

Proefstation voor de  
Rundveehouderij,  
Schagenhouderij en  
Paardenhouderij (PR)

Waiboer-  
hoeve

Regionale  
Onderzoek  
Centra  
(ROC's)

# Energie-efficiënt reinigen melkwinningsapparatuur

G.M.V.H. Wolters  
J.G.P. Verheij

# Inhoudsopgave

Blz.

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| Voorwoord .....                                             | 3  |
| 1 Inleiding .....                                           | 4  |
| 2 Inventarisatie huidige toestand .....                     | 5  |
| 2.1 Bestaande situatie .....                                | 5  |
| 2.2 Bestaande energiebesparende voorzieningen .....         | 5  |
| 2.3 Reinigingsfactoren.. .....                              | 6  |
| 2.4 Desinfectie .....                                       | 7  |
| 2.5 Specifieke technologische randvoorwaarden .....         | 7  |
| 2.6 Overige randvoorwaarden.. .....                         | 8  |
| 3 Uitgangspunten en organisatie van het onderzoek.. .....   | 9  |
| 3.1 Kwaliteitsbeveiliging .....                             | 9  |
| 3.2 Milieu, energie en procesbewaking: drie projecten ..... | 9  |
| 4 Uitvoering van het onderzoek.. .....                      | 10 |
| 4.1 Inleiding.. .....                                       | 10 |
| 4.2 Onderzoek reiniging melkleidinginstallatie.. .....      | 10 |
| 4.2.1 Hittereiniging .....                                  | 10 |
| 4.2.2 Doorschuifreiniging .....                             | 11 |
| 4.2.3 Voorraadreiniging.. .....                             | 11 |
| 4.2.4 Standaardreiniging.. .....                            | 12 |
| 4.3 Analyses.....                                           | 13 |
| 5 Resultaten .....                                          | 14 |
| 5.1 Warmtepompen.. .....                                    | 14 |
| 5.2 Hittereiniging.. .....                                  | 16 |
| 5.3 Doorschuifreiniging.. .....                             | 18 |
| 5.4 Voorraadreiniging .....                                 | 20 |
| 5.5 Standaardreiniging .....                                | 22 |
| 5.5.1 Optimalisatie spoeeffect .....                        | 22 |
| 5.5.2 Reinigen in compartimenten.....                       | 25 |
| 5.5.3 Beperkte tweede reiniging.....                        | 25 |
| 6 Discussie en conclusies .....                             | 26 |
| 7 Kennisoverdracht naar de praktijk .....                   | 29 |
| Samenvatting .....                                          | 30 |
| Literatuur .....                                            | 31 |

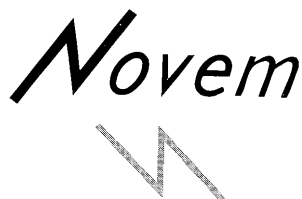
## Voorwoord

Vanaf 1991 is op het PR onderzoek verricht aan verbetering van de reiniging van melkwinningsapparatuur. Publikatie nr. 80 behandelde de eerste resultaten van het project 'Milieusparend reinigen van melkwinningsapparatuur'.

Deze publikatie gaat over het aansluitende project 'Energie-efficiënt reinigen van melkwinningsapparatuur', dat mede mogelijk werd gemaakt door het Ministerie van Economische zaken, en

namens dit departement door NOVEM (Nederlandse Maatschappij voor Energie en Milieu) in opdracht werd gegeven in het kader van het programma Agrarische Sector.

Het onderzoek werd uitgevoerd door een onderzoeksgroep binnen de afdeling Melkwinning van het PR. J.A.M. Boerekamp, H.J. Soede en J.T. Nuninga verzorgden de uitvoering, met ondersteuning van enkele stagiaires.



# 1 Inleiding

Toen eind jaren '70 de energieprijzen stegen, ontstond er een duidelijke interesse voor energiebesparende maatregelen in de melkwinning. Uit die tijd stamt dan ook het toepassen van voorcoeling en warmteterugwinning bij het winnen en bewaren van melk op de boerderij. In de jaren daarna bleek energie toch betrekkelijk goedkoop te blijven. Door de toenemende CO<sub>2</sub>-uitstoot en de effecten daarvan op het leefmilieu, is eind jaren '80 de interesse in energiebesparing weer aanzienlijk toegenomen.

Een belangrijk deel van de energie bij de melkwinning wordt gebruikt voor de verwarming van het water voor de inwendige reiniging van melkwinningsapparatuur. Daarnaast is in de melk een aanzienlijke hoeveelheid winbare energie aanwezig, waarvan nog maar een beperkt deel wordt teruggewonnen in de vorm van heet water. Hier is dus nog een aanzienlijk onbenut potentieel aanwezig.

Na het invoeren van het melken met behulp van leidingsystemen werden aanbevelingen ontwikkeld voor de reiniging, die een veilige melkwinning garanderen. Daarnaast was de aankoop van energie, chemie en water voor de reiniging relatief goedkoop, zodat de ontwikkelde reinigingssystemen niet geoptimaliseerd werden ten aanzien van het verbruik van energie, chemie en water.

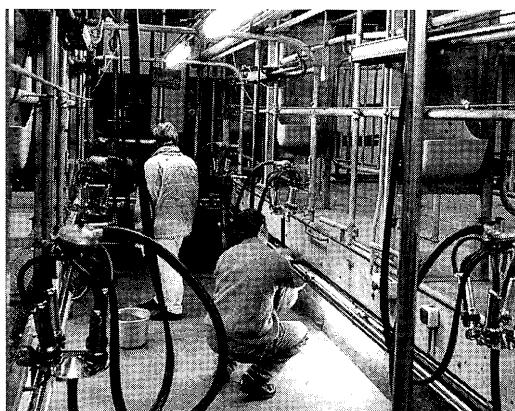
In juli 1992 werd het Lozingenbesluit Bodembescherming van kracht, naast de reeds bestaande

Wet Verontreiniging Oppervlaktewater. Uitrijden van spoelwater over het land en lozen op het oppervlaktewater werden hierdoor verboden, waardoor riool en mestput als enige alternatieven overbleven. Hierdoor ontstonden op het PR ideeën over de behoefte aan en de kansen voor onderzoek naar brongerichte maatregelen, die het afvalwaterprobleem in eerste instantie bestreden. Projectbeschrijvingen werden opgesteld en in 1991 besloot NOVEM tot medewerking. Daarmee werd een essentiële stap gezet op weg naar een grondige herziening van de gebruikelijke technologie voor het reinigen van melkwinningsapparatuur.

De eerste mogelijkheden tot water- en energiebesparingen zijn bekeken binnen het project 'Milieusparend reinigen melkwinningsapparatuur', waarvan de eerste resultaten zijn vastgelegd in PR-publikatie nr. 80. In het project 'Energie-efficiënt reinigen melkwinningsapparatuur' zijn bestaande onderzoekslijnen verder uitgewerkt, waarbij de nadruk meer op energiebesparing is komen te liggen.

Het primaire doel van dit project was dan ook het ontwikkelen van praktisch toepasbare werkwijzen voor reiniging van melkwinningsapparatuur, met als kenmerken een sterk verlaagd verbruik van aangekochte energie. Daarnaast zijn ook de onderdelen water- en chemicaliënverbruik, met daaraan gekoppeld de afvalwaterproductie, meegenomen. Uitwerkingen op het gebied van afvalwater zijn in speciale tekstkaders weergegeven. Het energievoordeel dat voortvloeit uit een gereduceerde afvalwaterstroom (minder mestopslag, minder uitrijden, minder zuivering van afvalwater enz.) is hierbij niet verder uitgewerkt. Ditzelfde geldt voor het energievoordeel dat voortvloeit uit een gereduceerd verbruik aan leidingwater en chemicaliën.

Het onderzoek richtte zich voornamelijk op de reiniging van de melkleidinginstallatie. Onderdelen als hergebruik van spoelwater voor het schoonspuiten van de melkstal, reductie van het waterverbruik bij het schoonspuiten van de melkstal en optimalisatie van de reiniging van de melkkoeltank zijn in dit onderzoek niet meegenomen. Dit wordt binnen andere projecten onderzocht.



*Installatie van de melkstal voor het nieuwe reinigingsproject melkwinning.*

# 2 Inventarisatie huidige toestand

## 2.1 Bestaande situatie

Een steeds groter milieuprobleem is het hoge energieverbruik in Nederland. Dit geldt ook voor de Nederlandse melkveehouderij. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt tussen directe (bijv. dieselolie en elektriciteit) en indirecte energie (bijv. krachtvoer en kunstmest).

Het grootste deel van de directe energie is bestemd voor de melkwinning; namelijk het energieverbruik voor het melken, koelen en water verwarmen. Deze directe kosten bedragen circa 9% van de totale energiebehoefte in de melkveehouderij [de Koning (1992)].

Het project is gericht op het verbruik van directe energie, en met name de reiniging van melkwinningsinstallaties op de boerderij.

De huidige situatie met betrekking tot het energieverbruik bij de melkwinning in ons land is bij benadering bekend. In de melk is ongeveer 410 miljoen kWh winbare energie aanwezig, waarvan naar schatting slechts 25% wordt teruggewonnen in de vorm van heet water, dat zowel voor de melkstal als voor de huishouding wordt gebruikt.

Een belangrijk deel van het energieverbruik bij de melkwinning is voor de verwarming van het reinigingswater voor de inwendige reiniging van melkwinningsapparatuur. Dit bedraagt 350 miljoen kWh/jaar. Daarnaast vergt het melken 200-250 miljoen kWh/jaar aan elektriciteit voor de vacuümpomp, melkpomp, verlichting en dergelijke. Dit laatste verbruik is sterk geconcentreerd in spitsuren en niet eenvoudig te reduceren. De melkkoeling tenslotte vergt ongeveer 160 miljoen kWh/jaar aan elektrische energie.

De verschillen in elektriciteitsverbruik tussen bedrijven met vergelijkbare bedrijfsgrootte zijn zeer groot [de Koning (1992)]. Dit wordt veroorzaakt door onder andere de grootte van de melkstal, aanleg en constructie van de melkinstallatie, diameters van de leidingen en melkproduktiemeters. Naast het toegepaste reinigingssysteem is ook de afstelling door de dealer in grote mate bepalend voor de benodigde hoeveelheid energie. Dit betekent dat er aanzienlijke energiebesparingen mogelijk zijn.

Als energiebron voor het verwarmen van water

## Afvalwaterprobleem

Het waterverbruik per koe per dag voor de reiniging van melkwinningsapparatuur bedraagt 7-15 liter, afhankelijk van het type installatie. Jaarlijks gaat het om een hoeveelheid afvalwater van 7 miljoen m<sup>3</sup>, op basis van 10 liter per dier per dag. Slechts een beperkt aantal melkveebedrijven is aangesloten op het riool, zodat het overgrote deel naar de mestopslag verdwijnt. Dit betekent soms extra opslagcapaciteit (f15,-/m<sup>3</sup>) en hoge kosten voor emissie-arm afvoeren (f8,-/m<sup>3</sup>) van dit produkt.

Voor een standaardbedrijf (standaardinstallatie met 8 melkstellen [IKC(1992)]) is het jaarlijkse waterverbruik in m<sup>3</sup> voor de diverse onderdelen als volgt:

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| reiniging melkapparatuur | 132       |
| reiniging melktank       | 33        |
| schoonspuiten melkstal   | 90        |
| overige                  | <u>20</u> |
| Totaal                   | 275       |

Uit dit overzicht blijkt dat de reiniging van melkapparatuur de grootste post betreft. Brongerichte besparingen op dit gebied hebben dan ook grote betekenis voor het totale afvalwater.

wordt in de Nederlandse melkveehouderij vooral elektriciteit gebruikt. Uit gegevens van de LEI-studiebedrijven blijkt circa 35% gebruik te maken van aardgas voor het verwarmen van water.

## 2.2 Bestaande energiebesparende voorzieningen

Bij het koelen van melk kan energie worden bespaard door gebruik te maken van een voorkoeler. Door middel van koud water dat in tegenstroom met de melk stroomt, wordt de melk afgekoeld en het water verwarmd tot 17-20°C. Het vrijkomende water kan benut worden als drinkwater voor het vee. Per liter melk wordt ongeveer 2 liter bron/leidingwater gebruikt. Toepassen van voorkoelen betekent een verlaging van energie voor de koeling met 40-45%.

Bij een warmterugwinningsinstallatie wordt de energie die vrijkomt bij het koelen van melk met

behulp van een warmtepomp aan water overgedragen. Hierbij kunnen twee systemen onderscheiden worden, een boiler-condensor en een met water gekoelde condensor. Bij een boiler-condensor wordt een deel van de warmte van de melk via het koelmiddel freon aan het water overgedragen. Na het bereiken van de gewenste temperatuur wordt de rest via een traditionele, luchtgekoelde condensor naar de omgeving afgevoerd. Bij een water gekoelde condensor wordt alle warmte uit de melk aan het water overgedragen. Wanneer niet alle warmte kan worden benut, wordt warm water uit het opslagtank gespuist. Bij een boiler-condensor is de hoeveelheid water die wordt verwarmd constant en de temperatuur afhankelijk van de hoeveelheid gekoelde melk (40-60°C), terwijl bij een water gekoelde condensor de hoeveelheid water afhankelijk is van de hoeveelheid gekoelde melk, met een constante temperatuur (55-60°C) [Ubbels e.a.(1979)].

Globaal wordt per 2 liter geproduceerde melk 1 liter warmteterugwinningwater geproduceerd. In het algemeen komt er meer warmte uit de melk beschikbaar dan nodig is voor het verwarmen van het benodigde water voor de reiniging. Afhankelijk van de behoefte aan warm water, zijn

energiebesparingen tot 50% mogelijk.

In Nederland zijn momenteel circa 12.000 bedrijven voorzien van een warmteterugwinninginstallatie, op een totaal van 39.500 melkveebedrijven. Dit zijn vooral bedrijven met 50 koeien of meer, en die niet beschikken over aardgas. Door het vinden van nuttige toepassingen voor de overtollige warmte zou de toepasbaarheid van het systeem kunnen worden vergroot.

