

**Duurzame (voedsel-) ketens en energiebesparing
(DKE)
Pre-pilot onderzoek naar het onttrekken van water uit
melk in de zuivelketen**

SenterNovem, Utrecht

14 maart 2002

Relatienummer 8543.01
Rapportnummer 210626DRO2.DOC

Auteur(s)
Ing. S. Oldenhof
Ir. Y.J. Stienstra
Drs. Ir. C.J.A. Lokin

Bewerkt: BO/amv
Gecontroleerd
Initialen
Paraaf



KWA Bedrijfsadviseurs B.V.

Regentesselaan 2
3818 HJ
Postbus 1526
3800 BM Amersfoort

Telefoon: 033 422 13 30
Telefax: 033 422 13 49
e-mail: energie@kwa.nl
website: <http://www.kwa.nl>

Staalbankiers: 26.61.26.995
KvK Gooi en Eemland: 32069286

©

Samenvatting

Het ministerie van LNV heeft de Stichting Agro Keten Kennis (AKK) en de Nederlandse Onderneming Voor Energie en Milieu (SenterNovem) gevraagd pre-pilots te initiëren voor de mogelijkheden en potenties van de ketenaanpak vanuit het perspectief energie-efficiency in de voedings- en genotmiddelenindustrie. SenterNovem en AKK hebben KWA Bedrijfsadviseurs B.V. (hierna KWA) gevraagd een inschatting te maken van het energiebesparingpotentieel voor verschillende keteninitiatieven. In deze rapportage is een overzicht gegeven van dit energiebesparingpotentieel voor het onttrekken van water uit melk in de zuivelketen.

Het totale energieverbruik in de keten bedraagt circa 82 PJ_{prim}. De verdeling over de verschillende schakels in de keten is als volgt:

- melkveevoederproductie	: 48	[%]
- melkveehouderij	: 11	[%]
- transport	: 1	[%]
- melkverwerking	: 21	[%]
- transport	: 3	[%]
- handel/diensten/consument	: 16	[%]

Vanwege onder meer de smaakbeleving van de consumptiemelk door de consument, wordt het onttrekken van water uit rauwe melk ten behoeve van de bereiding van consumptiemelk buiten beschouwing gelaten. Het project richt zich dan met name op de hoofdproducten kaas, melkpoeder en condens / koffiemelk. Onttrekken van water uit melk bij de melkveehouder ter vermindering van het energieverbruik in de keten grijpt in op de schakels melkveehouderij, transport en melkverwerking. Het totale besparingspotentieel in de keten bedraagt ± 0,66 PJ_{prim}. Het besparingspotentieel bedraagt ± 1 PJ, indien ook kan worden bespaard op het indampen van wei.

De grootste transportwinst en energiebesparing kan worden behaald door het concentreringsproces bij de melkveehouder te laten plaatsvinden. Water wordt dan direct uit de rauwe melk onttrokken alvorens de melk wordt gekoeld. De meest geschikte techniek hiervoor is omgekeerde osmose (RO). Uit een globale berekening blijkt dat de terugverdiendtijd voor bovengenoemde maatregel groter is dan 100 jaar (ook inclusief besparing op indampen). Dit is een gevolg van de relatief hoge investeringskosten bij een kleine capaciteit en lage bedrijfstijd. De belangrijkste knelpunten zijn verder de bediening en het onderhoud van de installatie door de melkveehouder en de kans op vervuiling van het membraan wat een voedingsbodem is voor de groei van micro-organismen.

Door de RO-installatie op de tankwaggen te installeren zal het aantal te plaatsen RO-installaties beduidend lager liggen dan in het eerste geval. Hierdoor zullen de investeringskosten ook lager liggen. De RO-installaties op de tankwaggen hebben bovendien een hogere capaciteit en bedrijfstijd wat de maatregel aanzienlijk rendabeler maakt. Een nadeel is dat de totale hoeveelheid rauwe melk wel gekoeld moet worden, waardoor het besparingspotentieel daalt tot 0,33 PJ_{prim}. Het overladen van rauwe melk uit de opslagtank in de tankwaggen gebeurt in zeer korte tijd. Een omgekeerde osmose installatie op de tankwaggen dient hierdoor over een grote capaciteit te beschikken. De capaciteit kan variëren van 60 tot 90 ton per uur. Installaties met dergelijke capaciteiten zijn vooralsnog te groot en te zwaar om op een tankwaggen te plaatsen. Bij kleinere capaciteiten zal het laden van een tankwaggen te lang duren.

Andere knelpunten van het onttrekken van water uit melk bij de melkveehouder of op de tankwaggen liggen verder in de kaasbereiding. In de eerste plaats vanuit de Landbouwkwaliteitsregeling. Goudse Kaas bijvoorbeeld, dient conform deze regeling te worden bereid uit melk waaraan geen bestanddelen zijn toegevoegd of onttrokken.

In de tweede plaats bij de kaasbereiding. Indien rauwe melk wordt ingedikt door middel van omgekeerde osmose, dient bij de bereiding van kaas uit deze dikmelk meer water te worden toegevoegd om onder meer lactose uit de melk te spoelen. Het energiebesparingsvoordeel bij het indampen, zoals bij koffiemelk en melkpoeder, verdwijnt hierdoor. Een andere mogelijkheid is om de melk in te dikken aan de hand van ultrafiltratie bij de melkverwerker. Nader onderzoek is echter noodzakelijk voor de toepassing van ultrafiltratie bij de kaasbereiding.

Op basis van bovenstaande knelpunten wordt het indikken van melk in de zuivelketen op dit moment niet haalbaar geacht. Nader onderzoek is noodzakelijk op het gebied van membraan-technieken (ultrafiltratie bij de kaasbereiding) en geïntegreerde ontwateringsinstallaties in melkwinningsapparaten.

Inhoudsopgave

Samenvatting

1.	Inleiding	5
2.	Aanleiding en doelstelling	6
3.	Beschrijving van het proces dat wordt beschouwd	7
4.	Omschrijving en energieverbruik van de keten	8
4.1	Omschrijving van de keten	8
4.2	Energieverdeling over de keten	8
4.3	Afbakening keten ten behoeve van het onttrekken van water uit melk	10
4.4	Overige besparingsmogelijkheden in de keten	12
5.	Onttrekken van water uit melk ter vermindering van het energieverbruik	13
5.1	Wanneer water uit melk onttrekken	13
5.2	Huidige technieken	13
5.3	Besparingspotentieel in de keten	14
5.4	Besparing indampen weipoeder	15
6.	Kansen en bedreigingen	16
6.1	Algemeen	16
6.2	Betrokken partijen en draagvlak	16
6.3	Technische randvoorwaarden	17
6.4	Organisatie / logistiek	18
6.5	Economie	18
6.6	Markt	20
7.	Gebruikte informatiebronnen	21
8.	Conclusies en aanbevelingen	22

1. Inleiding

Nederland heeft zich met de ondertekening van het Kyoto-protocol in 1997 verplicht tot het reduceren van de uitstoot van broeikasgassen. Om de Kyoto doelstellingen te kunnen realiseren zullen extra energiebesparingsmaatregelen nodig zijn.

