

# Wageningen UR Livestock Research

*Partner in livestock innovations*



Rapport 282

## Mogelijkheden van indikken van melk op de boerderij

December 2009



**LIVESTOCK RESEARCH**

**WAGENINGEN UR**

## Colofon

### Uitgever

Wageningen UR Livestock Research  
Postbus 65, 8200 AB Lelystad  
Telefoon 0320 - 238238  
Fax 0320 - 238050  
E-mail [info.livestockresearch@wur.nl](mailto:info.livestockresearch@wur.nl)  
Internet <http://www.livestockresearch.wur.nl>

### Redactie

Communication Services

### Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, 2009  
Overname van de inhoud is toegestaan,  
mits met duidelijke bronvermelding.

### Aansprakelijkheid

Wageningen UR Livestock Research (formeel ASG Veehouderij BV) aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen UR Livestock Research, formeel 'ASG Veehouderij BV', vormt samen met het Centraal Veterinair Instituut en het Departement Dierwetenschappen van Wageningen Universiteit de Animal Sciences Group van Wageningen UR.

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

## Referaat

ISSN 1570 - 8616

## Auteur(s)

Judith Poelarends  
Betsie Slaghuis  
Kees de Koning

## Titel

Mogelijkheden van indikken van melk op de boerderij

Rapport 282

## Samenvatting

Dit rapport beschrijft de mogelijkheden van het indikken van melk op de boerderij. Aan bod komen de mogelijke technieken om water uit melk te verwijderen, en alle aspecten rondom kwaliteit, verwerking, wetgeving en economische haalbaarheid.

## Abstract

This report described the possibilities of concentrating milk on the farm. It covers the technique to remove water from milk and all aspects as to quality, processing, legislation and economic feasibility.

## Trefwoorden

indikken, melk, rauwe melk, wateronttrekking, ultrafiltratie, UF, omgekeerde osmose, reverse osmosis, RO, meerwaarde, membraanprocessen, haalbaarheid, wetgeving

## Keywords

Concentration, milk, raw milk, dehydration, ultrafiltration, UF, reverse osmosis, RO, added value, membrane processes, feasibility, legislation.



LIVESTOCK RESEARCH  
WAGENINGEN UR

Rapport 282

## Mogelijkheden van indikken van melk op de boerderij

### Possibilities of concentrating milk on-farm

Judith Poelarends  
Betsie Slaghuis  
Kees de Koning

December 2009



## Samenvatting

In dit rapport beschrijven we de mogelijkheden van het indikken van melk op de boerderij. Hierbij wordt het onderwerp vooral vanuit het oogpunt van de melkveehouder belicht. Hoe kan melk worden ingedikt op de boerderij, welke technieken zijn er, wat doet het met kwaliteit, wat kun je met het ingedikte product, hoe zit het met wetgeving en hoe ziet het financiële plaatje eruit? In dit rapport schetsen we verschillende perspectieven die handvaten leveren voor boeren die interesse hebben in het indikken van melk op hun eigen boerderij.

In eerdere studies is vooral op ketenniveau gekeken naar de financiële (on)haalbaarheid van het indikken van melk op de boerderij. Redenen om het nu opnieuw, maar dan vanuit het perspectief van de melkveehouder, te bekijken zijn de veranderende omstandigheden in de sector. De schaalvergroting en modernisering nemen toe, automatisch melken neemt een vlucht, energieproductie vindt plaats, en meer melkveehouders gaan samenwerkingsverbanden aan. Een kleine (groeïende) groep melkveehouders is geïnteresseerd in manieren om meerwaarde aan de melk toe te voegen. Zij voelen een 'sense of urgency' om een hogere prijs voor hun product te creëren en willen niet meer opgaan in de massa. Dat gecombineerd met toenemend ondernemerschap en een drang naar vrijheid van afzet, maakt dat het onderwerp steeds vaker in de belangstelling komt te staan.

Ook wil men weten hoe naar het financiële plaatje van indikken van melk gekeken kan worden. Is dit gericht op besparing (in keten of op bedrijfsniveau), of is het gericht op het creëren van toegevoegde waarde aan de melk door het voor te bewerken? Door het indikken van melk wordt de melkveehouder wettelijk gezien een zuivelverwerker en komt hij los te staan van de coöperatie. Dat betekent dat hij zijn product zelf kan afzetten. Aangezien het product al is voorbereid, kan het bij bepaalde afnemers die bijvoorbeeld in het eigen proces ook melk indikken (bv tot poeder), voordeel opleveren. Het product heeft door de voorbereiding voor deze afnemer meer waarde als gangbare rauwe melk; kan daar een goede prijs tegenover staan?

Het onderzoek is uitgevoerd door middel van een literatuuronderzoek en gesprekken met equipmentleveranciers uit binnen- en buitenland, zuivelverwerkers, productschap en onderzoekers.

Uit het onderzoek blijkt dat indikken van melk op de boerderij in theorie mogelijk is, maar in Nederland wordt het nog niet toegepast. In het buitenland gebeurt het op enkele tientallen grote melkveebedrijven met een paar duizend melkkoeien.

Wat betreft de technieken kan melk goed worden ingedikt met membraantechnieken, zoals omgekeerde osmose en ultrafiltratie. Daarbij wordt de melk onder hoge druk door een poreus membraan gedrukt. Het type membraantechniek (grootte van de poriën) bepaalt wat de samenstelling is van het retentaat (wat achter het filter blijft) en permeaat (wat door het filter gaat). De samenstelling van het retentaat bepaalt wat we ervan kunnen maken, zoals poeder of kaas. Het permeaat kan een bestemming krijgen als reiniging- of drinkwater, maar dit hangt af van de zuiverheid ervan. Deze membraantechnieken zijn ook op kleinere schaal te verkrijgen. Rauwe volle melk kunnen we naar verwachting tot een factor 2 indikken (tot ongeveer 25% droge stof). Het indikproces kan op de boerderij op verschillende manieren worden vormgegeven. Melk kan gelijk na het melken warm worden ingedikt, maar ook kan apparatuur op de tank draaien en daarmee gekoelde melk indikken. De grootte van de melkplas, het type melkinstallatie, de gebruikte techniek en verkozen procestemperatuur bepalen wat het financieel en technisch meest aantrekkelijk is.

Behalve membraantechnieken kennen we ook indampen en vriesdrogen, maar deze zijn financieel niet aantrekkelijk. Daarnaast zijn er nog drie innovatieve technieken, zoals membraandestillatie en freeze-concentration waarmee men zuivere ingedikte melk kan maken. Ook bestaat er een techniek waarmee eiwitten uit melk gefractioneerd kunnen worden (inline in combinatie met robotmelken). Met deze innovatieve technieken is nog geen tot weinig ervaring in de zuivel of op boerderijniveau, maar ze lijken erg interessant; deze ontwikkelingen moeten we daarom ook blijven volgen.

Er is niet veel informatie beschikbaar over de effecten van indikken op de kwaliteit van rauwe melk zoals kiemgetal en de zuurtegraad van het melkvet. Daarvoor is onderzoek nodig op kleine schaal, waarbij ook naar procestemperaturen en reiniging wordt gekeken.

Er zijn aanwijzingen dat indikken bij temperaturen tussen 30-40 °C het kiemgetal verhoogt. Een oplossing daarvoor kan zijn om melk bij lage temperatuur in te dikken of als melk warm wordt ingedikt, te zorgen voor een uiterst laag kiemgetal en snel in te dikken en koelen. Voor het behoud van de bacteriologische kwaliteit zijn cruciaal: het goed kunnen reinigen van de membranen, de tijdsduur van

het proces, de procestemperatuur, de kwaliteit van het uitgangsmateriaal, en de tijd tot koeling. In een pilot kan dit nog goed onderzocht worden.

In de literatuur zijn soms effecten te zien van indikken op het voorkomen van vrije vetzuren in de melk, maar dit is niet altijd het geval. De effecten op vetbolbeschadiging zouden in een pilot moeten worden onderzocht, ook in relatie tot de temperatuur.

Melkveehouders die op hun eigen bedrijf melk willen indikken, krijgen te maken met wetgeving. Van een 'gewone' melkveehouder die aan de kwaliteitsborgingprogramma's van de zuivel moet voldoen, wordt hij een zuivelverwerker met de daarbij behorende regelgeving. Het fabrieksquotum moet dan worden omgezet in consumentenquotum. Daarnaast moet de melkveehouder voor een afnemer van zijn ingedikte melk zorgen en hij moet afspraken maken over de productprijs en transport.

Economisch gezien kan een terugverdientijd beneden de 10 jaar worden gehaald als dezelfde prijs voor kilogrammen vet en eiwit wordt betaald als nu voor gewone rauwe melk en wanneer de afvoeren transportkosten onder de € 4,-- per 100 kg ingedikte melk blijven. Indien we rekenen met afvoerkosten inclusief transport in de richting van de huidige negatieve grondprijs (circa € 3,-- per kg melk), dan liggen de terugverdientijden beneden de 5 jaar. Een eventuele kwantumtoeslag is niet in de berekeningen opgenomen.

Uit gesprekken met afnemers is gebleken dat men in principe niet negatief staat ten opzichte van deze ontwikkeling en dat men bereid is mee te denken. Maar het roept nog veel vragen op, vooral met betrekking tot de kwaliteit van de melk (zuurtegraad melkvet). Daarnaast moet de zuivelonderneming er ook financieel baat bij hebben, wil ze überhaupt geïnteresseerd zijn om ingedikte melk af te nemen van een melkveehouder. Ook zal de logistiek en receptuur erop aangepast moeten worden bij invoering van ingedikte melk in het proces.

Een belangrijk discussiepunt is hoe de ingedikte melk uitbetaald moet worden. Kunnen de rekenregels voor uitbetaling voor normale rauwe melk nog steeds gehanteerd worden of niet? Denk hierbij ook aan de negatieve grondprijs per kilo melk en de eventuele kwantumtoeslag. Indien een melkveehouder melk wil gaan indikken, moet hij gesprekken voeren over afname en productprijs, omdat de melkveehouder zuivelverwerker wordt volgens de wetgeving.

Een melkveehouder kan niet van de ene op de andere dag ingedikte melk gaan leveren aan de fabriek alsof het rauwe melk is.

Het is belangrijk dat melkveehouders die melk willen gaan indikken zich goed realiseren dat zij de melk op meerdere manieren kunnen indikken tot verschillende producten met verschillende mogelijkheden voor verwerking. De melkveehouder moet goed kijken voor welk eindproduct een markt is en nog belangrijker wie de geïnteresseerde afnemer is. Wanneer hij voor een bepaalde techniek kiest, moet hij ook bedenken wat er met het permeaat gaat gebeuren, zeker wanneer het geen zuiver water is, maar nog lactose bevat. De melkveehouder moet dus gesprekken voeren over de prijs voor het ingedikte product, wordt er uitbetaald op kilogram vet en eiwit, wie regelt transport en wat bedragen de transportkosten? Daarnaast moet de melkveehouder in gesprek met verschillende leveranciers van de apparatuur over de ideale opstelling op het bedrijf.

Het praktijknetwerk 'Haalbaarheidsbepaling indikken van melk op boererijschaal' ontwikkelde een rekentool.

Zie: [www.verantwoordeveehouderij.nl/producten/netwerken2008/14/melk-i-wijzer](http://www.verantwoordeveehouderij.nl/producten/netwerken2008/14/melk-i-wijzer).

## Summary

This report describes the possibilities of concentrating milk at the farm, mainly from a farmer's point of view. In what way can milk be concentrated at the farm, what techniques are there, what effects does it have on quality, what can you do with the condensed product, how is the legislation and what does it look like financially speaking? This report outlines the different perspectives which will serve as a handle for farmers interested in concentrating milk on their own farm.

Earlier studies particularly focused on the financial (un) feasibility of concentrating milk at the farm at chain level. The changing circumstances in the sector are the reason for considering the activity again, but now from the farmer's point of view. The increase in scale and modernisation, automatic milking expands enormously, energy production takes place and more dairy farmers enter into partnerships. A small (increasing) group of dairy farmers is interested in ways of adding extra value to milk. They feel a sense of urgency to realise a higher price for their product and do not want to be lost in the bulk production any longer. This combined with increasing entrepreneurship and a desire for liberty in marketing, results in more interest in the subject.

One also wants to know how to look at the financial picture of concentrating milk. Is this aimed at cost reduction (in the chain or at farm level), or is it aimed at realising added value to milk by pre-processing? By concentrating milk, the dairy farmer becomes legally a dairy processor, and will be detached from the cooperation. This means that he can market his product himself. Since the product has already been pre-processed, this can be profitable to particular buyers who also concentrate their milk (for example, to powder). The pre-processed product has more value to this buyer than the usual raw milk; can a good price be realised?

The study was done by means of a literature study and interviews with equipment suppliers at home and abroad, dairy manufacturers, product boards and researchers.

The study revealed that concentrating milk at the farm is possible theoretically, but has not been done in the Netherlands as yet. Abroad this happens at dozens of large dairy farms with some thousands of dairy cows.

As to the techniques, milk can be concentrated well by membrane techniques, such as reverse osmosis (RO) and ultrafiltration (UF). Milk is then pressed through a porous membrane under high pressure. The type of membrane technique (size of the pores) defines what the composition is of the retentate (not passing the membrane) and permeate (passing the membrane). The composition of the retentate defines what we can make of it, for example, powder or cheese. The permeate can be used as cleaning or drinking water, but this depends on its purity. These membrane techniques are also available at a smaller scale. We expect that raw whole milk can be concentrated to a factor 2 (from 12,5% to approximately 25% of dry matter). The concentration process can be done at the farm in several ways. Milk can be concentrated immediately after milking when it is still warm, but it can also be done by equipment running on the tank to concentrate cooled milk. The size of the amount of milk, the type of milking equipment, the technique used and the process temperature chosen together determine what the most appealing way is, financially and technically.

Besides membrane techniques, there are also evaporation and lyophilisation techniques, but these are not attractive, financially speaking. Moreover, there are three innovative techniques such as membrane distillation and freeze-concentration with which pure concentrated milk can be made. Also there is a technique with which proteins can be fractionated from milk (inline in combination with robot milking). There has not been much experience as yet with these innovative techniques in the dairy sector or at farm level, but they seem very interesting; that is why these developments need to be followed.

Not much information about the effects of concentrating on the quality of raw milk is available, for example, on total bacterial count and the acid degree value of milkfat. For this, research needs to be done at a small scale, where also the process temperatures and cleaning need to be considered. There are indications that concentrating milk at temperatures of between 30 and 40°C increases the total bacterial count. To solve this problem, milk may be concentrated at low temperatures or, if milk is concentrated warm, to realise an extremely low bacterial count and to concentrate and cool quickly. For maintaining the bacterial quality, the following factors are crucial: membranes should be able to be cleaned easily, duration of the process, process temperature, quality of the basic material and time until cooling. A pilot study should be done to investigate this.

The literature has shown some effects of concentrating milk on the appearance of free fatty acids in the milk, but this is not always the case. The effects of fat globule damage should also be studied in a pilot, also in relation to the temperature.

Dairy farmers who want to concentrate the milk on their own farms face legislation. A 'common' dairy farmer, who has to meet quality assurance programmes of the dairy company, is becoming a dairy processor with the concomitant regulations. The manufacturer quota has to be converted into a consumer quota. Moreover, the dairy farmer has to take care of a buyer of his concentrated milk and he has to make arrangements as to product price and transport. Economically speaking, a payback period of less than 10 years can be attained if the same price is paid for kilograms of fat and protein as now is done for common raw milk and if the removal and transport costs remain less than € 4/100 kg of condensed milk. If we assume the removal costs including transport to be approximately the same negative basic price (approximately € 3/kg of milk), the payback period is less than 5 years.

Interviews with dairy companies revealed that, in principle, one does not disapprove of this development and is willing to think along. But there are still many questions to be answered, particularly in relation to the quality of the milk. Moreover, the dairy companies should also benefit from it, should they be interested in buying concentrated milk from the farmer at all. Also logistics and method of preparation should be adapted when concentrated milk is included in the process. An important point of discussion is in what way concentrated milk has to be paid for. Can the calculation rules for common raw milk still be applied or not, taking the negative basic price per kilogram of milk into account? If a dairy farmer wants to concentrate milk, he has to discuss sales and product price, because the dairy farmer becomes legally a dairy processor. Changing from delivering raw milk to delivering concentrated milk to a manufacturer is not an overnight process.

It is important that dairy farmers who want to concentrate milk realise that the milk can be concentrated in different ways to different products with different possibilities of processing. The dairy farmer has to look precisely for what product is a market and still more importantly, who the interested buyer is. If he chooses for one particular technique, he should also consider what to do with the permeate, particularly if it is not pure water, but still contains lactose. The dairy farmer should, therefore, discuss the prices of the condensed product, whether payment occurs on the basis of kilogram of fat and protein, who will arrange transport and what the costs are of this transport. Moreover, the dairy farmer needs to discuss the ideal set-up on the farm with the equipment suppliers.



