



Proefstation voor de  
Rundveehouderij,  
Schapenhouderij en  
Paardenhouderij

Waiboer-  
hoeve

**ROC's**

Regionale  
Onderzoek  
Centra

Publikatie nr. 101

# **Reinigen melkwinnings- apparatuur onder procesbewaking**

April 1995

## Colofon



### **Uitgever:**

Proefstation voor de Rundveehouderij,  
Schapehouderij en Paardenhouderij (PR)  
Runderweg 6, 8219 PK Lelystad.  
Telefoonnr. 03200-93211, Fax. 03200-41584.

### **Redactie en fotografie:**

Afdeling Voorlichting van het PR

### **Drukker:**

Drukkerij Cabri bv  
Lelystad

ISSN 0921-2291

Eerste druk 1995 / oplage 4000

### **De onderzoekcentra**



Overname is toegestaan, mits van  
uitdrukkelijke bronvermelding voorzien.

Losse nummers zijn uitsluitend verkrijgbaar door  
f 12,50 over te maken op Postbanknr. 2307421  
van het Proefstation PR, Runderweg 6,  
8219 PK Lelystad met vermelding:  
Publikatie PR nr. 101

Geïnteresseerden kunnen donateur van  
het PR worden.

Informatie is verkrijgbaar bij het PR.

De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid  
voor gevolgen bij gebruik van in deze publikatie  
vermelde gegevens.

Proefstation voor de  
Rundveehouderij,  
Schapenhouderij en  
Paardenhouderij (PR)

Waiboer-  
hoeve

Regionale  
Onderzoek  
Centra  
(ROC's)

# Reinigen melkwinningsapparatuur onder procesbewaking

G.M.V.H. Wolters  
J.A.M. Boerekamp  
H.J. Soede



## 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'. Verdere mogelijkheden tot het besparen van energie, water en reinigingsmiddel zijn vastgelegd in PR publikatie nr. 85: 'Energie-efficiënt reinigen van melkwinningsapparatuur'.

Deze publikatie gaat over het afsluitende project 'Reinigen van melkwinningsapparatuur onder procesbewaking'. Dit project werd mede mogelijk gemaakt door het Produktschap voor Zuivel, de Vereniging van Importeurs en Fabri-

kanten van en Groothandelaren in Melkwinnings- en bewaarapparatuur alsmede van Automatisering voor de Veehouderij (VEMI) en het Ministerie van Economische zaken. De NOVEM (Nederlandse Onderneming voor Energie en Milieu) heeft deze opdracht namens het ministerie van Economische Zaken 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 en H.J. Soede verzorgden de uitvoering, met ondersteuning van enkele stagiaires.

# Inhoudsopgave

	Blz.
<b>Voorwoord</b> .....	1
<b>1 Inleiding</b> .....	3
<b>2 Inventarisatie huidige toestand</b> .....	4
2.1 Bestaande situatie .....	4
2.2 Reinigingsfactoren .....	5
2.3 Eisen reinigingsproces.....	6
<b>3 Resultaten voorgaand onderzoek</b> .....	8
<b>4 Uitvoering van het onderzoek</b> .....	10
4.1 Sanitaire aanleg .....	10
4.2 Procesoptimalisatie .....	11
4.3 Procescontrole.....	12
<b>5 Resultaten en discussie</b> .....	13
5.1 Sanitaire aanleg .....	13
5.1.1 Constructie en aanleg .....	13
5.1.2 Praktijkmetingen restvloeistof.....	14
5.1.3 Restwater en afschot .....	15
5.2 Procesoptimalisatie .....	16
5.2.1 Hoofdreiniging .....	16
5.2.2 Praktijkmetingen.....	19
5.3 Procescontrole.....	21
5.3.1 Temperatuur .....	21
5.3.2 Concentratie reinigingsmiddel .....	22
5.3.3 Mechanische werking .....	24
5.4 Reinigingswacht .....	25
<b>6 Conclusies en aanbevelingen</b> .....	27
<b>Samenvatting</b> .....	29
<b>Literatuur</b> .....	30

# 1 Inleiding

Na het invoeren van het melken met leidingsystemen vanaf de jaren zestig werden aanbevelingen ontwikkeld voor de reiniging. Deze aanbevelingen moesten een veilige melkwinning garanderen. De aankoop van energie, chemicaliën en water voor de reiniging was relatief goedkoop, zodat de ontwikkelde reinigingssystemen niet geoptimaliseerd werden ten aanzien van het verbruik van energie, chemicaliën en water.

In juli 1992 werd het Lozingenbesluit Bodembescherming van kracht, naast de reeds bestaande Wet Verontreiniging Oppervlaktewater. Uitrusten van spoelwater over het land en lozen op het oppervlaktewater werden hierdoor verboden, waardoor riool en mestput als enige alternatieven overbleven. Vooruitlopend hierop ontstonden op het PR ideeën over onderzoek naar brongerichte maatregelen, die het afvalwaterprobleem in eerste instantie bestreden. Er werden projectbeschrijvingen 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 mogelijkheden tot water-, energie- en chemicaliënbesparingen zijn bekeken binnen de projecten 'Milieusparend reinigen melkwinningsapparatuur' en 'Energie-efficiënt reinigen melkwinningsapparatuur'. De resultaten staan in de PR-publicaties nr. 80 en 85. Het primaire doel van deze projecten was 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.

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.

Door een verminderd verbruik van water, energie en chemicaliën voor de reiniging van melkwinningsapparatuur verdwijnt soms ook een deel van de ingebouwde veiligheidsmarge (overkill). Het risico dat er dan iets mis gaat, met grote gevolgen voor de melkqualiteit, is daarom niet denkbeeldig. Daarom zijn zuinige systemen voor de praktijk pas aanvaardbaar, als ook het optreden van procesfouten sterk wordt verkleind. Misschien dat deze problemen voorkomen kunnen worden, door de reiniging te laten bewaken door een 'reinigingswacht'. Mogelijk kunnen signalen uit deze reinigingswacht bij de besturing van de reiniging gebruikt worden.

Het doel van dit project is te onderzoeken welke besturing en bewaking van de reiniging van melkwinningsapparatuur noodzakelijk zijn. Zodat bij een milieubewuste reiniging de kwaliteit van boerderijmelk optimaal is beveiligd. Gelet is op de eisen waaraan de reiniging en de apparatuur dienen te voldoen. Daarna is gekeken welke en hoe parameters tijdens elke reiniging kunnen worden gemeten/gecontroleerd, zodat het reinigingsproces telkens weer voldoet aan de gestelde eisen.

## 2 Inventarisatie huidige toestand

### 2.1 Bestaande situatie

De veehouder/melker is dagelijks verantwoordelijk voor een goede melkwaliteit. Voor het kiemgetal zijn drie bronnen aan te wijzen: infectie via de koe, besmetting via de apparatuur en bacteriegroei in de melkkoeltank. Besmetting via de apparatuur is in veel gevallen de belangrijkste bron voor een verhoogd kiemgetal.

Het reinigingsresultaat, en daarmee de besmetting via de apparatuur, is sterk afhankelijk van de aanleg van de apparatuur, de werking van de reinigungsautomaat en de attentie van de melker. In de praktijk wordt de reiniging nauwelijks gecontroleerd door de melker, zodat nogal eens fouten optreden die niet vroegtijdig gesignaleerd worden. Controles worden pas uitgevoerd als blijkt dat de melkwaliteit afneemt, in dit geval in de vorm van een verhoogd kiemgetal.

Problemen door bacteriegroei in de melkkoeltank zijn in Nederland drastisch gereduceerd door de introductie van de melkwacht. Op 50 % van de

Nederlandse melkveebedrijven is een melkwacht aanwezig de [Koning (1994)]. Om de kwaliteit van de melk in de koeltank te bewaken zijn een drietal functies ingebouwd [Rozeboom (1992)]:

- Melktemperatuur. Met een sensor wordt de temperatuur van de melk gemeten. Als de temperatuur langer dan drie uur boven de grens van 5,5 °C of onder de grens van 1 °C blijft, volgt een alarm;
- Roerderfunctie. Met een tweede sensor wordt het functioneren van de roerder gecontroleerd;
- Reinigingsfunctie. Een derde sensor meet of het reinigingswater een temperatuur van 40 °C behaalt.

In Nederland wordt de reiniging op vrij uniforme wijze uitgevoerd in drie processtappen: 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 be-



Met de melkwacht wordt het functioneren van de melkkoeltank bewaakt.



gint. De hoofdreiniging dient zowel voor reiniging als desinfectie. Daarvoor wordt vrijwel uitsluitend gebruik gemaakt van gecombineerde reinigings- en desinfectiemiddelen. Het proces wordt afgesloten met een naspoeling om resten van chemicaliën te verwijderen. De alkalische hoofdreiniging wordt periodiek afgewisseld met een zuur-reiniging ter verwijdering van aanslag [GTD-rapport (1990)]. Bij de hoofdreiniging is warm water nodig om een goed reinigingseffect te bereiken. Pogingen om de hoofdreiniging bij lagere temperatuur (20-30 °C) uit te voeren zijn niet succesvol geweest. Hogere temperaturen blijken onmisbaar om zeker te kunnen zijn van schone apparatuur en goede melkqualiteit.

De desinfecterende werking berust doorgaans op chemicaliën (chloorbleekloog). Op een beperkt aantal bedrijven (0,5-1 %) wordt de melkleiding-installatie gereinigd en gedesinfecteerd volgens het principe van thermische reiniging en desinfectie, hittedreiniging genoemd. Ter voorkoming van kalkaanslag wordt een kleine hoeveelheid zuur toegevoegd. Voordeel van deze reinigingsmethode is het lagere waterverbruik en het afwezig zijn van (chemische) desinfectiemiddelen. Een groot nadeel is het verhoogde energieverbruik. In andere landen worden soms andere desinfectiemiddelen gebruikt; zo worden i.p.v. chloor ook quaternaire ammoniumverbindingen, jodoforen (die tevens een reinigende werking hebben), perazijnzuur en waterstofperoxide toegepast [Wild-

brett (1982), Dunsmore (1983)]. Deze middelen zijn in Nederland niet toegelaten.

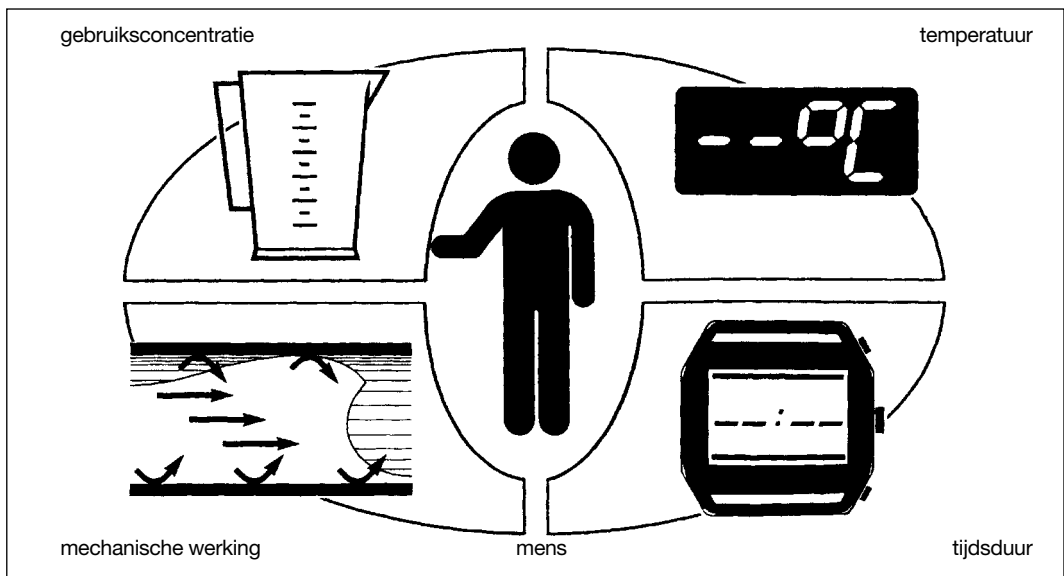
Op het merendeel van de melkveebedrijven in Nederland wordt het reinigingsproces gestuurd door een automaat die reageert op tijd- en/of niveauschakeling. Het programma berust op tijdssturing. De hoeveelheid spoelwater wordt in nagenoeg alle gevallen ingesteld met een niveausensor, waarmee vaak direct de vacuümpomp wordt gestuurd. Oudere types reinigungsautomaten beschikken soms nog over een tijdgestuurde niveauregeling (met name gecombineerde automaat voor melkleiding en melkkoeltank). Geautomatiseerde controle van het reinigingsproces vindt nauwelijks plaats.

De ervaringen met de melkwacht, die een juiste werking van de melkkoeltank elektronisch bewaakt, wijzen erop, dat de inbouw van bepaalde vormen van automatische bewaking een belangrijke hulpmiddel kan zijn voor de veehouder ter bewaking van de melkqualiteit. Het ligt daarom voor de hand dit soort hulpmiddelen ook te betrekken bij de reiniging van melkwinningsapparatuur.

## 2.2 Reinigingsfactoren

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

**Figuur 1** De vijf belangrijkste reinigingsfactoren



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 naspoeling.

De aanbevolen *concentratie* aan chemische middelen is nodig om het vuil los te maken en zwendend te houden, en 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 leidingstelsel, 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 bevloeien. De snelheid en de reinigende werking van een door de vacuümpomp aangezogen waterkolom is afhankelijk van onder andere vacuümpompcapaciteit, kolomgrootte, weerstanden, drukverval e.d. Optimalisatie van dergelijke omstandigheden vindt nog onvoldoende plaats.

De *mens* tenslotte staat in het centrum van de reiniging. Hij dient er voor te zorgen dat de installatie gereed is om te reinigen, zorgt voor de uitvoering van de reiniging bij afwezigheid van een reinigungsautomaat en controleert of de reiniging goed wordt uitgevoerd. In de praktijk blijkt met name deze laatste functie niet of nauwelijks te worden uitgevoerd.