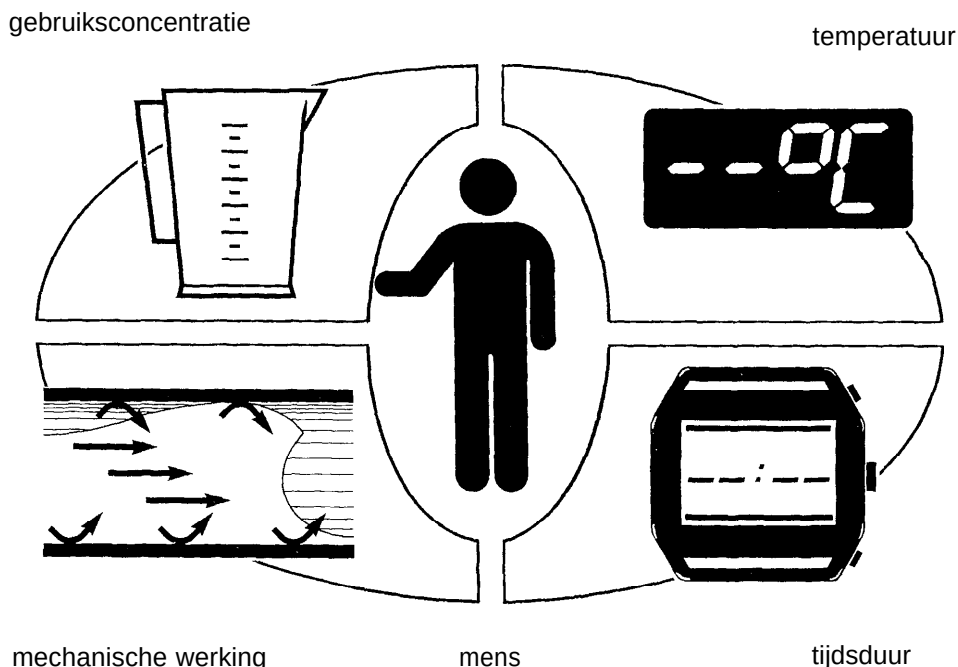
Het is nu algemeen gebruikelijk om het warmteterugwinningwater in een elektrische of gasboiler door te verwarmen, alvorens het te gebruiken voor de reiniging.

### 2.3 Reinigingsfactoren

Reiniging berust op de vier factoren die in figuur 1 zijn voorgesteld en waarop nu kort wordt ingegaan.

De factor *tijd* heeft tussen twee melkbeurten alle ruimte, maar niet in combinatie met de factor temperatuur. Immers, als de vervuilde oppervlakken langduriger verwarmd moeten worden, zou het ongeïsoleerde leidingcircuit zeer veel warmte verliezen aan de omgeving. In de praktijk duren voorspoeling (water van 40-60°C) en hoofdreiniging (begintemperatuur 70-80°C) samen 15-45 minuten. Daarna volgt de koude na-

**Figuur 1** Reinigingsfactoren



spoeling.

De aanbevolen concentratie aan chemische middelen is nodig om het vuil los te maken en zwevend te houden, alsmede om bacteriën te doden. Verder dient het voor waterbehandeling en het vermijden of verwijderen van aanslag in het circuit.

De mechanische werking of turbulentie is een moeilijk punt, en in de praktijk ook een zwakke schakel. Circulatiereiniging vindt plaats in een leidingsysteem, en de vacuümpomp levert de drijvende kracht in de leidingen. Deze kracht is niet altijd toereikend voor de sterke verwijdingen, vertakkingen en vernauwingen die in het circuit voorkomen. De melkpomp kan vervolgens het betrekkelijk eenvoudige leidingdeel naar de melktank goed bevoelen. De snelheid en de reinigende werking van een door de vacuümpomp aangezogen waterkolom is afhankelijk van o.a. vacuümpompcapaciteit, kolomgrootte, weerstanden, drukverval e.d. Optimalisatie van dergelijke omstandigheden vindt nog onvoldoende plaats.

In Nederland wordt de reiniging op vrij uniforme wijze uitgevoerd in drie procesgangen: voorspoelen, hoofdreinigen en naspoelen [van der Haven (1986) en de Koning (1988)]. De voorspoeling dient om zoveel mogelijk melk- en vuilresten te verwijderen voordat de feitelijke reiniging begint. De hoofdreiniging dient zowel voor reiniging als desinfectie. Daarvoor wordt vrijwel uitsluitend gebruik gemaakt van gecombineerde reinigings- en desinfectiemiddelen. Het proces wordt besloten met een naspoeling om resten van chemicaliën te verwijderen. De alkalische hoofdreiniging wordt periodiek afgewisseld met zuurreiniging ter verwijdering van aanslag [GTD-rapport (1990)]. Het reinigingsproces wordt steeds meer gestuurd door een automaat die reageert op tijd- en niveauschakeling.

Bij de hoofdreiniging is warm water nodig om een goed reinigingseffect te bereiken. Pogingen om de hoofdreiniging bij lage temperatuur (20-30°C) uit te voeren zijn niet erg succesvol. Hogere temperaturen blijken onmisbaar om zeker te kunnen zijn van schone apparatuur en goede melkqualiteit.

Door de aard van de vervuiling kan een warme voorspoeling bijzonder effectief zijn, en ligt het accent bij de feitelijke reiniging meer op bevochtiging en waterbehandeling (voorkomen van aanslag) dan op vuilverwijdering. Na een goede voorspoeling resteert zo weinig melk, dat de

vloeistof voor de hoofdreiniging onder bepaalde voorwaarden hergebruikt kan worden.

In andere landen wordt soms anders gereinigd. In Engeland wordt veelal geen loog maar zuur gebruikt en bij een hogere temperatuur [Leaflet 718]. De variëteit in desinfectiemiddelen is elders ook groter; zo worden i.p.v. chloor ook quaternaire ammoniumverbindingen en jodofooren (die tevens een reinigende werking hebben) toegepast [Wildbrett (1982), Dunsmore (1983)]. Voorzover bekend zijn in het buitenland nog geen belangrijke voorbeelden uitgewerkt voor milieutechnische verbeteringen die hier overgenomen kunnen worden.

## 2.4 Desinfectie

De desinfecterende werking berust doorgaans op chemie (chloorbleekloog). Resten van chloor belasten het milieu, maar kunnen ook een bedreiging inhouden voor de melkqualiteit. Op een beperkt aantal bedrijven (0,5-1%) wordt de melkleidinginstallatie gereinigd en gedesinfecteerd volgens het principe van thermische reiniging en desinfectie. Voordeel van deze reinigingsmethode is het lagere waterverbruik en het afwezig zijn van (chemische) desinfectiemiddelen. Een groot nadeel is het verhoogde energieverbruik.

Er zijn meerdere redenen om de in ons land populaire chemische desinfectie met actief chloor gedeeltelijk te vervangen door thermische desinfectie. Het gebruik van chloor heeft vele milieutechnische bezwaren. Bovendien is er onrust ontstaan doordat de laatste jaren soms restanten van chloorverbindingen in de melk werden aangetroffen. Anderzijds is aan te nemen dat het hoge energieverbruik van thermische desinfectie op twee manieren verlaagd kan worden, door beperking van de warmteverliezen (uitstraling) en door betere benutting van melkwarmte met behulp van warmtepompen.

## 2.5 Specifieke technologische randvoorwaarden

Milieutechnische optimalisatie van reinigingsprocessen is reeds doorgevoerd in vele bedrijfstakken. Van zulke ervaringen kon in dit project slechts in beperkte mate gebruik gemaakt worden, en wel omdat in de onderhavige situatie specifieke complicaties gelden. De belangrijkste zijn de volgende.

- Het te reinigen circuit is sterk vertakt. Vanuit een spoelbak met water of reinigungsoplossing kan de vloeistof via een enkele leiding worden

aangezogen, maar er moet een gelijkmatige verdeling plaatsvinden over alle melkstanden, en daarbinnen over de vier tepelvoeringen. Vervolgens moet de melkleiding waarop elke melkstand is aangesloten, in zijn geheel goed bevoeid worden.

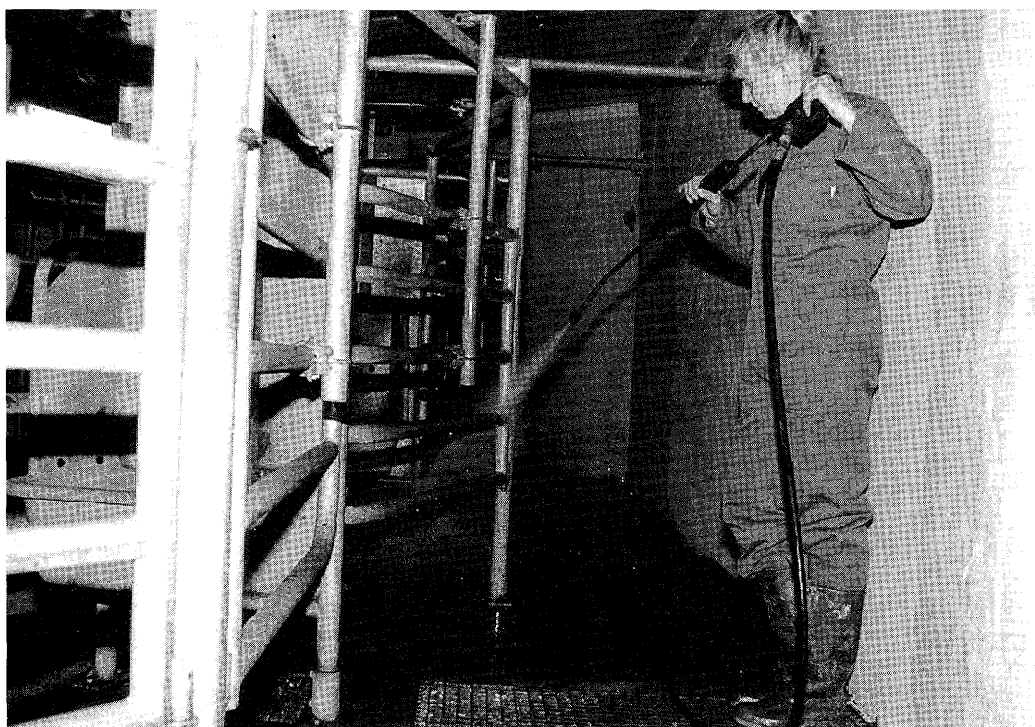
- De diameters in het circuit variëren van nauwe 'spoeljetters' die de vloeistof verdelen over de tepelvoeringen tot zeer wijde melkmeetglazen. Het gevolg daarvan is dat de stromingssnelheid overeenkomstig varieert. De pulsatie van de voeringen vormt een extra complicatie die de stroming verstoort. De aanwezigheid van lucht tijdens de stroming is enerzijds een onvermijdelijke handicap, maar anderzijds kan lucht bewust worden toegepast om de stroming te versnellen. De toegelaten lucht neemt wel een deel van de ingebrachte energie op, waardoor energieverliezen toenemen.
- De primaire functie van het circuit ligt in het melken, en daarbij gelden tegengestelde stromingstechnische eisen, want de turbulentie moet dan minimaal zijn i.v.m. schade aan de melkqualiteit.
- Hoewel de apparatuur doorgaans voldoet aan overeengekomen minimeisen (Technische Aanbevelingen) is er een grote variatie tussen

de verschillende (circa 10) leveranciers/importeurs.

## 2.6 Overige randvoorwaarden

- De bestedingsruimte per bedrijf is beperkt, omdat de kosten drukken op een betrekkelijk geringe hoeveelheid verwerkt produkt, vergeleken met industriële installaties.
- De bediening moet eenvoudig zijn en de bedrijfszekerheid optimaal, omdat de reiniging wordt uitgevoerd door mensen met een beperkte hygiënische en technologische achtergrondkennis.
- De aanleg van de installaties moet goed worden uitgevoerd, maar door installateurs met beperkte specialistische kennis van hygiëne. Dit betekent dat het uiteindelijke resultaat in grote mate afhankelijk is van hoe het in de praktijk wordt uitgevoerd.

Uit het voorgaande is duidelijk dat dit project in hoofdzaak moet steunen op empirisch onderzoek. De algemene wetenschappelijke achtergronden zijn uit de levensmiddelentechnologie goed bekend, maar in het spanningsveld tussen melkqualiteit, milieuzorg en kostenbeheersing moeten praktische oplossingen worden gevonden.



*Het schoonspuiten van de melkstal kost veel water.*



### 3 Uitgangspunten en organisatie van het onderzoek

#### 3.1 Kwaliteitsbeveiliging

In sommige gevallen heeft de in ons land gebruikelijke technologie een zekere 'overkill'. De reiniging behoort in alle gevallen afgestemd te zijn op de hygiënische eisen ofwel: de beveiliging van de melkkwaliteit. Ondanks het doorgaans royale reinigen heeft een deel van de melkveebedrijven nog regelmatig problemen met de melkkwaliteit, die voortkomen uit onvoldoende gereinigde apparatuur. De kwaliteitskortingen voor een te hoog kiemgetal betreffen circa 3% van de melkleveranties, en dus een aanzienlijk hoger aandeel van de leverende bedrijven. Als gevolg van het project zullen praktische aanbevelingen worden gedaan om zuiniger te reinigen, waardoor de bestaande marge ('overkill') veel kleiner wordt. Een groter risico op melk van minder goede kwaliteit lijkt dan een reëel gevaar. Dit is tegengesteld aan het krachtige streven naar kwaliteitsverbetering in de zuivelindustrie. Het ligt dan ook voor de hand, dat vanuit de melkverwerking met argwaan wordt gekeken naar dit project.

De oplossing van dit probleem ligt in een verdieping van het onderzoek. Het mag niet beperkt blijven tot de vraag: hoe krijgt men hetzelfde effect met minder milieubelasting. Maar: hoe realiseert men een geringere milieubelasting en tegelijkertijd een betere kwaliteitsbeveiliging? Met andere woorden, goede melkkwaliteit blijft uitgangspunt bij al het onderzoek.

#### 3.2 Milieu, energie en procesbewaking: drie projecten

De argumenten voor het project 'Energie-efficiënt reinigen' zijn uit het voorgaande voldoende duidelijk. Er zijn ook goede redenen om een accent te leggen op waterbesparing.

Eén van die redenen is het reeds genoemde afvalwaterprobleem. De omvang van het onderhavige project bood niet de nodige ruimte voor het in de vorige paragraaf gemotiveerde afvalwater-onderzoek. Daarom werd hiervoor een apart project opgezet, eveneens met medewerking van NOVEM, onder de titel 'Milieusparend reinigen van melkwinningsapparatuur'. De resultaten uit dit project zijn beschreven in PR-publikatie nr. 80.