# Inhoudsopgave

## Samenvatting

## Summary

<b>1</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Indikken van melk – bestaande en toekomstige technieken.....</b>	<b>3</b>
2.1	Membraanprocessen .....	3
2.1.1	Reverse Osmosis.....	4
2.1.2	Ultrafiltratie.....	4
2.1.3	Combinatie UF en RO .....	5
2.1.4	Microfiltratie en nanofiltratie.....	5
2.2	Membraanprocessen in de praktijk.....	5
2.2.1	Toepassingen op het bedrijf zelf.....	5
2.2.2	Toepassingen buiten het eigen bedrijf.....	8
2.2.3	Aanvullingen op andere processen .....	8
2.3	Indampen .....	8
2.4	Vriesdrogen.....	9
2.5	Technieken samengevat.....	10
2.6	Toekomstige technieken voor indikken van melk? .....	10
2.7	Scheiden van ingrediënten uit melk .....	12
<b>3</b>	<b>Verwerking en kwaliteit van ingedikte melk.....</b>	<b>13</b>
3.1	Verwerking ingedikte melk .....	13
3.2	Mogelijkheden verwerking permeaat van RO en UF .....	15
3.3	Effect van indikken op productkwaliteit.....	15
<b>4</b>	<b>Ervaringen in de buitenlandse praktijk.....</b>	<b>18</b>
<b>5</b>	<b>Visies van afnemers .....</b>	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>Wet- en regelgeving.....</b>	<b>20</b>
6.1	Quotum.....	20
6.2	Registratie of erkenning .....	20
6.3	Kwaliteit- en hygiëne-eisen .....	21
6.4	Eisen aan de verwerking.....	21
<b>7</b>	<b>Economie.....</b>	<b>22</b>
7.1	Eerdere studies naar de economische haalbaarheid van indikken .....	22
7.2	Kosten en capaciteit.....	22
7.3	Terugverdientijd .....	24
<b>8</b>	<b>Pilot in de praktijk .....</b>	<b>26</b>
8.1	Pilot bestaande technieken .....	26
8.2	Pilot nieuwe technieken .....	27
8.3	Slimme combinatie met eigen geproduceerde energie .....	27
	<b>Conclusies en tips.....</b>	<b>28</b>
	<b>Literatuur.....</b>	<b>30</b>
	<b>Bijlagen.....</b>	<b>33</b>



## 1 Inleiding

Ongeveer 20.000 melkveehouders in Nederland produceren melk momenteel voornamelijk als bulkproduct. Al deze ondernemers produceren een basisproduct dat in de zuivelindustrie verder wordt verwerkt. We kennen een paar verschillende stromen zoals bijvoorbeeld biologisch, merkmelk en weidemelk; daarnaast zijn er ongeveer 400 melkveehouders die de melk op het eigen bedrijf verwerken tot bijv. kaas of toetjes. Maar specialisatie in stromen en gedeeltelijke voorbewerking van melk op het melkveebedrijf komt in Nederland niet voor.

### Indikken van melk

In het verleden is een aantal onderzoeken uitgevoerd naar de mogelijkheden van het indikken van melk op de boerderij (tot verdubbeling droge stof%) en de kostenbesparingen die dat zou kunnen opleveren. Er zijn verschillende redenen om naar de mogelijkheden voor indikken van melk te kijken. Zowel voor veehouders als voor verwerkers zijn er voordelen te behalen. Voor veehouders zitten de voordelen in minder opslagcapaciteit, minder kosten voor koeling en de mogelijkheid van hergebruik van water.

Nadelen zijn de hoge investering, de bediening en onderhoud van de apparatuur (boer wordt bijna procestechnoloog), extra verbruik van energie voor het indikproces en benodigde chemicaliën voor reiniging. Verwerkers kunnen ook voordeel hebben bij het afnemen van ingedikte melk door de lagere transportkosten en besparing op energie bij de indikprocessen. Maar het vraagt van de verwerker wel het nodige qua aanpassingen van de processen in de fabrieken en in de logistiek (ophalen en distribueren van de melkstromen).

In de verschillende haalbaarheidsstudies is voornamelijk op ketenniveau gekeken naar vermindering van transportkosten en op boerderijniveau naar de mogelijke besparingen in koeling. In deze onderzoeken is bepaald of indikken van melk onder de toen geldende uitgangspunten rendabel was. Men concludeerde toen dat het niet rendabel is. Terugverdiertijden werden berekend van 2 jaar bij een jaarproductie van 13,4 miljoen kg melk (SenterNovem, 2004) tot 100 jaar (Oldenhof et al, 2002).

In 2001 kwam Friesland Foods in een vertrouwelijke studie tot een voorzichtige schatting van € 2,50 – € 4,50 kosten per 100 kg melk en de conclusie luidde dat de schaalgrootte in Nederland ontoereikend is om het indikken rendabel te maken (Van der Padt, 2001). In 2005 stak het idee weer de kop op in een studie van SenterNovem en Stichting Agro Keten Kennis naar 'duurzame ketens en energiebesparing'. Hierbij werd gefocust op de transportbesparing die door indikken van melk gerealiseerd kan worden.

Op zich heeft het onderwerp dus veel aandacht gekregen, want naast de gepubliceerde onderzoeken, zijn er nog vertrouwelijke niet gepubliceerde studies gedaan. De ontwikkeling is echter nooit in gang gezet i.v.m. de hoge kosten en daarnaast ook vanwege zorgen om mogelijke negatieve gevolgen voor de melkwaliteit (vrije vetzuren). Maar het idee kan men nog niet loslaten.

### Perspectieven

Maar niet alleen de technische omstandigheden, maar ook visies van mensen veranderen. De onderzoeken naar het indikken van melk waren vaak op initiatief van de zuivelindustrie zelf, met als doel onderzoek naar kostenbesparing in de keten. In dit rapport belichten we het onderwerp vooral vanuit het oogpunt van de melkveehouder. Wanneer kan het indikken van melk op de boerderij uit? Zijn er bedrijfsomstandigheden die het eerder rendabel maken, zoals bijv. de mogelijkheid om na de melkrobot de melk 'inline' in te dikken?

Maar er zijn ook veranderende omstandigheden in de sector. De schaalvergroting en modernisering nemen toe, automatisch melken neemt een vlucht, energieproductie vindt plaats, en meer melkveehouders gaan samenwerkingsverbanden aan. Dit alles samen schetst een heel ander beeld dan 20 jaar geleden. Een kleine (groeiende) groep melkveehouders is geïnteresseerd in manieren om meerwaarde aan de melk toe te voegen. Zij voelen een 'sense of urgency' om een hogere prijs voor hun product te creëren en willen niet meer opgaan in de massa. Dat gecombineerd met toenemend ondernemerschap en een drang naar vrijheid van afzet, maakt dat het onderwerp steeds vaker in de belangstelling komt te staan.

Ook de techniek staat niet stil. Wellicht zijn er in de loop van de tijd nieuwe goedkopere technieken die perspectiefvol zijn waardoor het indikken van melk eerder uit kan?

We belichten ook de manier waarop naar het financiële plaatje van indikken van melk gekeken kan worden. Is dit gericht op besparing (in keten of op bedrijfsniveau), of op het creëren van toegevoegde waarde aan de melk door het voor te bewerken? Door het indikken van melk wordt de melkveehouder wettelijk gezien een (kleinschalige) zuivelverwerker en kan hij zijn product afzetten waar hij wil, omdat hij op dat moment los staat van de coöperatie (zie hoofdstuk 6 wetgeving). Aangezien het product al is voorbewerkt, kan o.a. het bij afnemers die in het eigen proces ook melk indikken (bijv. tot poeder), voordeel opleveren. Het product heeft voor deze afnemer meer waarde als gangbare rauwe melk, kan daar een goede prijs tegenover staan? Daarnaast is het onderwerp ook vanuit ketenperspectief te benaderen; niet zozeer gericht op puur transportbesparing, maar op gehele efficiëntie en samenwerking in de keten. Denk hierbij aan initiatieven, zoals de energieneutrale zuivelketen. We hopen in dit rapport verschillende perspectieven te schetsen. Daarnaast levert dit rapport handvaten voor boeren die interesse hebben in het indikken van melk op hun eigen boerderij.

## 2 Indikken van melk – bestaande en toekomstige technieken

Het onttrekken van water uit melk en daarmee het concentreren van melk vindt tot nu toe alleen plaats in de zuivelindustrie. Concentratie van melk wordt in de industrie op grote schaal toegepast, vaak voor het maken van melk- of weipoeder en gecondenseerde melk (koffiemelk).

Voor het vinden van technieken die men op boerderijniveau kan toepassen, is het belangrijk dat het proces kleinschalig is, eenvoudig te bedienen, onderhouden en reinigen. In dit hoofdstuk behandelen we de mogelijke technieken om rauwe melk op de boerderij in te dikken.

### 2.1 Membraanprocessen

#### Technische beschrijving van de membraanprocessen

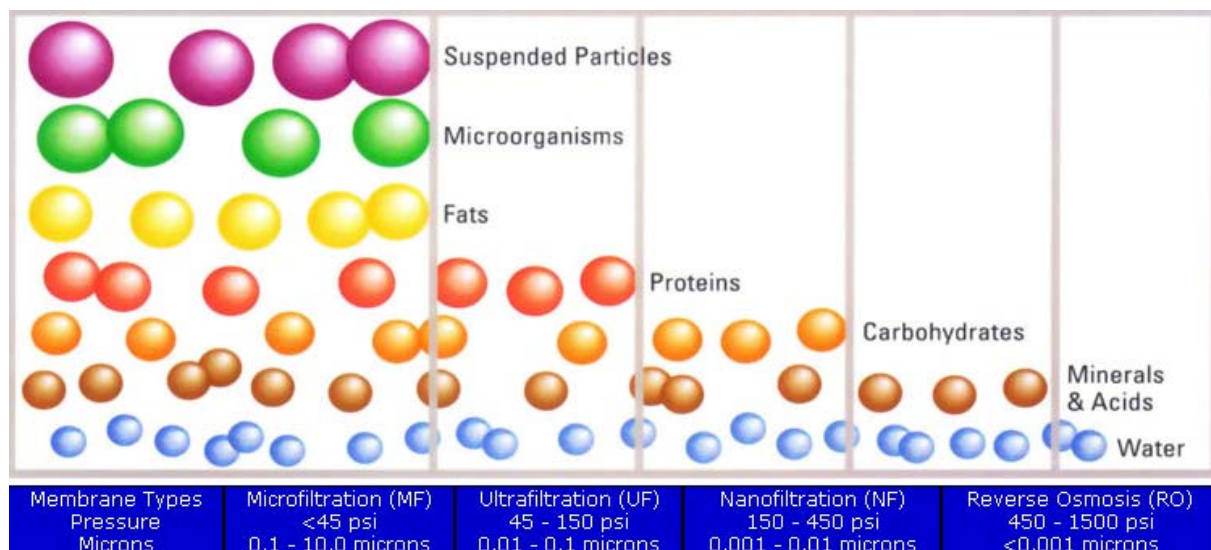
Membraanprocessen zijn op dit moment de meest voor de hand liggende processen.

Membraanfiltratie is een door druk gedreven proces waarbij vloeistof door een poreus membraan gedrukt wordt. De grootte van de poriën in het membraan bepaalt wat er wel of niet doorheen kan. De moleculen die groter zijn dan de poriën blijven achter. Hoe kleiner de poriën, hoe meer druk nodig is om het proces te laten lopen. De vloeistof die door het membraan gaat, noemen we permeaat (water met de kleinere moleculen) en de vloeistof die achterblijft heet retentaat (of concentraat, met de grotere moleculen). Deze processen worden toegepast om een vloeistof te scheiden in twee vloeistoffen met verschillende samenstelling. Het hoofddoel daarbij is om bestanddelen uit vloeistoffen te halen, zoals bijvoorbeeld zouten, kleurstoffen en water dat met de kleinste moleculen altijd door het membraan zal gaan. Afhankelijk van de toepassing bevinden de waardevolle stoffen zich in het retentaat (zoals bij indikken melk) of permeaat (bijv. bij het maken van drinkwater uit afvalwater). Membraanprocessen worden in de zuivelindustrie vooral toegepast voor het indikken van wei. De meeste membranen zijn gemaakt van polymeren. Voor ultrafiltratie worden meestal membranen van polyether-sulfon of polyamide gebruikt en voor omgekeerde osmose vooral polyamide. Membranen moeten dun zijn om de vloeistoffen te kunnen scheiden en worden daarom in de uitvoering ondersteund door een dikkere poreuze ondersteunende laag.

Deze ondersteunende laag kan op verschillende manieren verwerkt worden. Vandaar dat we verschillende filtratie-eenheden kunnen onderscheiden. Er zijn vlakke membranen, spiraalgewonden vlakke membranen en buismembranen (in holle ondersteunende buizen). In de zuivel worden vooral de spiraalgewonden vlakke membranen toegepast (zie figuur 4).

De verschillende membraanfiltratietechnieken kunnen getypeerd worden naar de grootte van de poriën in het membraan. In figuur 1 wordt schematisch het onderscheid weergegeven tussen de verschillende membraantechnieken.

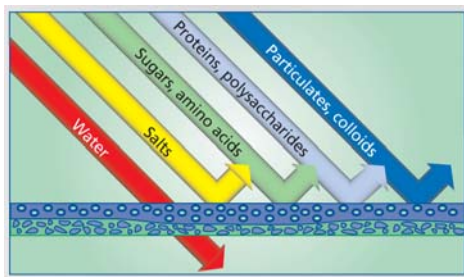
**Figuur 1** Membraantypes, benodigde druk en grootte van de poriën in relatie tot de stoffen die door de membranen gaan (bron: Membrane System Specialists)



### 2.1.1 Reverse Osmosis

Het membraan is bij omgekeerde osmose (RO= reverse osmosis) zodanig dicht dat er alleen water doorgelaten wordt (permeaat). Omgekeerde osmose wordt veel toegepast in de drinkwaterindustrie, bijvoorbeeld voor het ontzouten van zeewater of zuiveren van afvalwater. Omgekeerde osmose past men in Nederland in de zuivel vooral toe voor het indikken van wei, maar ook voor het indikken van melk. Daarbij kan tot circa twee keer geconcentreerd worden tot een drogestofgehalte van 25%. Bij hogere drogestofgehaltes gaat de permeaatstroom sterk naar beneden. Door de aard van het proces is bij omgekeerde osmose relatief meer energie in de vorm van elektriciteit nodig, vooral voor de pompen. Een installatie voor omgekeerde osmose moet tenminste bestaan uit een hogedrukpomp en één of meer membraanmodules. De hogedrukpomp is nodig om een druk hoger dan de osmotische druk op te bouwen over de membraan. Het energieverbruik bedraagt circa 0,02 MJ/ kg onttrokken water (Oldenhof et al, 2002). Sommige deskundigen geven aan dat het permeaat niet helemaal uit zuiver water bestaat; bij een hoge procestemperatuur zouden de membraanporiën opener kunnen worden en daardoor bepaalde moleculen kunnen doorlaten (E. Senior, pers.med., 2009). Ook kan RO permeaat nog ureum bevatten (J.H. Haanemaaijer, pers.med., 2009).

**Figuur 2** Reverse osmosis. (Bron: GEA Filtration)



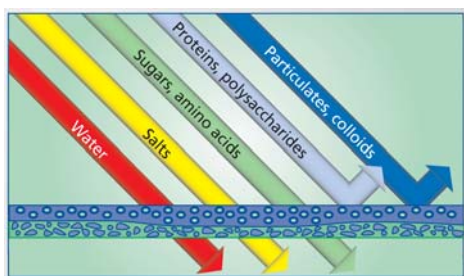
### 2.1.2 Ultrafiltratie

Bij ultrafiltratie (UF) worden meer open membranen gebruikt dan bij omgekeerde osmose. Grotere componenten als vet en eiwit worden tegengehouden door de membranen en blijven in het retentaat, maar kleinere componenten zoals suikers en zouten (en water) laat het membraan door (permeaat). Het merendeel van de lactose komt in het permeaat terecht (65-80%). Dit betekent dat bij het concentreren van melk stoffen verloren gaan wanneer het permeaat afgevoerd wordt als afvalstroom. Ook met UF kan een drogestofpercentage van 25% bereikt worden. Friesland Foods ging in haar studie in 2001 ervan uit dat de concentratiefactor niet hoger moest zijn dan 2, omdat de melk anders te viskeus is en de verdere verwerking negatief kan beïnvloeden. Bij concentratiefactor 2 is nog geen invloed op de apparatuur in de fabrieken. In het buitenland hanteert men een concentratiefactor van 3 als mogelijk (MSS Incorporated, 2009).

De ingedikte melk die overblijft na UF is geschikt om zachte kaas (feta, mozzarella, kwark) van te maken.

Hiervoor kan 100% UF melk gebruikt worden. Voor de productie van harde kazen geldt dat UF melk ook een deel (bijv. 15%) van de normale kaasmelk kan vervangen om zo de opbrengst te verhogen (zie hoofdstuk 3).

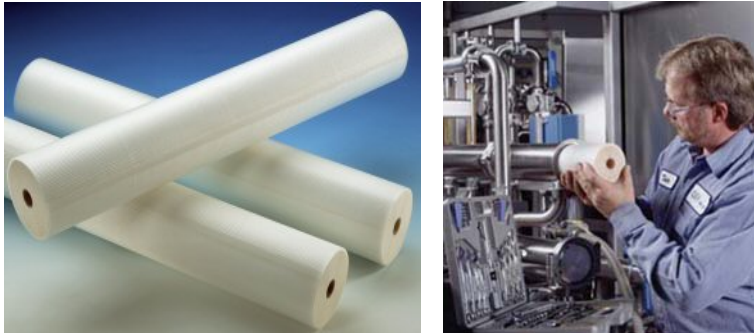
**Figuur 3** Ultrafiltratie (Bron: GEA Filtration)



### 2.1.3 Combinatie UF en RO

Een combinatie van omgekeerde osmose (RO) en ultrafiltratie (UF) is ook mogelijk. Dit houdt in dat men begint met UF en daarmee de vetten en eiwitten scheidt van de opgeloste stoffen. Het permeaat van UF (water met de opgeloste stoffen) wordt dan met RO geconcentreerd, waardoor alleen water wordt verwijderd. De opgeloste zouten en lactose in het retentaat van RO worden dan weer samengevoegd met het retentaat van UF (vet en eiwitoplossing). De hindering door vet en eiwit tijdens de RO (vervuiling membranen) wordt dan vermeden en het RO proces verloopt dan met minder problemen.