### 2.3 Eisen reinigungsproces

De aanbevelingen voor een optimale reiniging zijn enige jaren geleden beschreven door de werkgroep Reiniging [de Koning (1988)]. Samen met het onderzoek dat sindsdien door het PR is uitgevoerd, kunnen een aantal eisen voor een goede reiniging worden opgesteld. Hierbij gaat het om eisen voor standaardreiniging, bestaande uit de drie processtappen voorspoeling, hoofdreiniging en naspoeling.

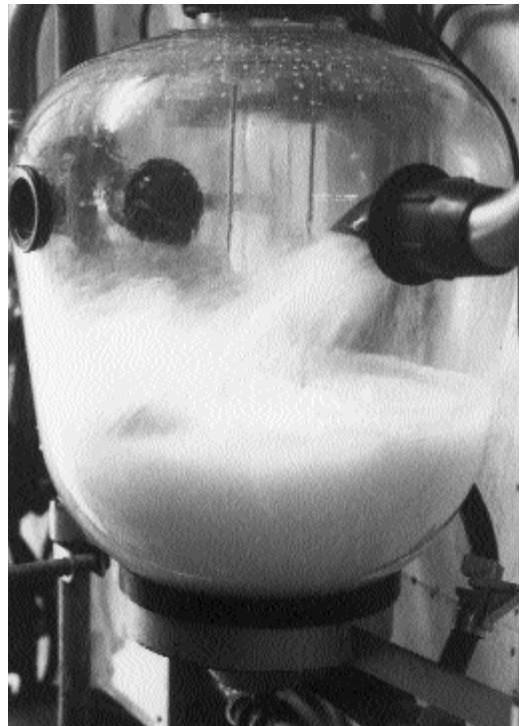
#### *Voorspoeling*

Het voorspoelen dient om zoveel mogelijk resten melk uit de installatie te verwijderen. Om dit te bereiken moet dit een éénmalige spoeling zijn

met water met een temperatuur van 40 tot 60 °C. In de praktijk wordt nog regelmatig tijdens de voorspoeling gecirculeerd. Dit is ten sterkste af te raden. Het criterium voor een goede voorspoeling is de afwezigheid van melk in het laatste spoelwater. Hoe een voorspoeling met zo weinig mogelijk water kan worden uitgevoerd, is door Soede (1994) beschreven. Belangrijke parameters voor een efficiënte voorspoeling zijn een verhoogd vacuüm (50-60 kPa) en/of luchtinjecties.

#### *Hoofdreiniging*

Bij gebruik van een gecombineerd reinigungs- en desinfectiemiddel wordt tijdens de hoofdreiniging de gehele installatie zowel gereinigd als gedesinfecteerd. Hierbij wordt gebruik gemaakt van water van 60 tot 80 °C. Het reinigungsmiddel moet gedoseerd worden in de op de verpakking aangegeven concentratie, veelal 0,5 %. Met deze vloeistof wordt 7-10 minuten gecirculeerd. Voor een effectieve werking van de reinigungsoplossing moet de hoeveelheid melkresten in de circulatievloeistof minimaal zijn. Eén van de criteria voor een goede hoofdreiniging is een eindtemperatuur van minimaal 40 °C. Voor een goede mechanische werking van de vloeistof moet de ge-



*Tijdens de reiniging moet de buffering in de luchtafscheider minimaal zijn.*

middele vloeistofsnelheid in de installatie minimaal 1,5 m/s zijn.

### *Naspoeling*

Het naspoelen dient om achtergebleven resten van de reinigungsoplossing uit de installatie te verwijderen. Om dit te bereiken moet dit evenals de voorspoeling een éénmalige spoeling zijn. Voor een optimale uitvoering van de naspoeling gelden dezelfde aanbevelingen als voor de voorspoeling. Het criterium voor een goede naspoeling is de afwezigheid van reinigungsmiddel in het laatste spoelwater. De temperatuur van het gebruikte water is gelijk aan dat van koud leidingwater.

Voor alle drie processtappen geldt dat het pulsatiesysteem moet werken. Voor een zo efficiënt

mogelijke uitvoering van de drie processtappen, moet het versleep van vloeistof minimaal zijn. Na elke processtap moet de installatie enige minuten gedraineerd worden. Hierbij zijn een automatische drainage van persleiding en luchtafscheider en juiste aanleg van de installatie van wezenlijk belang. Om buffering van vloeistof in de luchtafscheider tijdens de processtappen zo veel mogelijk te voorkomen, moet de luchtafscheider reeds bij een lage vullingsgraad worden geleegd. Een aparte niveauschakeling in de luchtafscheider kan hiervoor zorgen. Daarnaast is de capaciteit van de melkpomp van essentieel belang voor een goede reiniging. Deze moet voldoende groot zijn. In de praktijk is de capaciteit van de melkpomp vaak te klein. Bij een verhoogd vacuüm neemt de melkpompcapaciteit nog verder af, waardoor dit onderdeel een duidelijk knelpunt kan zijn.

### 3 Resultaten voorgaand onderzoek

De mogelijkheden tot water-, energie- en chemiebesparingen zijn bekeken binnen de projecten 'Milieusparend reinigen melkwinningsapparatuur' en 'Energie-efficiënt reinigen melkwinningsapparatuur' (PR-publicaties nr. 80 en 85).

Uit de resultaten blijkt dat er een aantal manieren zijn om water, energie en chemicaliën te besparen bij de melkwinning. Een overzicht van het effect van een aantal maatregelen staat in tabel 1. Toepassing van een hoge temperatuur warmtepomp (HTWP) in de Nederlandse melkveehouderij zou een aanzienlijke energiebesparing betekenen. Hierbij wordt het water uit de warmteterugwinning opgewarmd van 55 tot 80 °C met een tweede trap in de warmtepomp. Verdere verwarming van warmteterugwinningwater via de boiler kan dan achterwege blijven. De toepassing is op dit moment nog niet rendabel, vanwege hoge investeringskosten en lage energieprijzen. Voor de toekomst kan een hoge temperatuur warmtepomp wel economisch rendabel worden. De technische haalbaarheid van het systeem in de praktijk wordt nog nader onderzocht.

Dit systeem heeft hetzelfde probleem als de huidige warmtepompen, namelijk het overschot aan warm water. Nuttige toepassing van deze over-

tollige energie elders op het bedrijf of in de huishouding, komt de haalbaarheid van warmtepompen zeker ten goede.

Voordeel van warmteterugwinning is een besparing op de totale warm-watervoorziening rondom de melkwinning. Bij een hoge temperatuur warmtepomp zijn energiebesparende maatregelen bij de reiniging niet meer interessant vanuit energieoogpunt, als er een overschot is aan warm water. Maar ook zonder deze HTWP zijn grote besparingen van energie, chemicaliën, leidingwater en afvalwater mogelijk met nieuwe reinigingssystemen (zie kader). 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, vooral als geen warmtepomp aanwezig is. Hierbij kan nog opgemerkt worden, dat het reinigend effect bij alle systemen toeneemt, als dit wordt gerelateerd aan de eindtemperatuur van de hoofdreiniging. Dit betekent dat er aanzienlijke

**Tabel 1** Overzicht mogelijke besparing van energie, leidingwater en chemicaliën met diverse maatregelen, t.o.v. situatie met standaardreiniging (verwarming met elektriciteit) zonder en met bestaande warmteterugwinning (wtw)

Systeem	Besparing (%)			
	Energie		Leidingwater	Chemicaliën
	niet warmte terugwinning	wel warmte terugwinning		
<i>Reiniging melkleidinginstallatie</i>				
Hittereïning				
- t.o.v. standaard hittereïning	22	22	30	30
- t.o.v. standaardreiniging	-89		65	n.v.
Doorschuifreiniging	42	12	66	0
Voorraadreiniging	30	-10	45	60
Standaardreiniging				
- optimalisatie spoeeffect	17	0 tot 17	33	0
- beperkte tweede reiniging	33	0 tot 33	33	50
<i>Totale heetwatervoorziening</i>				
Hoge temp. warmtepomp	80	52		

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

### **Standaardreiniging**

De standaardreiniging bestaat uit de drie processtappen: voorspoelen met lauwwarm water, hoofdreinigen met heet water met een alkalisch gecombineerd reinigings- en desinfectiemiddel en naspoelen met koud leidingwater. Voor elke processtap wordt schoon leidingwater gebruikt. Door vacuüm verhoging en/of het injecteren van lucht kan het watergebruik worden gereduceerd (**optimalisatie spoeeffect**). Bij **bepaalde tweede reiniging** wordt de melkleidinginstallatie éénmaal per dag volledig gereinigd, en éénmaal slechts voorgespoeld.

### **Hittereiniging**

Bij hittereiniging wordt het reinigende en desinfecterende effect bereikt door een verhoogde temperatuur, zonder chemische middelen. Het water wordt opgewarmd tot tegen het kookpunt (98 °C) en direct na het melken in één keer door de installatie gezogen en afgevoerd. Om neerslag van kalk te voorkomen wordt gedurende een korte tijd zuur toegevoegd. In een **geoptimaliseerde hittereiniging** wordt de installatie eerst voorgespoeld met lauwwater, vóór de uiteindelijke hittereiniging. Om water en energie te besparen wordt hiervoor het laatste water van de vorige hittereiniging gebruikt.

### **Doorschuifreiniging**

Bij doorschuifreiniging voor de melkleidinginstallatie wordt hetzelfde water drie keer gebruikt voordat het wordt geloosd in de mestput of riool. Er wordt schoon leidingwater voor naspoeling gebruikt. Het naspoelwater van de vorige reinigingsbeurt wordt voor de hoofdreiniging gebruikt en de hoofdreinigingsoplossing van de vorige beurt wordt voor voorspoeling gebruikt.

### **Vorraadreiniging**

Bij voorraadreiniging wordt de hoofdreinigingsoplossing gedurende één week gebruikt voor de reiniging van de melkleidinginstallatie. De oplossing wordt gedurende de gehele week in een goed geïsoleerd vat bewaard.

(energetische) 'overkill' is ingebouwd, die wellicht niet echt nodig is. 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. Een geoptimaliseerde voorspoeling, (met minder water net zo goed of beter 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.

Een andere mogelijkheid om bij de standaardreiniging te besparen, is beperkte tweede reiniging, een relatief eenvoudig systeem, dat makkelijk uitvoerbaar is. Probleem is dat gevaren voor de melkwaliteit 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 voor 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 kan betekenen dat de huidige temperatuurval bij de hoofdreiniging van 40 °C of meer kan worden gereduceerd tot bijvoorbeeld 20 °C, (zoals bij doorschuifreiniging). Dit biedt dan perspectieven om ook met het water van de huidige warmteterugwinning zonder doorverwarmen goed te kunnen reinigen met een aanvaardbare 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 kunnen worden uitgewerkt, met het computerprogramma Bedrijfs Begrotings Programma Rundveehouderij (BBPR). Daartoe is een module WWE (Warm Water Energie) gebouwd, waarin op grond van bedrijfgegevens verschillende opties worden berekend voor de individuele veehouder. De verspreiding van deze module is door NOVEM financieel ondersteund.

## 4 Uitvoering van het onderzoek

Bij de eerste twee projecten heeft het accent vooral gelegen op het testen van nieuwe reinigingssystemen met het hergebruiken van vloeistoffen binnen de reiniging. De vraag naar de optimale inzet van de hulpstoffen water, energie en chemicaliën voor een goede reiniging is daarmee echter niet volledig verantwoord. In de eerste twee projecten is wel uitvoerig onderzoek verricht naar een optimale uitvoering van de voor- en naspoeeling. Voor de juiste uitvoering van de hoofdreiniging en het reinigingsproces als geheel zijn nog een aantal vragen blijven liggen. In dit onderzoek is getracht deze procesvoering en de procesbewaking verder uit te bouwen, zodat meer op bedrijfsniveau geoptimaliseerd kan worden. Daartoe is dit onderzoek opgebouwd uit een drietal onderdelen:

- 1 sanitaire aanleg van een installatie
- 2 hoe kunnen de hulpstoffen water, energie en chemicaliën optimaal worden ingezet
- 3 parameters die het reinigingsproces afdoende kunnen controleren.

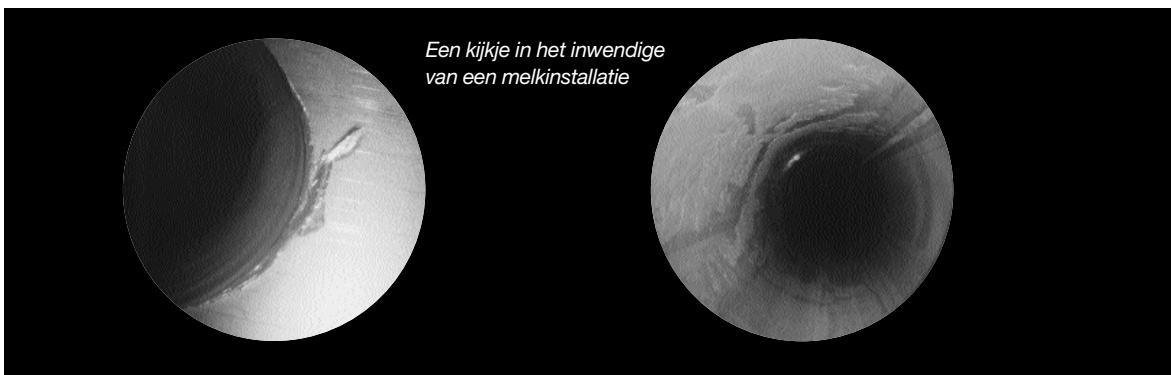
### 4.1 Sanitaire aanleg

In de technische aanbeveling 84 voor melkmachine-installaties [Centrale Melkwinningcommissie (1984)] zijn aanbevelingen opgesteld waaraan melkwinningapparatuur (exclusief melkkoeltank) moet voldoen, om het melken op een verantwoorde wijze uit te kunnen voeren. Dit zijn voorwaarden op het gebied van constructie, materiaal, aanleg en werking van de apparatuur. Deze aanbevelingen zijn vooral opgesteld vanuit melk-

technisch oogpunt, waarbij enige algemene opmerkingen zijn opgenomen over de reiniging van melkwinningapparatuur.