Aan het slot van paragraaf 3.1 werd het spanningsveld beschreven tussen melkkwaliteit enerzijds en beperking van de milieubelasting anderzijds. Zodra de geschikte technologie is gevonden om te reinigen op een milieusparende en energie-efficiënte wijze, zullen de toegepaste processen ook zorgvuldig moeten worden gestuurd en beheerst. Alleen dan kan in de overgebleven smalle marges toch de garantie voor goede reiniging en optimale melkkwaliteit worden gegeven. Daarom is recent een derde project, 'Reinigen van melkwinningsapparatuur onder procesbewaking' gestart.

| Project                       | Tijdsduur  | Aanvang      |
|-------------------------------|------------|--------------|
| Milieusparend reinigen        | 9 maanden  | januari 1992 |
| Energie-efficiënt reinigen    | 18 maanden | januari 1992 |
| Reinigen onder procesbewaking | 15 maanden | april 1993   |

## 4 Uitvoering van het onderzoek

### 4.1 Inleiding

Het onderzoek moest antwoord geven op de volgende vragen:

1. Wat is de betekenis van diverse nieuwe reinigingssystemen voor het energie-, water- en chemieverbruik?
2. Is warmteterugwinning mogelijk tot een temperatuurniveau dat duidelijk hoger is dan de huidige temperatuur (55-60°C).
3. Kan de hittereiniging energetisch zuiniger worden uitgevoerd?

Diverse reinigingssystemen zijn op een aantal proef- en/of praktijkbedrijven ontwikkeld en bestaande reinigingssystemen zijn op een aantal bedrijven geoptimaliseerd ten aanzien van energie- en waterverbruik. Hierbij is ook gekeken naar hittereiniging, waarbij naast een laag water- en chemicaliënverbruik een hoog energieverbruik plaatsvindt. Daarnaast is het stromingsonderzoek via de proef optimalisatie spoeleffect verder uitgediept. De invloed van de pulserende werking van water en lucht op het uitspoelen van vervuiling werd nader bepaald voor installaties met melkmeetglazen en één type melkproduktiemeters. De gerealiseerde water- en energiebesparing bij de voor- en naspoeling werden berekend.

In samenwerking met de TU Delft, Faculteit der Werktuigbouwkunde en Maritieme Techniek, Laboratorium voor Koudetechniek en Klimaatregeling, werd een economische en technische evaluatie uitgevoerd naar de haalbaarheid van een hoge temperatuur warmtepomp ten behoeve van heetwaterproductie. Door een student van de TU Delft werd in het kader van een afstudeeropdracht dit onderzoek uitgevoerd. Naast een literatuuronderzoek werden ook adviezen van deskundigen op het gebied van melkwinningstechniek en warmtepomptechniek geëvalueerd. In samenwerking met het IKC werd het rekenprogramma Warm Water Energie (WWE) [Aalenhuis e.a. (1993)] verder ontwikkeld, dat een economische evaluatie kan maken van de reiniging. Het rekenprogramma kan voor een bedrijf met eigen specifieke gegevens, berekenen hoeveel water, energie en chemie er voor de reiniging van melkwinningapparatuur en melkstal verbruikt wordt, inclusief de daaraan verbonden

kosten. Dit verbruik kan voor verschillende reinigingssystemen worden berekend, zodat eventuele besparingen zichtbaar worden gemaakt. Diverse energiebesparende maatregelen, waaronder bestaande warmteterugwinningsinstallaties, kunnen meegenomen worden.

### 4.2 Onderzoek reiniging melkleidinginstallatie

In dit project is alleen de reiniging van de melkleidinginstallatie geoptimaliseerd. Bij tankreiniging zijn de benodigde hoeveelheden energie, water en chemie geringer. Tankreiniging vindt namelijk maar één keer per 2-3 dagen plaats, terwijl de reiniging van de melkleidinginstallatie twee keer per dag plaatsvindt.

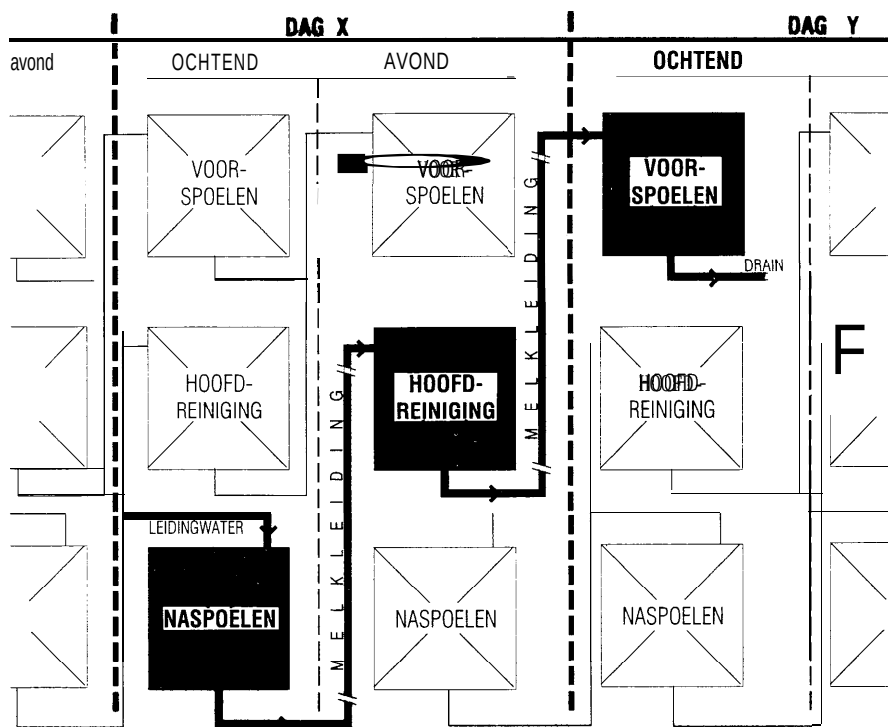
Als eerste wordt hittereiniging besproken. Daarna doorschuifreiniging en voorraadreiniging. Resultaten die hierbij geboekt worden, kunnen ook voor standaardreiniging worden geëvalueerd.

#### 4.2.1 Hittereiniging

Bij hittereiniging wordt het reinigende en desinfecterende effect bereikt door een verhoogde temperatuur, zonder chemische middelen. Het water in de hittereiniger wordt opgewarmd tot tegen het kookpunt (98°C) en direct na het melken in één keer door de installatie gezogen en daarna afgevoerd. Om neerslag van kalk te voorkomen wordt er gedurende een korte tijd, nadat 1/3 van de vloeistof is gepasseerd, sulfaminezuur toegevoegd in een eindconcentratie van 0,5% (v/v). Een vuistregel bij de hittereiniging is dat alle melkvoerende delen van de installatie gedurende 2 minuten opgewarmd zijn tot een temperatuur van 77°C [Boer e.a. (1970)]. De hoeveelheid water die nodig is per reiniging, is afhankelijk van het aantal melkstellen, het al dan niet aanwezig zijn van melkmeetglazen of melkproduktiemeters en de lengte en diameter van de melkleiding.

De proef werd in samenwerking met Fullwood uitgevoerd op een praktijkbedrijf met een 2 x 5 visgraat melkstal met Afikim melkproduktiemeters en een 76 mm rondgaande melkleiding. In de voorperiode werd bij de reiniging van de melkleidinginstallatie hittereiniging toegepast. Tijdens diverse testperioden werd het reinigings-

**Figuur 2** Doorschuifreiniging



proces geoptimaliseerd t.a.v. water, energie en chemicaliënverbruik.

#### 4.2.2 Doorschuifreiniging

Bij doorschuifreiniging voor de melkleidinginstallatie wordt hetzelfde water drie keer gebruikt voordat het wordt geloosd in de mestput of riool. Het principe van dit reinigingssysteem is weergegeven in figuur 2. Er wordt schoon leidingwater voor de naspoeling gebruikt. Het naspoelwater van de vorige reinigungsbeurt wordt voor de hoofdreiniging gebruikt en de hoofdreinigungsoplossing van de vorige beurt wordt voor de voorspoeling gebruikt.

De proef werd in samenwerking met Manus Holland en Laporte Delden uitgevoerd op een praktijkbedrijf met een 2 x 3 open tandem melkstal met Afikim melkproduktimeters en een 76 mm rondgaande melkleiding. In de voorperiode werd de melkleidinginstallatie normaal gereinigd door een reinigungsautomaat met een open spoelbak. Tijdens de testperiode van 5 maanden werd de melkleidinginstallatie gereinigd met de door-

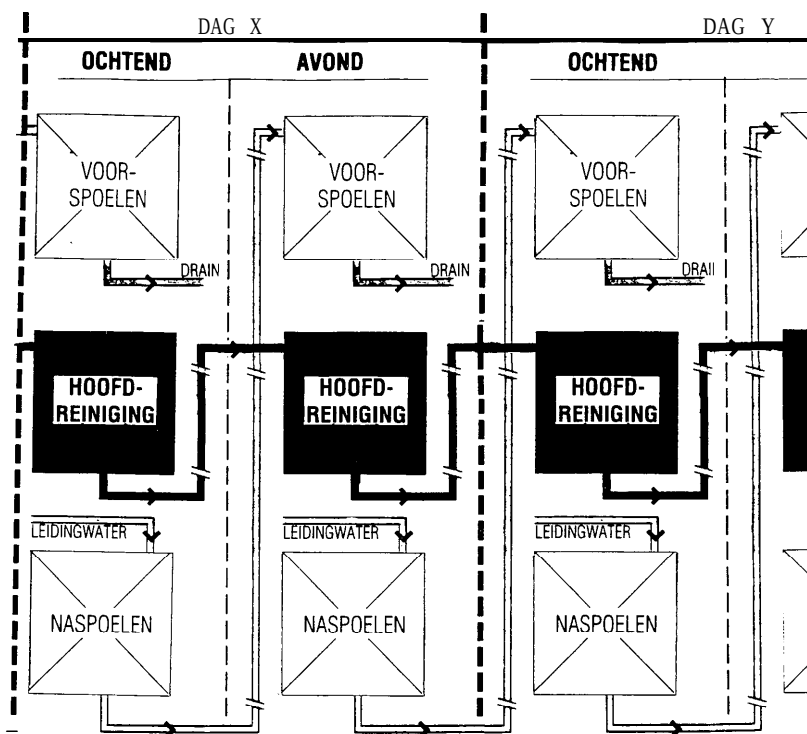
schuifreiniger. De begintemperatuur van de hoofdreiniging was in beide perioden gelijk. Tijdens beide perioden werd gereinigd met een 0,5% Puremel oplossing, één keer in de week afgewisseld met Puremel zuur.

Na het goede resultaat op het praktijkbedrijf, werd aansluitend de doorschuifreiniger geïnstalleerd op ROC Cranendonck. Hier is sprake van een 12-stands draaimelkstal met Afikim melkproduktimeters en een rondgaande 76 mm melkleiding. In een eerste periode van 10 weken werd de toepasbaarheid van dit reinigungsysteem en de energie- en waterbesparing nader gekwantificeerd.

#### 4.2.3 Voorraadreiniging

Bij voorraadreiniging wordt de hoofdreinigungsoplossing gedurende één week gebruikt voor de reiniging van de melkleidinginstallatie. Het principe van dit reinigungsysteem is weergegeven in figuur 3. De voorraad reinigungsoplossing was gelijk aan de hoeveelheid die voordien bij de standaardreiniging gebruikt werd. De oplossing werd gedurende de gehele week in een goed

**Figuur 3** Voorraadreiniging



geïsoleerd vat bewaard. Om water te besparen werd het naspoelwater opgevangen en na verwarming hergebruikt voor de volgende voorspoeling.

De proef werd uitgevoerd op Melkvee 4 van de Waiboerhoeve, een 2 x 5 visgraat melkstal met Metatron melkproduktiemeters en een 50 mm rondgaande melkleiding.

In de voorperiode werd de melkleidinginstallatie normaal gereinigd met behulp van een reinigungsautomaat met een gesloten spoelbak. Tijdens de eerste testperiode van 10 weken werd de melkleidinginstallatie gereinigd met de voorraadreiniger. De begintemperatuur van de hoofdreiniging was in beide perioden gelijk. Gereinigd werd met een 0,7% fosfaathoudend alkalisch gecombineerd reinigungs- en desinfectiemiddel, één keer in de week afgewisseld met zuur.

#### 4.2.4 Standaardreiniging

##### Optimalisatie spoel-effect

Bij deze proef werd het uitspoelen van melkresten uit een melkleidinginstallatie onderzocht. De invloed van de pulserende werking van water en

lucht op het uitspoelen werd gekwantificeerd. De proef werd opgezet volgens een split-plot schema. Hierbij werd de invloed van vacuümniveau en de hoeveelheid ingelaten lucht op het uitspoelen van een op melk gelijkende vervuilingsooplossing (water met zout) onderzocht. De proef werd uitgevoerd in de proefstal van de Waiboerhoeve, Melkvee 5. Op dit bedrijf werd de melkstal gerenoveerd en ingericht voor spoelproeven in twee melkleidingsystemen, 50 en 75 mm, met deels glazen leidingen.

Het effect van spoelen werd bepaald door continue geleidbaarheidsmeting van de uitgaande stroom vloeistof. Ook de gepasseerde hoeveelheid vloeistof werd gemeten. Combinatie van deze twee gegevens geeft een uitspoelcurve [Verheij e.a. (1993)]. De uitspoelcurves voor verschillende spoelsystemen werden geanalyseerd met behulp van het statistisch pakket Genstat. Een drietal situaties zijn doorgemeten, 50 mm melkleiding zonder en met melkmeetglazen en 75 mm melkleiding. Hierbij zijn verschillende aantallen en diameters spoelleiding gebruikt. Daarnaast zijn op een aantal praktijkbedrijven uitspoelcurves bepaald.

De gerealiseerde water- en energiebesparing bij de voor- en naspoeling werd berekend.

#### Reinigen in compartimenten ten

Het is gebruikelijk om tijdens de circulatiereiniging de vloeistof door alle melkstellen en melkleiding tegelijkertijd te circuleren. De benodigde hoeveelheid vloeistof wordt dan bepaald door die onderdelen die het minste vloeistof krijgen. In een onderzoek is gekeken of optimaler met de componenten water, energie en chemie kan worden omgegaan door de installatie in compartimenten in te delen en deze delen na elkaar, of om en om, te reinigen.

Een oriënterende proef werd uitgevoerd op Melkvee 3 van de Waiboerhoeve, een 2 x 8 visgraat melkstal met melkmeetglazen. Naast twee laagliggende melktransportleidingen van 51 mm zijn er vier hoogliggende vacuümspoelleidingen (38 mm). Op elke vacuümspoelleiding zitten 4 melkstellen met melkmeetglazen aangesloten. In de proefperiode is de installatie ingedeeld in 2 compartimenten van 8 melkstellen. Tijdens de hoofdreiniging werd 2 minuten om en om gecirculeerd, eerst 2 minuten eerste compartiment, daarna 2 minuten tweede compartiment tot een totale tijd van 8 minuten. Elke kant circuleerde dus 4 minuten, gedurende de rest van de tijd werd de vacuümspoelleiding afgesloten, zodat geen lucht kon worden gezogen. De hoeveelheid en begintemperatuur van de hoofdreiniging is gelijk gebleven aan de voorperiode, waar standaard werd gereinigd.