**Figuur 4** Spiraalgewonden membraan elementen worden in de zuivel veel gebruikt. (Bron foto: GEA Filtration)

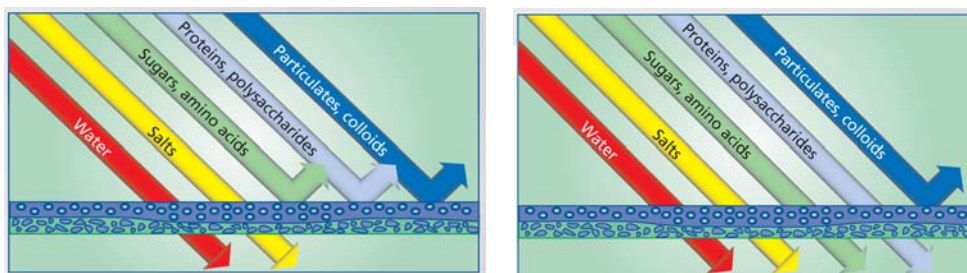


### 2.1.4 Microfiltratie en nanofiltratie

Naast RO en UF zijn er nieuwere vormen van membraanfiltratie zoals microfiltratie (MF) en nanofiltratie (NF). Microfiltratie van ondermelk (= afgeroomde melk) wordt vooral toegepast om de houdbaarheid van gepasteuriseerde melk te verlengen (Elwell and Barbano, 2006). Door middel van MF kunnen bacteriën gescheiden worden van eiwit en andere melkbestanddelen. MF is echter minder geschikt voor volle melk, omdat het vet grotendeels wordt tegengehouden en het eiwit door het membraan gaat. In Nederland past men ook MF toe om de houdbaarheid van gepasteuriseerde melk te verlengen.

Nanofiltratie (NF) is een nieuwere techniek die gebruik maakt van geladen membranen met poriën die iets groter zijn dan bij RO membranen, maar te klein om veel organische componenten door te laten als suikers (Henning et al., 2006). NF filtreert specifieke kleine componenten zoals zouten en mineralen. NF kan men bijvoorbeeld gebruiken om wei te ontzouten (MSS Incorporated, 2009).

**Figuren 5 en 6** Nanofiltratie (links) en Microfiltratie (rechts). (Bron: GEA Filtration)



## 2.2 Membraanprocessen in de praktijk

### 2.2.1 Toepassingen op het bedrijf zelf

In de zuivelindustrie wordt bij membraanprocessen de melk eerst ontroomd voordat het door membranen gevoerd wordt. Het vet verstoort het membraanproces omdat het de membranen kan verstopen ofwel laten dichtslibben. Ook wordt de melk eerst gepasteuriseerd en vervolgens door de



membranen gevoerd. Verhitting en ontroming zijn processtappen die op de boerderij in eerste instantie niet wenselijk zijn, omdat daarvoor meer zuivelapparatuur en energie nodig is. Het is echter mogelijk om ook niet ontroomde melk in te dikken met behulp van membraanprocessen. De capaciteiten van de membraaninstallaties zijn dan wel lager, omdat het membraan sneller dichtslibt door het vet. Afhankelijk van het doel, welk product men wil maken, kan een membraanproces gekozen worden. Voor het doel 'ontwateren van melk' is hieronder uitgegaan van RO en UF, technieken waar ervaring mee is opgedaan in de zuivelindustrie.

**Figuur 7** RO installatie voor toepassing op de boerderij (Bron: *Machinehandel Lekkerkerker*)



Technisch is het volgens equipmentleveranciers mogelijk om rauwe melk in te dikken met een factor 1,5 à 2 (C. van Beek, pers.med. 2008, E. Senior, pers.med., 2009). Indikken met een factor 2 wil zeggen dat het drogestofgehalte van de melk van 12,5% naar 25% gaat en dat *ongeveer* de helft van het volume overblijft afhankelijk van het proces RO/UF. Van invloed op de maximale indikcapaciteit is o.a. de procestemperatuur en frequentie van reiniging. Bij het streven naar hogere drogestofgehaltes zal de flux, d.w.z. de snelheid van de permeaatstroom, steeds sterker dalen.

De temperatuur waarbij wordt ingedikt heeft invloed op deze snelheid, maar kan ook invloed hebben op de bacteriologische kwaliteit en eventueel ook de mogelijke beschadiging van vetbolletjes (zie ook hoofdstuk 3.3). Equipmentleveranciers zijn niet eenduidig op dit gebied. Een leverancier in de USA adviseert het proces bij lage temperatuur te doen, dat is in de USA gebruikelijk (MSS Incorporated, 2009). Daarentegen geeft een Deense leverancier aan dat de procestemperatuur voor hun RO installatie 37-39 °C is (DSS, 2008). Zowel koude als warme temperaturen zijn mogelijk, maar het hangt af van de situatie welke temperatuur men het beste kan kiezen. De effecten op kwaliteit moeten in een pilot nog worden onderzocht.

Water kunnen we op een aantal momenten uit de melk verwijderen, voordat het wordt getransporteerd naar de verwerker. Hieronder worden een aantal theoretische mogelijkheden genoemd. Het hangt van de bedrijfssituatie en grootte af wat uiteindelijk het voordeligst is voor een bedrijf. Een standaard is niet te geven. De mogelijkheden zijn:

- 1) Direct na het melken vóór de koeling; dit kan zowel met 1a) melkrobot (continu) als met 1b) melkinstallatie (twee-/driemaal per dag). De indikinstallatie bevindt zich dan tussen melkinstallatie en melkkoeltank in, voorafgegaan door een balansbak.
- 2) Indikken op de melkkoeltank, dit kan 2a) ná de koeling, maar ook 2b) gelijk tijdens en na het melken.

Ad 1) Het indikken van melk gelijk na het melken en vóór de koeling, dus met warme melk, kan zorgen voor een hogere capaciteit van de installatie, omdat de membranen minder snel dichtslibben dan bij koude melk. Normaliter geldt de regel dat rauwe melk binnen 3 uur onder de 4 °C gekoeld moet zijn. Dit kan ook betekenen dat ongekoelde melk binnen 3 uur ingedikt moet zijn en gekoeld tot onder de 4 °C. Dit heeft weer gevolgen voor de capaciteit van de membraaninstallatie. Indikken van melk gelijk na het melken is in theorie mogelijk bij melkstallen en melkrobots. Met deze optie wordt energie bespaard op de koeling, omdat alleen de geconcentreerde melk gekoeld moet worden. Maar wanneer men UF gebruikt, hangt het af van de bestemming van het permeaat of die nog apart gekoeld moet worden of niet (beperkte houdbaarheid).

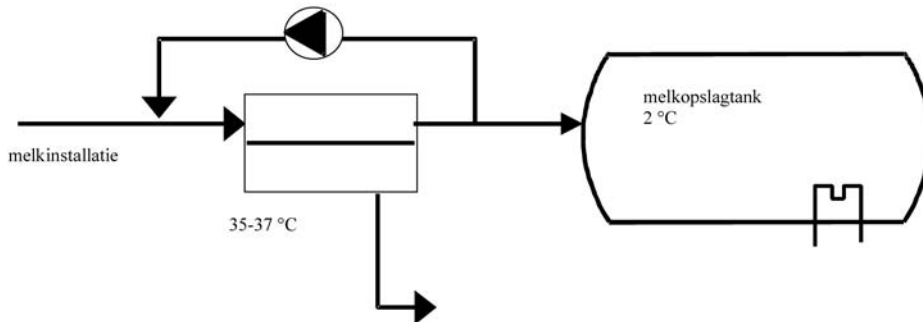


Ad 1a) Hierbij kan men werken met systemen met lage capaciteit omdat de dagproductie in ongeveer 20 uren ingedikt kan worden, vergelijkbaar met de draaicapaciteit van een melkrobot, rekening houdend met reinigingstijden.

Ad 1b) Hierbij moet men werken met systemen met hoge capaciteit om de melk snel ingedikt te krijgen. Het systeem draait dan dus maar een aantal uren per dag.

Zie bijlage 1 voor twee uitgewerkte voorbeelden en figuur 8.

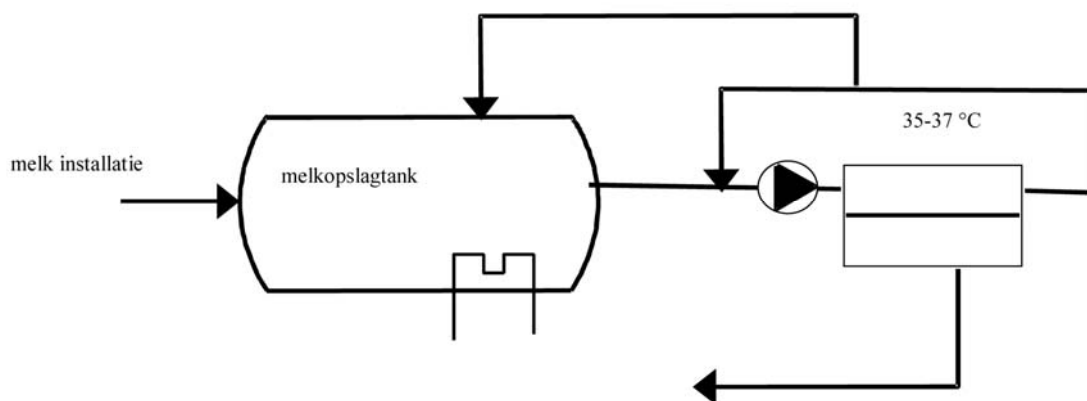
**Figuur 8** Indikken van melk gelijk na melken en voor koelen (bron: Van der Padt et al, 2001)



Ad 2a) Het indikken van melk dat gelijk na het melken is gekoeld en wordt bewaard in een melkkoeltank is mogelijk en levert naar alle waarschijnlijkheid geen problemen met de bacteriologische kwaliteit op. Door de koude melk (vetbolletjes) zullen de membranen wel eerder dichtslibben, waardoor de capaciteit/flux omlaag gaat en er ook eerder gereinigd moet worden. Het indikken duurt langer, en afhankelijk van de gewenste capaciteit zal het membraanoppervlak en de pompcapaciteit hierop aangepast moeten worden. De besparing in koelcapaciteit wordt bij deze optie niet of minder gerealiseerd.

Ad 2b) Hierbij gaat de indikinstallatie draaien zodra de melk in de tank komt tijdens en na het melken. Doordat de melk steeds circuleert wordt ze in de tank steeds dikker tot het gewenste percentage droge stof. Dit proces herhaalt zich de volgende melkmalen. Draait dus twee keer per dag een aantal uren. Zie figuur 9..

**Figuur 9** Indikken van melk op de melkkoeltank (bron: Van der Padt et al, 2001)



Indien permeaat (water bij RO; water & lactose bij UF) wordt opgeslagen, kan men het gebruiken voor reiniging of als drinkwater, maar ook voor een efficiënt reinigingsprotocol. Vóór de reiniging van de indikinstallatie kan de ingedikte melk m.b.v. permeaat verdrongen worden uit het filter de tank in. Zo treden er geen verliezen op en kan de reiniging met redelijk schone filters beginnen. Het lijkt als het ware op een soort backflush (van der Padt, 2001; J.H. Haanemaaijer, pers.med., 2009).

### 2.2.2 Toepassingen buiten het eigen bedrijf

Een andere optie die echter niet haalbaar is gebleken in een voorgaande deskstudie (Oldenhof et al 2002) is het plaatsen van een indikinstallatie op de RMO wagen. Hier zou de melk tijdens het overpompen ingedikt kunnen worden. Veehouders hoeven dan geen eigen installatie aan te schaffen, maar hierbij neemt de zuivelonderneming het initiatief tot transportbesparing. Algeheel voordeel is dat het een systeem met hoge capaciteit moet zijn met veel draaiuren en dus eerder rendabel als kleinere systemen met minder draaiuren op de bedrijven zelf. Een nadeel hierbij is dat de totale hoeveelheid melk nog wel gekoeld moet worden waardoor geen energie wordt bespaard op koeling. Een ander nadeel is dat het tijdsbestek kort is waarin moet worden ingedikt en daardoor zou de installatie zo'n grote capaciteit moeten hebben, dat het praktisch gezien niet mogelijk is zoiets te installeren op een RMO.

Ook is het mogelijk dat melkveehouders gezamenlijk een indikinstallatie op één van de bedrijven plaatsen en daar de melk van die bedrijven laat indikken. Voordeel is dat met hogere capaciteiten en langere draaitijden gewerkt kan worden. Nadeel is dat de rauwe melk alsnog gekoeld en getransporteerd moet worden naar het 'tussenverwerkingsstation'. Dit zal dus alleen rendabel zijn in extreme situaties. In het buitenland zijn deze extreme situaties wel te vinden en wordt dit ook toegepast. In Nederland valt te denken aan de Waddeneilanden, waarvandaan het transport ook duurder is dan elders in Nederland.

### 2.2.3 Aanvullingen op andere processen

Voor boerderijzuivelbereiders is een tussenstap met bijvoorbeeld UF ook denkbaar indien er zachte kaas (feta, mozzarella) of bijvoorbeeld kwark gemaakt wordt. Nederland kent één zuivelboerderij die rond 2002 ervaring heeft opgedaan met UF. De UF installatie draaide naast/op de tank net zolang tot de gewenste dikte werd behaald. De melk bevatte een relatief hoog vetgehalte. Van het ingedikte product werd dikke yoghurt gemaakt. Voorheen deed men dat met de hangopmethode. Deze ervaring was slechts van korte duur (1 jaar) omdat het niet lukte het proces te optimaliseren. Nieuwe filters draaiden de eerste weken goed, maar daarna viel de flux (permeaatstroom) na een kwartier bijna weg, ook na geregeld reinigen. Het lukte niet om de filters optimaal open te houden, ondanks dat men volledig volgens de reinigingsprotocollen werkte. Ook met een zwaardere pomp lukte het niet de flux hoog te houden. Op deze zuivelboerderij zijn ze er destijds om die reden mee gestopt (Anoniem, 2009).

## 2.3 Indampen

Een andere manier om melk in de dikken, naast de membraanprocessen, is het indampen van melk. Dat is in de industrie de meest gebruikte methode voor het indikken van melk en het maken van melkpoeder. Onder verlaagde druk en hoge temperatuur wordt water aan de melk onttrokken door verdamping.

Oldenhof et al (2002) hebben in een pre-pilot onderzoek naar de mogelijkheden van onttrekken van water uit melk ook gekeken naar de haalbaarheid van indampen. Twee manieren van indampen zijn in theorie mogelijk: thermische dampcompressie (0,30 MJ/kg verdampt water) en mechanische dampcompressie (0,10 MJ/kg verdampt water). Met beide is een drogestofpercentage van 38% haalbaar (Oldenhof et al, 2002). Thermische dampcompressie betekent dat met stoom de melk tot het kookpunt wordt verhit. Het kookpunt wordt verlaagd door middel van vacuüm om hittebeschadiging van de eiwitten te voorkomen. De vrijkomende waterdamp uit de melk moet echter wel gecondenseerd worden. Hiervoor zijn forse hoeveelheden koelwater (tientallen kubieke meters per ton waterverdamping) nodig. Een alternatief zijn de 'MVR indampers'. Deze maken op een slimme wijze gebruik van waterdamp die uit het product komt. Er is slechts beperkte behoefte aan warmte, alleen de melk een beetje voorwarmen, de rest van de energie wordt geleverd door een elektrisch aangedreven ventilator (Akkerman, 2008).

Hoewel indampen door verhitting in de zuivelindustrie op grote schaal wordt toegepast, lijkt dit proces voor de boerderij erg kostbaar vanwege hoge energiekosten en hoge investeringskosten voor apparatuur (Oldenhof et al, 2002). Ook equipmentleveranciers zien weinig mogelijkheden voor het indampen van rauwe melk op de boerderij (Van 't Riet, pers.med, 2008; E. Senior, pers.med., 2009).

De apparatuur is kostbaar omdat het veel roestvrijstaal, vacuümtechniek en de nodige automatisering omvat (C. Akkerman, NIZO food research BV, 2008). Ook zijn er aanzienlijke hoeveelheden water nodig om de waterdamp uit de melk te condenseren. De capaciteiten van de te onttrekken waterhoeveelheid uit rauwe melk bij de melkveehouder zijn voor deze twee technieken te klein volgens Oldenhof et al (2002). Met andere woorden: er is te weinig melk of te weinig water om te verwijderen op bedrijfsniveau om de capaciteit van de indampapparatuur volledig en efficiënt te benutten. Er is minimaal 100.000 liter melk per dag nodig om een indampstelsel rendabel te maken (R. Rodewijk, Van 't Riet Dairy Equipment, pers.med. 2008). GEA Process Engineering Nederland BV heeft compacte indampers (thermoccompressie) met een kleinere capaciteit van 250 tot 500 kg/h voor gebruik op kleine schaal. Het nadeel hiervan is dat deze installaties heel smal en een paar meters hoog zijn en daar zal met de bouw rekening mee gehouden moeten worden. Maar ook al zijn er kleinere installaties beschikbaar, dan nog ziet men weinig potentie voor het gebruik van indampers op boerderijniveau, omdat het duurder is dan RO (E. Senior, GEA Process Engineering Nederland BV, pers.med., 2009).

**Figuur 10** Een *pilot plant* indamper voor op kleine schaal (tot 2000 kg input per uur)  
(Bron: GEA Process Engineering)



## 2.4 Vriesdrogen

Een hele andere methode om water (volledig) uit melk te verwijderen is vriesdrogen. Het principe van vriesdrogen is dat door de lage temperatuur de watermoleculen worden opgenomen in ijskristallen, waardoor de lucht extreem droog wordt en water aan het te vriesdrogen product of object wordt onttrokken. Dit proces is gebaseerd op het verschijnsel van sublimatie: het direct overgaan van vaste vorm naar damp.

Deze methode van drogen wordt gebruikt voor bijvoorbeeld het produceren van oploskoffie of soep-uit-een-zakje en bij het conserveren van levensmiddelen en geneesmiddelen (met name poeder voor injecties en infusen). Voordeel van vriesdrogen is dat het volume en gewicht afneemt. Daarnaast

kunnen micro-organismen zoals bacteriën niet leven in een omgeving met een groot gebrek aan water en dat verlengt de houdbaarheid van gevriesdroogde producten.

Een nadeel van het vriesdrogen is dat het materiaal waaraan water wordt onttrokken vaak een verandering in de structuur ondergaat. Een ander groot nadeel is dat het proces voor veel doeleinden relatief duur is in vergelijking met andere conserveringsmethoden, zoals luchtdichte verpakking.