Het ministerie van LNV wil onderzoeken welke mogelijkheden er zijn voor de bedrijven in de voedings- en genotmiddelenindustrie om extra energie te besparen. Daarbij wordt opgemerkt dat er al veel initiatieven zijn genomen in de afgelopen jaren. In het verleden heeft de nadruk van bedrijven gelegen bij het optimaliseren van hun eigen processen en producten. Het streven was voornamelijk gericht op het verminderen van de productiekosten tegen een acceptabele productkwaliteit binnen de kaders van economie, wetgeving, wensen en eisen uit de markt en in opkomende mate het milieu.

Deze maatregelen zijn met name uitgevoerd in de eerste MJA-periode. Op bedrijfsniveau gelden veel bedrijven al als zeer energie-efficiënt. Er is daarom een nieuwe, bredere benadering van de vermindering van het energieverbruik nodig.

Door samenwerking tussen bedrijven zijn op allerlei gebieden voordelen te behalen, waaronder - naar verwachting - op het gebied van energie-efficiency. Het ministerie van LNV heeft de Stichting Agro Keten Kennis (AKK) en de Nederlandse Onderneming Voor Energie en Milieu (SenterNovem) gevraagd pre-pilots te initiëren voor de mogelijkheden en potenties van de ketenaanpak vanuit het perspectief energie-efficiency in de voedings- en genotmiddelen-industrie. SenterNovem en AKK hebben KWA Bedrijfsadviseurs B.V. (hierna KWA) gevraagd een inschatting te maken van het energiebesparingpotentieel voor verschillende keteninitiatieven. In deze rapportage is een overzicht gegeven van dit energiebesparingpotentieel voor het onttrekken van water uit melk in de zuivelketen.

Na de aanleiding en het doel van het project is in hoofdstuk 3 een omschrijving gegeven van de activiteit waarvoor het onderzoek is uitgevoerd. In hoofdstuk 4 wordt een omschrijving van de keten gegeven en is het energieverbruik van de keten vermeld. In hoofdstuk 5 is aangegeven welke mogelijkheden er zijn voor energiebesparing in de keten, waarbij tevens het energiebesparingspotentieel is opgegeven. Hoofdstuk 6 behandelt de kansen en bedreigingen van de voorgestelde maatregelen. In hoofdstuk 7 zijn de gebruikte informatiebronnen genoemd.

2. Aanleiding en doelstelling

De hoofddoelstelling van het project “Duurzame ketens en energiebesparing” is: het leveren van een bijdrage aan de bevordering van de ontwikkeling van duurzame ketens door het kabinet, in coöperatie met het bedrijfsleven.

SenterNovem heeft hiervoor samen met AKK op 14 juni 2001 gerapporteerd (duurzame ketens en energiebesparing, eindrapport planfase documentnummer 2012527). In dit rapport zijn de volgende hoofdvragen beantwoord:

- Welke mogelijkheden zijn er in de voedings- en genotmiddelenindustrie voor energiebesparing in duurzame ketens?
- Hoe kan LNV de ervaringen die er worden opgedaan met energiebesparing doorvertalen naar een algemener beleidskader?

Met als onderliggende vragen:

- Welke ketencomplexiteiten spelen een rol van betekenis?
- Welke kansen en belemmeringen zijn er voor duurzame ketens?
- Hoe kunnen LNV, SenterNovem/AKK en/of anderen de totstandkoming van duurzame ketens positief beïnvloeden?

In genoemde rapportage zijn, na een uitgebreide inventarisatie van kansgebieden voor energiebesparing in duurzame ketens, elf projectideeën beschreven die demonstreren dat ketensamenwerking en energiebesparing goed samengaan. Voor verschillende van deze projectideeën is een pre-pilot fase geïnitieerd. Het doel van deze pre-pilot fase is om na te gaan:

- Welke mogelijkheden zijn beschikbaar voor energiebesparing en ketenoptimalisatie binnen de betreffende keten?
- Wat is het energiebesparingpotentieel dat hiermee kan worden bereikt?
- Welke kansen en bedreigingen ontstaan wanneer dit initiatief van energiebesparing in deze keten wordt uitgevoerd?
- Welke stappen moeten worden gezet om dit projectinitiatief geoperationaliseerd te krijgen?

Teneinde de realiteit van de voorgestelde maatregelen zo goed mogelijk in te schatten is zeer frequent overleg geweest met Campina B.V. Hierdoor kan een goed beeld worden verkregen welke beperkingen in de praktijk zullen ontstaan.

3. Beschrijving van het proces dat wordt beschouwd

Maatregelen ter vermindering van het energieverbruik in de zuivelketen die worden onderzocht zijn:

- kaaskoeien
- vroegtijdige verzuring
- familieverpakking
- onttrekken van water uit melk

De eerste drie maatregelen worden onderzocht door NIZO food research. KWA zal de maatregel onttrekken van water uit melk onderzoeken.

Het verminderen van de hoeveelheid water in landbouwgrondstoffen en -producten is een aanknopingspunt voor het verminderen van het energieverbruik. Als gevolg van de aanwezigheid van water kan extra energieverbruik optreden. Dit kan samenhangen met de volgende twee aspecten:

- transport van de grondstoffen en (half-)producten
- verwijdering van water uit de grondstoffen om het gewenst product te verkrijgen

Het onttrekken van water uit melk is interessant om de volgende redenen:

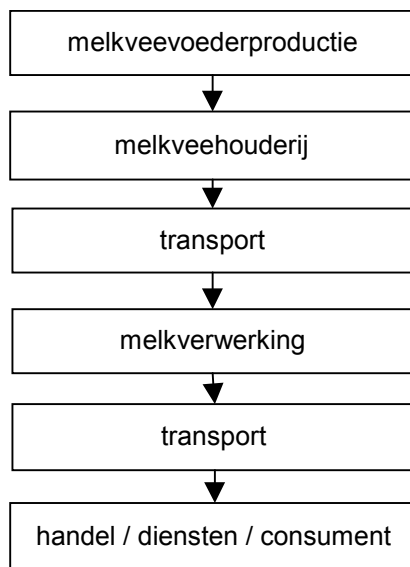
- De grondstof, rauwe melk, bevat een hoog gehalte aan water (circa 88%).
- Het aantal transportkilometers in de keten is hoog.
- Het concentreren van grondstoffen binnen de zuivelketen is een bekend proces, bijvoorbeeld bij de bereiding van melkpoeder en de verwerking van wei.

Het belang van Campina in dit project is de besparing op het aantal transportkilometers van de rauwe melk van melkveehouder naar melkverwerker.

4. Omschrijving en energieverbruik van de keten

4.1 Omschrijving van de keten

Figuur 1 toont een eenvoudige weergave van de zuivelketen.



Figuur 1: Eenvoudige weergave zuivelketen

Het eerste gedeelte in de keten is redelijk uniform. De schakel melkveevoederproductie omvat de energie die wordt verbruikt ten behoeve van de productie van melkveevoeder, zoals het verbouwen van gewassen, drogen, verwerking en transport. Na de melkwinning bij de veehouderijen wordt de rauwe melk getransporteerd met koelwagens naar de melkverwerkers.

Vanaf de melkverwerking vertakt de keten zich sterk. Het aantal verwerkingsprocessen is zeer divers. Voor dit project wordt een nadere afbakening van de keten gedefinieerd (paragraaf 4.3). Echter de totaalbalans wordt opgesteld over de keten, zoals is weergegeven in figuur 1.