Vanuit reinigingsoogpunt naar een melkinstallatie kijken, levert dan soms een aantal punten op, die reinigingstechnisch niet verantwoord zijn. Het reinigen stelt bijvoorbeeld aan het stromingsbeeld eisen die tegengesteld zijn aan het melken. Met andere woorden het hygiënisch ontwerpen en aanleggen van melkinstallaties laat wel eens te wensen over. Gekeken is of er in de literatuur aanknopingspunten zijn om het begrip 'sanitaire aanleg' verder te beschrijven. Daarnaast is in de praktijk gekeken in hoeverre installaties sanitair zijn aangelegd. Het inwendige van een installatie is bekeken met een endoscoop. Diverse situaties zijn fotografisch vastgelegd.

Verder is onderzocht waar zich in de installatie restwater bevindt en hoeveel restwater er achter kan blijven. Restwater dat niet via drainage wordt verwijderd, wordt meegenomen in de volgende spoelbeurt. Dit betekent versleep van vloeistof en een minder optimale reiniging. Gemeten is wat de invloed is van diverse onderdelen (melkstel met randapparatuur, luchtafscheider met melkpomp, melkleiding met bijbehorend afschot) op de hoeveelheid restwater in de installatie. Dit is in de melkleidinginstallaties van een achttal proefbedrijven bekeken. In een laboratoriumproef is de hoeveelheid restwater bepaald van drie roestvaststalen melkleidingen van zes meter lengte met een verschillende diameter (doorsnede: 38, 50 en 75 mm). De leidingen zijn onder verschil-



*Een kijkje in het inwendige van een melkinstallatie*

*Een boorgat dat niet glad afgewerkt is.*

*Bovenkant van de melkleiding moet ook schoon!*

lend afschot geplaatst (variërend van -0,75 % tot +2 %) waarna de hoeveelheid restwater is bepaald in de tijd. Ook is het effect van luchtzuigen op de hoeveelheid restwater bepaald.

## 4.2 Procesoptimalisatie

Zoals reeds onder 2.1 is aangegeven, berust de reiniging naast de mens op de factoren tijd, temperatuur, concentratie chemicaliën en mechanische werking. Bekeken is hoe aan de eisen die gesteld worden aan een reinigingsproces kan worden voldaan, om te kunnen spreken van een optimale reiniging. Onder een optimale reiniging wordt verstaan een optimale inzet van de hulpstoffen water, energie en chemicaliën resulterend in een schone installatie, zodat de bijdrage van de melkwinningsapparatuur aan de besmetting van boerderijmelk minimaal is.

Van cruciaal belang voor een goed reinigingsresultaat is de hoofdreiniging. Een belangrijk criterium hierbij is de eindtemperatuur van de hoofdreiniging. Bepaald is het effect van een aantal factoren op de eindtemperatuur van de hoofdreiniging:

- wachttijd tussen voorspoeling en hoofdreiniging, met en zonder vacuüm
- voorspoeltemperatuur
- snelheid van circuleren, variabelen vacuüm en luchtinlaat
- omgevingstemperatuur
- hoeveelheid hoofdreinigingsvloeistof
- begintemperatuur hoofdreiniging.

Deze proeven zijn uitgevoerd in de proefmelkstal van Melkvee 5 op de Waiboerhoeve. De melkstal is een 2x3 open tandem, met een 50 mm melkleiding met melkmeetglazen. De reiniging wordt gestuurd door een schakelkast waarbij ieder ge-

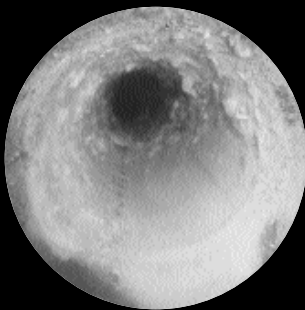
wenst spoelprogramma met bijbehorend vacuümniveau kan worden ingesteld. De temperatuur wordt op een aantal plaatsen elke seconde gemeten en opgeslagen in een datalogger. De gegevens zijn verwerkt met Lotus 3.1.

De invloed van de voorspoeltemperatuur op het verwijderen van melkresten in de installatie is onderzocht op Melkvee 2 van de Waiboerhoeve. Dit is een 2x5 open tandem melkstal met MR 2000 melkproductiemeters en een 75 mm rondgaande melkleiding. Er zijn twee behandelingen ingesteld: voorspoelen met water van 15 en 45 °C. Deze proef is acht keer herhaald. Tijdens elke reiniging is het temperatuurverloop in de spoelbak gemeten en een monster van de hoofdreinigingsoplossing genomen, om de concentratie melkresten vast te stellen middels bepaling van het Chemisch Zuurstof Verbruik (CZV). Eén gram melk komt overeen met een CZV van 220 mg O<sub>2</sub>/liter.

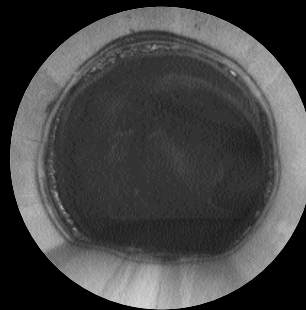
Daarnaast is op een tweetal proefbedrijven de reiniging van de melkleidinginstallatie geoptimaliseerd. Hierbij is uitgegaan van de resultaten die in bovenvermelde proeven zijn bereikt.

De eerste optimalisatie is uitgevoerd op het Proefbedrijf De Marke. De melkstal is een 2x6 visgraat met een 75 mm rondgaande melkleiding met Dairy Manager melkproductiemeters. De tweede optimalisatie is uitgevoerd op het ROC Zegveld. De melkstal is een 2x5 open tandem met een 75 mm rondgaande melkleiding met Afikim melkproductiemeters.

Zowel voor als tijdens de optimalisatie is op beide bedrijven regelmatig het temperatuurverloop in de spoelbak gemeten. Deze metingen werden met een datalogger geregistreerd en opgeslagen. Daarnaast is in beide periodes de microbiologische melkqualiteit gecontroleerd. Naast het totaal kiemgetal werden ook een aantal specifieke



*Een kijkje in een vieze rubber slang.*



*Roestige lasnaad in roestvast stalen melkleiding.*

bacteriegroepen, te weten thermoresistenten, lactobacillen en coli-achtigen bepaald. Daarnaast werd tijdens de proef de melkleidinginstallatie regelmatig geïnspecteerd op het visueel schoon zijn en de afwezigheid van aanslag e.d.

### 4.3 Procescontrole

Hierbij is weer uitgegaan van vier reinigingsfactoren.

De factor *tijd* wordt nu reeds als sturing voor het proces gebruikt. Bij de controle van de huidige reiniging (nagenoeg alleen uitgevoerd bij calamiteiten) wordt de *temperatuur* als belangrijkste parameter meegenomen. Hierbij wordt handmatig de temperatuur in de spoelbak gemeten. De vraag is waar in de installatie en wanneer tijdens de reiniging de temperatuur moet worden gemeten. Hiertoe is op bedrijven met verschillende installaties (grupstal, doorloopmelkstal met melkmeetglazen of melkproduktiemeters) en verschillende reinigingssystemen (standaard-, hitte-, doorschuif- en voorraadreiniging) de temperatuur tijdens de gehele reiniging gemeten. Temperaturen zijn gemeten in of op de spoelbak, persleiding, melkleiding, melkproduktiemeter, melkmeetglas en melkstel. De temperatuur is elke 10 seconden gemeten en opgeslagen in een datalogger. De gegevens zijn verwerkt met Lotus 3.1. Een mogelijkheid om de *concentratie* reinigingsmiddel te controleren is met behulp van geleidbaarheidsmeting. Hierbij wordt het totaal aan geleidende stoffen gemeten. De vraag is in hoeverre geleidbaarheidsmeting geschikt is om de concentratie reinigingsmiddel te meten bij verschillende reinigingssystemen. In een laboratoriumproef is de invloed van melkvervuiling op de samenstelling van de reinigungsoplossing en de geleidbaarheid vastgesteld. Daarnaast is op een aantal proefbedrijven de geleidbaarheid gemeten

op verschillende punten in de installatie tijdens een standaardreiniging en voorraadreiniging.

Als laatste is gekeken naar de factor *mechanische werking*, veelal vertaald in de gemiddelde vloeistofsnelheid. De drijvende kracht hierbij in een melkleidinginstallatie is het vacuüm. Het vacuüm zorgt voor een verplaatsing van het reinigingswater door de installatie. Veelal wordt de reiniging uitgevoerd onder melkvacuüm (40-50 kPa). Uit eerder onderzoek komt naar voren dat voor- en naspoelen onder een verhoogd vacuüm een beter spoeeffect geeft [Soede (1994)]. Een meetmethode om de vloeistofsnelheid in een mengsel van water en lucht in een complexe installatie met veel vernauwingen en vertakkingen te meten, zonder de vloeistofstroming te beïnvloeden, is niet voorhanden.

De vraag is in hoeverre de gemiddelde snelheid kan worden gecontroleerd door het meten van het vacuüm. Daartoe is in de proefmelkstal van Melkvee 5 een proef uitgevoerd, waarbij het vacuüm is gemeten tijdens verschillende circulatieprogramma's. Hierbij is op verschillende plaatsen in de installatie het vacuüm gemeten, namelijk in de luchtafscheider, melkleiding, spoelleiding en opzuigleiding. De verschillende circulatieprogramma's zijn gecontroleerd door de verpompte hoeveelheid vloeistof per tijdseenheid te bepalen (melkpomptijd gecorrigeerd voor vacuümniveau). Daarnaast is gekeken of met behulp van vacuümmeting fouten tijdens de reiniging kunnen worden opgespoord. Hierbij is opzettelijk een melkstel niet goed aangesloten en is de luchtinjector uitgeschakeld. Het vacuüm in de installatie wordt vergeleken met de waarde van een correct uitgevoerde reiniging (referentie). Als laatste zijn een aantal praktijkmetingen gedaan, waarbij het verloop van het vacuüm in de luchtafscheider tijdens een reinigungsproces is gemeten.



## 5 Resultaten en discussie

### 5.1 Sanitaire aanleg

#### 5.1.1 Constructie en aanleg

In de technische aanbeveling 84 voor melkmachine-installaties [Centrale Melkwinningcommissie (1984)] zijn aanbevelingen opgesteld waaraan melkwinningapparatuur (exclusief melkkoeltank) moeten voldoen, om het melken op een verantwoorde wijze uit te kunnen voeren. Dit zijn voorwaarden op het gebied van constructie, materiaal, aanleg en werking van de apparatuur. Internationaal zijn er ook technische aanbevelingen voor melkmachine-installaties opgesteld [ISO (1993)]. Deze zijn vergelijkbaar met de technische aanbevelingen 84.

In de zuivelindustrie wordt momenteel ook hard gewerkt aan het hygiënisch ontwerpen van procesapparatuur [Burggraaf (1993, 1994), IDF (1987)]. Hierbij worden nog hogere eisen gesteld aan de apparatuur.

Wat wordt nu onder een 'sanitair' aangelegde installatie verstaan? Dit is een installatie die makke-

lijk en goed te reinigen is. De basis hiervoor is beschreven in de technische aanbevelingen 84. Op een aantal proef- en praktijkbedrijven is gekeken of deze installaties 'sanitair' zijn te noemen. Hierbij zijn een aantal zaken gesignaleerd die hygiënisch onverantwoord zijn/lijken of niet overeenkomen met de technische aanbevelingen.

#### Materiaal

Voor melkwinningapparatuur wordt vooral roestvaststaal, rubber en kunststof gebruikt. De tijdige vervanging van rubber onderdelen is een punt van aandacht. Rubber vertoont na verloop van tijd "cracking", het oppervlak wordt ruwer en er ontstaan meer hechtingsplaatsen voor bacteriën. In de praktijk worden tepelvoeringen met een zekere regelmaat vervangen, variërend van zes maanden tot enkele jaren. Rubber slangen e.d. die niet aan pulsatie onderhevig zijn, worden veel minder frequent vervangen.

#### Constructie

De installatie moet zo zijn aangelegd dat op alle plaatsen waar melk kan komen, ook reinigingsvloeistof langs moet kunnen stromen. Dat betekent afwezigheid van dode hoeken en dode eindpunten in de installatie. Enkele gesignaleerde probleempunten zijn de vacuümleiding boven de luchtafscheider, de overloopbeveiliging, luchtinjector direct op de melkleiding en het aftappunt achter de melkpomp (dood eind). In principe moeten deze onderdelen worden opgenomen in het reinigingscircuit. Soms kan worden volstaan met periodieke handmatige reiniging, maar dit is veel minder betrouwbaar.

#### Aanleg

Volgens de technische aanbevelingen moet de melkleiding een geleidelijke afloop hebben naar de luchtafscheider. In de praktijk wordt voor doorloopmelkstallen 1% en voor grupstallen 1/2 % afschot aangehouden. Op de acht proefbedrijven voldoet geen enkele installatie volledig aan deze 'norm'. Op veel bedrijven zijn verzakkingen waar zelfs een negatief afschot is. Het gemeten afschot varieert van - 1 % tot + 1 %. Deze metingen tonen aan dat er nog veel te verbeteren valt.



*Rubber onderdelen verdienen meer aandacht.*

## Verbindingen

In een melkleidinginstallatie komen verschillende verbindingen voor. Volgens de technische aanbevelingen moeten alle verbindingstukken van binnen glad zijn afgewerkt en vrij zijn van naden. Bij gebruik van verbindingsmoffen moet er tussen de beide leidingeinden een afstand te zijn, die tenminste driemaal de wanddikte van de leiding bedraagt. Het gebruik van klemmen is toegeestaan.

In de praktijk wordt aan deze eisen niet altijd voldaan. Voorbeelden hiervan zijn: gelaste roestvaststalen melkleiding niet glad afgewerkt, roestvaststalen melkleiding niet goed gelast waardoor roestvorming optreedt, boring in de melkleiding niet glad afgewerkt (bramen), afstand tussen twee leidingeinden minder dan driemaal de wanddikte, uitstekende aansluitnippel aan binnenkant van de klauw.