Bekend is dat paardenmelk vaak gevriesdroogd wordt, om bewaring en verzending te vereenvoudigen. Omdat paardenmelk gebruikt wordt voor semifarmaceutische doeleinden, is dit proces enigszins betaalbaar. Uit mededelingen van De Winter (pers. mededeling, 2008), die paardenmelk vriesdroogt, blijkt dat het vriesdrogen van 60 liter paardenmelk ongeveer 54 uur kost. Op jaarbasis verbruikt het vriesdroogapparaat 35-40.000 kWh en kost het bij aanschaf € 110.000,--. Gezien de bewerkelijkheid, kosten en capaciteit is vriesdrogen niet geschikt om melk in te dikken op de boerderij.

## 2.5 Technieken samengevat

In tabel 1 zijn de principes, voor- en nadelen van de hiervoor beschreven methoden samengevat. Vriesdrogen is hierin niet meegenomen, omdat dit geen interessante optie is voor de schaalgrootte van melkveebedrijven.

**Tabel 1** Principes, voor- en nadelen van verschillende membraanprocessen (gebaseerd op Jong, de et al., 2004)

Proces	Omgekeerde osmose (RO)	Ultrafiltratie (UF)	RO + UF	Indampen
Principe	Alleen water wordt doorgelaten door een membraan.	Water, suikers en zouten worden doorgelaten door een membraan.	Met UF vetten en eiwitten scheiden van opgeloste stoffen; met RO wordt permeaat UF behandeld; retentaat RO samenvoegen met retentaat UF. Puur water blijft over.	Onder verlaagde druk en temperatuur water in dampvorm onttrekken aan de melk.
Voordelen	Levert schoon water als permeaat. Water kan men hergebruiken. Geen kooksmaak.	Minder hoge drukken op membraan dan RO. Minder gevoelig dan RO. Retentaat geschikt voor de bereiding van kaas. Geen kooksmaak.	Minder vet en eiwitbeschadiging dan bij alleen RO.	Hoger droge stof gehalte haalbaar dan membraantechnieken
Nadelen	Hogere druk op membraan dan bij UF. Membraan slijt eerder dicht dan bij UF. Iets groter en iets duurder dan UF.	Suikers en zouten in permeaat, daardoor als afval te waardevol.	Standaardisatie proces nodig. Procesinstallatie meer complex.	Hoog energieverbruik Grote installatie. Kooksmaak.

## 2.6 Toekomstige technieken voor indikken van melk?

In principe zijn de hiervoor beschreven technieken al oud, maar dit zijn wel de technieken die de zuivelindustrie tot op het heden nog steeds gebruikt. De tijd staat niet stil en daarom is in dit project ook gekeken naar nieuwe innovatieve technieken die wellicht toekomst hebben in de melkveehouderij. Deze technieken zijn nog niet altijd toegepast op rauwe melk op boerderijniveau en deskundigen denken daarover ook verschillend. Hieronder volgt een beschrijving van mogelijke toekomstige technieken.

### Membraandestillatie

Een van de nieuwste technieken voor de productie van drinkwater uit zeewater is membraandestillatie. Memstill (met als één van de twee licentienemers Aquastill). Memstill produceert zuiver water uit vuil zeewater door destillatie (verdampen en condenseren) in combinatie met membraanscheiding. Daardoor verdampt het schone water naar buiten en wordt zo van het vuile zoute restvocht gescheiden. Door interne warmterecirculatie is slechts een kleine hoeveelheid warmte voldoende om het proces 'draaiend' te houden. Daardoor is relatief 'laagwaardige' restwarmte uit allerlei industriële processen te benutten. Dat maakt het proces goedkoper dan andere gebruikte technieken zoals RO (TNO, 2007).

De techniek werkt niet zoals bij RO met druk, maar op basis van verschillen in waterdampspanning, veroorzaakt door temperatuurverschillen.

Als deze techniek wordt vertaald naar het onttrekken van water uit melk, kan warmte als drijvende kracht worden geleverd door de melk zelf (35°C) en daarnaast door andere warmtebronnen zoals de koelmachine of andere warmtebronnen op het bedrijf (mestvergister, zonnepanelen). Water verdampt door een membraan en condenseert vervolgens op de condensor tegenover het membraan, waarvandaan het wordt afgevoerd. Er wordt gebruik gemaakt van het tegenstroomprincipe. De grote voordelen t.o.v. RO zijn dat er met minder druk wordt gewerkt (<1 bar) en dat de investeringskosten veel lager zijn (kunnen tot 50% onder gangbare installaties uitkomen). Ook het elektriciteitsgebruik is een aantal malen lager. Indien we 'gratis' warmte kunnen gebruiken, kunnen de draaikosten bijna de helft lager zijn. Er is (nog) geen ervaring met melk, maar de techniek biedt wel perspectief voor het ontwateren van melk aldus één van de grondleggers van deze techniek (J.H. Haanemaaijer, pers.med, 2009). Er zijn al experimenten gedaan met afvalwater en water waaraan karnemelk en yoghurt was toegevoegd en dat bleek mogelijk. De verwachting is dat een vergelijkbare drogestofpercentage waarschijnlijk haalbaar is in vergelijking met RO. Maar deze techniek zal men eerst in een pilot moeten testen op rauwe melk, om te onderzoeken welk type membraan gebruikt moet worden en bij welke temperatuurinstellingen de techniek werkt (J.H. Haanemaaijer, pers.med., 2009).

### Freeze-concentration

Bij freeze-concentration (FC) gaat het om het onttrekken van water uit vloeistoffen door het gecontroleerd vormen van kleine waterkristallen die vervolgens uit de vloeistof worden gezeefd. Dit gebeurt met wat men 'fluidized bed heat exchangers' noemt. De techniek staat nog in de kinderschoenen voor toepassing in de zuivel.

De insteek achter FC is behoud van kwaliteit, zowel bacteriologisch (door koude temperatuur), als behoud van structuur, aroma's, smaak en kleur. Bij indampen krijg je bijv. een kooksmaak en iets donkere kleur. Bij FC blijven deze eigenschappen intact. Een ander voordeel van FC is dat lange draaitijden gemaakt kunnen worden omdat zo koud wordt gewerkt. Daarnaast wordt bespaard op tijden voor reiniging en middelen.

Het grote nadeel van FC zijn de investeringskosten; deze zijn vele malen hoger als bij RO. FC is daarom alleen interessant als de betere kwaliteit zich laat uitbetalen en daarmee de hogere kosten kunnen worden gedekt. Tot nu toe wordt FC niet toegepast bij consumptiemelk. Er is wel wereldwijd naar gekeken en het leverde interessante toepassingen bij gebruik van FC bij ondermelk voor ijs en kaas (vetarm), maar het is (nog) niet van de grond gekomen.

FC is in theorie wel toe te passen bij rauwe melk. De rauwe melk zal men dan moeten homogeniseren of ontromen, omdat het anders gaat karnen en boter ontstaat (is ervaring mee). Volle melk kan men indikken tot 38% droge stof, aldus een leverancier van deze apparatuur (Niro, 2009), maar in kleinschalige experimenten van Habib & Farid (2007) kon tot 27% droge stof worden geconcentreerd.

Als de drie technieken waarvan bekend is dat ze puur ingedikte melk naast water opleveren, worden gerangschikt op percentage droge stof, behoud kwaliteit en prijs, van hoog naar laag, zie het er als volgt uit: (Membraandestillatie is hierin niet opgenomen, omdat hier nog geen ervaring met melk is opgedaan).



Tot nu toe wordt FC vooral toegepast bij (evt. hittegevoelige) waterige oplossingen die absoluut hun smaak en kwaliteit behouden moeten, zoals koffie, vruchtensappen, bier en wijn. Bovenstaande informatie is verkregen via equipmentleverancier Gea Messo PT (M. van Nistelrooij, pers.med., 2009).

## 2.7 Scheiden van ingrediënten uit melk

Een hele andere methode om meerwaarde uit melk te halen, is het extraheren van bepaalde kostbare ingrediënten, zoals lactoferrine. De lactoferrine kan als hoogwaardig product voor o.a. farmaceutische doeleinden worden verkocht en de overgebleven melk, met minder lactoferrine, kan worden geleverd aan de zuivelfabriek. In Nieuw-Zeeland is een scheidingsmethode (m.b.v. chromatografie) ontwikkeld om tijdens het melken van koeien in de melkrobot een deel van de lactoferrine te onttrekken aan de melk (Fee and Chand, 2006). In het proefschrift van Chand (2006) is uitgebreid beschreven hoe deze techniek is ontwikkeld en getest. De LF-concentraties in de melk variëren tussen koeien en ook binnen koeien afhankelijk van lactatiestadium. Ook de techniek bepaalt hoeveel van de LF eruit geëxtraheerd kan worden, dit varieert van 35 tot 66%. Er is ook een economische berekening gemaakt. Uitgaande van verkoop van zowel de lactoferrine als de rauwe melk (die verder van samenstelling gelijk is gebleven), werd een terugverdientijd van 5 jaar berekend en een 'rate of return' van 14,5%. Maar deze cijfers zijn sterk afhankelijk van het recoverypercentage, van de prijs van LF en de LF-concentratie in de melk. Er is gerekend met een LF-concentratie in melk van 0,1 mg/ml (kan tussen koeien variëren van 0,06-1,0 mg/ml en is erg afhankelijk van lactatiestadium), 35% recovery, een verkoopprijs van de LF van \$ 400,-/kg en een investering van \$ 120.000,-.

Deze technieken zijn vooral interessant als bepaalde waardevolle componenten in melk te sturen zijn met voeding of fokkerij. De melkveehouder wordt op deze manier een ingrediëntenleverancier. Een voordeel van de techniek is dat na aanpassing van het extractieproces er ook andere eiwitten mee gefractioneerd kunnen worden.

**Figuur 11** Protein fractionation robot (PFR) (Chand, 2006)



In de studie van Chand (2006) werd bovenstaande protein fractionation robot (PFR) ontwikkeld. Deze unit werd tussen de melkrobot en de melktank geïnstalleerd. De PFR werkte bij 35 °C. In de studie met 16 koeien slaagde Chand erin om 36% meer LF te scheiden dan in de fabriek normaliter gebeurt, waarschijnlijk omdat het proces zo snel na de melkwinning bij warme temperatuur gebeurt.

### 3 Verwerking en kwaliteit van ingedikte melk

#### 3.1 Verwerking ingedikte melk

In tegenstelling tot rauwe melk, dat men overal voor kan gebruiken, hangt het af van het type ingedikte melk wat ervan gemaakt kan worden. De Warenwet speelt hierbij ook een rol (zie hoofdstuk 6).

De indikprocessen produceren verschillende typen ingedikte melk. Omgekeerd geredeneerd zal men afhankelijk van het te produceren eindproduct (poeder, kaas e.d.) een membraanproces moeten kiezen.

De verwerkbaarheid van geconcentreerde UF en RO melk is beschreven door El-Gazzar en Marth (1991) in een reviewartikel.

##### *RO melk*

Vanuit verwerkingsoogpunt is RO retentaat als voorbewerkt product voor koffiemelk, gesuikerde condens of melkpoeder erg geschikt. Het terugverdunnen tot consumptiemelk is mogelijk, maar de vraag is of de consument dat wil, want melk wordt toch gezien als een natuurproduct. Voor yoghurt en vla geldt ook dat de melk weer aangengelend moet worden, maar dit heeft geen negatief effect op de smaak, soms zelfs beter beoordeeld.

Voor ijs geldt dat deze bij traditionele bereiding wordt gemaakt uit room, magere melkpoeder en ondermelk. Dit kan men in theorie vervangen door ingedikte melk, maar standaardisatie is dan nog wel nodig. Ook hier geldt dat het ijs soms beter werd beoordeeld door afwezigheid van de kookmaak. De productie van ijs met RO melk zou zelfs goedkoper kunnen zijn (Dairy Management Inc. 2000).

##### *UF melk*

Het UF retentaat is vooral geschikt voor bereiding van verschillende (zachte) kaassoorten. Voor de productie van zachte kazen zoals feta kun je zelfs 100% UF melk gebruiken (El-Gazzar en Marth, 1991).

Door het insluiten van wei-eiwitten en meer calciumfosfaat kan de kaasopbrengst hoger zijn dan bij traditionele kaasbereiding (El-Gazzar en Marth, 1991). Dairy Management Inc. schrijft in haar stuk 'Innovations in Dairy' (2000) dat het vervangen van 10-15% van de kaasmelk door UF melk de opbrengst met 18% kan verhogen. Ook C. Buijsse (1999) vond een mogelijk hogere kaasopbrengst. Zij deed een onderzoek naar de toevoeging van UF melk bij de bereiding van Goudse kaas (volgens Warenwet niet toegestaan). Het eiwitverlies bij de productie van Goudse kaas bleek met een derde te verminderen. Bij de traditionele kaasbereiding gaat de wei met de daarin oplosbare eiwitten verloren. De rijping wordt echter wel vertraagd en heeft invloed op het eindproduct. De hoeveelheid UF melk die wordt toegevoegd aan de kaasmelk beïnvloedt dit proces.

Het vervangen van een deel van de normale kaasmelk door UF melk leidt tot een absolute verhoging van de kaasopbrengst. 100 kg normale melk leidt bv tot 10 kilo kaas. 80 kg normale melk en 20 kg UF melk zal in theorie leiden tot 120 kg kaas (want het is eigenlijk 80 + 40 kg melk). Maar de vraag of toevoeging van UF melk leidt tot nog meer opbrengst zoals werd gesuggereerd in het stuk van Dairy Management Inc. (bv 5% extra) hangt af van de huidige stand der techniek die wordt gebruikt. De bovengenoemde onderzoeken zijn verouderd. Volgens Friesland Campina (Van der Padt, pers.med., 2009) is het kaasproces in de fabriek ondertussen zo geoptimaliseerd dat het toevoegen van UF melk voor extra opbrengst weinig verschil meer maakt. Ofwel: het vervangen van een deel van de kaasmelk door UF melk leidt wel tot een absolute verhoging van de kaasopbrengst, maar de extra opbrengst daarboven (5%) wordt ondertussen ook al gehaald door geoptimaliseerde technieken in de fabriek. De eiwitten worden al optimaal ingesloten door een stukje verhitting. Het toevoegen van een deel UF melk zou het 'verhitstapje' kunnen vervangen, maar Van der Padt ziet door meer werk en daardoor kosten toch geen voordeel voor het invoegen van UF melk bij de kaasmakerij.

Daarnaast moet men het proces in de kaasfabriek erop afstemmen om te voorkomen dat de capaciteit niet optimaal wordt benut of dat de extra hoeveelheid kaas niet kan worden verwerkt e.d. Het werken met wisselende percentages droge stof is lastig i.v.m. receptuur (Van der Padt, 2009). Het kan dus alleen indien de processen in de fabriek erop afgestemd worden en er gewerkt wordt met constante toevoer van normale/UF melk. Toevoeging van UF melk levert wel minder wei op.

In Amerika wordt op enkele melkveebedrijven gewerkt met UF en kaasfabrieken nemen het retentaat af. In tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de mogelijkheden om UF en RO retentaat en ingedampde melk te verwerken tot zuivelproducten.

**Tabel 2** Overzicht van mogelijkheden voor de verwerking van RO en UF retentaat en ingedampde melk

	RO retentaat	UF retentaat	Ingedampde melk
Globale samenstelling	Vet, eiwit, lactose, zouten	Vet, eiwit, klein deel lactose	Vet, eiwit lactose, zouten
Zuivelproducten			
Consumptie-melk	Water toevoegen en verhitten. Ingedikte melk verhitten en door consument laten aanlengen met water kan ook.		Door consument of door zuivelfabriek laten aanlengen met water (reconstituëren genoemd).
Yoghurt	Organoleptisch beter beoordeeld dan traditionele*. Bulgaarse yoghurt is goed te maken.	In theorie mogelijk.	Bulgaarse yoghurt is goed te maken.
Geëvaporeerde melk (koffie-melk) en melkpoeder	Onderdeel van het bedrijfsproces en goed mogelijk om het ingedikte product verder te verwerken.	Zanderige smaak in gesuikerde condens is niet aanwezig bij gebruik UF.	Zeer goed mogelijk.
IJs	Goed mogelijk. Door afwezigheid kooksmaak soms beter beoordeeld dan ingedampde melk.		Goed mogelijk
Boter	Technisch goed mogelijk. Wel enige smaakverschillen*		
Kaas	Cheddar is goed te maken. Goudse kaas uit ingedikte melk met 20% droge stof is goed mogelijk*	Door toevoegen van deel UF melk is in theorie iets hogere (5%) kaasopbrengst mogelijk door insluiting wei-eiwitten. Door hogere bufferende capaciteit duurt rijping langer. UF melk geschikt voor verse zachte kaas.	Is mogelijk, maar de indampstemperatuur moet dan niet boven de 75°C te hoog zijn geweest.
Wei	Veel toegepast om wei te concentreren en te verwerken tot weipoeder, wei-eiwit poeder, gedemineraliseerde weipoeder en op wei gebaseerd diervoer***	Veel toegepast bij weiverwerking. Ontzouten van wei is belangrijk effect.	Is mogelijk.

\* De Jong et al, 2004

\*\* Johnson & Lucey, 2006

\*\*\* El-Gazzar, 1991



### 3.2 Mogelijkheden verwerking permeaat van RO en UF

In principe bestaat het RO permeaat alleen uit water en kunnen we het hergebruiken op het melkveebedrijf als reinigingswater of drinkwater voor vee. Helemaal zuiver hoeft het niet te zijn. Er kan nog een laag gehalte aan voedingsstoffen aanwezig zijn. Dit betekent dat als men het permeaat niet direct hergebruikt, bijv. voor reiniging, dat het moet worden geconserveerd (De Jong, 2004).

Het UF permeaat bevat naast water ook lactose. Daarvoor moeten we een goede bestemming zoeken, omdat het toch een waardevolle voedingsstof is. El- Gazzar (1991) geeft de volgende mogelijkheden voor het verwerken van UF permeaat, dat bestaat uit water, zouten en een gedeelte van de lactose.