De diverse producten worden getransporteerd met vrachtwagens naar de diverse verbruikers. De bemiddelingsorganisaties (groothandel, detailhandel, horeca, enzovoort) gebruiken energie om de consumptieve besteding aan de consument te leveren.

4.2 Energieverdeling over de keten

4.2.1 Geproduceerde hoeveelheden

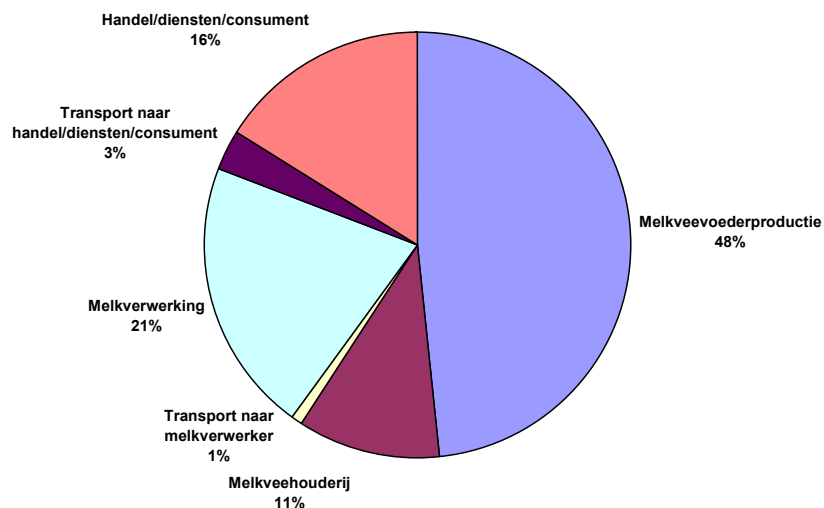
De totale hoeveelheid aangevoerde melk van de melkveehouder naar de melkverwerker in Nederland bedraagt circa 11 miljoen ton. Voor alle producten gemaakt uit rauwe melk geldt dat er bij de productie bijproducten ontstaan. De verdeling van de rauwe melk over de verschillende hoofdproducten is als volgt:

- kaas: 59%
- consumptiemelk: 16%
- melkpoeder: 13%
- condens / koffiemelk: 12%

Tabel 4.1 toont de energieverdeling over de verschillende schakels in de zuivelketen. Het energieverbruik voor de schakels melkverwerking en handel/diensten/consument is opgesplitst per productgroep. Figuur 2 toont de energieverdeling over de keten in een taartdiagram.

Tabel 4.1: Energieverdeling zuivelketen

Proces	Energieverbruik [MJ/kg product]	Productie [ton]	Energieverbruik	
			per productgroep [PJ _{prim}]	totaal [PJ _{prim}]
Melkveevoederproductie	3,60	11.000.000		39,60
Melkveehouderij	0,80	11.000.000		8,80
Transport naar melkverwerker	0,06	11.000.000		0,66
Melkverwerking, bestaande uit:				
- consumptiemelk	1,06	1.735.000	1,85	
- kaas	4,33	655.000	2,84	
- boter	2,15	147.000	0,32	
- condens/koffiemelk	2,50	325.000	0,81	
- melkpoeder	11,18	184.000	2,06	
- weiverwerking: eindproducten	8,84	387.000	3,42	
- weiverwerking: indikken	1,35	1.148.000	1,56	
- smeltkaas	3,22	27.000	0,09	
- kaasopslag	1,30	371.000	0,48	
- diverse producten	5,60	579.000	3,24	
- diverse: behandeling	0,28	1.474.000	0,41	
Totaal melkverwerking				17,06
Transport naar handel/diensten/consument	0,60	4.039.000		2,42
Handel/diensten/consument, bestaande uit:				
- consumptiemelk	1,40	1.735.000	2,43	
- kaas	9,40	655.000	6,16	
- boter	7,10	147.000	1,04	
- condens/koffiemelk	3,33	325.000	1,08	
- melkpoeder	3,33	184.000	0,61	
- weiverwerking: eindproducten	1,70	387.000	0,66	
- smeltkaas	9,40	27.000	0,25	
- diverse producten	1,70	579.000	0,98	
Totaal handel/diensten/consument				13,22
Totaal				81,77



Figuur 2: Energieverdeling zuivelketen

4.2.2 Melkveevoederproductie

Het energieverbruik ten behoeve van de melkveevoederproductie bestaat onder meer uit het verbouwen van gewassen, drogen, verwerking en transport. Het energieverbruik bedraagt 3,6 MJ per kg melk [2,3].

4.2.3 Melkveehouderij

Op de melkveehouderij wordt voor verschillende doeleinden energie verbruikt. Bij melkwinning worden elektrisch aangedreven melkmachines toegepast. Om de houdbaarheid van de melk te vergroten wordt deze zo snel mogelijk na winning gekoeld en in melktanks opgeslagen. Melkveestallen worden nagenoeg niet verwarmd, zodat het gebruik van warmte zich beperkt tot bereiding van warm water. Van het warme water is circa 60%-80% nodig voor reinigen van de melkwinninginstallatie. Bovendien verbruikt het machinepark, zoals tractor en ander gemechaniseerd werk.

Het energieverbruik bedraagt circa 0,75 – 0,80 MJ per kg melk [2,4].

4.2.4 Transport rauwe melk naar melkverwerker

Dit transport vindt plaats in tankwagens. Het gemiddeld aantal gereden kilometers bedraagt 3,94 km per ton melk. Het gemiddeld verbruik van de vrachtwagens wordt geschat op 1 liter brandstof per 2,5 km. Voor de calorische waarde van dieselolie is 38,3 MJ/kg aangehouden (database Less). Op basis hiervan is het energieverbruik ten gevolge van het transport van melkveehouder naar melkverwerker ingeschat op 0,06 MJ per kg melk.

4.2.5 Melkverwerking

De melkverwerking is zeer divers. Het energieverbruik voor de melkverwerking per productgroep is in tabel 4.1 weergegeven. De getallen zijn verkregen uit de literatuur [1].

4.2.6 Transport van melkverwerker naar handel/diensten/consument

Het energieverbruik ten gevolge van het transport van de verscheidene producten van de melkverwerker naar handel/diensten/consument bedraagt circa 0,6 MJ/kg product. Dit specifieke energieverbruik is afkomstig uit het onderzoek van Kramer [5].

4.2.7 Handel/diensten/consument

De bemiddelingsorganisaties (groothandel, detailhandel, horeca, enzovoort) gebruiken energie om de consumptieve besteding aan de consument te leveren. Het specifieke energieverbruik per productgroep is afkomstig uit het onderzoek van Kramer [5], deze verbruiken zijn weergegeven in tabel 4.1.

4.3 Afbakening keten ten behoeve van het onttrekken van water uit melk

Producten waaraan door retailer of consument geen water hoeft te worden toegevoegd zijn het meest geschikt voor dit project. Onttrekken van water uit melk is onderdeel van de bereiding van deze producten.

Bij de bereiding van consumptiemelk wordt geen water onttrokken aan de melk. Indien uit rauwe melk ten behoeve van de bereiding van consumptiemelk water wordt onttrokken zal dit later moeten worden verdund om het gewenste eindproduct te krijgen. Dit zou dan echter door de retailer of de consument moeten worden gedaan, wat als een nadeel kan worden beschouwd door de consument.