#### Beperkte tweede reinigingsbeurt

In de proefstal Melkvee 5 van de Waiboerhoeve is gekeken naar de invloed van de mate van spoelen van een melkleidinginstallatie op de uitgroei van bacteriën bij hogere temperatuur. Per week werd de installatie na vervuilen met verse koewarme melk op drie verschillende manieren behandeld, te weten niet spoelen, goed spoelen en reinigen. De omgevingstemperatuur werd daarbij op 20°C ingesteld. Na 15 uur werd de bacteriegroei in de installatie bepaald door middel van spoelmonsters.

### 4.3 Analyses

Tijdens de controle- en proefperiode werd bij alle reinigingssystemen regelmatig de microbiologische melkwaliteit gecontroleerd. Naast het totaal kiemgetal werden, afhankelijk van de proef, ook een aantal specifieke bacteriegroepen, te

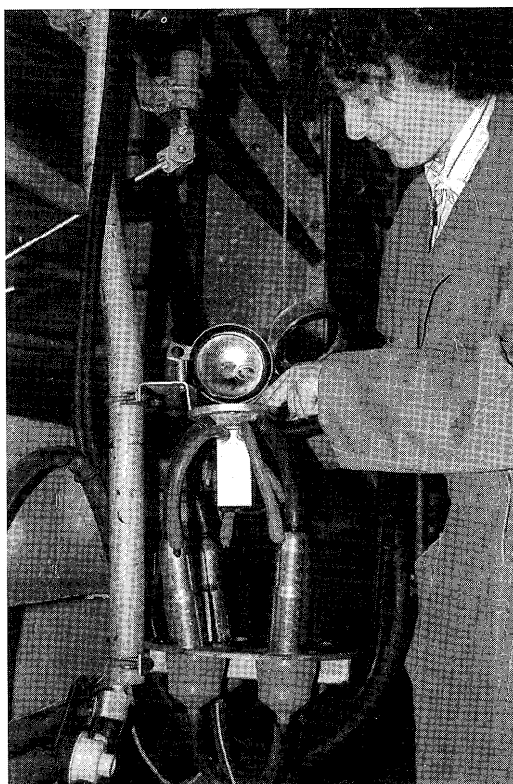
weten thermoresistenten, lactobacillen, coli-achtigen en/of psychrotrofen geanalyseerd.

Daarnaast werd gedurende de proef de melkleidinginstallatie regelmatig geïnspecteerd op het visueel schoon zijn en afwezigheid van aanslag e.d.

Bij alle proeven werd regelmatig, en afhankelijk van de proef soms continu, het temperatuurverloop tijdens de reiniging van de melkleidinginstallatie gemeten. Met behulp van temperatuursensoren werd de temperatuur in de spoelbak en persleiding (soms ook in andere delen van de installatie zoals melkproductiemeters, melkleiding e.d.) gemeten. Deze metingen werden met een datalogger geregistreerd en opgeslagen.

Regelmatig werd de organische belasting (met name melkresten) van de hoofdreinigungsoplossing gemeten door middel van de bepaling van het Chemisch Zuurstof Verbruik (CZV).

Bij de voorraadreiniging werd de concentratie reinigingsmiddel regelmatig bepaald. Naast de totale en actieve loogconcentratie werd ook het gehalte aan actief chloor bepaald.



*De visuele inspectie werd nauwkeurig uitgevoerd.*

# 5 Resultaten

## 5.1 Warmtepompen

Met de huidige generatie warmtepompen wordt water geproduceerd van ongeveer 55°C. Voor de reiniging van melkwinningsapparatuur wordt dit water op nagenoeg alle bedrijven doorverwarmd in een boiler tot 80°C. Er vindt dus extra aankoop van elektrische energie plaats, terwijl er voldoende energie in de melk voorhanden is, maar niet daarvoor aangewend kan worden. In een studie is gekeken naar de haalbaarheid van een hoge temperatuur warmtepomp voor de productie van heet water. De resultaten zijn weergegeven in een afstudeerverslag van de TU Delft [Sutarno (1993)].

Uitgangspunt hierbij was de energie-inhoud van de melk en de energiebehoefte in de vorm van heet water op een bedrijf met 40 melkkoeien. Hierbij is gekeken naar een compressiewarmtepomp met elektriciteit als energiebron.

Een probleem op dit moment is de keuze van het koudemiddel. Door invoering van het zogenaamde Montreal Protocol is de keuze aanzienlijk beperkt. Op basis van een aantal criteria is gekozen voor R123 of R160 als meest geschikte koudemiddel.

Bij de hoge temperatuur warmtepomp (HTWP) is gekozen voor de opzet van een cascadesysteem. Bij de opzet van het cascadesysteem op de bestaande melkkoelmachine wordt de flexibiliteit van de nieuwe installatie verminderd, want

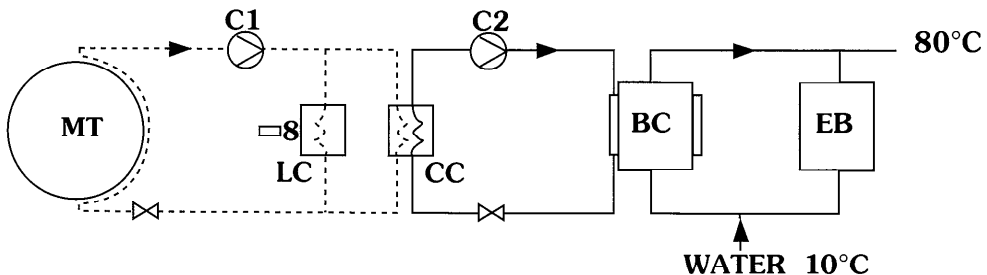
de melkkoelmachine en de HTWP kunnen niet onafhankelijk van elkaar draaien. Dit bezwaar wordt ondervangen door de bestaande luchtgekoelde condensor te handhaven en de installatie van de nodige regelapparatuur te voorzien. Een overzicht van deze opstelling is weergegeven in figuur 4.

Bij de HTWP kan geen gebruik worden gemaakt van de bestaande boilercondensor van de huidige warmtepomp. Dit betekent dat bedrijven die nu al over een warmteterugwinningsinstallatie beschikken, een volledig nieuwe HTWP moeten aanschaffen.

Een maximaal rendement van de warmtepomp wordt verkregen bij een verdampingstemperatuur van 40°C en een condensatietemperatuur van 90°C. Dit levert water op van 80°C. Het is technisch wel uitvoerbaar om water van 98°C te verkrijgen, maar het rendement is in dat geval veel lager. Het lijkt in geval van hittereiniging dan ook energetisch voordeliger om deze laatste stap van 80 naar 98°C via een kookunit te laten lopen.

De potentiële warmte-opbrengst en de energiebehoefte voor water van 80°C bij verschillende bedrijfsgroottes is weergegeven in figuur 5. Duidelijk is dat de behoefte ruimschoots wordt gedekt door het aanbod. Door fluctuatie in melk-aanvoer en door uitstraling zal nooit meer dan

**Figuur 4** Schema invoering HTWP in een melkkoelinstallatie



MT = melkkoeltank  
C1 en C2 = compressor  
LC = luchtgekoelde condensor  
CC = cascade condensor  
BC = boiler condensor  
EB = elektrische boiler

**Tabel 1** Het energieverbruik en de jaarlijkse kosten van verschillende verwarmingssystemen voor het produceren van water van 80°C op een bedrijf met 40 koeien

| Systeem            | Energieverbruik (kWh/jaar)<br>bij heetwaterbehoefte |                    | Totale kosten (f)<br>bij heetwaterbehoefte |                    |
|--------------------|-----------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------|--------------------|
|                    | 90 m <sup>3</sup>                                   | 143 m <sup>3</sup> | 90 m <sup>3</sup>                          | 143 m <sup>3</sup> |
| HTWP met R123      | 1759                                                | 2795               | 3687                                       | 3915               |
| HTWP met R160      | 2210                                                | 3512               | 3786                                       | 4073               |
| Warmteterugwinning | 3694                                                | 5870               | 2001                                       | 2479               |
| Elektrische boiler | 8620                                                | 13696              | 2204                                       | 3321               |
| Gasboiler          |                                                     |                    | 1220                                       | 1449               |

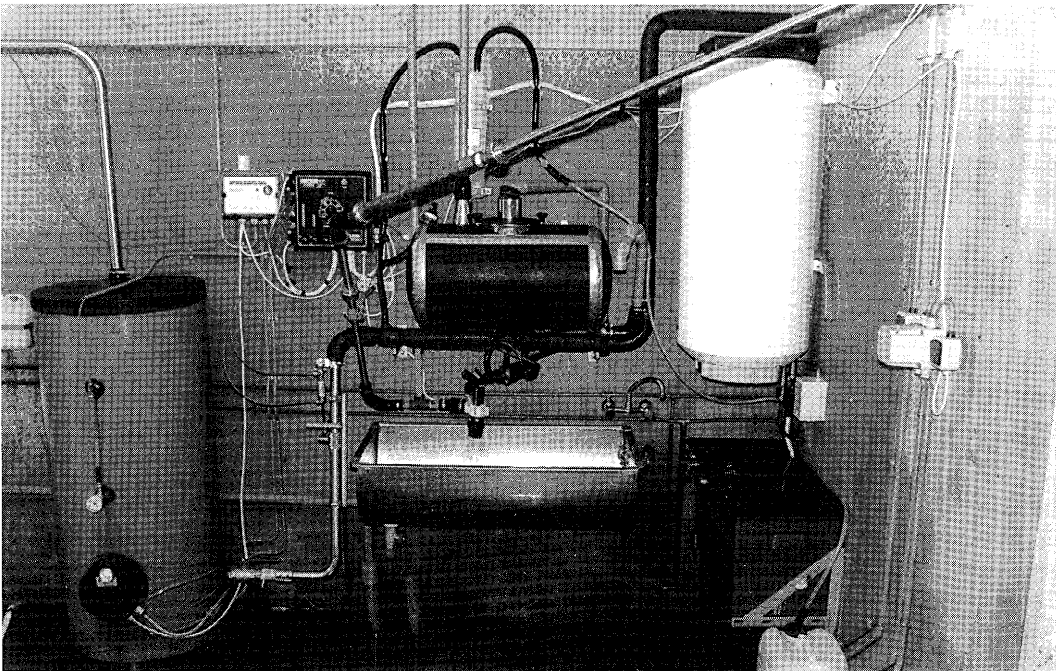
80% benut kunnen worden.

Voor een aantal situaties is het energieverbruik en de bijbehorende kosten voor heetwaterproductie berekend, zie tabel 1. Hierbij is er vanuit gegaan dat een bedrijf met een standaardinstallatie per jaar 90 m<sup>3</sup> heet water nodig heeft voor de reiniging, terwijl voor een ruim gedimensioneerde installatie met melkproduktiemeters 143 m<sup>3</sup> heet water nodig is.

Toepassen van een HTWP met R123 levert een energiebesparing op van 80% ten opzichte van een standaardbedrijf met elektriciteit als energiebron. Ten opzichte van de huidige warmtepompen kan dan nog een energiebesparing van 52% gerealiseerd worden. Wanneer echter gekeken

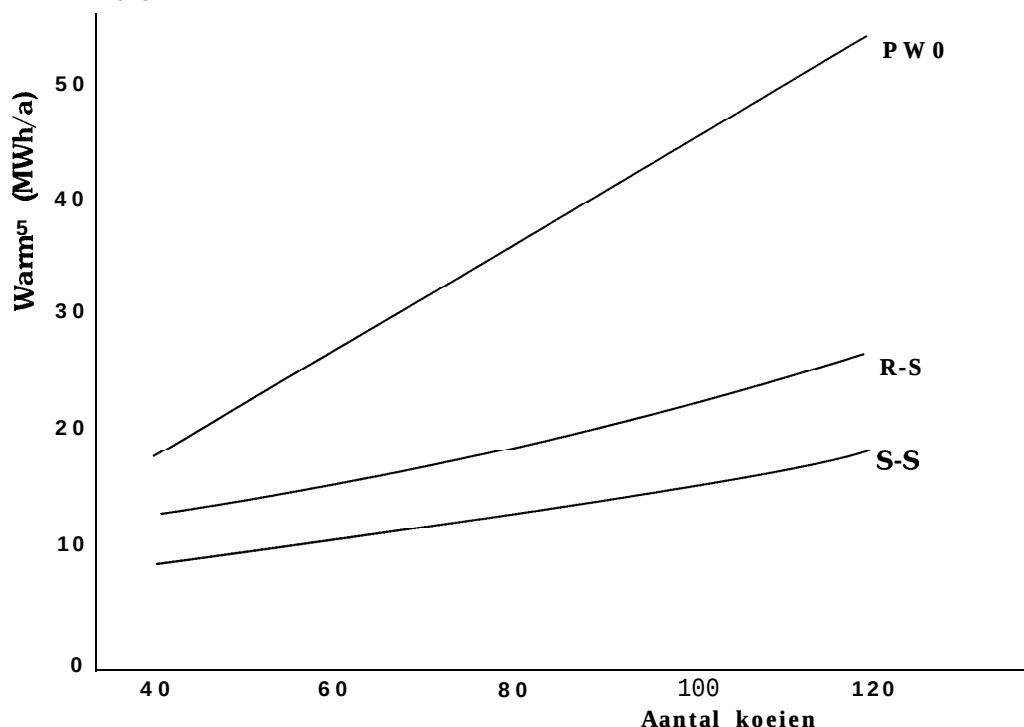
wordt naar het kostenaspect, dan blijkt de nieuwe HTWP in alle situaties de duurste oplossing, ondanks de energiebesparing. Toepassen van een HTWP wordt aantrekkelijker als er een grotere warm-waterbehoefte op het bedrijf aanwezig is, bijvoorbeeld door het gebruik van HTWP-water in de huishouding. Dit is sterk afhankelijk van de bedrijfssituatie, waaronder de afstand van het melklokaal naar het woonhuis.

Als op een bedrijf een compleet nieuwe installatie aangeschaft moet worden, zowel melkkoeling als HTWP, dan worden de totale kosten voor heetwaterproductie gereduceerd met ongeveer 18%, waardoor de economische haalbaarheid van het systeem gunstiger wordt.