- Door hydrolyse en deionisatie omzetten in glucosestroop
- Door fermentatie omzetten in alcohol
- Lactose laten kristalliseren
- Door fermentatie melkzuur laten produceren
- Door fermentatie biocinen laten produceren
- Als diervoer aanwenden
- Biomassa door fermentatie
- Likstenen van maken door indikken en indampen

In 2000 is door ID-Lelystad een deskstudie gedaan naar de mogelijkheden om UF permeaat te gebruiken als voedermiddel voor melkkoeien. De conclusie was dat als de veehouder permeaat aan koeien voert, het rantsoen daar op aangepast moet worden, waarbij men vooral moet letten op structuraanbod en eiwitaanbod. De kans bestaat dat de structuurwaarde van het totale rantsoen te laag wordt en om dat te voorkomen, zal de krachtvoergift omlaag kunnen. Het verstrekken van grote hoeveelheden lactose heeft geen nadelige effecten te hebben voor productie of diergezondheid. Men moet wel letten op goede hygiëne van de leidingen en drinkbakken. Een idee is om het permeaat na het melken te verstrekken en tussen de melkbeurten door het systeem te reinigen. Ook is de houdbaarheid een punt: na 48 uur treedt smaakverandering op.

Todd Hutson van Filtration Engineering (2008) geeft aan dat het UF permeaat in USA wordt gebruikt als drinkwater voor koeien, of het gaat in de mestvergister voor extra methaan, of het wordt uitgereden op het land; maar dat laatste is aan regels gebonden.

### 3.3 Effect van indikken op productkwaliteit

#### Bacteriële kwaliteit

Door de grotere bufferende eigenschappen van geconcentreerde melk door UF of RO duurt de verzuring door melkzuurbacteriën langer. Omstandigheden voor groei en remming van ziekteverwekkende bacteriën zijn anders in gefiltreerde dan in ongefiltreerde melk. Er zijn bijvoorbeeld relatief meer voedingsstoffen aanwezig die de groei kunnen bevorderen.

In tabel 3 staat een overzicht van literatuurgegevens over de kwaliteit van ingedikte melk met behulp van RO en UF. Over kwaliteit van rauwe melk na indikken zijn beperkt gegevens beschikbaar. Veel onderzoek is verouderd en uitgevoerd in ondermelk en niet in volle melk. Het vet in volle melk kan bijvoorbeeld remmend werken op de afdoding van bacteriën. In tegenstelling tot de huidige praktijk in de USA gaan de verouderde onderzoeken vooral over omgekeerde osmose bij hogere temperaturen. In de USA stelt de FDA (Grade A Pasteurized Milk Ordinance, 2007) regelgeving dat membraanprocessen op de boerderij uitgevoerd mogen worden tot maximaal 18 °C. In de praktijk gebeurt dit volgens equipmentleveranciers vooral bij 7 °C, omdat dan een betere houdbaarheid gegarandeerd kan worden (Hutson, pers.med., 2009).

Uit de literatuur blijkt dat indikken bij een temperatuur tussen de 30-40 °C het kiemgetal verhoogt, meer dan wat je op basis van de indikfactor zou verwachten. Dat betekent dat zonder een koelstap vóór het indikken, het proces snel moet verlopen om de kwaliteit te handhaven. Een eis kan zijn om binnen een bepaald aantal uren de melk in te dikken en daarna snel te koelen tot <4 °C, of blijven bij de huidige eis om na de melkwinning de melk binnen 3 uur te koelen tot < 4°C (inclusief de indikstap). In de literatuur worden ook systemen vermeld waarbij de melk wordt gethermiseerd (15 sec, 72 °C) voor het indikken. Het is de vraag of dit wenselijk is om ook op de boerderij te doen, omdat dat weer een extra processtap is.

Ervan uitgaande dat de ingedikte melk aan minimaal dezelfde kwaliteitseisen moet voldoen als rauwe melk is het belangrijk om ervoor te zorgen dat het uitgangsmateriaal een erg goede bacteriologische kwaliteit heeft. Equipementleverancier MSS Incorporated adviseert een kiemgetal na te streven van ongeveer een derde van het 'normale gemiddelde' (MSS Incorporated, 2009). Want niet alleen de melk wordt ingedikt, maar ook de concentratie aan bacteriën. Daarnaast moet, om bacteriegroei niet teveel te stimuleren, de temperatuur niet te lang te hoog zijn. Volgens equipmentleverancier Filtration Engineering (Todd Hutson, pers. med, 2009) proberen hun klanten de temperatuur ook tijdens het indikproces zo laag mogelijk te houden om de best mogelijke kwaliteit te handhaven. Eén belangrijk risico is besmetting van ingedikte melk vanuit de filters die niet goed gereinigd zijn. Bij het concentreren van melk op de boerderij moet de reiniging en desinfectie goed geborgd zijn en moet een risicoanalyse voor ziekteverwekkende bacteriën uitgevoerd worden. Voor het behoud van de bacteriologische kwaliteit zijn cruciaal: het goed kunnen reinigen van de membranen, de tijdsduur van het proces, de procestemperatuur, de kwaliteit van het uitgangsmateriaal en de tijd tot koeling.

**Tabel 3** Samenvatting literatuurgegevens over de kwaliteit van ingedikte melk

	Omgekeerde osmose	Ultrafiltratie
Bacteriologische kwaliteit	Bij procestemperatuur van 50 °C vond men een lager kiemgetal en psychotrofen dan bij 45 °C. Bij >7 uur productietijd: stijging kiemgetal en thermofielen (Versteeg et al., 1990).	Bacterie aantallen bij UF retentaat gelijk aan die in rauwe melk (Zall, 1984).
	Kiemgetal ingedikte melk gelijk aan niveau rauwe melk na 50% indikken bij 50 °C en 10 dagen bij 4 °C na reconstitutie. Aantallen psychotrofen, proteolytische, lipolitische en coliforme bacteriën zelfs lager dan in rauwe melk (Cromie and Schmidt, 1986). Opm.: processtap van 50 °C lijkt op lichte vorm van thermisatie.	
	Kiemgetal stijgt na RO bij 30 of 40 °C, daling bij 50-55 °C. Geen significante verschillen in houdbaarheid van gepasteuriseerde melkproducten gemaakt van controle melk en RO melk (Drew and Manners, 1985).	
	RO bij verse schapenmelk op 40 °C leidde tot een verhoogd kiemgetal, hoger dan je op basis van indikfactor mocht verwachten (Voutsinas et al, 1996).	
Vrije vetzuren	FFA was iets verhoogd, maar niet significant (Voutsinas et al, 1996).	
	FFA niet beïnvloed wanneer melk verhit (10-20 sec bij 70 °C) was voor het indikken (bij 52-54 °C) (Zall, 1984).	
	FFA van licht gepasteuriseerde melk (21 s bij 65 °C) steeg tijdens RO. Van gepasteuriseerde melk (15 s bij 72 °C) steeg FFA niet. Druk regulatie op de apparatuur verlaagde de toename in FFA (Barbano et al., 1983). RO werd bij 30 °C uitgevoerd.	
	RO bij verse schapenmelk op 40 °C leidde tot kleine verhoging van FFA (niet significant; (Voutsinas et al, 1996).	

FFA = free fatty acids

### **Vetbolbeschadiging**

In melk komt van nature het enzym lipase voor, dat het melkvet kan afbreken (splitsen), waarbij vrije vetzuren worden gevormd. Vetbolletjes zijn omgeven door een zeer dun oppervlaktelaagje dat samenvloeien van het melkvet voorkomt. Het oppervlaktelaagje beschermt de vetbolletjes tegen de inwerking van dit enzym. Indien vetbolletjes worden beschadigd, kan het enzym actief worden en vetsplitsing veroorzaken. De mate van vetsplitsing wordt uitgedrukt in 'zuurtegraad van het melkvet', en geeft aan de hoeveelheid vrije vetzuren per 100 g vet. Bij een te hoge zuurtegraad van het melkvet treden smaakafwijkingen (zepig, ranzig) in de melk op.

In de literatuur zijn soms effecten te zien van indikken op het voorkomen van vrije vetzuren in de melk. Uit de literatuur blijkt dat pasteurisatie vóór indikken gunstig kan werken (inactieveert lipase). Maar ook snel koud verwerken kan gunstig werken.

Het roeren van de rauwe melk vóór het indikken is beter voor de vetbolletjes, voorkomt samenklonteren en dichtslibben van membranen (E. Senior, pers.med., 2009). Bij het NIZO is in de jaren 80 onderzoek gedaan naar de toepassing van RO op boerderijmelk. Toen is ook onderzocht of vetbolbeschadiging optreedt. Daaruit bleek dat het niet zozeer kwam door de pomp of de membranen, maar door het reduceerventiel en daarvoor zijn oplossingen gezocht (Jan Henk Haanemaaijer, pers.med., 2009).

De effecten op vetbolbeschadiging zouden in een pilot moeten worden onderzocht, ook in relatie tot de temperatuur.

## 4 Ervaringen in de buitenlandse praktijk

Het land waar de meeste ervaring is met het indikken van rauwe melk op boerderijniveau is de USA. In de USA is ultrafiltratie van rauwe melk commercieel haalbaar, maar wordt slechts in een paar staten op enkele zeer grote melkveebedrijven toegepast. De melk wordt vaak geleverd aan kaasfabrieken in de USA voor gebruik bij standaardisatie van kaasmelk of toegevoegd aan melk om de opbrengst te verhogen. UF melk mag van de wetgevende instantie (Food and Drug Administration, FDA, 2007) worden toegepast bij de bereiding van Cheddar, Mozzarella en Zwitserse kaas. Er is discussie over het mogen toepassen van UF melk bij bereiding van elk type kaas (Johnson & Lucey, 2006).

Ervaringen en aanbevelingen van leveranciers van UF en RO apparatuur (Filtration Engineering en Membrane System Specialists) staan uitgebreid beschreven in bijlage 2. Volgens beide leveranciers is er meer vraag naar UF systemen dan RO systemen. Indampers zijn te duur en worden niet geplaatst op melkveebedrijven. Over het algemeen hebben de melkveebedrijven 2500-5000 koeien en zitten ze ver van de fabriek af. Ze verkopen de ingedikte melk veelal aan kaasfabrieken. Todd Hutson van Filtration Engineering in Minnesota (pers.med., 2008) geeft aan dat het daar pas economisch uit kan vanaf 2500 koeien, een UF systeem kost dan \$ 400.000,- (exclusief installatiekosten). Tot nu toe zijn er nog maar weinig aantallen, maar de vraag neemt wel toe. Hem is opgevallen dat boeren vaak geen idee hebben waar het over gaat, totdat ze zoiets gezien hebben. De ondernemer moet een markt hebben voor zijn product en weten wat hij met het permeaat gaat doen voordat hij eraan begint. Hutson is ook in gesprek met groepjes boeren die gezamenlijk een systeem willen kopen.

Craig Rasmussen van Membrane System Specialists (MSS) uit Wisonsin vertelt dat de meeste klanten van hun bedrijven 100.000 tot 450.000 liter melk per dag produceren en vooral in afgelegen gebieden liggen. Melkveebedrijven die ermee beginnen durven te investeren onder het motto 'it takes money to make money'. Zij verwachten dat de investeringen zich op de langere termijn terugverdienen doordat het proces uiteindelijk efficiënter is. De markt voor ingedikte melk is goed, aldus Rasmussen. Hij schat dat er in de staat Wiconsin ongeveer op 12 melkveebedrijven een membraansysteem is geïnstalleerd.

Ook in Latijns-Amerika is ervaring met RO systemen op een melkveehouderij, met als doel transportkosten te besparen (E. Senior, pers.med., 2009).

Een van oorsprong Nederlandse melkveehouder uit Californië heeft ook interesse in het indikken van melk en dan vooral om transportkosten te besparen, waar hij aan moet meebetalen. De transportkosten zijn erg gestegen de laatste jaren door de gestegen olieprijs. Hij melkt momenteel 1500 melkkoeien, maar door de hoge melkproductie van zijn koeien, zou een indikinstallatie nèt uit moeten kunnen. Normaal kan het pas uit bij ongeveer 2000 melkkoeien. Het gesprek met deze melkveehouder maakte duidelijk dat de afnemer van zijn 'gewone' melk, een kaasfabriek, ook geïnteresseerd is in ingedikte melk, omdat het vervangen van een deel gewone melk door dezelfde hoeveelheid UF melk een hogere opbrengst geeft en daarnaast minder wei oplevert. Dit gaat zelfs zo ver dat de afnemende kaasfabriek en de veehouder in onderhandeling zijn over het mede-investeren in de installatie (Anoniem, 2008).

## 5 Visies van afnemers

Een aantal afnemers van melk heeft zelf ook (in vertrouwelijke studies) de economische haalbaarheid van indikken op boerderijniveau bekeken. Hetzij door een indikinstallatie op het bedrijf zelf, hetzij door een installatie op de RMO, waarbij het permeaat bij de boer achterblijft. Geen van deze studies heeft tot een vervolg geleid.

Onderstaand stuk over visies bij de afnemers is gebaseerd op gesprekken met grotere en kleinere afnemers.

Voor zuivelondernemingen spelen drie zaken een hoofdrol: de logistiek, bruikbaarheid en kwaliteit. Voor een zuivelonderneming is het pas echt interessant als een complete RMO gevuld kan worden met ingedikte melk. Met een mengsel van ingedikte en normale rauwe melk, is het probleem dat het drogestofpercentage niet bekend is en dat moet de fabriek wel weten voordat het product arriveert. Een toekomstig idee is misschien om in één regio met grote melkveebedrijven de melk in te dikken en die gezamenlijk in één RMO op te halen. Een voorbeeld hiervoor zijn de Waddeneilanden, waarvoor de transportkosten hoger liggen als in andere regio's in NL. In de RMO planning moet rekening worden gehouden met (de duur van) het indikproces op het melkveebedrijf. Kleinere ondernemingen met leveranciers door het hele land zien veel potentie in besparing van transportkosten. In de visie van enkele vertegenwoordigers van de zuivelindustrie, ligt de meeste potentie misschien wel in het indikken m.b.v. RO, waarna de ingedikte melk aan poederfabrieken geleverd kan worden. Dan is het nog wel de vraag of die ook niet-ontroomde ingedikte melk kunnen verwerken. Poeder heeft de voorkeur, omdat dat een robuuster product is en minder precies komt qua proces als kaas. Maar het is niet zo dat als een poederfabriek volledig ingedikte melk krijgt met 25% drogestof i.p.v. 12,5% drogestof er dan ook de helft minder energie nodig is voor het indamproces. In poederfabrieken geldt dat de eerste stappen van indikken makkelijker gaan dan de laatste stappen, omdat die relatief gezien veel meer energie kosten. Daardoor zou het verwerken van ingedikte melk aan poederfabrieken minder voordeel opleveren dan je in eerste instantie zou verwachten. Bij verwerking van UF melk in kaasfabrieken geldt dat daar de receptuur heel nauwkeurig komt, de aanvoer en samenstelling moet dan echt heel constant zijn. Een voordeel is dat men de apparatuur efficiënter kan benutten als het proces erop ingericht zou worden om een deel UF melk te verwerken. Zonder aanpassing van proces gaat het ergens knellen: of er wordt met niet-volle kaastobbes gewerkt of de productieopslag is te klein. Het meest aantrekkelijk is het dan voor nieuw te bouwen fabrieken die hun proces en apparatuur erop kunnen inrichten of voor de kleinere verwerkers die flexibeler kunnen inspelen op de aanvoer. De theorie dat insluiting van UF melk leidt tot relatief meer kaasopbrengst door meer insluiting van wei-eiwitten werd gerelativeerd door een zuivelonderneming, omdat zij naar eigen zeggen het kaasproces de laatste jaren al dusdanig hebben geoptimaliseerd dat daar weinig winst meer te behalen valt. Producenten van zachte kazen zoals feta zijn wellicht wel geïnteresseerd in verwerking van 100% UF melk.

De zuivel maakt zich wel zorgen om de kwaliteit van de melk, zoals kiemgetal, maar vooral eventuele vetbeschadiging en de ranzige smaak die dat aan de melk kan geven.

Als belangrijkste geldt dat verwerkers pas geïnteresseerd zijn als het voor de onderneming uiteindelijk ook winst oplevert. Een belangrijk discussiepunt is of de rekenregels voor normale rauwe melkuitbetaling nog steeds gehanteerd kunnen worden of toch niet, denk hierbij aan de negatieve grondprijs per kilo melk. Indien een melkveehouder melk wil gaan indikken, moeten sowieso gesprekken over afname en productprijs plaatsvinden, omdat de melkveehouder zelfzuivelaar wordt volgens de wetgeving. Een melkveehouder kan niet van de ene op de andere dag ingedikte melk gaan leveren alsof het rauwe melk is.

## 6 Wet- en regelgeving

Dit hoofdstuk kwam tot stand met medewerking van het Productschap Zuivel.

Voor het indikken van melk op de boerderij geldt geen specifieke wetgeving. In de USA kent men de FDA (Grade A Pasteurized Milk Ordinance, 2007) regelgeving, die stelt dat membraanprocessen op de boerderij uitgevoerd mogen worden tot maximaal 18 °C. Er worden geen specifieke eisen gesteld aan rauwe ingedikte melk qua kwaliteit, het moet aan dezelfde eisen voldoen als gangbare rauwe melk.

In Europa is er dus geen specifieke wetgeving voor het indikken van melk op boerderij niveau, omdat dit (nog) niet gedaan wordt. De wetgeving in Nederland is op dit moment zo ingericht dat zodra er aan de rauwe melk iets onttrokken of toegevoegd wordt, de wetgeving rond 'de verwerking van melk' in werking treedt. De melkveehouder wordt dan 'boerderijzuivelbereider' of 'zuivelverwerker', afhankelijk van zijn activiteiten. Dit geldt dus zowel voor het maken van kaas als voor het indikken van melk op de boerderij, want dan wordt water onttrokken aan de rauwe melk. Er zijn wel eisen voor de kwaliteit van gepasteuriseerde melk, maar niet voor rauwe ingedikte melk.