De smaakbeleving van de consumptiemelk door de consument kan hierdoor worden aangetast. Melk is een natuurproduct waarvan de consument wellicht verwacht dat het in pure vorm wordt gedronken. Het aanlengen van een melkconcentraat met water draagt echter niet bij aan het gezond imago van melk. Om deze redenen wordt het onttrekken van water uit rauwe melk ten behoeve van de bereiding van consumptiemelk buiten beschouwing gelaten.

Het onttrekken van water uit melk zal zich richten op de productgroepen:

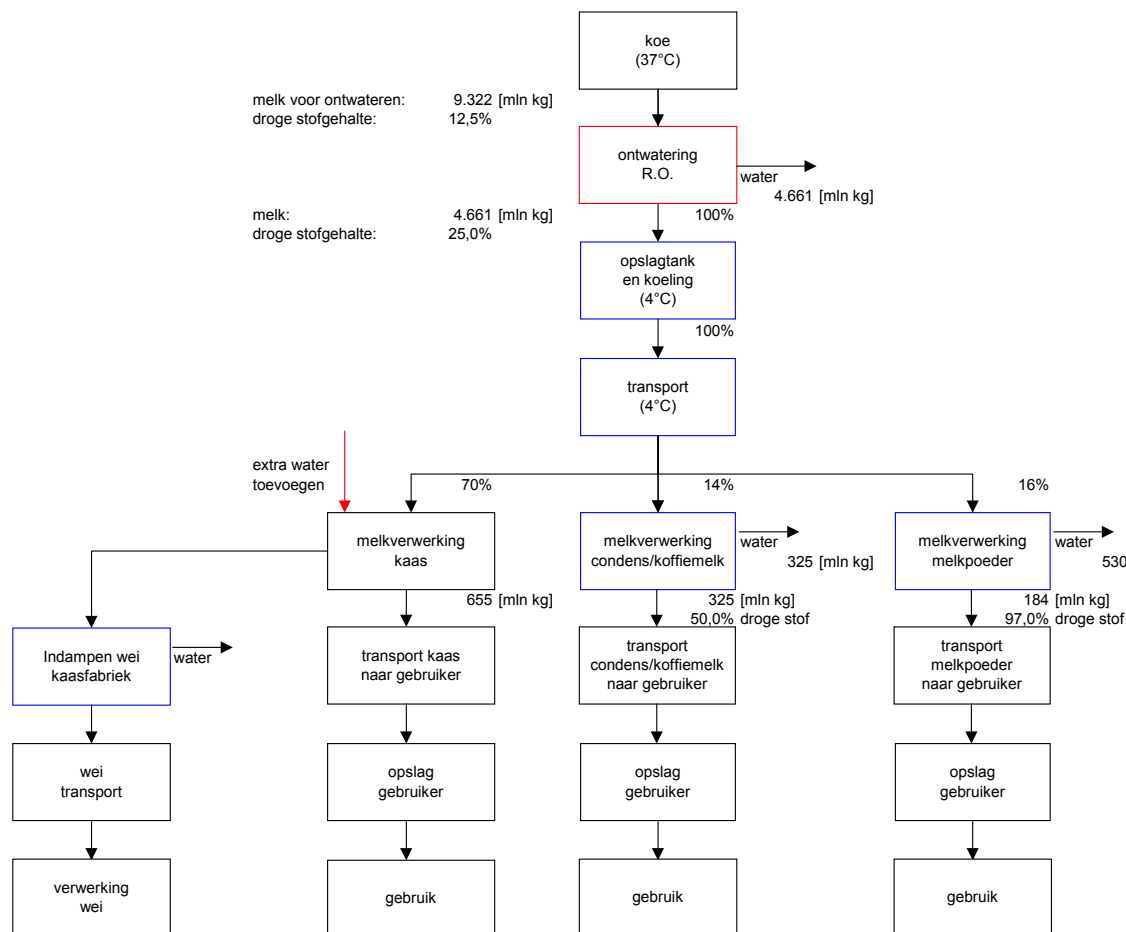
- kaas
- melkpoeder
- condens / koffiemelk

Hiermee is circa 84% van de totale hoeveelheid rauwe melk gemoeid. De grootste transportwinst en energiebesparing kan worden behaald door het concentreringsproces (onttrekken van water uit melk) bij de melkveehouder te laten plaatsvinden. Rauwe melk uit de koe wordt dan geconcentreerd alvorens de melk wordt gekoeld.

Het onttrekken van water uit melk heeft betrekking op de volgende schakels in de keten:

- melkveehouderij
- transport
- melkverwerking

Figuur 3 toont de zuivelketen met het onttrekken van water uit melk bij de melkveehouder.



Figuur 3: Keten ten behoeve van het onttrekken van water uit rauwe melk bij de melkveehouder

Bij de bereiding van condens/koffiemelk en melkpoeder is het onttrekken van water uit melk onderdeel van het proces. Het indikken van de melk bij de melkveehouder zal niet tot gevolg hebben dat voor deze producten later water aan de melk moet worden toegevoegd om het gewenste eindproduct te verkrijgen. Bij de kaasbereiding is dat anders. Indien kaas wordt bereid uit ingedikte melk, dient er in het begin van dit proces meer water te worden toegevoegd om het lactosegehalte te verlagen. Een andere mogelijkheid is om de geconcentreerde melk voor te behandelen met ultrafiltratie (UF) bij de melkverwerker.

De genoemde hoeveelheden en percentages genoemd in figuur 3 worden gebruikt bij het berekenen van het energiebesparingspotentieel in de keten. Deze worden besproken in hoofdstuk 6.

4.4 Overige besparingsmogelijkheden in de keten

Overige besparingsmogelijkheden in de zuivelketen zijn:

1. geïntegreerde ontwatering in melkwinningsapparaten
2. optimalisatie CIP-installaties
3. optimalisatie koelinstallaties
4. onderzoek naar vergisten natte afvalstromen en hergebruik gas in de zuivelindustrie

5. Onttrekken van water uit melk ter vermindering van het energieverbruik

5.1 Wanneer water uit melk onttrekken

Het onttrekken van water uit melk kan plaatsvinden bij de volgende schakels in de keten:

1. bij de melkveehouder direct vanaf de koe voor koeling
2. bij de melkveehouder na koeling
3. op een centraal punt / tussenverwerkingsstation

ad 1

De grootste energiebesparing in de zuivelketen kan worden bewerkstelligd door de rauwe melk uit de koe direct te concentreren alvorens de melk wordt gekoeld. Nadeel is dat de capaciteiten (de hoeveelheid te concentreren melk per tijdseenheid) dan laag zijn.

ad 2

Een ander moment van het concentreren van melk is wanneer de rauwe melk uit de opslagtanks wordt overgepompt naar de tankwagens. In dit geval zijn de capaciteiten hoger.

De concentreringsinstallatie kan bijvoorbeeld op de tankwagen worden geïnstalleerd. Voordeel van deze maatregel is dan dat de capaciteit en bedrijfstijd van de concentreringsinstallatie hoger ligt dan in het geval van een concentreringsinstallatie bij de melkveehouder.

ad 3

Tot slot bestaat de mogelijkheid om op een centraal punt de rauwe melk te verzamelen. In dit tussenverwerkingsstation kan de melk met grotere capaciteiten en bedrijfstijden worden ingedikt. In Nederland is deze oplossing niet zinvol, omdat de transportafstanden van melkveehouder tot melkverwerker te klein zijn. Bij wijze van spreke is in Nederland het centrale punt de melkverwerker zelf.