*De hittereinigingsset bestaat uit eenkookunit en een voorraadvat voor voorspoelwater.*

**Figuur 5** De potentiële warmte-opbrengst uit melk en de energiebehoefte voor water van 80°C bij verschillende bedrijfsgroottes



PWO = potentiële warmte-opbrengst

R-S = ruim gedimensioneerde installatie met melkproductiemeters, standaardreiniging

S-S = standaardinstallatie, standaardreiniging

Een tweetal factoren kunnen de toepassing van HTWP in de melkveehouderij vergroten: verlaging van de aanschafprijs (hier begroot op f 15.000,-) en verhoging van de energieprijs. Er is momenteel overleg met energiedistributiebedrijven over het stimuleren van het gebruik van een warmtepomp in deze toepassing via een huurconstructie. Dit zou de jaarkosten voor een HTWP aanzienlijk kunnen verlagen.

Het verbruik aan energie voor de verwarming van het reinigingswater voor de inwendige reiniging van melkwinningsapparatuur bedraagt 350 miljoen kWh/jaar. 33% van de bedrijven beschikt reeds over een warmteterugwinningsinstallatie. Bij collectieve toepassing van HTWP in de praktijk betekent dit een maximale energiebesparing van ongeveer 70%, overeenkomend met 245 miljoen kWh/jaar. Doordat de grotere bedrijven, waarvoor toepassing van HTWP het meest interessant is, vaak al beschikken over warmteterugwinning, is de reële energiebesparing aanzienlijk lager.

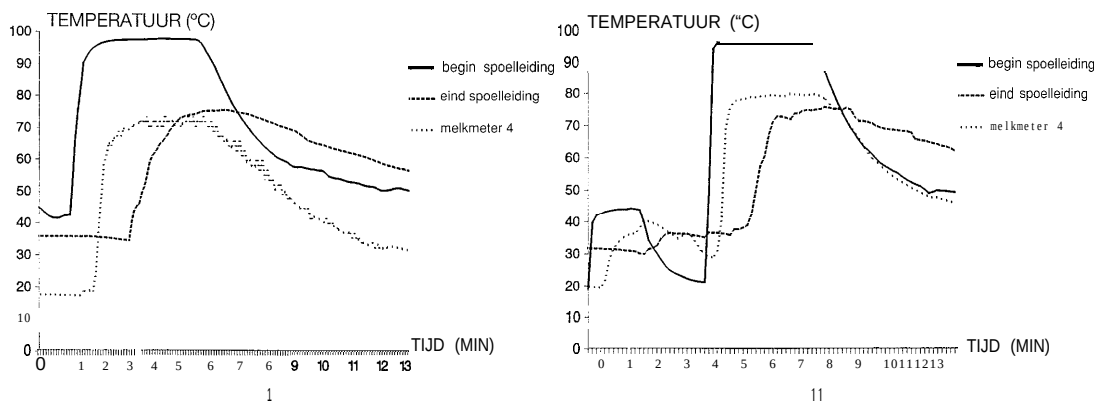
## 5.2 Hittereiniging

Op het praktijkbedrijf werden aan het begin van de proef de temperaturen die tijdens de hittereiniging in de installatie werden gehaald, doorgemeten. Deze meting is weergegeven in figuur 6. Hierbij wordt 150 liter water van 97°C in 6 minuten door de installatie gevoerd. De temperatuur in de installatie is gedurende 3 minuten op een niveau van 70°C (aangeduid als 3 min. 70°C) (melkproductiemeter en luchtafscheider). Dit is aanzienlijk lager dan de norm die 2 min. 77°C aangeeft. Op dit bedrijf wordt sinds een jaar op deze wijze gereinigd, met goede microbiologische melkqualiteit. Het verschil tussen de inlaattemperatuur en de temperatuur in de installatie is dus het energieverlies in de spoelleiding en de melkstellen. Een hogere maximumtemperatuur kan in deze installatie alleen gehaald worden als er per tijdseenheid meer water door de installatie gevoerd zou worden.

De energieverliezen in een deel van de installatie zijn geoptimaliseerd door de spoelleidingen met 11 meter te verkorten tot 32 meter spoelleiding



**Figuur 6** Het verloop van de temperatuur op een aantal punten in de installatie bij hittereiniging in de beginsituatie (1) en na optimalisatie (11)



en door de eerste 10 meter spoelleiding vanaf de kookketel tot aan de putrand te isoleren met een waterafstotend en waterdicht isolatiemateriaal. Hierdoor werd een temperatuurbehandeling van 3 min. 77°C (melkproduktiemeter) in de installatie bereikt. Door de snellere stijging in temperatuur in de installatie ontstonden echter problemen met denaturatie van eiwit, waardoor er een aanslag werd waargenomen in de melkklauwen en melkproduktiemeters.

Duidelijk was dat de melkresten eerst voldoende uit de installatie moesten worden gespoeld, voordat met het water met hoge temperatuur kon worden gereinigd. Daartoe werd bij de hittereiniging een voorspoeling met lauwwarm water ingevoerd. Om water en energie te besparen werd hiervoor de laatste 50 liter van de vorige reiniging gebruikt. Dit is water waarin nog een geringe hoeveelheid zuur zit, met een temperatuur van circa 65°C. Deze vloeistof wordt in een geïsoleerd vat bewaard tot de volgende reiniging. Na 12 uur opslag is de temperatuur gedaald tot circa 45°C, afhankelijk van omgevingstemperatuur en opslagtijd.

Om de reiniging altijd op dezelfde wijze te laten verlopen, is het systeem verder geautomatiseerd. Zuurdosering, voorspoeling, hittereiniging en opslag van laatste spoelwater wordt volledig automatisch via een tijdssturing uitgevoerd. Op deze wijze werd een temperatuurbehandeling van 4,5 tot 5 min. 77°C op onderdelen in de installatie bereikt, met 50 liter voorspoelwater en 150 liter heet water.

De bereikte temperatuur in de installatie is hoger dan de norm. Uit het oogpunt van energie- en waterbesparing is het volume voor de hittereini-

ging daarom gereduceerd tot 110 liter water van 97°C. De doorstroomsnelheid van het hete water in de installatie is hierbij gelijk gebleven. In deze situatie wordt een temperatuur van circa 3,5 min. 77°C bereikt.

Verlaging van de temperatuur van het hete water naar 87°C geeft een temperatuur in de melkproduktiemeter van 2 min. 74°C. Opvallend was dat de eindtemperatuur in de installatie tijdens de metingen nauwelijks werd beïnvloed door de omgevingstemperatuur, die varieerde van 5 tot 25°C.

Tijdens de proef is ook gekeken naar de gedoseerde hoeveelheid zuur. Duidelijk is dat op dit bedrijf met een waterhardheid van 8 °D 0,5% van de totaal te gebruiken hoeveelheid water moet worden gedoseerd, om kalkaanslag te voorkomen.

Bovenstaande reinigingssituaties zijn gedurende 4 weken gevolgd met betrekking tot temperatuurverloop en melkwaliteit. De resultaten daarvan zijn weergegeven in tabel 2. In situatie B werd dus duidelijk aanslag in de installatie gevonden en ook het kiemgetal is verhoogd. In de laatste situatie met verlaagde begintemperatuur is het kiemgetal weer enigszins verhoogd. De aantallen lactobacillen zijn sterk afhankelijk van de ouderdom van de tepelvoering. Bij aanvang van situatie A en D zijn deze vernieuwd, wat duidelijk te zien is aan het aantal lactobacillen.

Stapsgewijs zijn een aantal energiebesparende maatregelen doorgevoerd. Volgens de norm zou dit bedrijf 180 liter water van 97°C moeten ge-

**Tabel 2** Geometrisch gemiddeld aantal bacteriën (kve/ml) voor verschillende reinigingssituaties

| Reinigingssituatie                                                                                                                                                                                  | A    | B     | C    | D    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|------|------|
| Totaal kiemgetal                                                                                                                                                                                    | 7200 | 16000 | 3300 | 6800 |
| Thermoresistenten                                                                                                                                                                                   | 420  | 200   | 190  | 370  |
| Lactobacillen                                                                                                                                                                                       | 11   |       | 114  | 3    |
| Waarbij A : 'standaard' hittereiniging; 150 liter 97°C<br>B : met verkorte spoelleidingen; 150 liter 97°C<br>C : met voorspoeling; 50 + 110 liter 97°C<br>D : met voorspoeling; 50 + 110 liter 87°C |      |       |      |      |

bruiken, dit is hier echter 150 liter in de beginsituatie en 110 liter in de geoptimaliseerde situatie. De gerealiseerde besparingen in energie en water zijn weergegeven in tabel 3. Verkorting van de spoelleiding en isoleren van de spoelleiding levert slechts een geringe energiebesparing op. Verminderen van de hoeveelheid water levert grotere besparingen op. Verlagen van de temperatuur naar 87°C levert de meeste besparingen op. Niet geheel duidelijk is echter wat de invloed van deze methode op de melkqualiteit is. Daarvoor zal deze situatie gedurende langere tijd getest moeten worden. Deze werkwijze is dan ook nog niet aan te bevelen voor toepassing in de praktijk.

De jaarkosten van de reiniging van de melkleidinginstallatie staan in tabel 4. De uitgangssituatie op het bedrijf en de geoptimaliseerde hittereiniging met verkorte spoelleiding en voorspoeling zijn vergeleken met een vergelijkbaar bedrijf met standaardreiniging. Hierbij is aangenomen dat de kosten voor de tankreiniging, melkstalreiniging en voorbehandeling van koeien bij beide situaties gelijk zijn. Deze zijn verder dan ook niet meegenomen. Doordat hittereiniging als proces minder lang duurt dan standaardreiniging, is de draaitijd van de vacuümpomp gereduceerd, wat tot uitdrukking komt in de energiekosten voor de vacuümpomp. De geoptimaliseerde hittereiniging is qua kosten vergelijkbaar met standaard-

reiniging in deze situatie. Door de gereduceerde afvalwaterproductie worden aanzienlijk geringere kosten gemaakt voor het opslaan en afvoeren van afvalwater, zodat zeker op bedrijven zonder gasaansluiting, het een economisch rendabel systeem kan zijn.

**5.3 Doorschuifreiniging**

Op het praktijkbedrijf was na 5 maanden testen duidelijk dat doorschuifreiniging geen nadelige invloed heeft op de microbiologische melkqualiteit (zie tabel 5). De aantallen coli-achtigen en lactobacillen zijn significant verlaagd, terwijl de andere bacteriën, inclusief totaal kiemgetal, een geringe (niet significante) daling laten zien. Deze verbeterde microbiologische melkqualiteit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de hogere eindtemperatuur.

Ten opzichte van de standaardreiniging met één spoelbak, heeft deze methode energetisch duidelijke voordelen. In de oude situatie stond de boiler ingesteld op 80°C. Na het vullen van de bak werd de reiniging gestart bij 72°C (enigszins afhankelijk van de buitentemperatuur). Na 6 minuten circuleren was de eindtemperatuur gedaald tot circa 40°C.

Doordat bij aanvang van de doorschuifreiniging zowel de voorspoeling als de hoofdreinigingsoplossing reeds klaar staan (2 spoel bakken), volgen deze twee spoelgangen elkaar zeer snel op. De temperatuur van de hoofdreiniging staat inge-

**Tabel 3** Overzicht van de gerealiseerde besparingen van energie en water (per jaar) bij verschillende reinigingssituaties bij hittereiniging\*

| Reinigingssituatie                   | A      | B      | C     | D     |
|--------------------------------------|--------|--------|-------|-------|
| Energieverbruik (kWh)                | 11.500 | 11.000 | 9.000 | 5.500 |
| Besparing t.o.v. A (kWh)             |        | 500    | 2.500 | 6.000 |
| Besparing t.o.v. A (%)               |        | 4      | 22    | 52    |
| Waterverbruik (m <sup>3</sup> )      | 110    | 110    | 80    | 80    |
| Besparing t.o.v. A (m <sup>3</sup> ) |        | 0      | 30    | 30    |
| Besparing t.o.v. A (%)               |        | 0      | 27    | 27    |

\* voor verklaring situaties zie tabel 2

**Hergebruik spoelwater voor schoonspuiten melkstal**

Bij hergebruik van reinigingsvloeistof moet onderscheid gemaakt worden tussen vloeistof afkomstig van de voorspoeling, hoofdreiniging en naspoeling. Door de melkresten in het voorspoelwater is deze vloeistof alleen nog geschikt om te vervoederen aan het vee. Voor schoonspuiten van de melkstal is deze vloeistof minder geschikt.

Hoofdreinigings- en naspoelvloeistof kunnen hergebruikt worden voor het schoonspuiten van de melkstal. Aanbevolen wordt deze vloeistof dan onder lage druk te verspuiten, onder andere vanwege eventuele gezondheidsrisico's [Verheij (1992)]. Daarnaast moet worden voorkomen dat afvalwater van een zure spoeling wordt gemengd met afvalwater van de alkalische spoeling. Zeker in gevallen waar niet alleen hoofdreinigings- en naspoelvloeistof van de melkleidinginstallatie, maar ook van de melkkoeltank worden opgevangen in één opslagvat, neemt de kans op foutieve menging toe. Bij menging ontstaat mogelijk chloorgas, gevaarlijk voor de gezondheid en zeer corrosief. Het is raadzaam om na het verspuiten van hoofdreinigingsoplossing de melkstal na te spuiten met schoon leidingwater, om ongewenste inwerking van de chemicaliën te voorkomen. Dit wordt nog verder onderzocht.

In hoeverre zowel hoofdreinigings- als naspoelvloeistof voor het schoonspuiten van de melkstal interessant zijn, is afhankelijk van de bedrijfssituatie. Sommige bedrijven zullen alleen aan het naspoelwater voldoen de hebben, om de stal schoon te spuiten. Naspoelwater alleen kan wel onder hoge druk verspoten worden.

steld op 72°C. Na 6 minuten circuleren is de eindtemperatuur gedaald tot circa 52°C. De volgende reinigingsbeurt start de voorspoeling met deze reinigingsoplossing, die dan afgekoeld is tot ongeveer 46-42°C. Het naspoelwater wordt na doorvoeren in de bovenste spoelbak opgeslagen. Dit water is daarbij in temperatuur gestegen tot 20°C.

Op een aantal punten is een energiebesparing gerealiseerd:

- voorspoelwater hoeft niet opgewarmd te worden
- de temperatuursprong bij het verwarmen van de hoofdreinigingsoplossing is gereduceerd van 70 (10 - 80°C) naar 50°C (20 - 70°C).

Dit betekent een energiebesparing van 42% ten opzichte van standaardreiniging.