### 6.1 Quotum

Onbewerkte melk valt binnen de quoteringsregeling onder fabrieksquotum. Zodra men melk gaat bewerken op de boerderij, wordt het een zuivelproduct en voor de verkoop ervan is een quotum voor 'rechtstreekse verkoop' nodig, een 'consumentenquotum'. Voor 1 januari van ieder nieuw jaar kan een aanvraag tot omzetting ingediend worden. In 2008 was er in Nederland ongeveer 72 miljoen kg consumentenquotum en meer dan 11 miljard kg fabrieksquotum. Omzetting van fabrieks- naar consumentenquotum betekent vaak dat veehouders lid af worden bij de zuivelcoöperaties.

### 6.2 Registratie of erkenning

Een bedrijf dat rauwe melk verwerkt tot een product moet óf worden erkend óf worden geregistreerd. Beide geschiedt door het COKZ.

Registratie is nodig voor melkveebedrijven die zuivelproducten bereiden (bijv. ijs of kaas) en alles direct aan de eindverbruiker / consument verkopen. Boerderijzuivelbereiders die hun producten uitsluitend rechtstreeks aan consumenten verkopen, zijn dus registratieplichtig.

Erkenning is nodig voor verwerkers van melk die hun product leveren aan de handel. Hierbij betreft het ook vaker een zuivelverwerker of kleinschalige zuivelfabriek.

Voor het indikken van melk op de boerderij geldt dat de ingedikte melk waarschijnlijk wordt geleverd aan andere zuivelverwerkers en dus moet de melkveehouder een erkenning aanvragen. Hij wordt een (kleinschalige) zuivelfabriek.

Een boerderijzuivelbereider die het indikken van melk als onderdeel van zijn proces maakt en nog steeds de producten alleen rechtstreeks aan consumenten verkoopt, blijft registratieplichtig. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn bij een bedrijf dat ultrafiltratie gebruikt voor het maken van fetakaas. Een bestaande boerderijzuivelbereider die melk gaat indikken en leveren aan de handel, wordt dus beschouwd als een verwerker en wordt erkenningsplichtig.

Een melkveebedrijf dat melk wil gaan indikken moet de erkenning aanvragen bij het COKZ. Om voor erkenning in aanmerking te komen, moet de melkveehouder voldoen aan de eisen van het hygiënepakket. Het COKZ controleert en beoordeelt of daaraan wordt voldaan.

De bedrijven waar het COKZ toezicht uitvoert, neemt het COKZ op in een register. Het COKZ draagt er zorg voor dat dit register ter beschikking staat van de VWA. Bedrijven die zijn opgenomen in het COKZ-register hoeven zich dus niet nogmaals bij de VWA te laten registreren.

Daarnaast blijven de huidige eisen van kracht voor de productie van boerderijmelk zoals die nu staan in kwaliteitsborgingsystemen van de zuivel, zoals KKM en Qarant.

### 6.3 Kwaliteit- en hygiëne-eisen

De EU-hygiëneverordeningen zijn in Nederland vertaald in COKZ-regelgeving. Het hygiënepakket voor zuivelbedrijven stelt eisen aan de volgende onderdelen:

- Aard van de producten en processen
- Documentatie
- HACCP
- Kwaliteit boerderijmelk en grondstoffen
- Bereiding- en opslagruimten en inrichting van het bedrijf
- Installaties
- Reiniging en desinfectie
- Water
- Wering en bestrijding van ongedierte
- Besmettingsrisico ander producten
- Persoonlijke hygiëne
- Opleiding en instructie van personeel
- Kruisbesmetting
- Hittebehandeling
- Opslag
- Koelen en invriezen
- Verpakken, etiketteren, begeleidende documenten
- Transport
- Bemonstering en onderzoek

Voor de *fabrieksmatige bereiding* en *boerderijzuivelbereiding* zijn toelichtingen opgesteld. Voor het indikken van melk geldt dat aan de eisen van *fabrieksmatige bereiding* voldaan moet worden. Deze bevatten iets meer HACCP- regels dan voor boerderijzuivelbereiding. De toelichtingen zijn te vinden op [www.cokz.nl](http://www.cokz.nl) (diensten, toezicht naleving EU-hygiëneverordeningen).

Praktisch betekent deze wetgeving dat er een speciale bereidingsruimte moet komen voor het indikken van melk en dat deze ruimte hygiënisch is ingericht. Verder moet men tijdens het indikproces de nodige controles uitvoeren en monsters nemen.

### 6.4 Eisen aan de verwerking

Volgens het Productschap Zuivel zijn er geen beperkingen op het gebied van productenassortiment dat een boerderijzuivelbereider of kleinschalige fabriek mag maken (behoudens producten met een oorsprong- of naambescherming).

Het Warenwetbesluit zuivel geeft voorschriften voor de bereiding van een aantal zuivelproducten. Voor de vraag of men ingedikte melk mag gebruiken voor verschillende producten, moet men de eisen die aan de verschillende producten worden gesteld, nalopen. Dit is echter de verantwoordelijkheid van de afnemer die de ingedikte melk van de melkveehouder koopt en verwerkt. De verwerker van de ingedikte melk moet ook letten op de etikettering van zijn product, de basis of grondstof is immers geen verse melk meer.

*Als voorbeeld worden hier de eisen aan het product kaas beschreven.*

Voor kaas schrijft het Warenwetbesluit Zuivel dat de aanduiding 'kaas' uitsluitend mag worden gebruikt voor het zuivelproduct dat we verkrijgen door 1) stremming van uitsluitend koemelk, *waaraan al dan niet melkbestanddelen zijn toegevoegd of onttrokken*; 2) verwijdering van wei en 3) rijping tot de waar gereed is voor consumptie.

Dit betekent dat een deel ingedikte melk kan worden toegevoegd aan het kaasprocedé. Maar voor bepaalde kazen gelden nadere specifieke eisen voor de bereiding. Voor bijvoorbeeld Edammer en Goudse kaas geldt dat uitsluitend gebruik mag worden gemaakt van koemelk, zonder dat daaraan stoffen zijn toegevoegd of onttrokken. Dus voor deze kazen geldt dat daarvoor de wet nu (nog) het gebruik van ingedikte melk niet toestaat.

## 7 Economie

### 7.1 Eerdere studies naar de economische haalbaarheid van indikken

In het verleden is al vaker onderzoek uitgevoerd naar de economische haalbaarheid van indikken van melk op de boerderij. In een pre-pilot onderzoek naar het onttrekken van water uit melk in de zuivelketen (Oldenhof et al, 2002) wordt berekend dat de grootste transportwinst en energiebesparing kan worden behaald door het concentreren van melk op de boerderij uit te voeren. De globale berekeningen kwamen echter uit op een terugverdiertijd van 100 jaar (inclusief besparing op indampen). Dit werd verklaard door de hoge investeringskosten bij een kleine capaciteit en een relatief lage bedrijfstijd. Bij de berekeningen is uitgegaan van het warm indikken van melk (37 °C), indikken tot 25% drogestof (factor 2) vervolgens opslag en koeling en transport. Er is uitgegaan van een gemiddeld bedrijf met een quotum van 500.000 kg melk per jaar. Bij een investering in de RO-installatie van € 70.000,-- bedroeg de jaarlijkse besparing € 407,-- per jaar.

Een andere studie van Senter Novem (Oldenhof, 2004) over energieverdeling in de verschillende schakels in de zuivelketen geeft aan dat transport van rauwe melk slechts 1% van het energieverbruik behelst.

De voerproductie voor melkvee vraagt 45%, brandstoffen en elektriciteit op de boerderij 10%, terwijl melkverwerking 21% van het totale energieverbruik voor haar rekening neemt. Bij de berekeningen is uitgegaan van 10,3 miljoen ton melk, waarbij 14% wordt verwerkt tot consumptiemelkproducten, 61% tot kaas en 25% tot melkpoeder en koffiemelk. De impact voor wat betreft energiebesparing en haalbaarheid bij indikken van melk wordt in deze studie als redelijk beoordeeld op een 5-puntsschaal van erg groot tot erg klein.

Friesland Coberco Dairy Foods B.V. heeft in een studie gefinancierd door Senter Novem (Jongsma, 2004) gevonden dat voor scheiding van melk op de boerderij een terugverdiertijd van 2 jaar wordt verkregen bij een melkproductie van 13,4 miljoen liter per jaar. Dit is te bereiken met ongeveer 1600 koeien. Deze schaalgrootte is voorlopig in Nederland niet reëel. In een eerdere niet-gepubliceerde studie van Friesland Coberco Dairy Foods (2001) is ook gekeken naar de mogelijkheden van UF op boerderijniveau. Daarbij zijn drie mogelijkheden onderzocht: 1) UF tijdens het melken; 2) UF van melk opgeslagen in de tank; 3) UF start 20 uur voordat de RMO komt. De extra kosten werden geschat op € 2,50 tot € 4,50 per 100 kg melk.

Er is bij al deze berekeningen geen rekening gehouden met een hogere uitbetalingprijs van de ingedikte melk. In theorie is dit mogelijk, want de zuivelverwerker krijgt een voorbewerkt product geleverd dat bij verdere verwerking tot condens of melkpoeder al een aanzienlijke voorbewerking heeft ondergaan.

We merken op dat het eerste deel van het verwijderen van water uit melk relatief eenvoudig gaat, het laatste deel kost relatief meer tijd, energie en dus ook geld.

### 7.2 Kosten en capaciteit

In deze paragraaf gaan we in op de kosten van het toepassen van technieken als RO en UF op de boerderij. Zoals eerder beschreven kunnen er verschillende technieken worden toegepast, de uiteindelijke keuze voor RO of UF hangt in hoge mate af van de bestemming van de ingedikte melk. Zowel RO- als UF-systemen vergen aanzienlijke investeringen, ook bij toepassing op de boerderij. RO- en UF-systemen zijn leverbaar in verschillende capaciteiten, variërend van 100 kg/uur tot 1000 of 2000 kg/uur of meer. De benodigde capaciteit wordt bepaald door de hoeveelheid in te dikken melk en de aanvoer per tijdseenheid. Een systeem van 100 kg/uur kan een draaitijd hebben van 2 x 10 uur, met dus een dagelijkse capaciteit van 2000 kg. Een systeem met een capaciteit van 1000 kg/uur kan met draaitijden van 2,5 uur per dag ook 2500 kg/dag verwerken, maar met draaitijden van 10 uur per dag kan men dagelijks wel 20.000 kg verwerken. Volgens opgave van de fabrikanten ligt de maximale draaitijd van dergelijke systemen op 2 x 10 uur per dag. De resterende tijd is nodig voor reiniging en onderhoud van de installatie. De systemen met lage capaciteit hebben relatief hoge aanschafkosten in vergelijking met de systemen met een grotere capaciteit.



### **Uitgangspunten**

In de economische berekeningen is uitgegaan van twee melkveebedrijven, een bedrijf met een quotum van 1 miljoen kg melk (circa 110 melkkoeien) en een bedrijf met 4 miljoen kg melk (circa 450 melkkoeien). Investeren in dergelijke installaties leidt enerzijds tot besparingen, anderzijds ook tot kosten. Besparingen zijn te vinden bij opslagcapaciteit melkkoeltank (kleinere tank), minder koelkosten, lagere investering in tank, minder transportkosten af boerderij. Daarnaast kan het teruggewonnen water (permeaat) worden hergebruikt voor reiniging (geen UF permeaat) en eventueel drinkwater voor dieren. Bij de berekeningen is aangenomen dat de opbrengsten voor kg vet en eiwit bij levering van ingedikte rauwe melk gelijk blijven aan de opbrengsten van kg vet en eiwit bij levering van onbewerkte rauwe melk. In de berekeningen is geen rekening gehouden met een eventuele kwantumtoeslag, omdat niet duidelijk is hoe dit in de nieuwe situatie zal zijn.

Extra kosten zijn te verwachten in investeringen in apparatuur, hogere energiekosten voor indikproces, extra reiniging en extra ruimte voor plaatsing apparatuur. Per bedrijf en type installatie zijn de kosten en baten inclusief de effecten op energie in kaart gebracht. Voor de berekeningen is verder gebruik gemaakt van de gegevens aangeleverd door een leverancier die een installatie kan leveren die zowel gebruik kan maken van RO als UF elementen.

### **Investerings en energieverbruik bij UF installaties**

Voor de aanschaf van een UF systeem compleet met membranen, leidingwerk, tanks, pompen, automatisering, en reinigingssysteem moet men rekenen op een investering die oploopt van € 40.000,- tot € 75.000,- (Lekkerkerker en Van 't Riet, 2008). De genoemde bedragen gelden voor systemen met een capaciteit van 200 tot 2000 kg/uur. Het energieverbruik van UF installaties ligt in de orde van grootte van circa 0,7 tot 0,8 kWh per 100 kg melk volgens opgave van de fabrikant. Dit geldt voor kleinere installaties met een capaciteit tot 200 kg/uur. Voor installaties met een capaciteit van 2000 kg melk per uur bedraagt het verbruik circa 12 kW per draaiuur, ofwel omgerekend ongeveer 0,6 kWh per 100 kg melk. In de berekeningen is uitgegaan van investeringen van € 50.000,- voor een bedrijf met 1.000.000 kg melk, respectievelijk € 85.000,- voor een bedrijf met 4 miljoen kg melk.

### **Investerings en energieverbruik bij RO systemen**

De benodigde investeringen voor RO-systemen liggen wat hoger dan voor de UF installaties. Op basis van enkele offertes kunnen we concluderen dat de kosten voor een RO-systeem van 100 liter per uur variëren van € 55.000,- tot € 90.000,-. Voor een systeem dat 1000 liter per uur kan verwerken wordt € 80.000,- tot € 110.000,- gerekend. In de investeringsbedragen zijn de kosten van leidingen, kranen, tank, membraan systeem, reinigingssysteem en controlesystemen inbegrepen. In de berekeningen is uitgegaan van investeringen van € 65.000,- voor een bedrijf met 1.000.000 kg melk, respectievelijk € 105.000,- voor een bedrijf met 4 miljoen kg melk (RO, voor UF ligt het iets lager). Het energieverbruik van RO installaties is wat hoger dan bij UF installaties en ligt rond de 1,1 kWh per 100 kg melk voor de kleinere installaties. RO installaties met een uurcapaciteit van 2000 kg verbruiken rond de 18 kW per draaiuur, ofwel krap 1 kWh per 100 kg melk.

### **Aanpassingen in gebouwen en apparatuur**

Bij toepassing van RO of UF systemen op de boerderij verandert er ook wat in het bedrijf zelf. Er is een ruimte nodig waar de RO of UF installatie kan worden ondergebracht; soms kan dit het melklokaal zijn, maar een aparte ruimte heeft de voorkeur. Doordat met de indikinstallatie water aan melk wordt onttrokken zal de benodigde melkopslag kleiner zijn dan gebruikelijk. Dit komt terug in een besparing in zowel de investering in de melkkoeltank met toebehoren, alsook in de koelkosten. Voor de kosten van gebouwen, apparatuur en jaar- en energiekosten is bij de berekeningen gebruik gemaakt van Kwantitatieve Informatie 2008-2009 (KWIN).

In de gekozen opzet wordt uitgegaan van het verwerken van de rauwe melk tot ingedikte melk en het verhandelen van dit product naar de afnemers. Dit betekent dat de melkveehouder zuivelverwerker wordt en daardoor onder andere administratieve regels zal vallen, wat mogelijk gepaard gaat met extra kosten (zie hoofdstuk 6 wetgeving).

### **Energieverbruik**

Door het indikken van de melk wordt minder volume melk gekoeld in de melkkoeltank. Dit leidt tot een verminderd energieverbruik voor het koelen van de melk. Echter, het indikken van de melk zelf kost ook de nodige energie. Per saldo zal er meer energie nodig zijn per 100 kg melk op de boerderij bij toepassing van RO of UF technieken.

### Besparingen

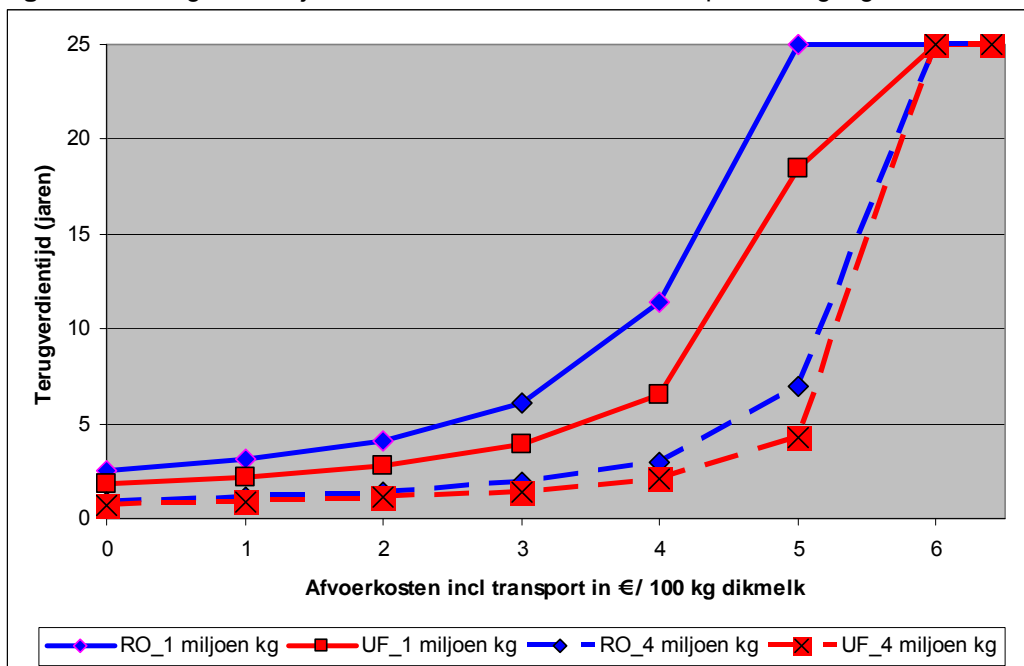
Het indikken van melk leidt ook tot besparingen, zoals minder koelkosten, kleinere melkkoeltank, minder transportkosten en ook waterbesparing. Het indikken van melk zorgt ervoor dat de hoeveelheid af te voeren product naar een zuivelverwerker wordt gehalveerd. In de huidige uitbetalingsystematiek in de zuivel wordt bij de berekening van de melkprijs de hoeveelheid vet en eiwit gebruikt als basis waarbij gecorrigeerd wordt voor de melkplas. Dit laatste vindt plaats via de negatieve grondprijs, een heffing per kg aangeleverde melk. Deze bedraagt momenteel € 3,20 per 100 kg melk. De kg prijs voor vet en eiwit bedraagt medio 2009 globaal € 2,50 en € 4,50. In de berekeningen is uitgegaan van een gelijke opbrengst van de kg vet en eiwit en moet gerekend worden met de afvoerkosten inclusief transport van de ingedikte melk naar een zuivelverwerker. In feite levert de veehouder in zo'n geval een voorbewerkt product af, waarvoor ook een nieuwe prijssystematiek zal gelden. Bij gelijkblijvende opbrengstprijzen voor de kg vet en eiwit zijn het dan de kosten van de investeringen, besparingen op de boerderij en de afvoer/transportkosten van de ingedikte melk die bepalend zijn voor het financiële resultaat. In de berekeningen is geen rekening gehouden met een eventuele kwantumtoeslag, omdat absoluut niet duidelijk is hoe dit in de nieuwe situatie zal uitpakken.