Veel voorkomende verbindingen zijn afdichtringen van rubber. Deze worden vaak sterk vervuild aangetroffen, bijvoorbeeld afdichtrubber in melkproduktiemeters, melkklauwen, zadeltje van aansluitnippel op melkleiding. Hiervoor geldt dat deze periodiek handmatig gereinigd moeten worden. In de praktijk blijkt dat de veehouder zich in veel gevallen niet bewust is van de noodzaak van een periodieke schoonmaak van de vervuilde onderdelen. Gebruik van afdichtringen dient zoveel mogelijk voorkomen te worden.

Verder komen veel overgangen van roestvaststaal naar rubber voor, in de vorm van nippels waarop slangen worden aangesloten. Ook hier treedt soms sterke vervuiling op, en is periodieke controle en reiniging van belang. In de praktijk wordt regelmatig gebruik gemaakt van dubbele klemmen om een rubberen/siliconen slang vast te zetten. De ruimte tussen de twee klemmen is vaak sterk vervuild, waardoor tijdens het melken dit punt een duidelijke besmettingsbron is. Uit dit oogpunt is het beter om slechts één, goedwerkende klem te gebruiken.

Voor al deze verbindingen geldt dat melk in kieren en spleten terecht kan komen. Dit proces kan vertraagd worden door na het melken en tussen spoelgangen de installatie onder vacuüm te houden. Bij een aantal systemen in de praktijk wordt dit ook al toegepast.

In hoeverre verdergaande hygiënische principes worden toegepast in de melkwinning, is nu nog een economische afweging. Wegen de meerkosten op tegen het gedeelde inkomen en het verminderd verbruik van hulpstoffen bij de reiniging? Vaak is dat nog niet het geval.

## 5.1.2 Praktijkmetingen restvloeistof

Een belangrijk effect van een juiste constructie en aanleg van de installatie is een minimale hoeveelheid restvloeistof na draineren. Voordelen van een minimale hoeveelheid restvloeistof zijn een minimaal verlies aan melk, een zo effectief mogelijke reiniging en een minimale watertoevoeging aan de melk. Voor het laatste punt is de hoeveelheid restvloeistof na 10 uur draineren van belang. Bij de eerste twee onderdelen gaat het om de hoeveelheid restwater na enige minuten draineren. Restvloeistof dat niet via drainage wordt verwijderd, wordt meegenomen in de volgende spoelbeurt. Tussen elke spoelbeurt is dan versloop van vloeistof. Dit maakt de reiniging minder effectief. Bij een minimale hoeveelheid restvloeistof wordt elke spoelgang beter benut:

- 1 De voorspoeling hoeft minder melk uit de installatie te spoelen.
- 2 In de hoofdreiniging zit minder voorspoelwater. De temperatuur van de oplossing en de concentratie actieve bestanddelen uit een reinigingsmiddel blijven hierdoor hoger. Kouder voorspoelwater verlaagt de temperatuur, water verdunt de oplossing en de aanwezige melk inactieveert o.a. de desinfectiecomponent chloor.
- 3 De naspoeling hoeft minder reinigingsvloeistof uit te spoelen. Hierdoor is de kans op residuen in de melk kleiner.

Op de acht proefbedrijven is onderzocht waar zich in de installatie restwater bevindt. Hierbij is gekeken naar de hoeveelheid restwater na vijf minuten en na tien uur draineren. Ook is gekeken naar het afschot van de melkleiding, (tabel 2).

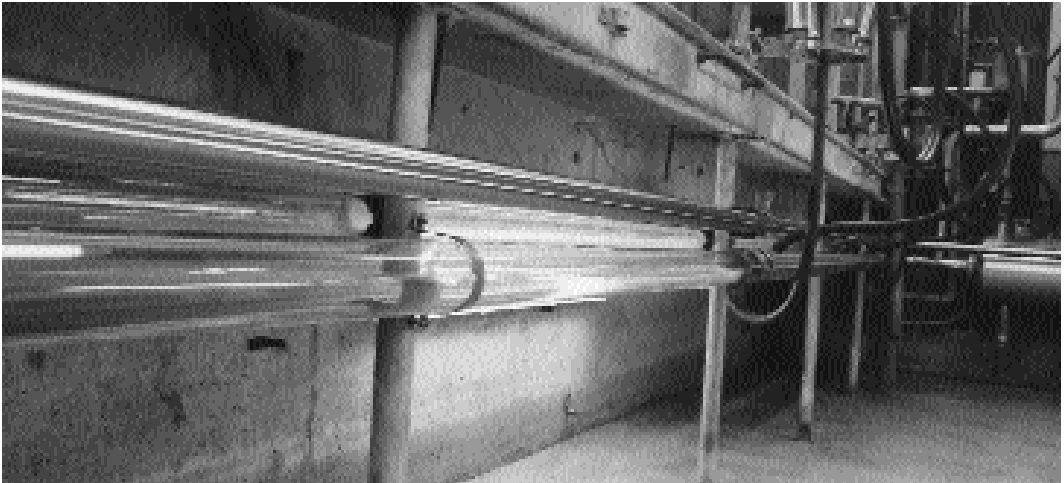
**Tabel 2** Gemiddelde hoeveelheid restwater (l) van acht proefbedrijven

	Drainagetijd	
	5 minuten	10 uur
Melkstellen (inclusief meters of glazen)	0,5 (0,1-0,7) <sup>1)</sup>	0,2 (0,1-0,4)
Luchtafscieder + melkpomp	0,3 (0,2-0,3)	0,1 (0,1-0,2)
Melkleiding	2,3 (0,2-3,2)	0,9 (0,1-1,1)
<b>Totaal</b>	<b>3,0 (1,3-5,5)</b>	<b>1,2 (0,4-2,6)</b>

<sup>1)</sup> Spreiding tussen de bedrijven

Hierbij is uitgegaan van de situatie dat na de melkpomp een automatisch drainagepunt aanwezig is. Dit betekent dat de persleiding en de luchtafscieder gedraineerd worden.

Gemiddeld blijft er drie liter restvloeistof achter na vijf minuten draineren met een automatische drainage. Het merendeel hiervan (75 %) blijft achter



In een melkleiding met negatief afschot kan veel water achterblijven.

in de melkleiding. Deze hoeveelheid is sterk afhankelijk van het afschot en de lengte van de melkleiding. In de melkstellen met onderdelen (inclusief meters of glazen) blijft ongeveer 15 % achter. Dit is afhankelijk van het aantal melkstellen en het soort onderdeel. De laatste 10 % blijft achter in de luchtafscheider en melkpomp mits deze gedraineerd is. Als hier niet wordt gedraineerd neemt de hoeveelheid restvloeistof toe met de inhoud van de persleiding en een aantal liters uit de luchtafscheider. Deze hoeveelheid varieert op de acht proefbedrijven van 7 tot 20 liter, met een gemiddelde van tien liter. Gemiddeld blijft er in een installatie na tien uur draineren 1,2 liter restvloeistof achter. Het gemiddelde versloop van vloeistof tussen twee spoelbeurten is drie liter bij automatische drainage en minimaal 13 liter bij niet-automatische drainage.

### 5.1.3 Restwater en afschot

Uit de praktijkmetingen blijkt duidelijk dat het

meeste restwater in de melkleiding achterblijft. In een laboratoriumproef is de hoeveelheid restwater bepaald van drie melkleidingen met een verschillende diameter, geplaatst onder verschillend afschot. Tevens is het effect van luchtzuigen op de hoeveelheid restwater gemeten. De hoeveelheid restwater na tien minuten draineren staat in tabel 3.

Uit de resultaten blijkt dat in een leiding die niet op afschot ligt grote hoeveelheden restwater achter kunnen blijven. Uit tijdsmetingen blijkt dat na drie minuten het meeste water uit de leidingen is gedraineerd. Bij lange leidingen neemt de hoeveelheid restwater sterk toe, zoals blijkt uit aanvullende gegevens. In vijf meter leiding van 50 mm  $\varnothing$  met een negatief afschot van 1 % blijft 5,9 liter restwater achter. In dezelfde melkleiding van tien meter lengte met hetzelfde negatieve afschot blijft 17,9 liter restwater achter. Het afschot moet gemeten worden ten opzichte van de luchtafscheider. Het dichtst bij de luchtafscheider is het

**Tabel 3** Hoeveelheid restwater (l) na tien minuten draineren, zonder en met vacuüm, van een zes meter lange rvs melkleiding met verschillende diameters

Vacuüm:	$\varnothing$ 38 mm		$\varnothing$ 50 mm		$\varnothing$ 75 mm	
	zonder	met	zonder	met	zonder	met
<i>Afschot</i>						
- 0,75 %	3,65	3,65	5,80	5,80	8,85	8,85
- 0,5 %	2,25	2,25	3,40	3,40	5,10	5,10
- 0,25 %	1,10	1,10	1,85	1,85	2,70	2,70
0 %	0,29	0,09	0,69	0,38	1,00	0,73
+ 0,5 %	0,05	0,03	0,08	0,06	0,13	0,11
+ 1 %	0,03	-	0,05	-	0,04	-
+ 1,5 %	0,01	-	0,01	-	0,02	-

- = niet bepaald

afschot het belangrijkste. Als dit leidingdeel een negatief afschot heeft, kan de rest van de leiding met een positief afschot het restwater niet goed lozen in de luchtafscheider. Daarom is het belangrijk dat eventuele kleppen bij de luchtafscheider (bij rondgaande melkleiding) ook altijd iets open staan zodat de vloeistof weg kan stromen. Een alternatief hiervoor is een drainage-opening onderin de klep.

Het draineren met luchtzuigen onder vacuüm heeft effect bij leidingen die vlak liggen (0 %). Bij een negatief afschot blijft het water achter in de leidingen en stroomt de lucht eroverheen. Bij een klein afschot (1/2 %) heeft luchtzuigen een klein positief effect. Dit effect is het grootst voor leidingen met een kleine diameter.

Het effect van luchtzuigen op de hoeveelheid restwater van onderdelen is niet gemeten. De verwachting is dat luchtzuigen hier een positief effect heeft, vooral in slangen en nauwe onderdelen waar de luchtstroom het water makkelijk voort kan stuwen.

## 5.2 Procesoptimalisatie

### 5.2.1 Hoofdreiniging

Gesteld is (zie 2.3 Eisen reinigingsproces) dat de eindtemperatuur van de hoofdreiniging minimaal 40 °C moet zijn. Er is gekeken naar de invloed van diverse factoren op de afkoeling tijdens de hoofdreiniging. Tijdens een aantal metingen is een relatie gelegd naar de gemiddelde vloeistof-snelheid.

#### Installatietemperatuur bij start hoofdreiniging

Tussen voorspoeling en hoofdreiniging zit een bepaalde wachttijd waarin de installatie afkoelt. Voor een goede drainage, is minimaal enige minuten nodig. Vaak is de wachttijd veel langer, als vultijd voor de spoelbak. Het effect van de hoeveelheid restvloeistof die achterblijft na draineren op de temperatuur van de hoofdreinigingsoplossing is eenvoudig vast te stellen. Wanneer bijvoorbeeld tien liter restvloeistof van 25 °C wordt gemengd

met 100 liter hoofdreinigingsoplossing van 80 °C, geeft dit een begintemperatuur van 75 °C.

De afkoeling van de installatie is sterk afhankelijk van de aard en de hoeveelheid materiaal dat is gebruikt. In de praktijk worden vooral roestvast staal, plexiglas, glas en rubber gebruikt. De warmtegeleidingscoëfficiënt van deze materialen zijn achtereenvolgend 50, 1,9, 0,9 en 0,15 W/m/K. Dit betekent dat de warmte uit water het makkelijkst wordt opgenomen en afgegeven aan de lucht door roestvaststaal. Rubber geleidt de warmte het slechtst en koelt daardoor langzaam af.

Het effect van wachten, al dan niet onder vacuüm (luchtzuigen) op de afkoeling van de binnenkant van de melkleiding staan in figuur 2. Het draineren onder vacuüm geeft een snellere afkoeling dan draineren zonder vacuüm. In de praktijk zal het draineren onder vacuüm gedurende enkele minuten plaatsvinden.

Het effect van de afkoeling van de installatie tijdens het wachten op de hoofdreiniging staat in tabel 4. Wel of niet luchtzuigen heeft na acht minuten circuleren een effect van 1 °C op de eindtemperatuur. Een verkorte wachttijd van vijf minuten heeft een positief effect van 3 °C na acht minuten circuleren. Geconcludeerd kan worden dat vooral de lengte van de wachttijd van belang is voor de eindtemperatuur van de hoofdreiniging. Het wachten onder vacuüm is hierbij minder essentieel voor de afkoeling.

In een laatste proef is gekeken naar het effect van de installatietemperatuur bij de start van de hoofdreiniging op het temperatuurverloop tijdens het circuleren. De installatietemperatuur is het resultaat van de voorspoeltemperatuur en de wachttijd. De resultaten staan in figuur 3. Een verschil in installatietemperatuur van 30 °C resulteert in een 7 °C hogere eindtemperatuur van de hoofdreiniging na acht minuten circuleren.