Zowel de voor- als de naspoeling zijn éénmalige spoelingen, er wordt dus niet gecirculeerd. Tussen de spoelingen wordt de installatie gedurende enkele minuten via beluchting drooggezogen. Daarnaast wordt na elke spoeling de persleiding automatisch geleegd. Tezamen met een goed aangelegde installatie (goed afschot van de leidingen e.d.) betekent dit dat het versleep van spoelgangen is geminimaliseerd, hetgeen ook vereist is voor dit systeem.

Daarnaast komt in de bak waarin het naspoelwater wordt gebracht, nooit reinigingsmiddel. Tezamen met de bovengenoemde maatregelen wordt het risico van residuen reinigingsmiddel in de melk geminimaliseerd.

Met de doorschuifreiniger wordt ook de wekelijkse zuurreiniging uitgevoerd. Dit betekent dat een alkalische voorspoeling gevolgd wordt door een zure hoofdreiniging en een zure voorspoeling door een alkalische hoofdreiniging. Deze werkwijze is enige malen gecontroleerd. Hierbij werd

**Tabel 4** Jaarkosten reiniging melkleidinginstallatie (gld) bij standaardreiniging en hittereiniging (standaard (A) en met verkorte spoelleiding en voorspoeling (C))

|                                    | Standaard | Hittereiniging |          |
|------------------------------------|-----------|----------------|----------|
|                                    |           | Standaard      | Optimaal |
| Waterkosten                        | 328       | 137            | 100      |
| Energiekosten voor warm-water      | 950       | 2300           | 1800     |
| Jaarkosten boiler                  | 150       |                |          |
| Jaarkosten reinigungsapparatuur(*) | 450       | 600            | 600      |
| Energie vacuümpomp (*)             | 274       | 137            | 137      |
| Reinigingsmiddel                   | 601       | 383            | 281      |
| Totaal                             | 2753      | 3557           | 2918     |

(\*) volgens opgave Fullwood

geen chloorgas waargenomen in het eerste re-tourwater van de hoofdreiniging. Deze werkwijze kan alleen worden toegepast als de installatie na elke spoeling goed wordt gedraineerd.

De jaarkosten van de reiniging van de melkleidinginstallatie zijn weergegeven in tabel 6. Hierbij is aangenomen dat de kosten voor tankreiniging, melkstalreiniging en voorbehandeling van koeien bij beide situaties gelijk zijn. Deze zijn verder dan ook niet meegenomen.

De waterkosten zijn afgenomen met 66%. Bij elektrische verwarming is doorschuifreiniging gunstiger. Een besparing van ongeveer 42% elektrische energie wordt hierbij bewerkstelligd. Hierbij dient bedacht te worden dat alleen is gerekend met het hoge dagtarief. Indien voord e ochtendreiniging de hoofdreiniging volledig in nachttarief zou kunnen worden opgewarmd, dan worden de energiekosten nog lager. Door de hogere aanschafprijs voor de doorschuifreiniging, zijn de jaarkosten voor reinigungsapparatuur aanzienlijk verhoogd.

Door de gereduceerde afvalwaterproductie worden aanzienlijk minder kosten gemaakt voor het opslaan en afvoeren van afvalwater, zodat zeker op bedrijven zonder gasaansluiting, het een economisch rendabel systeem kan zijn.

Op ROC Cranendonck werd bij de standaardreiniging per spoelgang 125 liter water gebruikt. Na installatie van de doorschuifreiniger werd gereinigd met 110 liter vloeistof per spoelgang. Het temperatuurverloop tijdens de reiniging is weergegeven in figuur 7. De eindtemperatuur van de hoofdreiniging is bij de doorschuifreiniging 10°C hoger dan bij de standaardreiniging. De microbiologische melkkwaliteit bleef goed na overschakelen op de doorschuifreiniging.

De berekende besparing is 46% energie, 70% water en 12% reinigungs-middel ten opzichte van standaardreiniging met elektrische verwarming. Op het bedrijf is reeds een warmtepomp aanwezig. Dit water werd voor de standaardreiniging gebruikt na doorverwarmen in een boiler. Dit

warmteterugwinningswater kan ook voor de doorschuifreiniging worden gebruikt. Dit betekent dat met warm water wordt nagespoeld. In deze situatie is de geschatte energiebesparing gereduceerd tot 12%.

5.4 Voorraadreiniging

Voorraadreiniging wordt in de melkveehouderij momenteel alleen toegepast op boerderijzuivel-bedrijven. In een eerste praktijktest is gekeken naar de werking van deze reiniging [Boerekamp (1992)]. Uit het oogpunt van microbiologische melkkwaliteit was dit een acceptabel systeem, waarmee tot 70% water en tot 60% chemicaliën te besparen was. In de huidige praktijk is dit systeem tot nu toe energetisch ongunstig ten opzichte van standaardreiniging. Door optimalisatie van het systeem werd ook energiebesparing mogelijk geacht. Dit is in een proefopstelling nader onderzocht.

In de zuivelindustrie wordt voorraadreiniging op grote schaal toegepast. Dagelijks wordt vervuiling, concentratie reinigungs-middel en temperatuur gecontroleerd. Voor de praktische veehouder is dit niet uitvoerbaar.

Op melkvee 4 van de Waiboerhoeve werd een voorraadreiniger geplaatst met 2 voorraadvaten van elk 120 liter inhoud. In een eerste proef werd gereinigd met 65 liter per spoelgang, gelijk aan de hoeveelheid die bij de standaardreiniging gebruikt werd. Deze reinigungsoplossing werd 13 keer gebruikt. De totale reinigungstijd is gereduceerd van 32 minuten naar 20 minuten. Het verschil in tijdsduur is vooral het vullen van de spoelbak bij de voorspoeling en de hoofdreiniging.

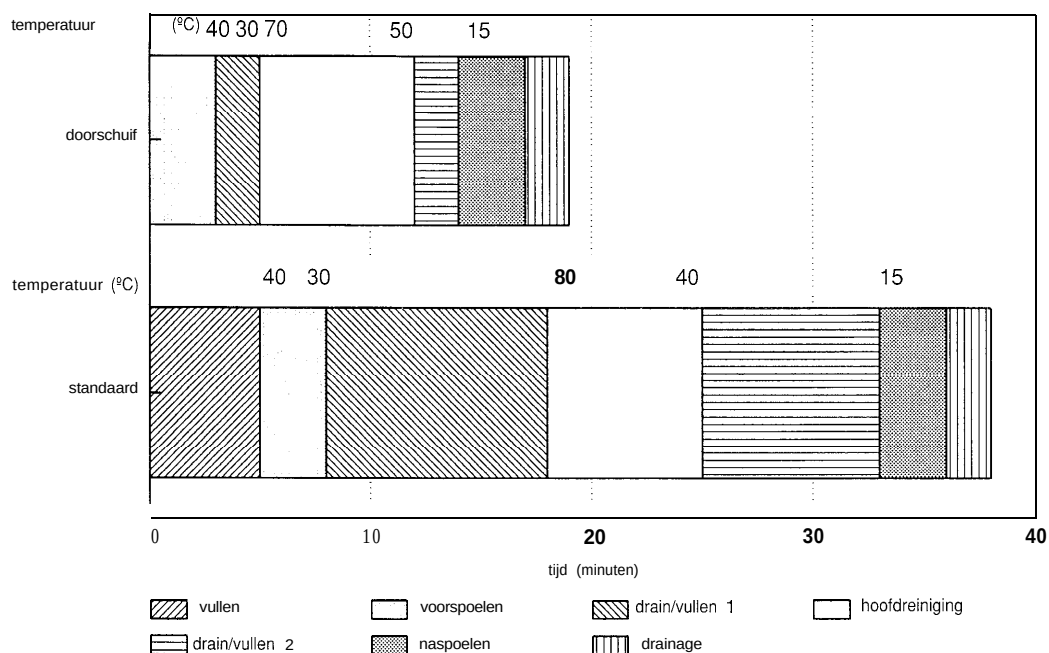
Bij het naspoelen en hoofdreinigen gaat vloeistof verloren door fasescheiding en drainage van de installatie. De hoeveelheid wordt voornamelijk bepaald door de lengte, diameter en aanleg van de persleiding. Voor de volgende reiniging wordt de voorraad weer aangevuld met water en reinigungs-middel. De vloeistof wordt eerst enkele uren voor de reiniging opgewarmd, waardoor uitstralingsverliezen kunnen worden beperkt.

De temperatuur van het voorspoelwater is 50°C. De hoofdreinigungs-vloeistof begint met een temperatuur van 80°C te circuleren en is na 6 minuten afgekoeld tot 55°C. Tijdens opslag van deze vloeistof voor de volgende reinigungs-beurt daalt de temperatuur verder tot 50°C. Bij de standaardreiniging stond de boiler afgesteld op 80°C, terwijl de eindtemperatuur van de hoofdreiniging 40°C bedroeg.

Tabel 5 Geometrisch gemiddeld aantal bacteriën (kve/ml) in voor- en testperiode

|                   | Voorperiode | Testperiode |
|-------------------|-------------|-------------|
| Totaal kiemgetal  | 6100        | 5900        |
| Thermoresistenten | 190         | 180         |
| Coli-achtigen     | 40          | 10          |
| Lactobacillen     | 480         | 70          |
| Psychrotrofen     | 2200        | 1400        |

**Figuur 7** Hetverloop van de temperatuur op een aantal punten in de installatie op ROC Cranendonck bij doorschuifreiniging en standaardreiniging



Tijdens de testperiode is de concentratie reinigingsmiddel, organische vervuiling en actief chloorgehalte bepaald. Het verloop tijdens een week is weergegeven in figuur 8. De concentratie reinigingsmiddel blijft op peil, terwijl de organische vervuiling stabiliseert rond een gehalte van 50 mg O<sub>2</sub>/liter. Dit betekent dat er uiteindelijk per reiniging 11,6 gram melk in de reinigingsoplossing terecht komt. Het gehalte aan actief chloor neemt in de loop van de week af tot 110 ppm actief chloor. Als tijdens een reiniging door één of andere oorzaak veel meer melk wordt ingesleept, dan wordt het actief chloor geïnactiveerd. Door toevoegen van extra reinigingsmiddel kan dit niet meer verholpen worden. Voor de

rest van de week wordt dan met een reinigingsoplossing zonder desinfectiemiddel gecirculeerd.

De microbiologische melkqualiteit voor en tijdens het reinigen met voorraadreiniging is weergegeven in tabel 7. De melkqualiteit bleef goed.

Voorraadreiniging op bovenstaande manier levert op dit bedrijf een besparing op van 45% leidingwater, 58% alkalisch reinigings- en desinfectiemiddel en 46% zuur reinigingsmiddel ten opzichte van de standaardreiniging. Er wordt 30% energie bespaard, wanneer wordt gereinigd met de voorraadreiniging. Dit wordt veroorzaakt door een hogere begintemperatuur bij het op-

**Tabel 6** Jaarkosten reiniging melkleidinginstallatie (gld)

| Reiniging                       | Normaal       |         | Doorschuif    |
|---------------------------------|---------------|---------|---------------|
|                                 | elektriciteit | aardgas | elektriciteit |
| Waterkosten                     | 208           | 208     | 69            |
| Energiekosten                   | 1754          | 697     | 1011          |
| Jaarkosten boiler               | 240           | 432     |               |
| Jaarkosten reinigungsapparatuur | 750           | 750     | 2000          |
| Reinigingsmiddel                | 372           | 372     | 372           |
| Totaal                          | 3324          | 2459    | 3452          |

**Tabel 7** Geometrisch gemiddeld aantal bacteriën (kve/ml) in voor- en testperiode (n=10)

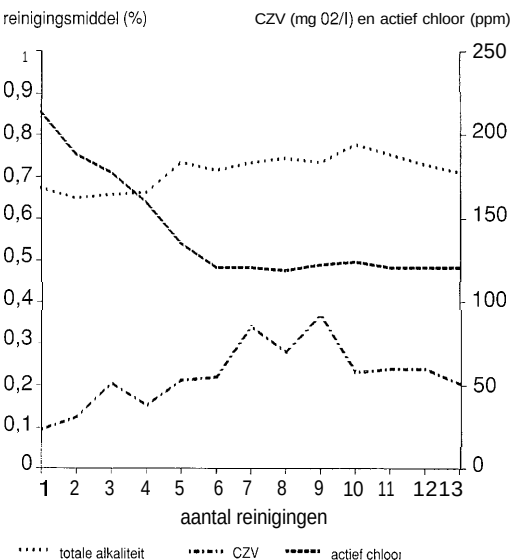
|                   | Voorperiode | Testperiode |
|-------------------|-------------|-------------|
| Totaal kiemgetal  | 4200        | 2800        |
| Thermoresistenten | 28          | 60          |
| Coli-achtigen     | 67          | 44          |
| Lactobacillen     | 28          | 51          |

warmen van de hoofdreinigingsoplossing. In situaties waar warmteterugwinningwater aanwezig is, is er een extra energieverbruik van 10% ten opzichte van standaardreiniging.

### 5.5 Standaardreiniging

Op meerdere proefbedrijven is het temperatuurverloop en de tijdsduur van de standaardreiniging opgemeten. Het valt op dat er uitstralingsverliezen zijn door lange vultijden van de spoelbak, door onnodige wachttijden e.d. Ook worden aftapverliezen gemeten tot 10°C, dat wil zeggen het temperatuurverschil tussen het water in de boiler en het water na instromen in de wasbak. Het systeem van doorschuifreiniging geeft aan dat aanzienlijke besparingen mogelijk zijn, door deze punten te optimaliseren. Verlaging van de gebruikelijke temperatuurval bij de hoofdreiniging van 40°C naar 25°C zou een besparing opleveren van 20% energie bij de hoofdreiniging. In verder onderzoek zullen deze opties nog nader uitgezocht worden.

**Figuur 8** De samenstelling van de reinigungsoplossing bij voorraadreiniging gedurende een week



#### 5.5.1 Op timalisa tie spoelleffec t

Het is gebruikelijk om bij het voorspoelen een aanzienlijke hoeveelheid lauwwarm water in één keer door de installatie te laten gaan. De drijvende kracht hierbij is het vacuüm. Onder gestandaardiseerde omstandigheden is gekeken naar de invloed van het vacuümniveau en het meer-malen injecteren van lucht op het verwijderen van melkresten. Luchtinjectie resulteert in waterkolommen waarvan de lengte en de doelmatigheid werden onderzocht.

Als uitkomst van dit onderzoek kan gesteld worden dat spoelen op twee manieren plaatsvindt, afhankelijk van de vorm en constructie van het te spoelen onderdeel. Delen waar een snelle doorstroom van spoelwater mogelijk is worden gespoeld door verdringing, het spoelwater kan de vervuiling voor zich uit stuwen. De onderdelen die op deze manier gespoeld worden zijn: melkleidingen, melkslangen en melkmeetglazen met voldoende snelle afvoer.