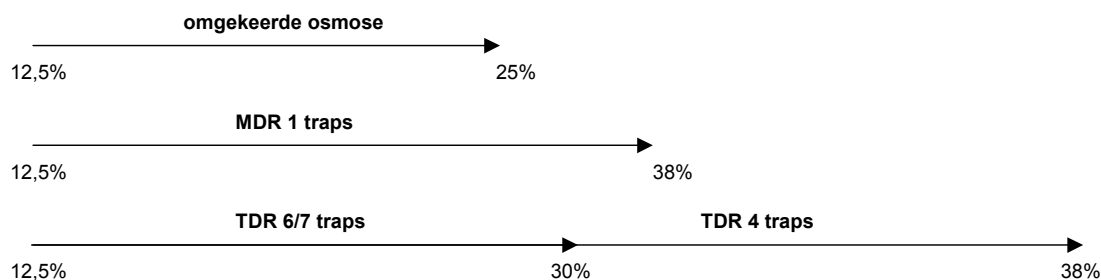
Uit bovenstaande blijkt dat het plaatsen van de concentreringsinstallatie bij de melkveehouder of op de tankwagen kansrijke mogelijkheden zijn.

5.2 Huidige technieken

Het onttrekken van water uit melk vindt reeds plaats bij de melkverwerkende fabrieken. Concentrerings technieken worden daar reeds op grote schaal toegepast. Meestal is hier sprake van het opwerken van de melk tot poederproducten. Het vermijden van het transport van water en het terugdringen van het energieverbruik is over het algemeen geen doelstelling. De gebruikte concentreringsprocessen zijn zeer energie-intensief. De meest toegepaste technieken in Nederland zijn indampstorens (mechanische of thermische damprecompressie) en droogtorens.

Figuur 4 toont de huidige technieken voor de verschillende indiktrajecten die van belang zijn bij het onttrekken van water uit melk. Rauwe melk heeft een droge stofgehalte van 12,5% droge stof. Indien de melk wordt ingedikt met een factor 2 zal het droge stofgehalte toenemen tot 25%.

Figuur 4: Gebruikelijke indiktrajecten voor verschillende technieken



Omgekeerde osmose

Bij omgekeerde osmose (RO) of nanofiltratie (NF) wordt de vloeistof en vaste stof gescheiden door een semi-permeabel membraan. Bij RO wordt met zodanig dichte membranen gewerkt dat alleen water wordt doorgelaten. Bij NF gaan ook éénwaardige ionen door het membraan.

RO wordt thans in Nederland bij een beperkt aantal kaasfabrieken toegepast voor het indikken van wei. NF wordt ook op praktijkschaal toegepast voor de productie van ontzoute wei.

Met RO is een droge stofgehalte van rauwe melk te bereiken van 25%. Bij hogere droge stofgehalten gaat de permeaatflux sterk naar beneden. Vanwege de aard van het proces is bij RO en NF energie in de vorm van elektriciteit nodig (pompen). Het energieverbruik bedraagt circa 0,02 [MJ / kg onttrokken water].

Mechanische damprecompressie, 1 traps

Bij mechanische damprecompressie wordt een mechanische blower/compressor gebruikt voor het verdichten tot de benodigde druk/temperatuur van de uit de melk ontwijkende damp. Met een 1 traps indamper is een droge stofgehalte te bereiken van circa 38%.

Vanwege de aard van het proces is bij mechanische damprecompressie energie in de vorm van elektriciteit nodig. Het energieverbruik bedraagt circa 0,10 [MJ/kg verdampt water].

Thermische damprecompressie, 6/7 traps

Bij het indampen met behulp van thermische damprecompressie (TDR) wordt stoom gebruikt om het verdampte water te comprimeren en daarmee op een hogere druk en temperatuur in een eerdere trap van de verdamper te kunnen hergebruiken. Met een 4 traps indamper is een droge stofgehalte te bereiken van circa 38%.

Het energieverbruik bedraagt circa 0,30 [MJ/kg verdampt water].

De capaciteiten van de te onttrekken waterhoeveelheid uit rauwe melk bij de melkveehouder zijn voor de concentreringstechnieken MDR en TDR te klein. Afhankelijk van de capaciteiten op een tussenverwerkingsstation zouden deze technieken een uitkomst kunnen bieden. Echter deze mogelijkheid is, zoals al eerder genoemd, voor Nederland niet interessant.

Voor de concentreringsinstallatie bij de melkveehouder of op de tankwagen zal gekozen moeten worden voor een kleinschalig proces dat eenvoudig te bedienen, onderhouden en te reinigen is. Daarnaast dient het energieverbruik uiteraard beperkt te zijn. Op basis van deze criteria is omgekeerde osmose de meest geschikte techniek.

5.3 Besparingspotentieel in de keten

De te bereiken besparingen zijn gebaseerd op een concentreringsfactor 2 voor het koelen van de rauwe melk. Tabel 5.1 toont de samenvatting van het energiebesparingspotentieel door het onttrekken van water uit de melk bij de melkveehouder met een factor 2. De totale hoeveelheid melkquotum wat in aanmerking komt voor ontwatering is met 16% verminderd, daar het aandeel ten behoeve van de consumptiemelk niet wordt meegenomen.

Tabel 5.1: Energiebesparingspotentieel indien rauwe melk bij de melkveehouder wordt ingedikt met een factor 2, exclusief consumptiemelk

Onderdeel	SEV [MJ/kg melk]	flow [mln kg /jaar]	Energie [TJ _{prim}]
1. Extra energieverbruik ontwatering	0,020	4.661	-93
2. Besparing koeling rauwe melk	0,091	4.661	425
3. Besparing transport rauwe melk	0,048	4.661	224
4. Besparing indampen koffiemelk	0,080	650	52
5. Besparing indampen melkpoeder	0,080	692	55
Totale besparing			663

ad 1 Extra energieverbruik ontwatering

Vanwege de aard van het proces is bij RO energie in de vorm van elektriciteit nodig (pompen). Het extra energieverbruik bij de melkveehouder als gevolg van omgekeerde osmose bedraagt circa 0,02 [MJ / kg verdampt water].

ad 2 Besparing koeling rauwe melk

Bij een concentreringsfactor 2 gaat de te koelen massastroom bij de melkveehouder eveneens met een factor 2 omlaag. Aangenomen wordt dat de melk wordt gekoeld van 37°C naar 4°C. De COP van de koelmachine bedraagt 3,5. De besparing bedraagt dan 0,09 MJ per kg melk.

ad 3 Besparing transport rauwe melk

Het energieverbruik ten gevolge van het transport van melkveehouder naar melkverwerker bedraagt 0,06 MJ/kg melk (zie paragraaf 4.2.4). Bij een indikkingsfactor van 2 hoeft er de helft minder aan rauwe melk te worden getransporteerd. Aangenomen wordt dat het aantal af te leggen kilometers met 40% daalt.

ad 4 en 5 Besparing indampen koffiemelk en melkpoeder

In Nederland wordt bij de melkpoeder producerende bedrijven veelal gebruik gemaakt van indampers die indikken tot een droge stofgehalte van circa 50% gevolgd door droogtorens die het concentraat verder indikken tot 97%. De twee technieken die bij de indampers worden gebruikt zijn mechanische en thermische damprecompressie.