De besparingen en voordelen van het afnemen van ingedikte melk voor de zuivelindustrie zijn lastiger in kaart te brengen. De voordelen zijn sterk afhankelijk van de bestemming van de geleverde melk. Het meest duidelijke voorbeeld is uiteraard de melk die tot melkpoeder wordt verwerkt, een proces dat gepaard gaat met een aanzienlijk energieverbruik. Bij gebruikmaking van ingedikte melk zal minder energie nodig zijn om het product te verpoederen, maar zoals aangegeven is het eerste water relatief eenvoudig te verwijderen, terwijl het laatste deel om te komen tot poeder een relatief energievretend proces is. Harde cijfers ontbreken echter. De besparingen worden geschat op € 0,25 tot € 2,00 per 100 kg melk of meer als men ingedikte melk gebruikt. Maar dit is sterk afhankelijk van de toepassing en er gaat slechts een gedeelte van de melkstroom naar poederverwerking. In het ontwikkelde rekenmodel zijn deze 'opbrengsten/besparingen' daarom niet opgenomen.

### 7.3 Terugverdientijd

Door alle kosten en opbrengsten op te nemen in een berekening kan de besparing per jaar worden berekend in de vorm van een saldo waarbij de afschrijving van de indikapparatuur niet is meegenomen. Door het jaarlijkse saldo te vermenigvuldigen met de verwachte afschrijvingstermijn kan de terugverdientijd worden berekend. In de bijlage 3 is een voorbeeld van een uitgewerkt kostenoverzicht te vinden. De terugverdientijden blijken sterk afhankelijk te zijn van afvoer/transportkosten van de ingedikte melk richting de zuivelverwerker zoals ook uit figuur 12 blijkt.

**Figuur 12** Terugverdientijd als functie van de afvoerkosten per 100 kg ingedikte melk



Indien de afvoerkosten inclusief transport van ingedikte melk onder de € 4,-- per 100 kg blijven, blijft de terugverdiëntijd beneden de 10 jaar. Indien de afvoerkosten € 6,-- per 100 kg ingedikte melk bedragen, ligt in alle gevallen de terugverdiëntijd (ver) boven de 25 jaar. Dit is in lijn met de meeste voorgaande publicaties. Hierbij merken we op dat in eerdere publicaties vaak op ketenniveau is gerekend en niet puur vanuit kosten en opbrengsten voor de veehouder.

Het effect van een 20% hogere investering in indikapparatuur op de terugverdiëntijd van de apparatuur is relatief beperkt in het traject tot € 4,-- afvoerkosten per kg ingedikte melk; daarboven resulteert een hogere investering al snel in terugverdiëntijden naar 25 jaar of meer.

Indien we rekenen met afvoerkosten inclusief transport in de richting van de huidige negatieve grondprijs (circa € 3,00 per kg melk), dan liggen de terugverdiëntijden beneden de 5 jaar. Samenvattend kunnen we stellen dat een terugverdiëntijd beneden de 10 jaar kan worden gehaald als dezelfde prijs voor kilogrammen vet en eiwit wordt betaald als nu voor gewone rauwe melk en als de afvoer- en transportkosten onder de € 4,-- per 100 kilogram ingedikte melk blijven. Het is echter nu niet te zeggen wat de werkelijke afvoerkosten van ingedikte melk zullen bedragen.

Ook is niet zeker of de prijs voor vet en eiwit gelijk blijft of dat deze hoger kan zijn omdat de afnemer er meer voor wil betalen.

In alle gevallen kent UF een snellere terugverdiëntijd dan RO door de lagere investeringen. In deze berekeningen hebben we geen rekening gehouden met de besparingen verderop in de keten, maar mogelijk worden die verdisconteerd in de prijzen voor ingedikte melk.

## 8 Pilot in de praktijk

De vorige hoofdstukken maken duidelijk dat het indikken van melk op de boerderij perspectief heeft, maar dat er nog veel moet worden uitgezocht. Voor de melkveehouder verandert er het nodige op gebied van wetgeving en ook zijn er vragen over uitbetaling en transportkosten, maar dat lijkt vooralsnog geen onmogelijke hindernis.

De berekening in hoofdstuk 7 laat perspectief zien. Daarnaast kennen we veelal bestaande bewezen technieken uit de zuivelindustrie, maar deze zijn ook op kleinere schaal te verkrijgen. De praktische kant van het indikken heeft ook nog wat vragen, zoals hoe het proces moet worden ingericht en geoptimaliseerd, zowel qua capaciteit als kwaliteit. De grote verschillen met de zuivelindustrie zijn dat op boerderijschaal het volume veel kleiner is en er met rauwe melk wordt gewerkt. Er is nog weinig tot geen ervaring met het indikken van rauwe melk op deze kleine schaal. Ook zijn te weinig gegevens beschikbaar over de melkkwaliteit tijdens en na het indikken bij verschillende temperaturen.

Al met al voldoende redenen om een pilot in de praktijk te doen. Voor een praktijkpilot zijn twee mogelijkheden. Ten eerste is gebruik te maken van een RO of UF installatie; daarmee is op grote schaal al ervaring in de zuivel, maar dit moet nog toepasbaar worden gemaakt voor rauwe melk op boerderijschaal. Ten tweede kunnen nieuwe technieken onderzocht en toepasbaar gemaakt worden, zoals membraandestillatie of freeze-concentration.

### 8.1 Pilot bestaande technieken

Bij RO en UF moeten verschillende punten onderzocht worden, bij voorkeur in een testopstelling:

- Eventuele beschadiging van vetbolletjes (invloed op zuurtegraad melkvet), ook in relatie tot temperatuur waarbij wordt ingedikt.
- Effect op bacteriologische samenstelling, ook in relatie tot de temperatuur waarbij wordt ingedikt. Membraanprocessen bij hogere temperaturen zijn waarschijnlijk ongunstiger voor bacteriologische kwaliteit, maar wel beter voor de snelheid van het proces.
- Effect van temperatuur op de samenstelling van het permeaat. Verwacht wordt dat bij hogere temperaturen, ook bij RO, wellicht wat stoffen doorgelaten kunnen worden omdat de poriëgrootte iets toeneemt bij warmte.
- Optimale druk en flow.
- Levensduur van het filter.
- Hoe lang kan het systeem bij welke temperatuur draaien? Wanneer loopt de flux teveel terug? De capaciteit van membranen wordt door fabrikanten bij 20 °C getest. Gekoelde melk indikken zal dus een lagere capaciteit geven.
- De standtijd van de apparatuur en filters; na hoeveel uur moet er gereinigd worden? Met welke middelen, bij welke temperatuur etc.
- Tot welk percentage drogestof kan worden ingedikt en hoeveel tijd en energie kost dat? Wat is het optimale percentage drogestof? Kan melk inderdaad tot twee keer geconcentreerd worden zoals men verwacht?

Indien toch problemen ontstaan met te lage fluxen door dichtslibbende membranen, moet onderzoek plaatsvinden naar hoe rauwe melk eenvoudig ontroomd kan worden voor het indikken, bijvoorbeeld met behulp van een centrifuge. De filters zullen naar verwachting minder moeite hebben met de magere melk. De room kan later weer worden toegevoegd aan het retentaat.

Ook naar het ideale filter kan onderzoek verricht worden i.s.m. membraanleveranciers. Voor UF/RO worden meestal spiraalgewonden membranen gebruikt, maar er zijn ook keramische membranen te verkrijgen en wellicht te gebruiken voor het indikken van melk (Firma Hyflux, Van Dalfsen, pers. med. 2008). Spiraalgewonden membranen zijn goedkoper dan keramische, maar ze zijn wel gevoeliger. Met keramische membranen kan alleen UF of NF worden gedaan, geen RO. Bij RO zijn hogere drukken nodig en daar is keramisch minder tegen bestand. Ook kan nog gekeken worden naar verschil tussen crossflow membranen en membranen die in serie geschakeld zijn ('kerstboomschakeling'); de laatste zou minder snel kunnen dichtslibben. Wellicht zijn deze onderzoeksvragen in een testopstelling in een lab te onderzoeken.

## **8.2 Pilot nieuwe technieken**

Voor de nieuwere technieken moet onderzocht worden of het überhaupt op melk toepasbaar is in geval van membraandestillatie en hoe het betaalbaar toepasbaar is te maken voor rauwe melk bij freeze-concentration. De membraandestillatietechnieken lijken perspectiefvol, maar hebben nog geen ervaring in de zuivel. Dit zal op labschaal onderzocht moeten worden.

Voor freeze-concentration zijn er mogelijkheden om in samenwerking met een leverancier van warmtewisselaars kleine opstellingen te ontwikkelen. De techniek heeft in experimenten al bewezen te kunnen werken met volle melk.

In het algemeen geldt dat in de toekomst wellicht ook bekeken kan worden hoe ontwatering van melk geïntegreerd kan worden in melksystemen.

## **8.3 Slimme combinatie met eigen geproduceerde energie**

In dit rapport is de optie 'indampen' verder niet uitgewerkt, omdat het financieel niet aantrekkelijk is. Maar indampers kunnen misschien geschikt zijn voor grote melkveebedrijven die een mestvergister hebben. Uitgerekend zal moet worden of men warmte en energie die bij de mestvergisting vrijkomt kan gebruiken om melk in te dampen. Dit hangt af van de benodigde capaciteiten van zowel de indampinstallatie als de mestvergister. Duidelijk is wel dat dan een relatief kleine indamper gebruikt moet worden. Vanuit mestvergisters is heet water (70-90 °C) beschikbaar en 400 kW/h.

Ook de membraandestillatietechnieken kunnen een mooie combinatie vormen met de warmte die vrijkomt van de mestvergister.

## Conclusies en tips

### Conclusies

- Indikken van melk op de boerderij is in theorie mogelijk. In zuivelfabrieken is het een normaal proces, maar in Nederland wordt indikken van melk op de boerderij nog niet toegepast. Wel is er interesse bij melkveehouders om dit te gaan doen, omdat zij meerwaarde aan hun melk willen toevoegen. In het buitenland wordt het toegepast op enkele tientallen melkveebedrijven met een paar duizend melkkoeien.
- Melk kan worden ingedikt met membraantechnieken zoals omgekeerde osmose en ultrafiltratie. Daarbij wordt de melk onder hoge druk door een poreus membraan gedrukt. Het type membraantechniek (grootte van de poriën) dat wordt toegepast bepaalt wat de samenstelling is van het retentaat (dat wat achter het filter blijft) en permeaat (dat wat door het filter gaat). Deze samenstelling van het retentaat bepaalt wat er van gemaakt kan worden, zoals poeder of kaas. Het permeaat kan een bestemming krijgen als reiniging- of drinkwater, maar dit hangt af van de zuiverheid ervan.
- Membraantechnieken zijn ook op kleinere schaal te verkrijgen. Rauwe volle melk kan naar verwachting tot een factor 2 worden ingedikt (tot ongeveer 25% drogestof).
- Het indikproces kan men op de boerderij op verschillende manieren vormgeven. Dit is afhankelijk van de grootte van de melkplas, het type melkinstallatie, de gebruikte techniek en procestemperatuur. De adviezen van equipmentleveranciers zijn niet altijd eenduidig over de inrichting van het proces.
- Naast membraantechnieken zijn er nog andere technieken zoals indampen en vriesdrogen, maar deze lijken financieel niet aantrekkelijk. Daarnaast zijn er nog drie innovatieve technieken, zoals membraandestillatie, freeze-concentration en het fractioneren van eiwitten uit melk. Hiermee is nog geen tot weinig ervaring in de zuivel en ze zullen daarvoor nog toepasbaar gemaakt moeten worden, maar ze lijken erg interessant.
- Er is weinig informatie beschikbaar over de effecten van indikken op de kwaliteit van rauwe melk zoals kiemgetal en de zuurtegraad van het melkvet. Daarvoor is onderzoek nodig op kleine schaal waarbij ook naar procestemperaturen en reiniging wordt gekeken.
- Melkveehouders krijgen te maken met wetgeving indien zij op hun eigen bedrijf melk willen gaan indikken. Van een 'gewone' melkveehouder die aan de kwaliteitsborgingprogramma's van de zuivel moet voldoen, wordt hij een zuivelverwerker met de daarbij behorende regelgeving. Vergelijkbaar met melkveeouders die hun melk tot kaas of toetjes verwerken. Het fabrieksquotum moet worden omgezet in consumentenquotum, de melkveehouder moet een afnemer hebben voor zijn ingedikte melk en hij moet afspraken maken over de productprijs en transport.
- Economisch gezien kan een terugverdientijd beneden de 10 jaar worden gehaald als dezelfde prijs voor kilogrammen vet en eiwit wordt betaald als nu voor gewone rauwe melk en indien de afvoer- en transportkosten onder de € 4,- per 100 kilogram ingedikte melk blijven. Indien gerekend wordt met afvoerkosten inclusief transport in de richting van de huidige negatieve grondprijs (circa € 3,- per kg melk), dan liggen de terugverdientijden beneden de 5 jaar. Een eventuele kwantumtoeslag is niet in de berekeningen opgenomen.

### Tips voor geïnteresseerde melkveeouders

Bedenk goed dat melk op meerdere manieren ingedikt kan worden en dat het verschillende producten oplevert met verschillende mogelijkheden voor verwerking.

Vraag uzelf af wat voor eindproduct u wilt maken en voor welke markt.

Dat is uw startpunt en bepaalt wat en waarin u moet investeren.

- Is die markt er of moet u hem creëren?
- Past uw product bij wat uw afnemer er mee wil? Is hij kaasmaker, ijsmaker e.d.? Welk product/ingrediënten is gewenst? In geval van UF: blijft de lactose achter op het melkveebedrijf, is dat een probleem als het niet geleverd wordt?
- Indien u voor een bepaalde techniek kiest, bedenk ook wat u met het permeaat gaat doen, zeker in het geval het geen zuiver water is zoals bij UF (water + lactose).

Ga in gesprek met de afnemer over:

- De prijs voor uw product. Wordt er uitbetaald op kilogram vet en eiwit? Wie regelt transport en wat bedragen de transportkosten?
- Willen afnemers meebetalen aan de installatie als u een minimaal x jaren contract afsluit?
- Bereken de economische gevolgen voor uw bedrijf met de speciale rekentool op [www.verantwoordeveehouderij.nl/producten/netwerken2008/14/melk-i-wijzer](http://www.verantwoordeveehouderij.nl/producten/netwerken2008/14/melk-i-wijzer).

Ga in gesprek met verschillende leveranciers van de apparatuur over de ideale opstelling op uw bedrijf.

- Wordt de melk ingedikt gelijk na het melken of draait de indikinstallatie op de melktank?
- Wordt de melk eerst gekoeld of niet? Houd rekening met draaitijden en reinigingstijden.
- Let bij het vergelijken van offertes op of ze inclusief membranen, balansbak, installeren, instructie, leidingwerk, aanleg elektriciteit en water e.d. zijn.

Informeer bij het COKZ naar de wetgeving die van toepassing wordt, zie ook hoofdstuk 6.

#### **Andere ideeën om over na te denken...**

Naast het individueel 'gewoon' indikken van rauwe melk voor de afzet aan zuivelverwerkers zijn nog andere/aanvullende specifieke mogelijkheden als scenario te bedenken. Hieronder volgen er enkele:

- Samenwerking van melkveehouders in bepaalde 'lastige gebieden' (bijv. Waddeneilanden) om transportkosten van melk te verlagen.
- Voor zelfzuivelaars: 1) het vergemakkelijken van afvoer van kaaswei; 2) benutten in de zuivelverwerking op het eigen bedrijf; 3) ontwikkelen van nieuwe producten.
- Winnen van melk uit natuurgebieden in combinatie met een mobiel automatisch melksysteem (transportbesparing, druk/gewichtbesparing gedurende transport, hergebruik water op locatie).