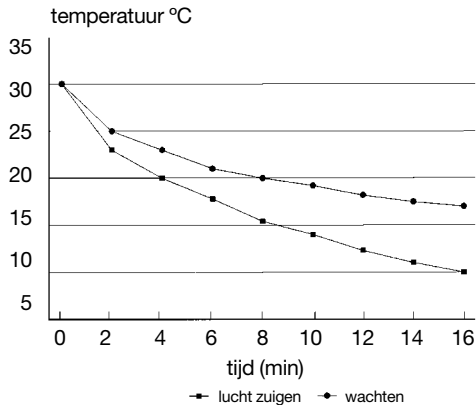
#### Circulatiesnelheid

De circulatiesnelheid van de reinigingsvloeistof wordt o.a. bepaald door het toegepaste vacuüm

**Tabel 4** Installatietemperatuur (°C) na 0, 4 en 8 minuten circuleren na verschillende wachttijden (begintemperatuur hoofdreiniging 70 °C, omgevingstemperatuur 11 °C)

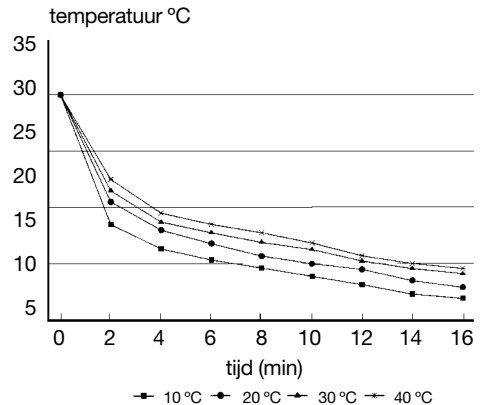
Wachttijd	temperatuur installatie tijdens circuleren (°C)		
	begin	na 4 min.	na 8 min.
5 minuten	22	47	42
15 minuten	17	43	39
15 minuten onder vacuüm	10	42	38

**Figuur 2** Temperatuur van de rvs melkleiding (°C) gedurende 15 minuten wachten met en zonder vacuüm, bij een omgevingstemperatuur van 11 °C



en eventuele luchtinlaat. Het reinigen met een vacuüm van 60 kPa geeft globaal een snelheidsverhoging van 20% ten opzichte van reinigen bij 40 kPa. Uit metingen blijkt dat ondanks de hogere snelheid en dus meer circulaties per tijdseenheid, er geen aantoonbaar effect op de eindtemperatuur na tien minuten is vast te stellen. Hetzelfde effect wordt waargenomen voor de hoeveelheid luchtinlaat. In de praktijk wordt altijd lucht toegelaten via de melkklaauw en bij ruim gedimensioneerde melkleidingen op de melkleiding. Tijdens het circuleren wordt, afhankelijk van de hoeveelheid water, opzuigcapaciteit en melkpompcapaciteit ook lucht gezogen. Doordat de spoelbak tijdens het circuleren vaak sneller leeg wordt gezogen dan dat vloeistof wordt teruggepompt, wordt lucht gezogen. Lucht toelaten via de melkleiding of via de spoelleiding geeft geen andere eindtemperatuur dan in een systeem waarbij op deze plaatsen geen lucht wordt toegelaten. Gesteld kan worden dat de afkoeling per tijdseenheid gelijk is. Maar de hoeveelheid vloeistof die per tijdseenheid door de installatie stroomt is niet altijd gelijk. De resultaten van een aantal verschillende

**Figuur 3** Temperatuur hoofdreiniging (°C) tijdens circuleren bij installatietemperatuur bij aanvang van 10, 20, 30 en 40 °C (begintemperatuur hoofdreiniging 70 °C, omgevingstemperatuur 14 °C)



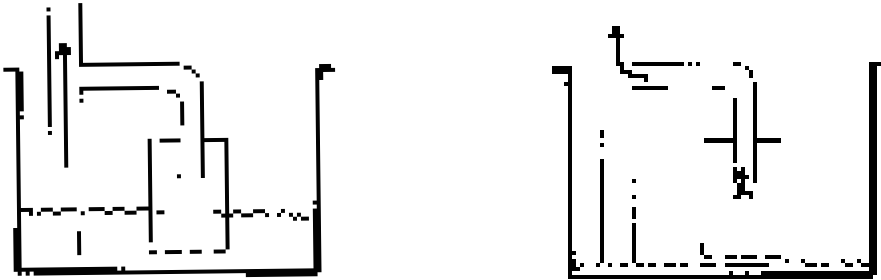
spoelprogramma's staan in tabel 5. Hierbij kan nogmaals opgemerkt worden dat de eindtemperatuur na vijf en tien minuten circuleren bij alle proeven gelijk is.

Bij het spoelprogramma 'water en lucht gemengd' wordt continu water en lucht via de opzuigleiding opgezogen. Bij het spoelprogramma 'water en lucht kolommen' wordt met een bepaalde regelmaat lucht geïnjecteerd op de spoelleiding. De frequentie en de tijdsduur van de luchtinjectie geeft ook een bepaalde variatie in aantal circulaties per acht minuten. Reinigen in kolommen met een verhoogd vacuüm geeft het grootste aantal circulaties bij gelijke afkoeling. In de praktijk is dit te realiseren door een extra vacuümreguleerder, die tijdens de reiniging een hoger vacuüm instelt. Kolommen zijn te realiseren met door de automaat gestuurde kleppen in de opzuigleiding. Meer praktische en goedkopere oplossingen zijn een spoelpulsator of een vlottersysteem. Het vlottersysteem zorgt ervoor dat er een voorraad water in de spoelbak wordt verzameld voordat het water

**Tabel 5** Aantal circulaties per 8 minuten circuleren met verschillende spoelprogramma's (omgevingstemperatuur 14 °C)

Spoelprogramma	bedrijfsvacuüm (kPa)	opgezogen vloeistof (l/min)	aantal circulaties per 8 minuten
Water	40	50	8
Water en lucht gemengd	40	25	4
Water en lucht kolommen	40	75	12
Water	60	85	14
water en lucht gemengd	60	42	6
water en lucht kolommen	60	110	18

**Figuur 4** Schematische weergave van een vlottersysteem



wordt opgezogen. Na opzuigen van het water wordt er net zo lang lucht gezogen totdat er weer voldoende water in de spoelbak aanwezig is. Figuur 4 geeft een schematische weergave van een vlottersysteem.

Duidelijk is dat het aantal circulaties per tijdseenheid sterk kan verschillen. In de praktijk zullen ook dergelijke verschillen aanwezig zijn. Naast vacuümniveau en luchtinlaat zijn nog een aantal factoren te noemen die van belang zijn voor de circulatiesnelheid, te weten capaciteit vacuümpomp, diameter opzuigleiding, melkleidingsysteem (inhoud e.d.) en capaciteit melkpomp.

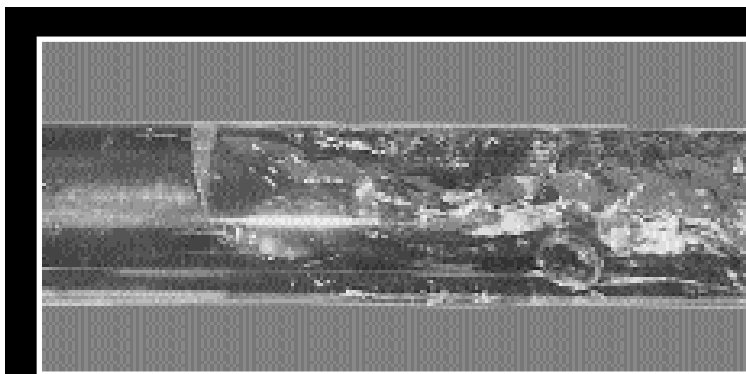
In deze proef is niet gekeken naar het verschil in reinigend effect van de verschillende spoelprogramma's. Verondersteld wordt dat het reinigend effect beter is naarmate de circulatiesnelheid hoger is. Verder onderzoek hiernaar is noodzakelijk. Geconcludeerd kan worden dat de eindtemperatuur van de hoofdreiniging vooral bepaald wordt door de circulatietijd. Welke circulatietijd noodzakelijk is, is afhankelijk van het gevolgde programma.

Omgevingstemperatuur

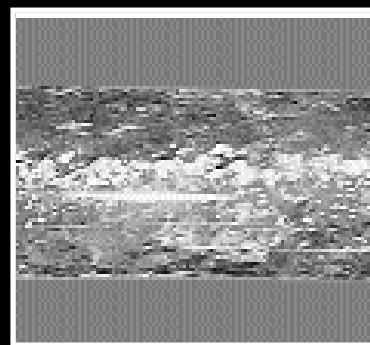
In een proef is gekeken naar het effect van de omgevingstemperatuur op de afkoeling tijdens de hoofdreiniging. Een verschil in omgevingstemperatuur van 10 °C (26 en 16 °C) geeft een verschil in eindtemperatuur van 2 °C na acht minuten circuleren en 4 °C na zestien minuten circuleren.

Hoeveelheid en begintemperatuur hoofdreinigingsvloeistof

De invloed van de hoeveelheid water en de aanvangstemperatuur op de eindtemperatuur van de hoofdreiniging is reeds lang bekend: hoe hoger de aanvangstemperatuur en hoe groter het volume, des te hoger de eindtemperatuur. De resultaten van een tweetal metingen zijn weergegeven in figuur 5 en 6. Duidelijk is dat er geen lineair verband is tussen hoeveelheid en begintemperatuur enerzijds en eindtemperatuur na acht minuten circuleren anderzijds.

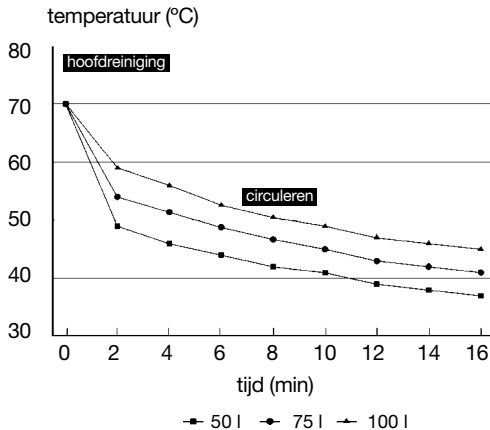


*Turbulentie en .....*

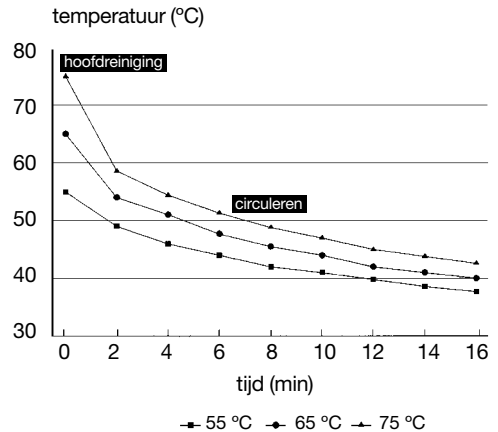


*snelheid van het spoelwater.....*

**Figuur 5** Hoofdreinigingstemperatuur (°C) tijdens circuleren met 50, 75 en 100 liter reinigingsvloeistof (omgevingstemperatuur 11 °C)



**Figuur 6** Hoofdreinigingstemperatuur (°C) tijdens circuleren bij een begintemperatuur van 55, 65 en 75 °C (50 liter, omgevingstemperatuur 11 °C)



### 5.2.2 Praktijkmetingen

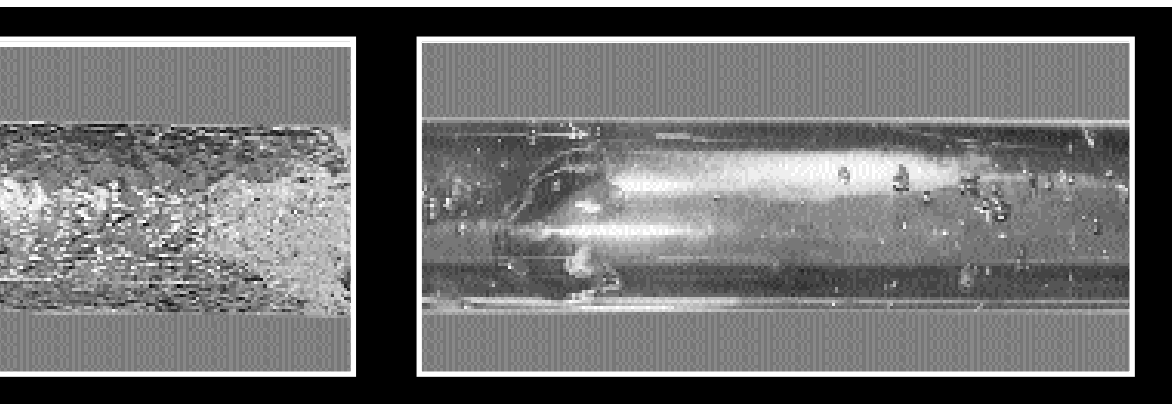
#### Temperatuur voorspoelwater

Volgens de werkgroep Reinigen [de Koning (1988)] moet de temperatuur van het voorspoelwater tussen de 40 en 60 °C zijn, om de installatie op temperatuur te houden en voor een goede verwijdering van de melk. In een proef op Melkvee 2 van de Waiboerhoeve is gekeken naar het effect van de voorspoeltemperatuur op de verwijdering van melkresten en de eindtemperatuur van de hoofdreiniging. Hierbij is steeds dezelfde hoeveelheid voorspoelwater gebruikt. De resultaten zijn weergegeven in tabel 6. De temperatuur van het voorspoelwater heeft geen significant effect op de verwijdering van melkresten tijdens de voorspoeling. Ook is er geen aantoonbaar effect op de eindtemperatuur van de hoofdreiniging bij deze installatie.