Onderdelen waar het spoelwater in blijft staan (buffering) door onvoldoende snelle afvoer of constructie worden gespoeld door middel van verdunning. De vervuiling wordt verdund met spoelwater en vervolgens afgevoerd. Onderdelen die op deze manier gespoeld worden zijn: melkklaauw, melkmeetglas (met langzame afvoer), melkstroomindicator, melkproduktiemeters en luchtafscheider.

#### Het 50 mm melkleidingsvsteem

De inleidende metingen laten zien dat grote spoelwaterreducties ten opzichte van de norm mogelijk zijn. In tabel 8 zijn de reducties in procenten ten opzichte van de norm weergegeven. De aanleg van de installatie (afschot, drainage) heeft naast vacuümverhoging en luchtinjectie een gunstige invloed op de hoeveelheid spoelwater.

Uit de proefmetingen komt het volgende naar voren. Het verhogen van het vacuüm heeft een gunstige invloed op de hoeveelheid spoelwater (voor- en naspoelwater). Reducties van 30 tot 50% ten opzichte van de norm zijn haalbaar. Bij het spoelen van een melkleidinginstallatie met melkmeetglazen zijn minder grote reducties mogelijk dan bij melkleidinginstallaties zonder melkmeetglazen. Ook het aantal en situering van de spoelleidingen geven verschillende reductiemogelijkheden. Hierbij komt naar voren dat bij een verhoging van het vacuüm van 40 naar 60 kPa bij een dubbele laagliggende 38 mm spoelleiding

**Afvalwater op bedrijfsniveau**

Tijdens de testperiode is het waterverbruik voor de diverse reinigingen van de melkleidinginstallatie gemeten. Op het bedrijf waar de doorschuifreiniging werd getest, werd ook het waterverbruik voor het schoonspuiten van de melkstal gemeten. De overige afvalwaterstromen zijn ingeschat met behulp van het rekenprogramma WWE. Hierbij is uitgegaan van een bedrijf met 80 melkkoeien.

Waterverbruik en afvalwaterstromen (m<sup>3</sup>/jaar) bij diverse reinigingssystemen, bij een melkveebedrijf met 80 melkkoeien en visgraat melkstal met 10 melkstellen, ruim gedimen-

sioneerd met melkproduktiemeters.

Vervangen van standaardreiniging door doorschuifreiniging geeft een reductie van ongeveer 40% van het totale afvalwater voor de melkwinning. Wordt bij standaardreiniging vloeistof hergebruikt voor het schoonspuiten van de melkstal, dan bedraagt de reductie nog 1530%. Ook hittereiniging en voorraadreiniging leveren een aanzienlijke reductie van afvalwater op. Een en ander wordt sterk bepaald door de hoeveelheid die nodig is voor het schoonspuiten van de melkstal. Deze hoeveelheid varieert sterk per bedrijf. Veel metingen hieraan zijn nog niet verricht.

| Reinigingssysteem                          | Standaard | Doorschuif | Hitte | Voorraad |
|--------------------------------------------|-----------|------------|-------|----------|
| Voorbehandeling koeien                     | 15        | 15         | 15    | 15       |
| Voorspoeling melkleiding                   | 77        |            |       | 77       |
| Hoofdreiniging melkleiding                 | 77        |            | 80    | 17       |
| Naspoeling melkleiding                     | 77        | 77         |       | 77       |
| Reiniging melkstellen                      | 30        | 30         | 30    | 30       |
| Reiniging tank                             | 38        | 38         | 38    | 38       |
| Schoonspuiten melkstal                     |           |            |       |          |
| Hoge drukspuit <sup>1)</sup>               | 47        | 47         | 47    | 47       |
| Lage drukspuit <sup>2)</sup>               | 95        | 95         | 95    | 95       |
| Hoge drukspuit voor schoonspuiten melkstal |           |            |       |          |
| Totale afvalwaterstroom                    | 361       | 207        | 210   | 301      |
| Na hergebruik <sup>2)</sup>                | 314       | 207        | 210   | 254      |
| Lage drukspuit voor schoonspuiten melkstal |           |            |       |          |
| Totale afvalwaterstroom                    | 409       | 255        | 258   | 349      |
| Na hergebruik <sup>3)</sup>                | 314       | 255        | 218   | 255      |

1) Gemeten op het praktijkbedrijf waar de doorschuifreiniging is uitgetest  
Hierbij komt hoge druk overeen met 60 Bar, lage druk met 3-4 Bar  
2) Alleen hergebruik van vloeistof zonder reinigingsmiddel en melk voor hoge drukspuit  
3) Hergebruik van vloeistof zonder melk voor lage drukspuit

grotere reducties mogelijk zijn dan bij een enkele hoge 30 mm spoelleiding. Daarnaast heeft spoelen in kolommen een positieve invloed op de hoeveelheid spoelwater bij een vacuüm van 40 kPa. Het effect van spoelen in kolommen is het grootst als kolommen van 15 liter worden gemaakt met tussendoor een luchtinjectie. Spoelen in kleinere kolommen geeft geen extra besparing te zien. De lengte van de luchtinjectie is in deze proef 8 seconden, langere of kortere luchtinjecties hebben geen invloed op de hoeveelheid spoelwater.  
Bij het spoelen van melkmeetglazen heeft het spoelen in kolommen een groter effect dan bij het spoelen zonder melkmeetglazen. Dit is te

verklaren doordat er bij het spoelen in kolommen tussen de kolommen tijd is om het spoelwater af te voeren. Er treedt minder verdunning op waardoor het spoelen sneller verloopt. Voor de overige onderdelen waar spoeling door verdunning optreedt, geldt dezelfde conclusie. Het spoelen bij een vacuümniveau van 60 kPa en in kolommen van 15 liter geeft de hoogste reducties. De verhoging ten opzichte van alleen vacuüm of alleen kolommen is gering.  
  
Het uitvoeren van een spoeling met extra water en luchtinlaat direct op de melkleiding geeft voor de proefstal geen extra reducties. Bij aanvoer via de spoelleiding worden in de melkleiding spon-

**Tabel 8** Reductie spoelwater (%) ten opzichte van de norm, bij verschillende spoelleidingen (2 x 3 open tandem melkstal) door middel van vacuümverhoging en/of spoelen in kolommen

| Melkleidingsysteem                                 | Vacuüm +<br>kolommen | Vacuüm | Kolommen | Norm<br>(l) |
|----------------------------------------------------|----------------------|--------|----------|-------------|
| <i>50 mm systeem met melkmeetglazen</i>            |                      |        |          |             |
| enkele 30 mm hoogliggende spoelleiding             | 35%                  | 30%    | 30%      | 50          |
| dubbele 32 mm hoogliggende spoelleiding            | 40%                  | 40%    | 35%      | 50          |
| <i>50 mm systeem zonder melkmeetglazen</i>         |                      |        |          |             |
| dubbele 38 mm laagliggende spoelleiding            | 55%                  | 55%    | 40%      | 50          |
| enkele 30 mm hoogliggende spoelleiding             | 45%                  | 45%    | 30%      | 50          |
| dubbele 32 mm hoogliggende spoelleiding            | 45%                  | 45%    | 30%      | 50          |
| <i>75 mm systeem zonder melkproduktimeters</i>     |                      |        |          |             |
| dubbele 38 mm laagliggende spoelleiding            | 60%                  | 55%    | 55%      | 65          |
| <i>75 mm systeem met afikim melkproduktimeters</i> |                      |        |          |             |
| dubbele 38 mm laagliggende spoelleiding            | 50%                  | 0%     | 50%      | 85          |

taan (door de kleine diameter) kolommen gevormd. En extra luchtinlaat kan het vormen van kolommen versterken. In de praktijk waar lange leidingen worden gebruikt en waar bij een minder hoog vacuüm wordt gespoeld kan directe luchtinjectie wel een positieve bijdrage leveren. Ten opzichte van de situatie waarbij alles in één keer wordt opgezogen en een laag vacuüm heeft het wel effect.

*Het 75 mm melkleidingsysteem*

Bij het spoelen van het 75 mm systeem kan hetzelfde geconcludeerd worden als bij het 50 mm melkleidingsysteem. Bij deze proef is alleen gemeten bij een dubbele laagliggende 38 mm spoelleiding. De melkleiding wordt gespoeld via de 6 aangesloten melkstellen en 2 extra toevoerkanalen naast de luchtafscheider. Op deze plaats wordt ook luchtinjectie gegeven.

Bij gebruik van een aparte spoelleiding op de melkleiding is het waterverbruik hoger terwijl de uitspoeling niet sneller verloopt. Voor melkstallen met een langere melkleiding kan het echter wel nodig zijn om een aparte spoelwatertoevoer op de melkleiding te monteren. Luchtinjectie op de melkleiding is ten alle tijden nodig om kolommen te creëren die de bovenkant van de melkleiding raken.

Bij het 75 mm melkleidingsysteem zonder melkproduktimeters geven vacuümverhoging en spoelen in kolommen een aanzienlijke besparing ten opzichte van de norm van 65 liter. Bij het spoelen van de 75 mm melkleiding met Afikim melkproduktimeters zijn ook aanzienlijke reducties haalbaar ten opzichte van de norm van 85 li-

ter. Het spoelen van een melkproduktimeter vraagt een andere aanpak dan de overige bufferende onderdelen als melkmeetglas en melk-stroomindicator. De klep van de melkproduktiemeter kan via de software worden gestuurd in een optimale frequentie. Door de melkproduktiemeter eerst snel door te laten stromen is de meeste vervuiling verdwenen (verdringing), vervolgens wordt de klep gesloten zodat de meter vol loopt en de bovenkant van de melkproduktiemeter wordt bevochtigd. Dit geeft een snellere uitspoeling dan wanneer de vervuiling wordt verdund en in de melkproduktiemeter blijft hangen. Er wordt op deze manier gespoeld in kolommen. De kolomgrootte is o.a. afhankelijk van de hoeveelheid en inhoud van de melkmeters. Door de sterke buffering in de melkmeter heeft alleen verhogen van het vacuüm geen positief effect op de uitspoeling. Voor melkproduktimeters die minder sterk bufferen is er mogelijk wel een effect van vacuümverhoging.

Er zijn ook praktijksituaties doorgemeten. Verschillen in de opbouw van de installatie kunnen grote variaties veroorzaken, maar ook de aanleg kan voor 'identieke' installaties nog aanzienlijke verschillen veroorzaken.

Uit de metingen is duidelijk naar voren gekomen dat een reductie van spoelwater van 30 tot 50% zeker mogelijk is. Belangrijk verschil tussen de proefmetingen en de praktijkmetingen is dat de pomp bij de proefmetingen sneller aanslaat waardoor minder buffering van vervuiling optreedt. Uit de praktijkmetingen is gebleken dat de hoeveelheid restvervuiling die in de proefme-



**Tabel 9** Totaal kiemgetal in spoelmonsters (kve/ml) van een installatie die op verschillende manieren is gespoeld

|                    | Melkleiding | Melkstellen<br>+ melkleiding |
|--------------------|-------------|------------------------------|
| Standaardreiniging | 13.000      | 42.000                       |
| Voorspoelen        | 9.000       | 132.000                      |
| Niet spoelen       | 1.200.000   | 1.200.000                    |

tingen op 1% is gekozen in de praktijk lang niet altijd wordt gehaald. Een eindvervuiling van meer dan 1% komt vaak voor. Dit hoeft geen probleem te zijn als er van deze oplossing maar weinig achterblijft in de melkleidinginstallatie. De hoeveelheid restwater van een melkleidinginstallatie is een belangrijke parameter in de reiniging. Door een goede sanitaire aanleg en snel schakelen van de melkpomp zijn reducties tot 30% haalbaar. Het effect van spoelen in kolommen en het verhogen van het vacuümniveau in de praktijk wordt nog nader bekeken.

Door de voorspoeling met 50% te reduceren, kan ook de energie-input voor de voorspoeling met de helft worden gereduceerd. Op de totale reiniging betekent dit een besparing van 17%.

5.5.2 *Reinigen in compatfimen ten*

Als de melkleidinginstallatie op Melkvee 3 in twee compartimenten wordt gereinigd, geeft dit een verhoging van de eindtemperatuur van de hoofdreiniging van 4°C, bij overig gelijkblijvende omstandigheden. Wordt dit omgerekend naar een situatie met een gelijke eindtemperatuur, dan levert dit uiteindelijk een energiebesparing op van 6% ten op zichte van de standaardsituatie. Hierbij kan worden opgemerkt dat er door de aanwezigheid van melkmeetglazen een groot

te verwarmen oppervlak is, waardoor in installaties zonder melkmeetglazen nog meer bespaard zou kunnen worden.

Overschakeling op reinigen in compartimenten had geen invloed op het totaal kiemgetal, lactobacillen, coli-achtigen en thermoresistenten.

Duidelijk is dat gedoseerd omgaan met de beschikbare hoeveelheid water aanzienlijke besparingen in water en energie kunnen opleveren. Dit wordt nog verder onderzocht.

55.3 *Beperkte tweede reiniging*

Een ander systeem dat in de vorige publikatie reeds is beschreven [Verheij en Wolters (1993)], is beperkte tweede reiniging. Hierbij wordt de melkleidinginstallatie éénmaal per dag volledig gereinigd, na de andere melking wordt de installatie slechts voorgespoeld.

In een proef is gekeken naar de invloed van de mate van spoelen van de melkleidinginstallatie op de uitgroei van bacteriën. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen bacteriegroei in de melkleiding en bacteriegroei afkomstig uit melkstellen plus melkleiding. De resultaten zijn weergegeven in tabel 9.

Bacteriegroei in een melkleiding vindt met name plaats als er na het melken niets wordt gedaan. Wordt de melkleiding goed gespoeld met ruim lauwwarm water, dan worden vergelijkbare kiemgetallen gevonden met een melkleiding die standaard gereinigd is. Bij de melkstellen is alleen voorspoelen duidelijk slechter dan reinigen. Deze effecten worden ook gevonden ten aanzien van aantallen lactobacillen en coli-achtigen. Duidelijk is dat in een installatie die alleen is voorgespoeld, met name bacteriegroei in de melkstellen, melkslangen e.d. zal plaatsvinden.

# 6 Discussie en conclusies

Uit de resultaten komt naar voren dat er een aantal manieren is om directe energie te besparen bij de melkwinning. Een overzicht van het effect van een aantal maatregelen is weergegeven in tabel 10.