## Literatuur

- Barbano, D.M., Bynum, D.G. and G.F. S enyk, 1983. Influence of Reverse Osmosis on Milk Lipolysis. *J. Dairy Sci.* 66: 2447-2451.
- Bierma, J.H., 1985. Hoe zonnig lijkt de toekomst voor het indikken van melk op de boerderij? *Veeteelt*, 1985/1, 26-29.
- Buijsse, C. 1999. Cheese from ultrafiltered milk: whey proteins and chymosin activity. Proefschrift Wageningen.
- Chand, A. 2006. On-farm fractionation of milk components. Thesis. The University of Waikato, Hamilton, New Zealand.
- Cromie, S.J. and D. Schmidt, 1986. The effect of reverse osmosis concentration and subsequent storage on the microflora of raw milk. *New Zealand Journal of Dairy Science and Technology.* 21(1): 1-7)
- Dairy Management Inc., 2000. Innovations in Dairy - Dairy Industry Technology Review - Opportunities for Membrane Filtration of Milk. DMI-2-280423-0100-01.  
<http://www.innovatewithdairy.com/NR/rdonlyres/19BE40C3-7EB1-499E-AD18-7DDB22D6656D/0/G1InnovationsJan00.pdf>
- Drew, P.G. and J.G. Manners, 1985. Microbiological aspects of reverse osmosis concentration of milk. *Australian Journal of Dairy Technology*, 40: 108-112.
- El-Gazzar, F. E. and E. H. Marth, 1991. Ultrafiltration and Reverse Osmosis in Dairy Technology: A Review. *Journal of Food Protection* 54 (10) 801-809.
- Elwell, M.W. and D. M. Barbano, 2006. Use of Microfiltration to Improve Fluid Milk Quality. *J. Dairy Sci.* 89 (E.Suppl.): E10-E30.
- FDA Food and Drug Administration, 2007 Revision. Grade "A" Pasteurized Milk Ordinance. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.
- Fee, Conan J. and Amita Chand, 2006. Capture of lactoferrin and lactoperoxidase from raw whole milk by cation exchange chromatography. *Separation and Purification Technology* 48: 143-149.
- Habib, B., M. Farid. 2007. Freeze concentration of milk and saline solutions in a liquid-solid fluidized bed. Part 1. Experimental. *Chemical Engineering and Processing*, vol. 46, 1400-1411.
- Henning, D.R., Baer, R.J., Hassan, A.N. and R. Dave, 2006. Major Advances in Concentrated and Dry Milk Products, Cheese, and Milk Fat-Based Spreads. *J. Dairy Sci.* 89:1179-1188.
- Johnson, M.E. and J.A. Lucey, 2006. Major Technological Advances and Trends in Cheese. *J. Dairy Sci.* 89: 1174-1178.
- Jong, O. de, K. Bos, K. en P. Leij (NIZO food research BV), 2004. Automatisch melken; kansen voor kwaliteitszorg en melkbewerking op de boerderij. *PraktijkRapport Rundvee 58*, Animal Sciences Group, Lelystad.
- Jongsma, T., 2004. Melk scheiden. Haalbaarheidsproject Friesland Coberco Foods B.V.,  
[http://www.senternovem.nl/transportbesparing/praktijkvoorbeelden/melk\\_scheiden.asp](http://www.senternovem.nl/transportbesparing/praktijkvoorbeelden/melk_scheiden.asp)
- Mermelstein, Neil, H., 2002. Concentrating Milk. *Food Technology.* 56 (3): 72, 74, 78.
- MSS Incorporated. Website <http://www.mssincorporated.com/index.htm>



Oldenhof, S., Stienstra, Y.J. en C.J.A. Lokin, 2002. Duurzame (voedsel-) ketens en energiebesparing (DKE). Pre-pilot onderzoek naar het onttrekken van water uit melk in de zuivelketen. Rapportnummer 210626DRO2.DOC. SenterNovem, Utrecht. 14 maart 2002.

Padt, van der A. en J.M.K. Timmer. Ultrafiltration on farm. Scheiden om te scoren. Intern Rapport Friesland Foods, 2001.

SenterNovem en Stichting Agro Keten Kennis. Dec. 2005. Elf ideeën voor energiezuinige productontwikkeling in de ketens van voedings- en genotmiddelen.

TNO, persbericht 6 februari 2007. Zeewater: een steeds belangrijker bron voor drinkwater. Memstill maakt zeer schoon water uit Noordzeewater bij E.on/Maasvlakte.

U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Food and Drug Administration. Grade "A" Pasteurized Milk Ordinance. 2007 Revision.

Versteeg, C., Drew, P.G., Marshall, S.C. and F.L. Leach, 1990. Quality aspects of reverse osmosis in milk. Brief Communications of the XXIII International Dairy Congress, Montreal, October 8-12, 1990. Vol I p162.

Voutsinas, L.P., M.C. Katsiara, C.P. Pappas and H. Mallatou. 1996. Food Research International, vol. 29, 403-409.

Walstra, Pieter, Wouters, Jan M. and Tom J. Geurts, 2006. Dairy Science and Technology. Second edition. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton London New York, ISBN 0-8247-2763-0. Chapter 12 Membrane Processes. P 341-356.

Zall, R.R., 1984. Membrane processing of milk on the dairy farm. Food Technology. 38(12):88-91.

## **Geraadpleegde personen**

C. Akkerman. NIZO food research BV, Ede

C. van Beek. Machinehandel Lekkerkerker B.V., Lopik

Deelnemers van het Praktijknetwerk 'Haalbaarheidsbepaling indikken van melk op boerderijschaal'.  
Zie [www.verantwoordeveehouderij.nl](http://www.verantwoordeveehouderij.nl) onder Netwerken 2008, nummer 14

J.H. Haanemaaijer. Aquastill, Sittard

T. Hutson. Filtration Engineering. Champlin, USA

G. Krebbers. Legislation and quality affairs, Productschap Zuivel

M. van Nistelrooij. GEA Crystallization, GEA Messo PT, 's Hertogenbosch

R. Oost. Legislation and quality affairs, Productschap Zuivel

A. van der Padt. FrieslandCampina Research, Deventer

C. Rasmussen. Membrane System Specialists (MSS incorporated), Wisconsin USA

R. Rodewijk. Firma Van 't Riet, Aarlanderveen

E. Senior. GEA Process Engineering Nederland BV, Deventer

H. van Dalssen. Hyflux CEPAration BV, Leeuwarden

H. Wieleman. FrieslandCampina, Amersfoort

De Winter. Paardemelkerij De Lage Wierde, Mirdum

## Bijlagen

### Bijlage 1 Twee voorbeelden uitgewerkt

Hieronder worden enkele praktische voorbeelden uitgewerkt voor twee typen bedrijven.

- 1) Melkveebedrijf met quotum van 7 ton kg melk met een melkrobot
- 2) Melkveebedrijf met quotum van 4 miljoen kg melk met een melkstal

Onderstaande voorbeelden kunnen gelden voor UF of RO.

Daarbij is uitgegaan van twee capaciteiten van de indikinstallatie, namelijk 100 liter melk per uur en 2000 liter melk per uur. We benadrukken dat dit theoretische benaderingen zijn van de mogelijkheden. De situaties hieronder zijn niet getest, maar wel voorgelegd aan twee leveranciers.

#### *Voorbeeld 1*

Voor een bedrijf met een quotum van 700.000 kg melk dat melkt met een melkrobot is een systeem met een capaciteit van 100 liter per uur haalbaar. Uitgaande van de maximale verwerking van 100 liter per uur, is bij een productie van ruim 1900 liter per dag ook ruimte voor de reiniging over. De kleinere hoeveelheden warme melk die uit de robot komen, kunnen meteen ingedikt en daarna gekoeld worden. Het is aan te bevelen nog te werken met een buffervat vóór de indikinstallatie, maar die kan kleiner zijn dan normaal.

Indien dit bedrijf een melkstal zou hebben en tweemaal per dag zou melken, betekent dat te lange draaitijden en kan er dus niet warm verwerkt worden, omdat de warme melk te lang blijft staan (maximaal 10 uur).

De UF of RO moet constant een voeding hebben van  $\pm 100\text{ltr/uur}$ . De capaciteit van zo'n unit is niet geheel constant, de capaciteit loopt langzaam terug naarmate hij langer draait.

Er moet dus een balansbak tussen de indikapparatuur en de melkrobot die zorgt voor een constante toevoer naar de indikinstallatie. Deze is vaak onderdeel van het apparaat (C. van Beek, pers. med., 2009).

#### *Voorbeeld 2*

Voor een bedrijf met een quotum van 4 miljoen kg melk dat werkt met een melkstal is een systeem met een capaciteit van 2000 liter per uur werkbaar. Uitgaande van 11.000 kg melk per dag en 5500 kg melk per melkmaal, kan de melk binnen 3 uur ingedikt worden.

Melk moet officieel binnen 3 uur gekoeld zijn tot  $< 4^{\circ}\text{C}$ , dus dat zou lukken. Ook in dit geval moet gewerkt worden met een soort bufferopslag/balansbak tussen melkinstallatie en indikinstallatie. Want de flux daalt in de loop van de tijd en er moet ook rekening worden gehouden met eventuele storingen; deze mogen het melkproces niet halt laten houden. Dit is ook de manier waarop men werkt in de USA.

Het werken met een indikinstallatie die op de melktank werkt, werd niet aangeraden door een equipmentleverancier (E. Senior, pers.med. 2009).

## **Bijlage 2 Ervaringen van leveranciers uit USA**

### Todd Hutson van Filtration Engineering

Hij meldt dat ze ondertussen twee UF systemen geleverd hebben aan melkveebedrijven, één in California en één in Kansas. Het bedrijf in Kansas produceert 330.000 kg/dag en California 240.000 kg/dag. Ook draaien er twee RO systemen, één in Colorado en één in California. Deze staan op verzamelplaatsen waar melk wordt ingedikt (tot een derde) om transportkosten te verminderen. Op de vraag waar melkveehouders voor kiezen, UF of RO, geeft hij aan dat 't ervan af hangt waar de melk naar toe gaat: een kaasfabriek wil wel UF melk, en een ijsfabriek heeft liever RO melk. Het hangt er ook van af wat de melkveehouder met het permeaat van UF gaat doen (bevat lactose). Het UF permeaat van de melkveebedrijven wordt daar gebruikt als drinkwater voor koeien, of het gaat in de mestvergister voor extra methaan, of wordt uitgereden op het land (laatste is aan regels gebonden). Volgens Hutson is er meer vraag naar UF. Indampers zijn te duur. Over het algemeen hebben de bedrijven 2500-5000 koeien en zitten ze ver van de fabriek af. Ze verkopen de ingedikte melk veelal aan kaasfabrieken, maar er is ook één boer die zelf kaas wil gaan maken. Hij geeft aan dat het daar pas economisch uit kan vanaf 2500 koeien; een UF systeem kost dan \$ 400.000,-- (excl. installatiekosten). Tot nu toe zijn er nog maar weinig, maar de vraag neemt wel toe. Grotere bedrijven krijgen meer invloed. Hem is opgevallen dat boeren vaak geen idee hebben waar het over gaat, totdat ze zoiets gezien hebben. De ondernemer moet een markt hebben voor zijn product en weten wat hij met het permeaat gaat doen voordat hij eraan begint. Hij is ook in gesprek met groepjes boeren die gezamenlijk een systeem willen kopen.

### Craig Rasmussen van Membrane System Specialists (MSS)

Hij vertelt dat ze zeven systemen hebben lopen, waarvan zes UF (voor kaas) en één RO (voor ijs en koffiemelk). Hij geeft aan dat de term 'on-farm' niet altijd betekent dat het op een melkveebedrijf zelf is, het kan ook op een verzamelcentrum zijn of zelfs naast de zuivelfabrieken. Zo is er een locatie die 1,8 miljoen kg per dag verwerkt van meerdere bedrijven die bij die coöperatie horen. De meeste bedrijven produceren van 100.000 tot 450.000 liter melk per dag en liggen vooral in afgelegen gebieden. Melkveebedrijven die durven te investeren onder het motto 'it takes money to make money' verwachten dat de investeringen zich op de langere termijn terugverdienen doordat het proces uiteindelijk efficiënter is.

Het type systeem dat wordt gebruikt hangt af van de markt voor het product. Een RO installatie is groter en kost iets meer, maar het permeaat bestaat uit water en dat is makkelijker een bestemming te geven. Het UF permeaat is te gebruiken voor drinkwater, lactoseproductie, ethanolproductie. MSS heeft ook systemen voor bedrijven van 250-500 koeien, maar adviseert om bij aanschaf ook aan kosten voor reinigingsapparatuur, leidingen, opslagtanks, koeling/verwarming e.d. te denken. Het is niet een kwestie van kopiëren van het Amerikaanse systeem en dan delen door 10 om het toepasbaar voor Nederland te maken. Ook kan MSS systemen maken voor robotbedrijven met bijv. 100 kg/uur melk. Dat is wel iets goedkoper, maar ook dan heb je alle toebehoren nodig. Een ruwe schatting voor een indikstelsel voor een bedrijf van 250-500 koeien komt op \$ 215.000,-- (1 tank). Daar komen nog \$ 100.000,-- bij voor toebehoren als reinigingsapparatuur, leidingen, opslagtanks, koeling/verwarming e.d. De hoeveelheid input kan worden gevarieerd door minder membranen aan te sluiten, maar dit vindt Rasmussen erg inefficiënt vanwege de hoge kosten voor toebehoren.

De markt voor ingedikte melk is goed, aldus Rasmussen. Hij schat dat er in de staat Wisconsin ongeveer op 12 melkveebedrijven een membraansysteem is geïnstalleerd. Voor Nederland ziet hij mogelijkheden voor boeren om samen te gaan werken door op één bedrijf een indikinstallatie te plaatsen en de melk van andere bedrijven hier naar te transporteren. Op deze manier kunnen kosten worden gedeeld en hoeft niet iedereen zo'n systeem te installeren.

**Bijlage 3 Voorbeeld economische berekening**

	Uitgangs- punten	RO	UF	Uitgangs- punten	RO	UF
<b>Quotum kg</b>	1000000	1000000	1000000	4000000	4000000	4000000
% vet	4,30%			4,30%		
% eiwit	3,60%			3,60%		
negatieve grondprijs per 100 kg melk	€ 3,20			€ 3,20		
vet prijs per kg	€ 2,50	€ 2,50	€ 2,50	€ 2,50	€ 2,50	€ 2,50
eiwit prijs per kg	€ 4,50	€ 4,50	€ 4,50	€ 4,50	€ 4,50	€ 4,50
kg vet	43.000	43.000	43.000	172.000	172.000	172.000
kg eiwit	36.000	36.000	36.000	144.000	144.000	144.000
indik-factor	1	2	2	1	2	2
te koelen kg melk	1000000	500000	500000	4000000	2000000	2000000
hoeveelheid retentaat (dikmelk) in kg	0	500000	500000	0	2000000	2000000
opbrengstprijis permeaat per m3	€ 1,05	€ 1,05	€ 1,05	€ 1,05	€ 1,05	€ 1,05
Kosten per 100 kg dikmelk incl transport		€ 3,00	€ 3,00		€ 3,00	€ 3,00
<b>Koeling</b>						
tank	€ 28.000	€ 19.500	€ 19.500	€ 56.000	€ 42.000	€ 42.000
%jaarkosten	13,9%	13,9%	13,9%	13,9%	13,9%	13,9%
energie koelen/100 kg in kWh	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
kWh prijs	€ 0,20	€ 0,20	€ 0,20	€ 0,20	€ 0,20	€ 0,20
<b>Kosten indikken melk</b>						
equipment	200 kg/h	€ 65.000	€ 50.000	2000 kg/uur	€ 105.000	€ 85.000
% jaarkosten	15,9%	15,9%	15,9%	15,9%	15,9%	15,9%
capaciteit in kg per draaiuur		200 <sup>A</sup>	200 <sup>A</sup>		2000 <sup>B</sup>	2000 <sup>B</sup>
energieverbruik/draaiuur kWh		2,2	1,5		18	12
energie in kWh/dag + reinigen		34,5	23,5		134,6	89,8
waterbehoefte m3/dag		2,0	2,0		8,0	8,0
waterprijs per m3	€ 1,05	€ 1,05	€ 1,05	€ 1,05	€ 1,05	€ 1,05
<b>Ruimte voor indikinstallatie</b>						
Ruimte	€ 0	€ 10.000	€ 10.000	€ 0	€ 15.000	€ 15.000
jaarkosten%	9,65%	9,65%	9,65%	9,65%	9,65%	9,65%
<b>Energie totalen</b>						
Koeling -energie kWh	14000	7000	7000	56000	28000	28000
indikken kWh/jaar	0	12606	8595	0	49140	32760
totaal energieverbruik kWh/jaar	14000	19606	15595	56000	77140	60760
<b>Opbrengsten bedrijf / jaar</b>						
Opbrengst vet en eiwit	€ 269.500	€ 269.500	€ 269.500	€ 1.078.000	€ 1.078.000	€ 1.078.000
opbrengst permeaat	€ 0	€ 525	€ 525	€ 0	€ 2.100	€ 2.100
Totaal opbrengsten	€ 269.500	€ 270.025	€ 270.025	€ 1.078.000	€ 1.080.100	€ 1.080.100
<b>Kosten bedrijf/jaar</b>						
Jaarkosten melktank	€ 3.892	€ 2.711	€ 2.711	€ 7.784	€ 5.838	€ 5.838
indik equipment	€ 0	€ 10.335	€ 7.950	€ 0	€ 16.695	€ 13.515
Jaarkosten ruimte	€ 0	€ 965	€ 965	€ 0	€ 1.448	€ 1.448
koeling energie	€ 2.800	€ 1.400	€ 1.400	€ 11.200	€ 5.600	€ 5.600
energiekosten indikken	€ 0	€ 2.521	€ 1.719	€ 0	€ 9.828	€ 6.552
waterkosten	€ 0	€ 767	€ 767	€ 0	€ 3.066	€ 3.066
Negatieve grondprijs (excl transport)	€ 32.000	nvt	nvt	€ 128.000	nvt	nvt
Kosten afvoer dikmelk incl transport	nvt	€ 15.000	€ 15.000	nvt	€ 60.000	€ 60.000
besparingen dikmelk in de zuivelindustrie		pm	pm		pm	pm
	€ 38.692	€ 33.698	€ 30.511	€ 146.984	€ 102.475	€ 96.019
<b>Opbrengsten minus kosten</b>	€ 230.808	€ 236.327	€ 239.514	€ 931.016	€ 977.626	€ 984.082
saldo bedrijf tov geen dikmelk		€ 5.519	€ 8.706		€ 46.610	€ 53.066
kosten/opbrengsten per 100 kg rauwe melk		€ 0,552	€ 0,871		€ 1,165	€ 1,327
Saldo (excl. afschrijving indikinstallatie)		€ 10.719	€ 12.706		€ 55.010	€ 59.866
Terugverdientijd in jaren		6,1	3,9		1,9	1,4

<sup>A</sup> in combinatie met melkrobot

<sup>B</sup> in combinatie met melkstal

In de berekeningen is geen rekening gehouden met eventuele kwantumtoeslagen.