Het lijkt dus mogelijk om ook met koud water een goede voorspoeling uit te voeren. Niet gekeken is of voor een koude voorspoeling evenveel water nodig is als voor een warme voorspoeling, om hetzelfde spoeeffect te krijgen. In deze situatie is gewerkt met de normhoeveelheid voorspoelwater, welke vaak aan de hoge kant is. In vervolgon-

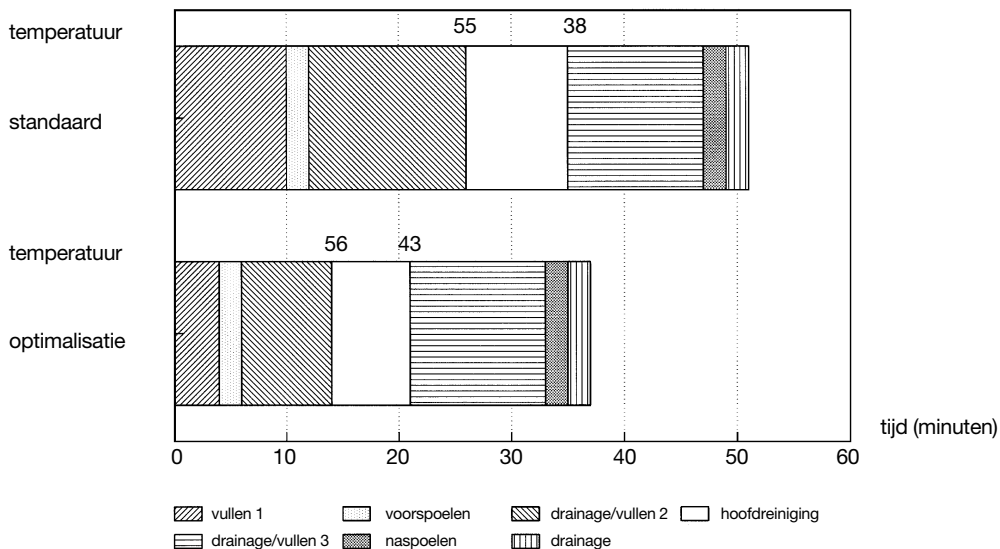
**Tabel 6** Melkvervuiling (ml melk/l reinigungsoplossing) en eindtemperatuur (°C) hoofdreiniging bij verschillende voorspoeltemperaturen (15 en 45 °C).

	melkvervuiling (ml melk/l opl.)	eindtemperatuur hoofdreiniging (°C)
<i>Voorspoel-temperatuur</i>		
15 °C	0,23	48
45 °C	0,21	49



..... bevordert de snelheid van uitspoelen

**Figuur 7** Het verloop van het reinigingsproces in de tijd (minuten) en de temperatuur (°C) in de spoelbak op ROC Zegveld, bij standaard- en geoptimaliseerde standaardreiniging



derzoek zal het effect van koud voorspoelen op vuilverwijdering nader onderzocht worden, waarbij vooral gekeken gaat worden naar het effect op langere termijn.

#### ROC Zegveld

Uit de proefmetingen in de proefmelkstal blijkt dat één parameter erg belangrijk is voor de eindtemperatuur van de hoofdreiniging, namelijk de tijd. Op ROC Zegveld is gekeken in hoeverre tijdsinstelling voor een praktijksituatie haalbaar is. De resultaten van de optimalisatie staan weergegeven in figuur 7.

Bij deze optimalisatie zijn geen wijzigingen in de hoeveelheid water aangebracht. Op dit bedrijf wordt alleen gereinigd met warmteterugwinningswater, zonder doorverwarmen. Verkorting van de vultijden voor de voorspoeling en hoofdreiniging zijn gerealiseerd door de aansluiting van de waterleiding op het warmteterugwinningsvat en van de warmteterugwinning naar de reinigungsautomaat te verruimen van 15 naar 22 mm. Hierdoor wordt de vultijd van de spoelbak gereduceerd van tien naar vier minuten. Daarnaast is de circulatietijd gereduceerd van negen naar zeven minuten. De rest van het reinigungsprogramma is niet gewijzigd. Deze maatregelen resulteren in een 5 °C verhoogde eindtemperatuur.

Gedurende langere tijd is de melkkwaliteit op dit bedrijf gevolgd. Optimalisatie van de reiniging van de melkleidinginstallatie had geen significant

effect op de microbiologische melkkwaliteit.

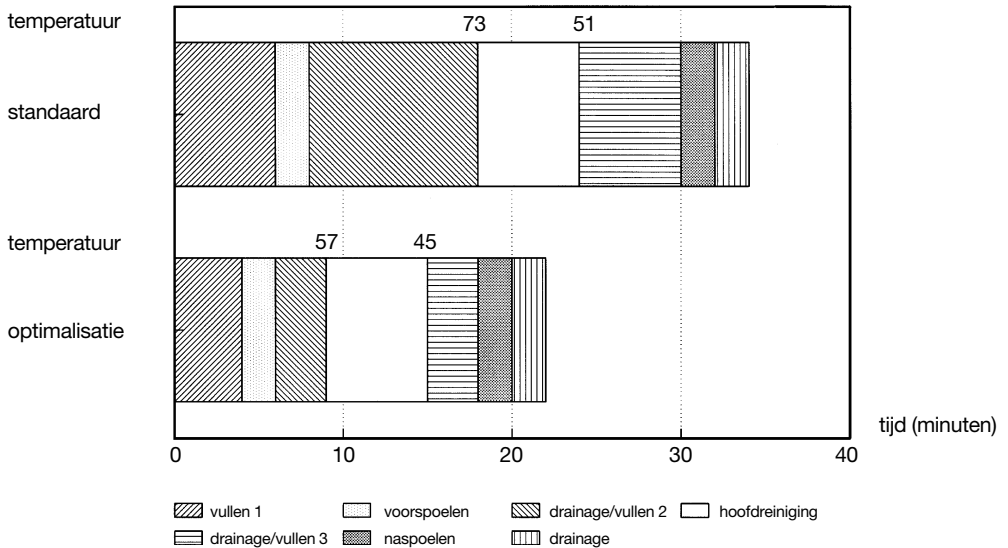
#### De Marke

Een tweede tijds optimalisatie is doorgevoerd op De Marke. Ook bij deze optimalisatie zijn geen wijzigingen in de hoeveelheid water aangebracht. Op dit bedrijf werd standaard gereinigd met warmteterugwinningswater, na doorverwarmen in een boiler tot 80 °C. Door een aantal maatregelen te treffen, is de totale reinigungsstijd teruggebracht van 34 naar 22 minuten. Dit betreft aanpassingen in het reinigungsprogramma en installatie van een extra waterbak. Het reinigungsprogramma is zodanig aangepast dat meteen nadat de spoelbak gevuld is, de vacuümpomp wordt gestart (winst 1-2 minuten per spoelgang) en de drainage onder vacuüm na elke spoelgang is gereduceerd tot twee minuten. Door het aanbrengen van een extra waterbak boven de spoelbak is de vultijd van de spoelbak voor de hoofdreiniging gereduceerd van zeven naar drie minuten. Hierbij wordt de volgende werkwijze gehanteerd: zodra de vacuümpomp start voor de voorspoeling wordt de extra waterbak gevuld met water, totdat de vacuümpomp stopt met de voorspoeling. Op dat moment wordt de spoelbak weer gevuld met water, terwijl tegelijkertijd het water uit de extra waterbak wordt geloosd in de spoelbak onder invloed van de zwaartekracht.

Tijdens de optimalisatie wordt het warmteterugwinningswater niet meer doorverwarmd in de



**Figuur 8** Het verloop van het reinigingsproces in de tijd (minuten) en de temperatuur (°C) in de spoelbak op De Marke, bij standaard- en geoptimaliseerde standaardreiniging



boiler, maar rechtstreeks naar de spoelbak geleid. De resultaten zijn weergegeven in figuur 8.

Reductie van de begintemperatuur van de hoofdreiniging van 73 naar 57 °C levert na optimalisatie nog steeds een eindtemperatuur ruim boven de 40 °C. Zowel in de oude als in de nieuwe situatie is de melkwaliteit intensief gevolgd. Overschakelen op alleen warmteterugwinningwater bij een geoptimaliseerde reiniging van de melkleidinginstallatie heeft op dit bedrijf geen invloed op de microbiologische kwaliteit van de tankmelk.

spoelbak tijdens de hoofdreiniging geeft een gekartelde lijn, in plaats van een rechte lijn. Voorwaarde voor een goede meetplaats tijdens de circulatiereiniging is dat er in een continue vloeistofstroom gemeten kan worden. Dit is vooral het geval in de persleiding. Dit lijkt dan ook de meest geschikte plaats om de eindtemperatuur van de hoofdreiniging te meten. Op deze plaats kan echter niet de begintemperatuur van de hoofdreiniging worden gemeten. Als controle voor een juiste reiniging is met name de eindtemperatuur van de hoofdreiniging van belang en deze dient dan

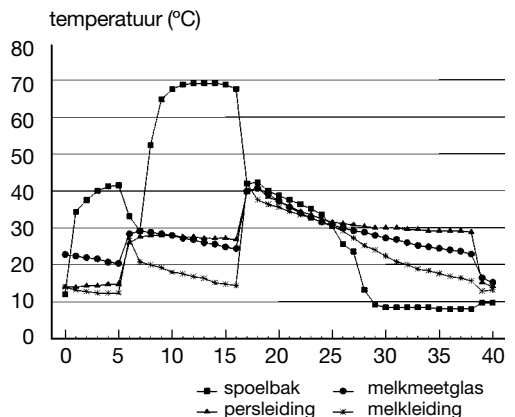
### 5.3 Procescontrole

#### 5.3.1 Temperatuur

Het temperatuurverloop tijdens verschillende reinigingen op een viertal punten in een installatie is op verschillende bedrijven gemeten. Hierbij is de temperatuur gemeten in de spoelbak en persleiding en op een melkmeetglas en melkleiding. Een voorbeeld van een temperatuurverloop tijdens de reiniging in een 2 x 8 visgraat melkstal met een 50 mm laagliggende melkleiding en melkmeetglazen is weergegeven in figuur 9. Uit deze resultaten blijkt dat gedurende de circulatiereiniging de temperaturen op alle meetpunten dicht bij elkaar liggen, met een variatie van ± 2 °C.

Niet op alle bedrijven werden bovenstaande resultaten gemeten. Met name een regelmatig lege

**Figuur 9** Temperatuurverloop (°C) tijdens een standaardreiniging in de spoelbak, persleiding en op een melkmeetglas en melkleiding



ook gemeten te worden in de persleiding.

Uit alle metingen blijkt dat de persleiding het meest geschikt is om de temperatuur van de hoofdreiniging te controleren. Dit geldt voor alle gemeten reinigingssystemen, te weten: standaard-, doorschuif-, voorraad- en hittereiniging. Voor de controle van de eerste drie reinigingssystemen is controle van de eindtemperatuur voldoende. Bij hittereiniging moet worden gecontroleerd of gedurende een bepaalde tijd de vereiste eindtemperatuur wordt gehaald. Bij dit systeem zou dit tevens als sturingsmechanisme kunnen werken. Wordt namelijk aan de gewenste tijd-temperatuur combinatie voldaan, dan kan dit een signaal zijn om het proces te stoppen.

Controle van de eindtemperatuur van de hoofdreiniging is langere tijd op verschillende bedrijven uitgevoerd. Op Melkvee 3 van de Waiboerhoeve (2 x 8 visgraat melkstal met melkmeetglazen en reinigungsautomaat) is binnen één week de volgende variatie gevonden: de eindtemperatuur ligt tussen de 31 en 36 °C, met een gemiddelde van 33,5 °C en een spreiding van 1 °C. De begintemperatuur ligt tussen de 69 en 79 °C, met een gemiddelde van 76,7 °C en een spreiding van 2,4 °C. Voorbeelden van de variatie in temperatuur tijdens wekelijkse metingen gedurende een jaar zijn weergegeven in figuur 10 en 11.

Duidelijk is dat er gedurende het jaar grote verschillen in eindtemperatuur kunnen optreden. Controle van de eindtemperatuur kan deze spreiding zichtbaar maken, waardoor tijdig passende maatregelen getroffen kunnen worden, als blijkt dat de vereiste temperatuur van 40 °C niet wordt

bereikt. Zo kan de spreiding aanzienlijk gereduceerd worden, resulterend in een geringere kans op afwijkingen van de melkwaliteit en een optimalere inzet van de gebruikte energie.

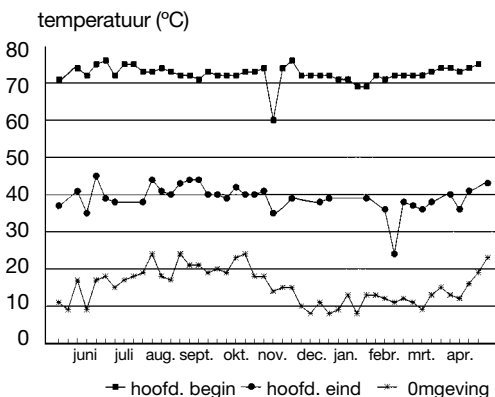
### 5.3.2 Concentratie reinigingsmiddel

Voor een juiste werking van het reinigingsmiddel is het noodzakelijk dat de dosering goed wordt uitgevoerd. In de praktijk wordt zowel handmatige als automatische dosering toegepast. In beide gevallen kunnen fouten gemaakt worden/optreden, waardoor de dosering gaat afwijken. Onderdosering is slecht voor het reinigungsresultaat, overdosering is slecht voor de portemonnee en het milieu. Gekeken is of het mogelijk is om middels geleidbaarheidsmeting de concentratie te controleren.

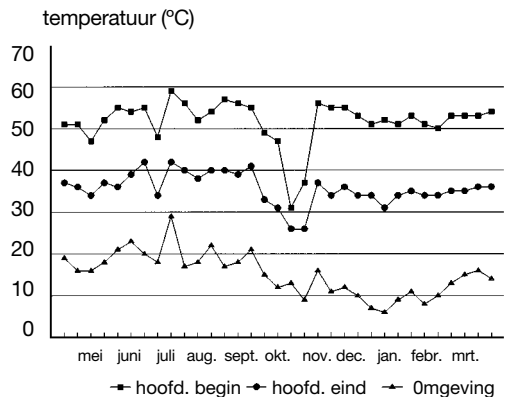
De geleidbaarheid van reinigungsmiddelen wordt hoofdzakelijk bepaald door de samenstelling, de concentratie en de temperatuur van het reinigungsmiddel [van Boxtel (1985)]. Voor de in de melkwinning gebruikte middelen geldt dat de geleidbaarheid recht evenredig is met de concentratie. De geleidbaarheid van diverse reinigungsmiddelen kan onderling nogal variëren. Voor een oplossing van een 0,5% alkalisch gecombineerd reinigungsmiddel is de geleidbaarheid circa 3,3 mS/cm, voor een oplossing van 0,5% zuur circa 4,4 mS/cm bij 18 °C. Bij verandering van de temperatuur wijzigt zich de geleidbaarheid van de reinigungsoplossing. Dit betekent dat op elk bedrijf de geleidbaarheidssensor geijkt moet worden voor het gebruikte middel. Tevens moet de geleidbaarheid voor temperatuur gecorrigeerd worden.