De specifieke energieverbruiken voor het indikken van melk tot 50% zijn als volgt:

- indamper: : 0,3 [MJ / kg verdampt water]
- omgekeerde osmose: : 0,02 [MJ / kg verdampt water]

Door het indikken van de melk bij de melkveehouder middels omgekeerde osmose geschiedt het indikken in de meeste gevallen met een lager specifiek energieverbruik. Aangenomen wordt dat het huidige gemiddelde specifieke energieverbruik van het indampen van melk bij de melkverwerker in Nederland 0,1 [MJ / kg verdampt water] bedraagt.

5.4 Besparing indampen weipoeder

Bij kaasproductie ontstaat tijdens de wrongelbereiding het bijproduct wei. Het droge stofgehalte van deze wei is in de huidige situatie circa 5,3%. In Nederland wordt de wei bij de kaasbedrijven veelal ingedikt met behulp van indampers tot circa 25% droge stof.

Indien rauwe melk wordt ingedikt door middel van omgekeerde osmose, dient bij de bereiding van kaas uit deze dikmelk meer water te worden toegevoegd om onder meer lactose uit de melk te spoelen. Het energiebesparingsvoordeel bij het indampen, zoals bij koffiemelk en melkpoeder, verdwijnt hierdoor.

Extra waterverbruik op de kaasfabriek is niet wenselijk vanuit milieu en economisch oogpunt. Het extra innemen van leidingwater dan wel grondwater brengt extra kosten met zich mee (economie) en er wordt meer vuil water geloosd (milieu).

Een andere mogelijkheid is om de melk in te dikken aan de hand van ultrafiltratie bij de melkverwerker. Hierdoor wordt niet alleen het water verwijderd maar ook bepaalde soorten eiwitten. De lactose concentratie van de dikmelk is hierdoor vergelijkbaar met de normale rauwe melk, zodat geen extra spoelwater aan de kaasbereiding hoeft te worden toegevoegd. Het besparingspotentieel op het indampen van weipoeder bedraagt dan 314 TJ.

Het besparingspotentieel op het indampen van de weipoeder wordt in dit onderzoek verder niet meegenomen, daar op dit moment nog te veel vragen openstaan op de toepassing van ultrafiltratie bij rauwe melk voor de kaasbereiding. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan kwaliteit, houdbaarheid en smaak. Nader onderzoek is noodzakelijk op het gebied van onder meer membraantechnieken.

6. Kansen en bedreigingen

6.1 Algemeen

De kansen en knelpunten voor het ontwateren van melk zijn per betrokken partij uitgewerkt in tabel 6.1 en 6.2 voor de twee onderzochte mogelijkheden. Deze kansen en knelpunten gelden voor de hoofdproducten kaas, melkpoeder en condens/koffiemelk. Hieronder worden belangrijke knelpunten genoemd die specifiek gelden voor kaas.

In de eerste plaats is er een belangrijk knelpunt vanuit de Landbouwkwaliteitsregeling. Goudse Kaas bijvoorbeeld, dient conform deze regeling te worden bereid uit melk waaraan geen bestanddelen zijn toegevoegd of onttrokken.

In de tweede plaats bij de kaasbereiding. Indien rauwe melk wordt ingedikt door middel van omgekeerde osmose, dient bij de bereiding van kaas uit deze dikmelk meer water te worden toegevoegd om onder meer lactose uit de melk te spoelen. Het energiebesparingsvoordeel bij het indampen, zoals bij koffiemelk en melkpoeder, verdwijnt hierdoor. Een andere mogelijkheid is om de melk in te dikken aan de hand van ultrafiltratie bij de melkverwerker. Nader onderzoek is echter noodzakelijk voor de toepassing van ultrafiltratie bij de kaasbereiding (zie verder paragraaf 5.4).

6.2 Betrokken partijen en draagvlak

6.2.1 RO-installatie bij de melkveehouder

Tabel 6.1 toont de argumenten pro en contra per betrokken partij bij het onttrekken van water uit melk bij de melkveehouder.

Tabel 6.1: Overzicht argumenten pro en contra per betrokken partij bij het onttrekken van water uit melk bij de melkveehouder

Betrokken partij	Argumenten pro	Argumenten contra
Veehouder	Minder opslagcapaciteit nodig Vrijkomende water kan voor reiniging worden gebruikt Energiebesparing op koeling rauwe melk	Bediening en onderhoud RO-installatie Kwaliteit moet blijven voldoen aan KKM Houdbaarheid melk neemt af (beschadiging vetbolletjes en concentrering m.o.) Relatief hoge investeringskosten bij kleine schaal Extra energieverbruik Verbruik van chemicaliën (zuur + loog) Vervuiling membraan is voedingsbodem voor micro-organismen
Melktransporteurs		Minder opbrengst (afrekening op kilometers) Extra alertheid RMO-chauffeur nodig
Zuivelfabrieken	Volumestroom neemt af Minder hittebeschadiging melkbestanddelen Kosten voor melktransport nemen af Energiebesparing concentrering in fabriek	Verwerkingsprocessen technisch nog niet geschikt om geconcentreerde melk te verwerken Voorbehandelen geconcentreerde melk noodzakelijk bij kaasbereiding Fysische verandering melk (vetbolletjes) door hoge druk en daardoor chemische verandering melk Volgens de huidige wetgeving mag melk die gefiltreerd is geen melk meer heten Procede's voor beschermde kaassoorten (o.a. Goudse en Edam) liggen wettelijk vast

Uit Tabel 6.1 blijkt dat inspanningen en kosten en baten op verschillende plekken in de keten worden gerealiseerd. De melkveehouders hebben geen voordeel van het geconcentreerd afleveren van melk. De verminderde benodigde opslagcapaciteit kan slechts in nieuwe situaties een voordeel betekenen.

Het draagvlak bij de melkveehouders voor het plaatsen van een concentreringsinstallatie is gering. De investeringsruimte is over het algemeen gering. Aangezien de melkveehouders over het algemeen deel uitmaken van een zuivelconcern, zal er vanuit het concern wellicht een financiële ondersteuning kunnen worden gegeven.

6.2.2 RO-installatie op de tankwagen

In het geval dat de concentreringsinstallatie op de tankwagen wordt geplaatst, zullen de argumenten contra van de melkveehouder deels verschuiven naar de melktransporteur, dit is weergegeven in tabel 6.2.

