturen. Dette kan i neste rekke føre til uønsket frysing av råvarene/produktene. Likeså vil blandingsforholdet etterhvert bli forskjøvet og etterfylling vanskeliggjøres.

I tabellen nedenfor er anført kokepunktet for forskjellige kuldemedier og deres ODP: «Ozone Depletion Potential». Dette er et tall som angir ozonskade-potensialet. Det er relatert til R-11 og R-12 som begge har verdien 1,0. Lavere tall har lavere skadepotensiale.

Kuldemedium	ODP	Kokepunkt ved atmosfærisk trykk °C
CO <sub>2</sub>	0	÷78,5
R-12	1,0	÷30,1
R-22	0,05	÷41,1
R-502	0,34	÷45,9
R-134a	0	÷26,5
R-717 (NH <sub>3</sub> )	0	÷33,6

*Kuldebehovet* for kjøle- og fryserom består av: behovet for ned- kjøling og innfrysing av varene, innlekket varme til rommet, varmeavgivelse fra lys, motorer og andre maskiner, kjøling av ventilasjonsluft, effekten til ventilasjons og sirkulasjonsvifter, avgitt varme fra mennesker og utviklet varme ved gjæring og modning av varene. Innlekket varme til rommet kommer fra transmisjonsvarme og fra trekk gjennom dører/porter. Dørtapet kan bli betydelig i rom med stor trafikk ut og inn.

Nedenstående tabell gir orienterende verdier for kuldebehov i kjøle- og fryserom.

### 1.4.2 Kuldebehov for kjølerom og fryserom

Rommets art	Rommets golvflate					
	10 m <sup>2</sup>		100 m <sup>2</sup>		500 m <sup>2</sup>	
	W/m <sup>2</sup>	kW i alt	W/m <sup>2</sup>	kW i alt	W/m <sup>2</sup>	kW i alt
<b>Kjølerom</b>						
Lager tappet melk, 2°C	580	6	350	35	280	140
Smør og ost 2°C	115	1,2	80	8	60	30
Ost, 6°C	95	1	65	6,5	45	23
Modningsrom, 6°C	70	0,7	45	4,5	35	17
Gjæringsbu, 18°C	60	0,6	40	4	28	14
<b>Fryserom</b>						
Geitost, ÷8°C	175	2	115	12	95	47
Smør, ÷22°C	235	2,4	160	16	115	58
Iskrem, ÷22°C	250	2,5	190	19	140	70
Kjøtt, ÷25°C	235	2,4	160	16	115	58
Fisk, ÷30°C	235	2,4	160	16	115	58

Tallene inkluderer ikke nedkjøling eller innfrysing av varene.

### 1.4.3 Isvannskjøling

Ved kjøling av melk og fløte er det på grunn av strømtariffen mest vanlig å kjøre kjøleanlegget etter arbeidstid og om natta, og magasinere den produserte kulda. Tidligere ble det brukt saltlake som kuldemagasin, men på grunn av saltlakens uheldige virkninger (korrosjon) brukes nå praktisk talt bare is av fersk- vann som kuldemagasin. Isen fryses på rørslinger (fordamperen) som plasseres i en vann-tank. Anvendte rørdiametre av fordamperslangene er oftest 34/42, 40/48 eller 51/60 mm (innv. diam/ utv. diam.).

Isvannsanleggets kapasitet bestemmes på grunnlag av det maksimale kuldebehov til kjøling av melk og fløte, samt eventuell ostelake og diverse andre formål. Når det maksimale behov er beregnet gjøres et tillegg på 10-15% for innlekket varme til tank og rørledninger samt tilført effekt fra røreverk og pumpe. Når så den maksimale driftstid for kompressoren er fastlagt, beregnes anleggets kapasitet ved å dele kuldebehovet på driftstiden.

Fordamperen dimensjoneres ut fra en nominell belastning på 0,6-0,8 kW/m<sup>2</sup> røroverflate.

For å unngå at isvannstemperaturen skal stige for høyt under slutten av kjølingsperioden bør det være igjen 10-20 mm is på fordamperrørene når melkekjølingen er ferdig. Høyeste tillatte isvannstemperatur ut fra tanken er vanligvis ca. +2°C.

Røreverket bør stå under påfrysningen og kjøres under avsmeltingen. Røreverkets kapasitet dimensjoneres for en sirkulasjonshastighet av vannet på 0,1-0,15 m/s regnet ved isfrie rør.

Ved mindre isvannsanlegg, 15-35 kW kuldeytelse, vil den nyttbare kuldemengde som magasineres i isvannstanken anslagsvis kunne settes til 65-85 MJ/m<sup>3</sup> tankvolum. Ved større anlegg, 100-200 kW, kan den nyttbare kuldemengden settes til 100-125 MJ/m<sup>3</sup> tankvolum.

Isvannstanken må kunne magasinere det som trengs til kjøling i den perioden kjøleanlegget står, og volumet bestemmes på grunnlag av den kuldemengden som skal magasineres.

Isvannstanken er tradisjonelt plassert i kjelleren. Det benyttes nå isvannssiloer for montasje uten-dørs. Dette gir mindre arealbehov.