Op ROC Bosma Zathe is tijdens een aantal stan-

**Figuur 10** Begin-, eind- en omgevingstemperatuur (°C) tijdens de hoofdreiniging gedurende 1 jaar op een grupstalbedrijf



**Figuur 11** Begin-, eind- en omgevingstemperatuur (°C) tijdens de hoofdreiniging gedurende 1 jaar op ROC Zegveld



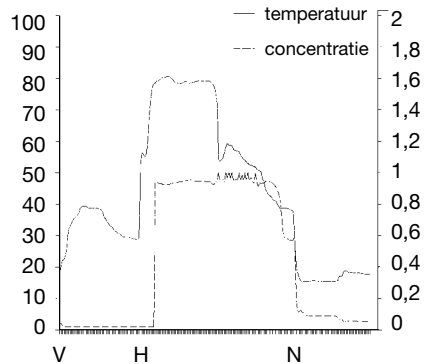
daardreinigingen de geleidbaarheid van de reinigingsoplossing gemeten. Hierbij werden een geleidbaarheid- en een temperatuursensor onderin de spoelbak geplaatst. De geleidbaarheidssensor werd geijkt met een 0,5% oplossing bij verschillende temperaturen (40 - 80 °C). Deze ijking werd zowel voor het op dit bedrijf gebruikte alkalische als zure reinigingsmiddel uitgevoerd. Uit de metingen bleek dat op dit bedrijf ongeveer 1% reinigingsmiddel handmatig gedoseerd werd. Een precieze meting van de concentratie was niet mogelijk door de gekozen meetplaats: op het moment dat de spoelbak leeg is, daalt de geleidbaarheid naar nul door de aanwezigheid van lucht. Tijdens de hoofdreiniging schommelde de gemeten concentratie tussen de 0 en 1%. Meting van de juiste concentratie vlak voor het circuleren was ook niet goed mogelijk, vanwege slechte menging in de spoelbak.



*Een juiste dosering is van belang voor een goede reiniging.*

Een tweede reeks metingen is uitgevoerd op Melkvee 2 van de Waiboerhoeve. Ook op dit bedrijf wordt standaardreiniging toegepast. Hierbij werd de geleidbaarheid- en temperatuursensor in de persleiding boven de spoelbak geplaatst. Hierdoor kunnen schommelingen door lucht zoveel mogelijk worden gemedend. In figuur 12 is de meting tijdens één volledige reiniging weergegeven. Uit de meting blijkt dat op dit bedrijf ongeveer 1,0% reinigingsmiddel wordt gedoseerd. Een juiste meting van de concentratie wordt verkregen door na een aantal malen circuleren te meten. De vloeistof is dan goed gemengd, ook met eventueel achtergebleven voorspoelwater. Dit beeld wordt zowel bij een alkalische als een zure reiniging gevonden.

**Figuur 12** Temperatuur (°C) en concentratie reinigingsmiddel (%) tijdens een reiniging op Melkvee 2  
V=voorspoelen; H=hoofdreiniging, N=naspoelen



In een laboratoriumproef is gekeken of de aanwezigheid van melkresten in de hoofdreinigingsoplossing van invloed is op de geleidbaarheidsmeting. Uit de metingen blijkt dat melkvervuiling niet veel invloed heeft op de concentratie reinigingsmiddel en daarmee op de geleidbaarheid. Bij 1% melkvervuiling in de reinigingsoplossing daalt de gemeten concentratie van 0,50 naar 0,49%. Veelal zal de melkvervuiling lager zijn dan 1% en is deze afwijking van melk dus acceptabel. De vervuiling in de hoofdreinigingsoplossing op de proefbedrijven varieert van 0 tot 0,4% melk. Vergelijkbare waarden worden ook in de praktijk gevonden.

Geconcludeerd kan worden dat het goed mogelijk is om de concentratie reinigingsmiddel bij standaardreiniging te controleren middels meting van de geleidbaarheid in de persleiding. Hiertoe dient de geleidbaarheid tijdens het tweede deel van de circulatiereiniging te worden gemeten en

gecorrigeerd voor temperatuur.

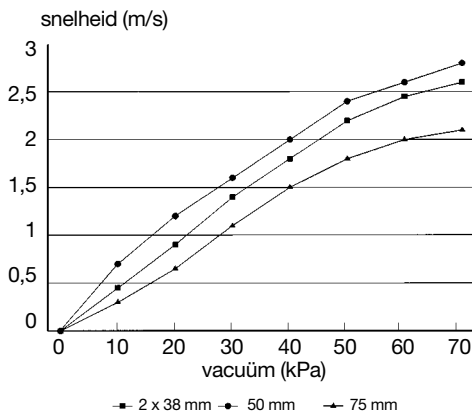
### 5.3.3 Mechanische werking

De werkgroep Reinigen [Koning (1988)] schrijft in haar rapport dat voor een goede reiniging de gemiddelde vloeistofsnelheid in de installatie 1,5 m/s moet zijn. Uit buitenlands onderzoek [Graßhoff (1993)] blijkt dat een hogere snelheid (2,5 m/s ten opzichte van 1,5 m/s) van een reinigungsoplossing in een melkleiding een betere verwijdering van vervuiling geeft en dus een beter reinigungsresultaat. Deze verhoogde snelheid kan bereikt worden door een verhoogd vacuüm of luchtinjecties toe te passen [Soede (1994)]. Verder onderzoek geeft aan dat het meten van vacuüm, om zo het reinigungsproces te volgen en kolomvorming in melkleidingen te controleren mogelijk is [Nosal (1994)].

Om een indruk te krijgen van de gemiddelde snelheid van de installatie in de proefmelkstal is gekeken naar de invloed van het toegepaste vacuüm op de opzuigsnelheid in de spoelleidingen. De opzuigsnelheid zal in de installatie veranderen doordat snelheidsverliezen optreden door overgangen, bochten en dergelijke. Daarnaast kan ook een snelheidstoename optreden door het injecteren van lucht. Het is echter niet mogelijk om de vloeistofsnelheid te meten in een mengsel van water en lucht, zonder de vloeistofstroming te beïnvloeden. Vandaar dat wordt gewerkt met opzuigsnelheid als indicator voor de gemiddelde snelheid.

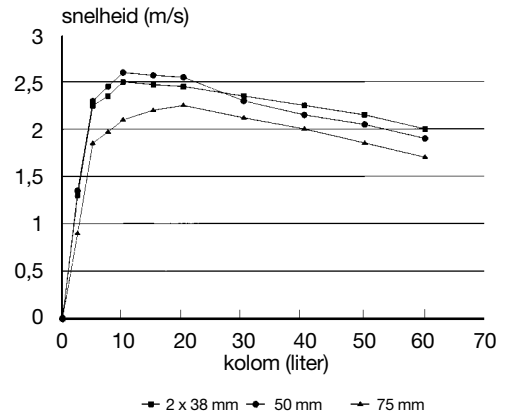
Figuur 13 geeft de resultaten van deze opzuigmetingen weer. De opzuigsnelheid neemt duidelijk toe met het toenemen van het vacuüm. In de

**Figuur 13** Snelheid van water (m/s) bij verschillende vacuümniveaus in verschillende opzuigleidingen



praktijk wordt de reiniging veelal uitgevoerd met het melkvacuüm ( $\pm 42$  kPa). Daarnaast wordt de opzuigsnelheid ook beïnvloed door de hoeveelheid water die per keer wordt opgezogen, de zogenaamde kolomgrootte. Figuur 14 toont aan dat de hoogste opzuigsnelheid wordt bereikt bij kolommen van 10 tot 20 liter.

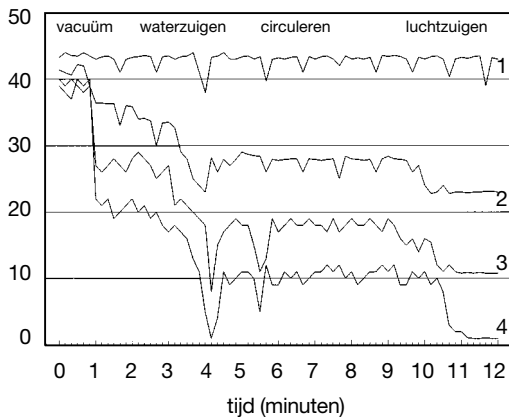
**Figuur 14** Snelheid van water (m/s) bij verschillende opzuighoeveelheden (kolomgrootte) in verschillende opzuigleidingen



Tijdens de reiniging kan het vacuüm op verschillende plaatsen in de installatie worden gemeten. Elke meetplaats geeft daarbij een ander beeld te zien. Een voorbeeld van deze verschillen is weer gegeven in figuur 15. Het vacuüm in de luchtafscheider vertoont een basisniveau van 43 kPa. Bij elke luchtinjectie op de melkleiding daalt het vacuüm naar 40 kPa. Door de hoge vacuümcapaciteit is bijvoorbeeld het effect van luchtzuigen via de spoelleiding hier niet zichtbaar. Het vacuüm in de melkleiding daalt tijdens het waterzuigen naar 28 kPa en blijft op dit niveau tijdens circuleren. Elke luchtinjectie op de melkleiding is duidelijk zichtbaar. Bij het luchtzuigen daalt het vacuüm verder naar 23 kPa. Het vacuüm in de spoeljetter is 19 kPa tijdens circuleren. Op het moment dat de spoelbak leeg is en er nog geen reinigungsoplossing door de melkpomp is teruggepompt naar de spoelbak is een vacuümdaling naar 10 kPa zichtbaar (minuut 4.1 en 5.3). Het vacuüm in de opzuigleiding is ongeveer 10 kPa tijdens circuleren. Wanneer tijdens deze reiniging valse lucht wordt gezogen, doordat twee tepelbekers niet zijn aangesloten op het jetterstel, is dat in deze situatie duidelijk zichtbaar aan het vacuümniveau in de luchtafscheider. Wanneer een compleet melkstel niet is aangesloten, dan is op alle vier meetplaat-

sen een duidelijke vacuümdaling zichtbaar. Ook het uitschakelen van de luchtinjector op de melkleiding geeft een duidelijke verandering in het vacuümpatroon te zien: de vacuümdalingen in figuur 15 zijn niet meer zichtbaar. Geconcludeerd kan worden dat afhankelijk van de reservecapaciteit van de installatie en de plaats van het meetpunt veranderingen in vacuüm door fouten duidelijk zichtbaar zijn. Het lijkt vooral zinvol om het vacuümniveau in de luchtafscheider tijdens de reiniging te controleren. Ook een juiste werking van de luchtinjector kan met behulp van vacuümmeting gecontroleerd worden.

**Figuur 15** Vacuüm (kPa) tijdens de hoofdreiniging op verschillende punten in de installatie



Meetpunten: 1 = in de luchtafscheider  
 2 = achter in de melkleiding  
 3 = in het 1<sup>o</sup> jetterstel  
 4 = in de spoelleiding

In 5.2.1 is gekeken naar de circulatiesnelheid van de vloeistof bij verschillende reinigingsprogramma's. Hierbij is ook gekeken naar de opzuigsnelheid bij de verschillende programma's en het gemiddelde vacuümniveau in de opzuigleiding. De resultaten staan in tabel 7. Duidelijk is dat bij toenemende opzuigsnelheid ook het aantal circulaties per minuut toeneemt. Dit zou gecontroleerd kunnen worden door het vacuüm in de spoelleiding te meten tijdens het circuleren.

### 5.4 Reinigingswacht

Eén van de doelstellingen van dit onderzoek was het vaststellen van de randvoorwaarden waaraan een 'reinigingswacht' zou moeten voldoen. Hieronder wordt verstaan een geautomatiseerde borging van een doeltreffend reinigingsproces. Concreet betekent dit dat in de besturing van het rei-

nigingsproces (spoelautomaat) voortdurend wordt gecontroleerd of bepaalde waarden voor kritische parameters zijn bereikt, en dat de automaat een signaal moet geven indien niet aan deze waarden is voldaan.

Het spreekt vanzelf dat hierbij een grote variatie mogelijk is (bedrijfsspecifieke omstandigheden, systeem van reiniging/hergebruik, aantal parameters, foutmeldingen, geheugenfunctie e.d.). Duidelijk is ook dat de zekerheden die een reinigingswacht biedt voor de kwaliteit van het reinigingsresultaat, beperkt worden door de kwaliteit van de aanleg van de installatie. Zekerheden met betrekking tot de sanitaire kwaliteit van de installatie worden dus niet door de reinigingswacht geboden. Wel kan hij via het procesverloop aanwijzingen opleveren voor zwakke onderdelen/aspecten, biedt hij een ondersteuning van het onderhoud en kan hij bijdragen aan geoptimaliseerde reiniging zonder verspilling.

De eisen waaraan een reinigingswacht moet voldoen zijn niet gedetailleerd eenduidig te onderbouwen, maar de volgende punten lijken als arbitrair minimaal aanvaardbaar.

#### ■ Temperatuur en tijd

In de hoofdreinigingsvloeistof moet bij lozing een temperatuur van tenminste 40°C zijn gemeten. (Voor hittereiniging drie minuten 75°C of een overeenkomstige tijd-temperatuur-combinatie.) De hoofdreiniging dient tenminste vijf minuten te duren. (Een beter criterium zou gebaseerd kunnen worden op het volume gecirculeerd water; zie tabel 7)

#### ■ Concentratie

In de hoofdreinigingsvloeistof moet bij lozing een voor temperatuur gecorrigeerde geleidbaarheid zijn gemeten die overeenkomt met de geleidbaarheid van de aanbevolen concentratie reinigingsmiddel. (Aan de mate van overschrijding op een eerder tijdstip zou een maximum-eis gesteld kunnen worden.)

De voorspoeling moet bij lozing een voor temperatuur gecorrigeerde geleidbaarheid hebben die die van het gebruikte water benadert; de overschrijding daarvan moet niet meer bedragen dan 5% van het verschil tussen de waarden voor melk en het gebruikte water. (Hierbij is uitgegaan van een automatische drainage; als deze ontbreekt is een scherpere eis nodig.)