Tabel 6.2: Overzicht argumenten pro en contra per betrokken partij bij het onttrekken van water uit melk op de tankwagen

Betrokken partij	Argumenten pro	Argumenten contra
Veehouder	Vrijkomende water kan voor reiniging worden gebruikt	Extra energieverbruik Verbruik van chemicaliën (zuur + loog)
Melktransporteurs		Capaciteit RO-installatie: overpompen van rauwe melk in tankwagen dient in zeer korte tijd te geschieden Minder opbrengst (afrekening op kilometers) Kwaliteit moet blijven voldoen aan KKM Vervuiling membraan is voedingsbodem voor micro-organismen Extra Handling Extra alertheid RMO-chauffeur nodig
Zuivelfabrieken	Volumestroom neemt af Kosten voor melktransport nemen af Energiebesparing concentrering in fabriek Minder hittebeschadiging melkbestanddelen	Verwerkingsprocessen technisch nog niet geschikt om geconcentreerde melk te verwerken Voorbehandelen geconcentreerde melk noodzakelijk bij kaasbereiding Reiniging RO-installatie geschiedt bij melkverwerker Fysische verandering melk (vetbolletjes) door hoge druk en daardoor chemische verandering melk Volgens de huidige wetgeving mag melk die gefiltreerd is geen melk meer heten Procede's voor beschermde kaassoorten (o.a. Goudse en Edam) liggen wettelijk vast

De belangrijkste knelpunten voor het plaatsen van een concentreringsinstallatie op een tankwagen zitten vooral in de benodigde capaciteit. Het overladen van de rauwe melk uit de opslagtank bij de melkveehouder in de tankwagen dient snel te geschieden. Daardoor zal de installatie te groot en te zwaar worden, waardoor er minder laadvermogen aanwezig is op de tankwagen. De capaciteit kan variëren van 60 tot 90 ton per uur. Installaties met dergelijke capaciteiten zijn vooralsnog te groot en te zwaar om op een tankwagen te plaatsen. Bij kleinere capaciteiten zal het laden van een tankwagen te lang duren.

6.3 Technische randvoorwaarden

De houdbaarheid van de melk kan afnemen door de beschadiging van vetbolletjes en concentrering van micro-organismen.

Rauwe melk bevat circa 4% vet. Dit kan leiden tot verstoring van concentreringstechnieken waarbij membranen worden gebruikt (dichtslibben van de membranen). Om de technische haalbaarheid te onderzoeken dienen proeven te worden uitgevoerd.

Gebleken is dat sommige concentreringsprocessen een invloed kunnen hebben op de kwaliteit van de melk (smaak, geur). Het is de verwachting dat bij het gebruik van membraanfiltratieprocessen deze problemen niet of in beperkte mate optreden. Daarnaast geldt dat processen in de voedingsmiddelenketens in toenemende mate moeten voldoen aan strenge hygiëne eisen. Het plaatsen van een concentreringsinstallatie levert voor een melkveehouder een extra risico voor besmetting op en zorgt voor de noodzaak tot het frequent reinigen. De ingedikte melk moet in ieder geval aan de volgende criteria voldoen:

- de kwaliteit van de melk dient gewaarborgd te blijven (smaak en geur)
- de kwaliteit moet blijven voldoen aan KKM
- de geldende wet- en regelgeving moet worden nageleefd, zoals de eisen die worden gesteld in de regelgeving voor voedselveiligheid (HACCP, etc.)

De melkverwerkingsprocessen zijn nu nog niet ingesteld op de verwerking van geconcentreerde melk. Deze processen worden relatief eenvoudig oplosbaar geacht.

6.4 Organisatie / logistiek

De melkveehouder moet in principe aan elke melkverwerkende fabriek kunnen leveren. Indien geconcentreerde melk alleen maar aan bijvoorbeeld kaasfabrieken kan worden geleverd, kan het snel grootschalig omschakelen naar leveranties aan consumptiemelkfabrieken problematisch worden. Dit was ten tijde van de MKZ-crisis op een bepaald moment noodzakelijk. Op korte termijn zou als noodoplossing de melk weer aangelengd kunnen worden. Op langere termijn zou de concentreringsinstallatie buiten bedrijf kunnen worden gesteld. Daarbij kunnen wel capaciteitsproblemen ten aanzien van de melkopvang (volume melktank) optreden.

Indien veehouders overstappen op het leveren van geconcentreerde melk zal nagegaan dienen te worden of deze melk apart moet worden gehouden. Dit is logistiek gezien waarschijnlijk niet mogelijk. De vrachtauto's die de melk ophalen zullen in principe dezelfde ophaalroutes dienen te blijven volgen. Bij geconcentreerde melk zal de melk bij meer veehouders in 1 rit kunnen worden opgehaald. Verlaging van de ophaalfrequentie zal uit microbiologische (kwaliteits-) redenen waarschijnlijk niet mogelijk zijn.

Het project vraagt samenwerking van verschillende partijen binnen de keten met elk eigen belangen. De partijen binnen de keten (veehouders, melkverwerkers (zuivelconcern), en supermarkten) zijn niet bijzonder innovatief.

6.5 Economie

De drijvende kracht voor het project zal zijn het financiële voordeel dat kan worden behaald door vermindering van het aantal transportkilometers van melkveehouder tot melkverwerker en vermindering van het energieverbruik bij de indampinstallaties van de melkverwerkers.

Hieronder worden de twee besproken mogelijkheden van onttrekken van water uit melk in de zuivelketen globaal doorgerekend op financiële besparingen en investering, waaruit de terugverdientijd volgt.

6.5.1 RO-installatie bij de melkveehouder

In tabel 6.3 is de financiële besparing berekend voor een gemiddeld melkveebedrijf met een melkproductie van 500 ton melk per jaar. De afname van de te verwerken rauwe melkhoeveelheid bedraagt 250 ton per jaar (indikkingsfactor 2). Voor de andere schakels in de keten is eveneens de financiële besparing doorgerekend voor deze melkhoeveelheid.

Tabel 6.3: Financiële besparingen voor een gemiddeld melkveebedrijf, transporteur en melkverwerker bij een indikkingsfactor 2 van de melk bij de melkveehouder

Onderdeel	flow	E-verbruik	besparing	kostprijs	besparing
Melkveehouder					
Extra energieverbruik ontwatering	250 [ton per jaar]	-2 kWh/ton	-500 kWh	0,09 €/kWh	- € 45
Besparing koeling rauwe melk	250 [ton per jaar]	10 kWh/ton	2500 kWh	0,09 €/kWh	€ 225
Transporteur					
Besparing transport rauwe melk	200 [kg per jaar]	1,57 liter/ton	314,999 liter	0,72 €/liter	€ 227
Totaal					€ 407

De financiële besparing voor de melkveehouder bedraagt: € 180,--
 De financiële besparing voor de melkverwerker, inclusief kosten transporteur, is: € 227,--

Indien wordt uitgegaan van de situatie dat bij de melkveehouder een RO-installatie wordt geplaatst zal de totale besparing per RO-installatie circa € 407,-- bedragen. De investering zal bestaan uit een omgekeerde osmose installatie bij de melkveehouder. Deze wordt globaal geschat op € 70.000,--. De investering zal bestaan uit membraan, behuizing, pompen, leidingen en instrumentatie. Bovendien dient alles CIP reinigbaar te zijn.

De terugverdientijd is in dit geval > 100 jaar. Let wel, bij de bepaling van de financiële besparingen zijn de besparingen van de transportkosten meegenomen én de besparing op het elektriciteitsverbruik van de melkveehouder ten behoeve van koeling. De extra investering ten behoeve van de voorbehandeling van de ingedikte melk bij een kaasfabriek is in de investering niet meegenomen.

Besparing bij het indampen van melk (bij condens/koffiemelk en melkpoeder)

Bij de bereiding van melkpoeder en condens/koffiemelk hoeft de dikmelk niet te worden voorbehandeld.

De financiële besparing op het indampen van de melk bedraagt € 111,--. Uitgegaan is hierbij van de melkhoeveelheden uit tabel 6.3, een besparing op het gasverbruik van 2,5 Nm³ per ton en een aardgasprijs van € 0,175 per Nm³. In dit geval is de terugverdientijd nog steeds groter dan 100 jaar.