Toepassing van een hoge temperatuur warmtepomp in de Nederlandse melkveehouderij zou een aanzienlijke besparing van de gebruikte hoeveelheid energie betekenen. De toepassing is op dit moment nog niet rendabel, vanwege hoge investeringskosten en lage energieprijzen. Voor de toekomst kan het toepassen van een hoge temperatuur warmtepomp wel economisch rendabel worden. De technische haalbaarheid van het systeem in de praktijk dient dan ook nader onderzocht te worden.

Daarnaast komt bij dit systeem weer hetzelfde probleem naar voren als bij de huidige warmtepompen, namelijk het overschot aan warm water. Nuttige toepassing van deze overtollige energie elders op het bedrijf of in de huishouding, zou de haalbaarheid van warmtepompen zeker ten goede komen.

Voordeel van het toepassen van warmteterugwinning is dat er een besparing plaatsvindt op de totale warm-watervoorziening rondom de melkwinning. Bij het toepassen van een hoge temperatuur warmtepomp zijn energiebesparende maatregelen bij de reiniging niet meer interessant vanuit energie-oogpunt, als er een overschot is aan warm water.

Maar ook zonder deze HTWP zijn grote besparingen van energie, chemie, leidingwater en afvalwater mogelijk met nieuwe reinigingssystemen. Bij het onderzoek naar de reinigingssystemen is alleen gekeken naar de reiniging van de melkleidinginstallatie, terwijl andere onderdelen buiten beschouwing zijn gelaten. Geschat wordt dat voor de reiniging van de melkleidinginstallatie 60 tot 80% van de totale heet-waterproductie wordt gebruikt.

Toepassen van diverse geoptimaliseerde reinigingssystemen levert een aanzienlijke energiebesparing op, zeker in situaties waar geen warmtepomp aanwezig is. Hierbij kan ook nog worden opgemerkt, dat het reinigend effect bij alle syste-

**Tabel 10** Overzicht van de mogelijke besparing van energiedoor het toepassen van diverse maatregelen, t.o.v. situatie met standaardreiniging, verwarming d.m.v. elektriciteit, zonder en met bestaande warmteterugwinning (wtw)

| Systeem                                 | Besparing (%) |          |              |             |
|-----------------------------------------|---------------|----------|--------------|-------------|
|                                         | Energie       |          | Leidingwater | Chemicaliën |
|                                         | geen wtw      | wel wtw  |              |             |
| <i>Totale heetwatervoorziening</i>      |               |          |              |             |
| Hoge temp. warmtepomp                   | 80            | 52       |              |             |
| <i>Reiniging melkleidinginstallatie</i> |               |          |              |             |
| Hittereiniging                          |               |          |              |             |
| -t.o.v. standaard hittereiniging        | 22            | 22       | 30           | 30          |
| -t.o.v. standaardreiniging              | -89           |          | 65           | n.v.        |
| Doorschuifreiniging                     | 42            | 12       | 66           | 0           |
| Voorraadreiniging                       | 30            | -10      | 45           | 60          |
| Standaardreiniging                      |               |          |              |             |
| - optimalisatie spoel effect            | 17            | 0 tot 17 | 33           | 0           |
| - compartimenten                        | 6             | 0 tot 6  | ?            | ?           |
| - beperkte tweede reiniging             | 33            | 0 tot 33 | 33           | 50          |

n.v. = niet vergelijkbaar (ander type middel)

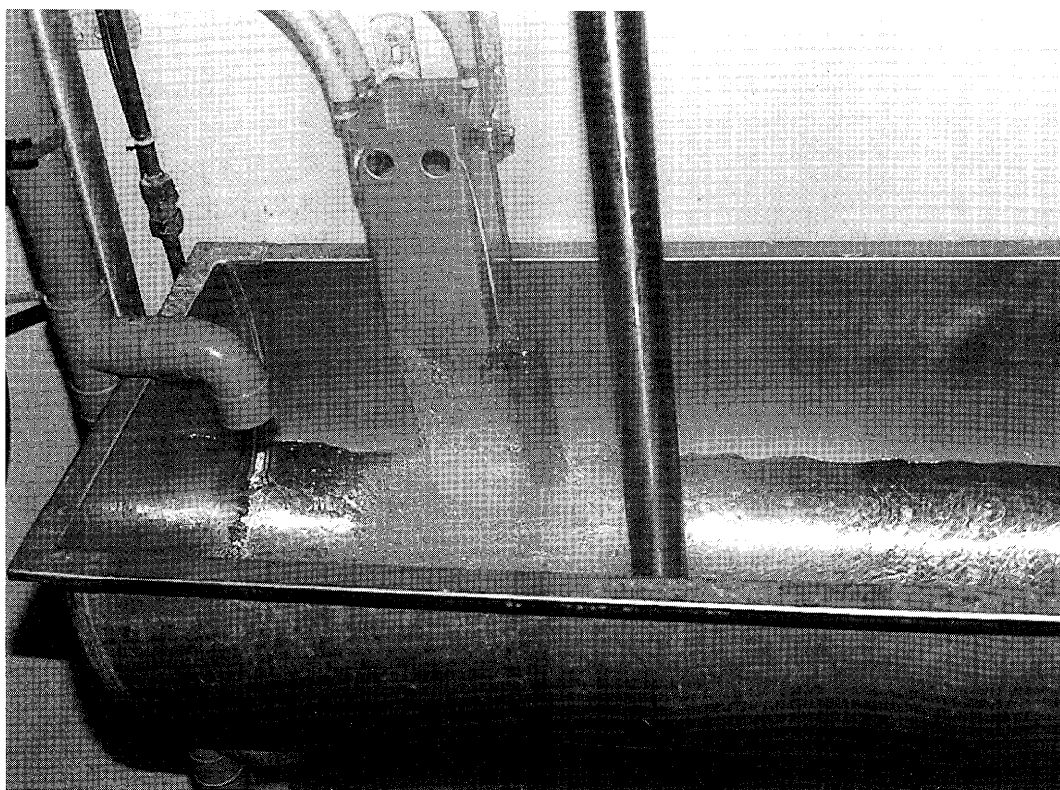
men is toegenomen, als dit wordt gerelateerd aan de eindtemperatuur van de hoofdreiniging. Dit betekent dus eigenlijk dat er aanzienlijke (energetische) overkill is ingebouwd, die wellicht niet echt nodig is. Dit zal dan ook zeker aandacht krijgen binnen het vervolgonderzoek. Grotere energiebesparingen per reinigingssysteem lijken dan ook haalbaar.

Binnen de standaardreiniging zijn een aantal deelaspecten onderzocht. Voor een deel kunnen gerealiseerde besparingen ook bij de andere reinigingssystemen worden toegepast. Het toepassen van een geoptimaliseerde voorspoeling, dat wil zeggen met minder water voorspoelen, heeft in het systeem doorschuifreiniging niet zoveel zin, daar het volume bepaald wordt door het benodigde volume tijdens de hoofdreiniging. Bij voorraadreiniging zou het wel kunnen worden toegepast. Reinigen in compartimenten is een onderdeel dat wel bij de drie bovengenoemde reinigingssystemen zou kunnen worden toegepast.

Een andere mogelijkheid om binnen de stan-

daardreiniging te besparen, is beperkte tweede reiniging. Op zich is het een relatief eenvoudig systeem, dat makkelijk uitvoerbaar is. Probleem is dat gevaren voor de melkqualiteit niet goed kunnen worden ingeschat. Een zeker risico voor microbiologische problemen zal blijven bestaan. Deze werkwijze lijkt dan ook in strijd met het toenemende belang van kwaliteitsbewaking. Dit betekent dat andere opties zo ver moeten worden geoptimaliseerd, dat ze kunnen concurreren met beperkte tweede reiniging, zowel ten opzichte van energie, water en chemicaliën, als op economisch gebied.

De eerste onderzoeken geven aan dat ook binnen standaardreiniging een optimalisatie van vloeistofstroming in een melkleidingsysteem energetisch perspectieven biedt. Dit zou kunnen betekenen dat de huidige temperatuurval bij de hoofdreiniging van 40°C of meer kan worden gereduceerd tot bijvoorbeeld 20°C, zoals bij doorschuifreiniging is gerealiseerd. Dit biedt dan perspectieven om ook met het water van de huidige warmteterugwinning zonder doorverwarmen goed te kunnen reinigen met een aanvaardbare



*Er treedt energieverlies op bij het vullen van de spoelbak.*

eindtemperatuur.

Het is afhankelijk van de omstandigheden op een melkveebedrijf wat economisch de meest aantrekkelijke optie is. Onderdelen als energievoorziening (gas of elektriciteit), afvoermogelijkheden van afvalwater, opslagcapaciteit in de mestput spelen hierbij een rol. Bedrijfseconomische evaluaties worden op termijn uitgewerkt,

middels het programma BBPR. Via de voorlichting (DLV) kan dan een bedrijfseconomische evaluatie worden gemaakt die aansluit op de specifieke bedrijfssituatie van de individuele veehouder, waarmee uit het aanbod aan systemen het meest interessante systeem kan worden geselecteerd uit oogpunt van kosten- en energiebesparing.

## 7 Kennisoverdracht naar de praktijk

Op de diverse Regionale Onderzoekscentra (ROC's) worden proeven/demonstraties uitgevoerd met als thema: afvalwaterreductie en energie-optimalisatie tijdens de melkwinning. Op deze manier worden allerlei aspecten op praktijkschaal bekeken en worden ook daadwerkelijk energie en waterbesparingen gemeten.

De praktijk wordt over diverse onderdelen geïnfomeerd via artikelen in het blad Praktijkonderzoek, artikelen in vakbladen en via diverse inleidingen.

Bij de start van het project 'Reinigen van melkwinningsapparatuur' zijn een tweetal begeleidingsgroepen ingesteld.

De projectgroep, bestaande uit vertegenwoordigers van NOVEM, Zuivelbedrijfsleven, voorlichting (IKC) en leveranciers van melkwinningsapparatuur (VEMI), begeleidde en gaf richting aan het onderzoek. De deelname in deze groep

stimuleert ook de kennisoverdracht via de genoemde instanties. Het IKC speelt hierbij een centrale rol in de voorlichtingsstructuur van praktijkonderzoek naar eerstelijns voorlichting. Daarnaast is een klankbordgroep ingesteld, bestaande uit technische vertegenwoordigers van de leveranciers van melkwinningsapparatuur (VEMI). Via deze groep wordt de toepasbaarheid van nieuwe ideeën getoetst aan de praktijk. Daarnaast worden resultaten uit het onderzoek door deze instanties in praktijk gebracht.

De eerste resultaten van dit onderzoek worden reeds in de praktijk toegepast. Duidelijk is wel dat bij diverse systemen de afstelling en aanleg van de apparatuur kritisch is. Wordt aan de genoemde randvoorwaarden niet voldaan, dan kan dit problemen geven met het reinigend effect. Vandaar dat gewaakt moet worden voor het onoordeelkundig toepassen van de geschetste resultaten.



*Het gaat uiteindelijk om melk van goede kwaliteit. (foto: Zuivelzicht)*

## Samenvatting

Bij de reiniging na de melkwinning wordt meer energie verbruikt dan nodig is. Daarom werd met financiële ondersteuning van NOVEM onderzoek verricht naar besparingsmogelijkheden op dit verbruik. Voorwaarde is dat de melkwaliteit tenminste gelijk blijft. Andere besparingen (water, chemie) werden meegenomen. Deze publikatie beschrijft het tweede project binnen dit onderzoek, en wel: 'Energie-ëfficient reinigen'. Het energieverbruik vloeit voort uit het feit dat warm of heet water voor de reiniging nodig is.

Besparingen bleken mogelijk door:

- beperking van de hoeveelheid benodigd (warm) water,
- beperking van uitstralingsverliezen (afkoeling),
- betere benutting van melkwarmte voor verwarming,
- hergebruik van warm water.

Voor een deel blijken deze besparingen haalbaar met beperkte aanpassingen van apparatuur en procesvoering in bestaande systemen. Voor een optimaal resultaat werd een aantal systemen (hitte-, doorschuif-, voorraadreiniging) uitgewerkt,

die het betreffende energieverbruik (in ons land momenteel circa 350 miljoen kWh/jaar) met enkele tientallen procenten kunnen verlagen. Afhankelijk van het in te zetten systeem kan op het energieverbruik ten behoeve van de warmwatervoorziening tot 42% worden bespaard. Ook zijn reducties van het verbruik van leidingwater en chemicaliën mogelijk.

Met een nieuw te ontwikkelen warmtepomp kan in gunstige gevallen tot 80% energie bespaard worden, hoewel dit in de huidige situatie nog geen belangrijke economische besparing tot gevolg heeft. Onderzoek in deze richting wordt voortgezet, mede gesteund door NOVEM.

Ook sommige andere nieuwe systemen moeten nog verder worden uitgewerkt c.q. in de praktijk beproefd, waarvoor het PR vervolgonderzoek uitvoert.

Gestreefd wordt naar een afronding van het onderzoek in een derde project 'Reinigen onder procesbewaking', waarmee constructieve en procesmatige randvoorwaarden voor goede reiniging en beter beveiligde melkwaliteit worden uitgewerkt voor praktisch gebruik.

## Literatuur

- Aalenhuis, J., J.A.M. Boerekamp en C.J.A.M. de Koning (1993) Praktijkonderzoek 6/3
- Boer, R., J. Brouwer en J.J. Langedijk (1970) Bedrijfsontwikkeling 4/5
- Boerekamp, J.A.M. en G.M.V.H. Wolters (1992) Praktijkonderzoek 5/5
- Dunsmore, D.G. (1983) Residue Reviews, Vol. 86, Springer Verlag New York Inc
- GTD-Rapport (1990) Afvalwaterproblematiek van de melkwinning bij veehouderijbedrijven
- Haven, M.C. van der (1986) Melkwinning, Min. LNV, Wageningen
- IKC Veehouderij (1990) Kwantitatieve Informatie Veehouderij 1990-1991
- IKC-RSP (1992) Melkveebedrijven en afvalwater; Inventaristie en oplossingsrichtingen
- Koning, C. de (1988) Reiniging van melkwinings-apparatuur, CMMB
- Koning, C. de (1992) Landbouwmecanisatie 10
- Leaflet 718 (1981) Ministry of Agriculture, Fisheries and Food
- Sutarno (1993) Technische Universiteit Delft Rapport nr. KK-1024
- Ubbels, J., Tj. Jansma, J. de Vries en G. van der Gaast (1979) NIZO-mededeling M14
- Verheij, J.G.P. (1992) Praktijkonderzoek 5/6
- Verheij, J.G.P. en G.M.V.H Wolters (1993) PR publicatie nr. 80
- Wildbrett, G. (1982) Deutsche Molkerei Zeitung 340