6.5.2 RO-installatie op een tankwagen

In het geval dat de RO-installatie op een tankwagen wordt geplaatst zal de totale hoeveelheid melk dat wordt ingedikt per jaar door deze installatie aanzienlijk hoger zijn. Om hiervoor een inschatting te kunnen maken wordt de situatie voor een gemiddeld kaasbedrijf genomen.

In tabel 6.4 is de financiële besparing berekend voor een kaasbedrijf met een kaasproductie van 25.000 ton kaas per jaar. De totale rauwe melkinname van dit bedrijf zal circa 250.000 ton bedragen. De afname van de te verwerken rauwe melkhoeveelheid bedraagt 125.000 ton per jaar (indikkingsfactor 2). Voor de andere schakels in de keten is eveneens de financiële besparing doorgerekend voor deze melkhoeveelheid.

Tabel 6.4: Financiële besparing voor een gemiddeld kaasbedrijf en transporteur bij een indikkingsfactor 2 van de rauwe melk op de tankwagen

Onderdeel	flow	E-verbruik	besparing	kostprijs	besparing
Transporteur					
Extra energieverbruik ontwatering	125.000 [ton per jaar]	-2 kWh/ton	-250.000 kWh	0,09 €/kWh	- € 22.500
Besparing transport rauwe melk	100.000 [ton per jaar]	1,57 liter/ton	157.500 liter	0,72 €/liter	€ 113.400
Totaal					€ 90.900

De financiële besparing voor de transporteur bedraagt: € 90.900,--

Besparing bij het indampen van melk (bij condens/koffiemelk en melkpoeder)

Bij de bereiding van melkpoeder en condens/koffiemelk hoeft de dikmelk niet te worden voorbehandeld. De financiële besparing op het indampen van de melk bedraagt dan circa € 55.000,--. Hierbij is uitgegaan van de melkhoeveelheden uit tabel 6.4, een besparing op het gasverbruik van 2,5 Nm³ per ton en een aardgasprijs van € 0,175 per Nm³.

Door de RO-installatie op de tankwagen te installeren zal het aantal te plaatsen RO-installaties beduidend lager liggen dan in het geval dat een RO-installatie bij de melkveehouder wordt geplaatst. Hierdoor zullen de totale investeringskosten ook lager liggen. De RO-installatie op de tankwagen heeft bovendien een hogere capaciteit en bedrijfstijd wat de maatregel aanzienlijk rendabeler maakt.

De investering zal bestaan uit een omgekeerde osmose installatie op een tankwagen. Een omgekeerde osmose installatie op de tankwagen dient over een grote capaciteit te beschikken, welke kan variëren van 60 tot 90 ton per uur. Installaties met dergelijke capaciteiten zijn vooralsnog te groot en te zwaar om op een tankwagen te plaatsen. Bij kleinere capaciteiten zal het laden van een tankwagen te lang duren. Een investeringsraming is pas zinvol wanneer er concentreringstechnieken beschikbaar zijn die dergelijke capaciteiten aan kunnen en op een tankwagen kunnen worden geplaatst.

6.6 Markt

De zuivelmarkt is een vrij behoudende markt met geringe marges. De markt is vanuit traditie aanbod gestuurd en niet gewend aan innovaties. De technische en economische haalbaarheid zal derhalve overtuigend moeten worden aangetoond alvorens er over implementatie zal worden gedacht.

7. Gebruikte informatiebronnen

1. Arcadis IMD, Referentiemethode Zuivel, IMD/MA00/2221/30185, 11 april 2000
2. I.W. Hageman e.a., Werken met de energiemeetlat voor melkveehouders, ISBN 90-5634-031-x, Centrum voor landbouw en milieu, Utrecht, augustus 1996
3. InfoMil, Mengvoederindustrie, E11 Energie, InfoMil, maart 1998
4. InfoMil, Veehouderijen, E11 Energie, InfoMil, maart 1998
5. K.J. Kramer, H.C. Moll, Energie voedt, Nadere analyse van het indirecte energieverbruik van voeding, IVEM onderzoeksrapport nr. 77, Groningen, april 1995

8. Conclusies en aanbevelingen

De grootste transportwinst en energiebesparing kan worden behaald door het concentreringsproces bij de melkveehouder te laten plaatsvinden. Water wordt dan direct uit de rauwe melk onttrokken alvorens de melk wordt gekoeld. De meest geschikte techniek hiervoor is omgekeerde osmose (RO). Uit een globale berekening blijkt dat de terugverdiendtijd voor bovengenoemde maatregel groter is dan 100 jaar (ook inclusief besparing op indampen). Dit is een gevolg van de relatief hoge investeringskosten bij een kleine capaciteit en lage bedrijfstijd. De belangrijkste knelpunten zijn verder de bediening en onderhoud van de installatie door de melkveehouder en de kans op vervuiling van het membraan wat een voedingsbodem is voor de groei van micro-organismen.

Door de RO-installatie op de tankwagons te installeren zal het aantal te plaatsen RO-installaties beduidend lager liggen dan in het eerste geval. Hierdoor zullen de investeringskosten ook lager liggen. De RO-installaties op de tankwagons hebben bovendien een hogere capaciteit en bedrijfstijd wat de maatregel aanzienlijk rendabeler maakt. Een nadeel is dat de totale hoeveelheid rauwe melk wel gekoeld moet worden, waardoor het besparingspotentieel daalt tot $0,33 \text{ PJ}_{\text{prim}}$. Het overladen van rauwe melk uit de opslagtank in de tankwagons gebeurt in zeer korte tijd. Een omgekeerde osmose installatie dient hierdoor over een grote capaciteit te beschikken. De capaciteit kan variëren van 60 tot 90 ton per uur. Installaties met dergelijke capaciteiten zijn vooralsnog te groot en te zwaar om op een tankwagon te plaatsen. Bij kleinere capaciteiten zal het laden van een tankwagon te lang duren.

Andere knelpunten van het onttrekken van water uit melk bij de melkveehouder of op de tankwagons liggen verder in de kaasbereiding. In de eerste plaats vanuit de Landbouwkwaliteitsregeling. Goudse Kaas bijvoorbeeld, dient conform deze regeling te worden bereid uit melk waaraan geen bestanddelen zijn toegevoegd of onttrokken.

In de tweede plaats bij de kaasbereiding. Indien rauwe melk wordt ingedikt door middel van omgekeerde osmose, dient bij de bereiding van kaas uit deze dikmelk meer water te worden toegevoegd om onder meer lactose uit de melk te spoelen. Het energiebesparingsvoordeel bij het indampen, zoals bij koffiemelk en melkpoeder, verdwijnt hierdoor. Een andere mogelijkheid is om de melk in te dikken aan de hand van ultrafiltratie bij de melkverwerker. Nader onderzoek is echter noodzakelijk voor de toepassing van ultrafiltratie bij de kaasbereiding.

Op basis van bovenstaande knelpunten wordt het indikken van melk in de zuivelketen op dit moment niet haalbaar geacht. Nader onderzoek is noodzakelijk op het gebied van membraantechnieken (ultrafiltratie bij de kaasbereiding) en bij geïntegreerde ontwateringsinstallaties in melkwinningsapparaten.