#### ■ Turbulentie

Het vacuümniveau boven de luchtafscheider

**Tabel 7** Aantal circulaties per 8 minuten circuleren met verschillende spoelprogramma's

Spoelprogramma	Bedrijfs vacuüm (kPa)	Spoelleiding vacuüm	Opgezogen vloeistof (l/min)	Aantal circulaties per 8 min.	Opzuig snelheid (m/s)
Water	40	15	50	8	0,8
Water en lucht gemengd	40	10	25	4	0,4 <sup>1</sup>
Water en lucht kolommen	40	25	75	12	1,7
Water	60	30	85	14	2,3
Water en lucht gemengd	60	25	42	6	1,7 <sup>1</sup>
Water en lucht kolommen	60	40	110	18	3,3

<sup>1</sup> door berekening bepaald

dient tijdens elke spoelgang de ingestelde waarde te bereiken.

#### ■ Ingebruikname en onderhoud

Bij oplevering van een reinigingswacht moet deze zorgvuldig ingeregeld worden tijdens één of meer reinigingsbeurten. IJking van sensoren en controle op de werking moeten onderdeel zijn van het

preventief onderhoud.

Met de aldus beschreven reinigingswacht wordt alleen controle ingebouwd en geen besturing. Het is denkbaar en in sommige gevallen wenselijk om wel besturingselementen in te bouwen. In het volgende hoofdstuk staan aanbevelingen die in de ontwikkeling van een meer 'intelligente' reinigingsautomaat toegepast kunnen worden.

## 6 Conclusies en aanbevelingen

### Algemeen

- De reiniging van melkwinningsapparatuur biedt veel mogelijkheden voor optimalisatie. Daarbij moet de procesvoering op beheerste wijze worden afgestemd op de feitelijke behoefte. Voldoende kennis is beschikbaar om met de beschikbare sensoren en besturings-techniek het reinigingsproces zodanig te sturen en beheersen dat produktkwaliteit en milieu-eisen gewaarborgd zijn ('Reinigings-wacht').
- Het melken en het reinigen zijn processen die veelal tegengestelde eisen stellen aan de vloeistofstroming. Constructie, materiaal, aanleg en werking zijn vaak onvoldoende afgestemd op de reiniging. Voor veel aspecten is een betere afstemming op het reinigen mogelijk zonder het melken te schaden.

### Aanleg

- Vermijdbare dode hoeken en einden, die niet doorstroomd worden met reinigingsvloeistof, mogen niet voorkomen. De overige 'moeilijke' onderdelen (b.v. vacuümleiding boven lucht-afscheider, overloopbeveiliger, luchtinjector direct op de melkleiding, aftappunt achter de melkpomp) moeten opgenomen worden in het reinigingscircuit, of handmatig gereinigd worden.
- Het afschot van de melkleiding (over de gehele lengte) verdient meer aandacht bij aanleg en vooral bij onderhoud. Verzakkingen in leidingen komen in de praktijk veel voor. Een automatische drainage achter de melkpomp is een simpele manier om de hoeveelheid restwater zeer aanzienlijk te beperken. Lucht zuigen kan de drainage bevorderen, maar



*Bij het vullen van de spoelbak gaat warmte verloren.*

heeft doorgaans heel weinig effect.

- Afdichtingen van rubber worden vaak sterk vervuild aangetroffen. Een periodieke handmatige reiniging is dan nodig. De melker dient zich daarvan bewust te zijn.
- Bij de oplevering van een nieuwe melkstal moet een controle-protocol worden gebruikt voor het testen van de reiniging. Ook in het systeem van periodiek onderhoud behoort kwaliteit van de reiniging te worden geëvalueerd.

### **Procesoptimalisatie**

- In het algemeen gaat veel warmte verloren door afkoeling van de installatie tijdens wachttijden tussen voorspoelen en hoofdreinigen. Tijdens het wachten op het vollopen van de spoelbak koelt niet alleen het water af maar ook de hele installatie.
- Snelle aanvoer van heet water naar de spoelbak via een dikkere (mogelijk kortere en geïsoleerde) leiding voorkomt warmteverlies.
- Snelle drainage, dus een minimaal versleep van vloeistof biedt aanzienlijke voordelen:
  - minder melkverlies en betere voorspoeling
  - minder afkoeling en verdunning van de hoofdreiniging (die dus een hogere temperatuur en concentratie houdt)
  - minder risico's voor resten reinigingsmiddel en water (vriespuntverhoging) in de melk.
- Het handhaven van vacuüm tussen het melken en het reinigen vermindert vervuiling in verbindingen tussen b.v. rubber en staal.
- Een hoge circulatiesnelheid van de reinigings-

oplossing (belangrijk voor goede borstelwerking) vereist een hoger vacuüm. Reinigen met kolommen geeft de hoogste snelheid en hoeft geen bezwaar te zijn voor afkoeling.

- Door beperking van warmteverliezen is het in veel gevallen mogelijk om met warmteterugwinningswater zonder bijverwarming goed te reinigen.
- Het effect van de watertemperatuur bij de voorspoeling op de verwijdering van melkresten lijkt gering te zijn en wordt nader onderzocht.

### **Procescontrole**

- De meest geschikte plaats voor een temperatuursensor voor procescontrole is de persleiding en het juiste tijdstip is het laatste van de hoofdreiniging.
- Controle op de concentratie reinigingsmiddel is mogelijk met geleidbaarheidsmeting, mits afgestemd (geijkt) op het gebruikte middel. Uiteraard moet de meting pas plaats vinden nadat de vloeistof goed gemengd is. Ook is temperatuurcorrectie nodig. Melkresten hebben nauwelijks effect op geleidbaarheid. Het meetpunt dient permanent onder het vloeistofniveau te zitten (b.v. persleiding).
- Directe controle van de vloeistofsnelheid of turbulentie is niet mogelijk gebleken, maar vacuümniveau is een goede afgeleide meting. De reservecapaciteit is een bepalende factor voor de gevoeligheid. De keuze van het meetpunt voor dit doel valt op de luchtafscheider. Meting van het vacuümverloop kan tevens gebruikt worden voor de controle van kolommen en controle op de werking van luchtinjectie.



## Samenvatting

Deze publikatie is de derde in een reeks waarin de resultaten zijn weergegeven van drie aansluitende projecten over de reiniging van melkwinningsapparatuur.

In voorgaand onderzoek bleek dat bij genoemde reiniging op vele manieren besparingen mogelijk zijn, o.a. door optimalisatie van bestaande processen of met nieuwe processen waarin hergebruik meestal een rol speelt.

Dit afrondende project, genaamd: 'reiniging onder procesbewaking' had tot doel, te onderzoeken welke besturing en bewaking van de reiniging van melkwinningsapparatuur noodzakelijk zijn, zodat bij een milieubewuste reiniging de kwaliteit van boerderijmelk optimaal is beveiligd. Het accent ligt meer op de specificaties voor de hoofdreiniging dan op voor- en naspoeling.

In de melkwinning zijn goede ervaringen met de melkwacht, die elektronisch de juiste werking van de melkkoeltank bewaakt. Ook bij de reiniging kan de inbouw van geautomatiseerde bewaking een belangrijk hulpmiddel voor de veehouder zijn ter bewaking van de melkkwaliteit. Bij de uitwerking van deze gedachte was echter meer inzicht nodig in de kritische factoren die een goede reiniging bepalen. Deze factoren en de meting daarvan zijn onderzocht.

In de praktijk laat het hygiënisch ontwerpen en aanleggen van melkinstallaties wel eens te wensen over. In de literatuur is gezocht naar aanknopingspunten om het begrip 'sanitaire aanleg' verder te beschrijven. In de praktijk is gekeken in hoeverre installaties sanitair zijn aangelegd. Hoofdzakelijk kwalitatief zijn een aantal punten beschreven. De vermindering van versleep tussen spoelgangen heeft daarbij veel aandacht gehad.

Daarnaast is gekeken welke parameters op welke wijze tijdens elke reiniging kunnen worden gemeten/gecontroleerd, zodat het reinigingsproces telkens weer voldoet aan de gestelde eisen. De parameters temperatuur, tijd, concentratie reinigingsmiddel en mechanische werking zijn vooral bepalend voor het resultaat.

Het blijkt zinvol om de eindtemperatuur van de hoofdreiniging te controleren in de persleiding. Veel voorkomend onnodig energieverlies vloeit voort uit een te trage procesgang, die leidt tot tussentijdse afkoeling. Door het vermijden van wachttijden is dit te voorkomen.

De concentratie reinigingsmiddel kan bij standaardreiniging heel eenvoudig gecontroleerd worden door de geleidbaarheid te meten. Dit kan het best in het tweede deel van de circulatiereiniging gebeuren en daarbij is temperatuurcorrectie nodig.

Mechanische werking is op zichzelf moeilijk meetbaar. Via het vacuümniveau kan echter indirect eenvoudig de vloeistofsnelheid worden bewaakt, en kan kolomvorming/luchtinjectie worden gecontroleerd. De mate waarin afwijkingen opgemerkt worden is sterk afhankelijk van de reservecapaciteit van de installatie en de plaats van het meetpunt. Het lijkt met name zinvol om het vacuümniveau in de luchtafscheider tijdens de reiniging te controleren.

Er zijn dus duidelijk parameters aan te wijzen waarmee controle en zelfs sturing van dit reinigingsproces mogelijk is. Het zijn eenvoudige metingen die, net als bij de vaak aanwezige melkwacht, belangrijk kunnen bijdragen aan beheersing van de melkkwaliteit. Procesbeheersing maakt het mogelijk om eerder in te grijpen dan wanneer een verhoogd kiemgetal wordt geconstateerd.

## Literatuur

- Boxtel, A.J.B. van en J. de Vries (1985) Toepassing van geleidbaarheidsmeters in de fasescheiding van produkt/water en van water/reinigingsmiddel, NIZO-nieuws 1985, nr. 8
- Burggraaf, W.N.A. (1994), Hygiënisch ontwerpen, EFFI-symposium Reiniging en Desinfectie
- Burggraaf, W.N.A. (1993), Criteria voor hygiënisch ontwerp van procesapparatuur, VMT 28-29
- Centrale Melkwinningcommissie (1984) Technische aanbevelingen 84 voor melkmachine-installaties
- Dunsmore, D.G. (1983) Residue Reviews, Vol. 86, Springer Verlag New York Inc
- Graßhoff, A. en D. Reinemann (1993), Cleaning of milking pipelines using two-phase flow, Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 45, 205-234, Kiel
- GTD-Rapport (1990) Afvalwaterproblematiek van de melkwinning bij veehouderijbedrijven
- Haven, M.C. van der (1986) Melkwinning, Min. LNV, Wageningen
- IDF Bulletin 218 (1987), Hygienic design of dairy processing equipment
- ISO Standard 5707: (1993); Milking machine installations - Construction and performance.
- Koning, C. de (1988) Reiniging van melkwiningsapparatuur, CMMB
- Koning, C. de (1994) IKC-RSP, Persoonlijke mededeling
- Nosal, D. (1994), Reinigungssysteme für Rohrmelkanlagen, Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, Tanikon
- Rozeboom, H. (1992) De melkwacht op een melkkoeltank, Landbouwmecanisatie 10-12
- Soede, H.J. en G.M.V.H. Wolters (1994), Effect vacuümverhoging en spoelen in kolommen op uitspoelen melk, PR-rapport (nog te verschijnen)
- Verheij, J.G.P. en G.M.V.H. Wolters (1993) PR publikatie nr. 80
- Wildbrett, G. (1982) Deutsche Molkerei Zeitung 340
- Wolters, G.M.V.H. en J.G.P. Verheij (1993) PR Publikatie nr. 85

## Eerder verschenen publikaties

Nr.	Titel + jaar van uitgave	Prijs	Nr.	Titel + jaar van uitgave	Prijs
41.	Snel of langzaam verhogen van krachtvoergifft na afkalven. Drie jaar vergelijkend onderzoek op ROC Zegveld. 1986.	10,—	67.	maanden. 1990.	12,50
42.	Opname van persulp door melkvee. 1986.	10,—	68.	Inkuilen onder ongunstige omstandigheden. 1990.	12,50
44.	Het optimale afleveringsgewicht van vleeskalveren. 1986.		69.	Verlaging structuurwaarde in rantsoen vleesstieren. 1990.	12,50
45.	Gevolgen van verschuivingen in afkalfpatroon. 1987.	10,—	70.	Vleesproductie met Piemontese x zwartbonte kruislingvaarzen. 1991.	12,50
46.	Waiboerhoeve 1986. Verslag van praktijkgericht onderzoek. 1987.	15,—	71.	Normen voor de Voedervoorziening. 1991.	12,50
47.	Berekening van grasland op zandgrond en rivierklei. Resultaten van proefvelden te Heino en Bruchem 1977-1981. 1987.	10,—	72.	Het Melkveemodel. 1991.	12,50
48.	Perspectieven voor de melkveehouderij. 1987.	12,50	73.	Modellen Rundveehouderij. 1991.	12,50
49.	Paardenhouderij, resultaten van onderzoek. 1987.	10,—	74.	Bijprodukten voor vleesstieren. 1992.	12,50
50.	Het koemodel. 1987.	10,—	75.	Melkveehouderij en automatisch melken. 1992.	12,50
51.	Energiebewuste bedrijfsvoering op een melkveebedrijf. Resultaten en ervaringen van 4 jaar op de Waiboerhoeve 1982-1986. 1988.	10,—	76.	Kuilafdekking en kuilqualiteit. 1992.	12,50
52.	Invloed van verhoogd grasaanbod op melkproductie, ruwvoeropname en graslandopbrengst. 1988.	10,—	77.	Gewichtscurve vleesstieren 1992	12,50
53.	Effecten van overbezetting in bedrijfsverband. Verslag van een werkgroep. 1988.	10,—	78.	Strokorst in mestilo's. 1992.	12,50
54.	Rundvleesproductie met eenmaal gekalfde vaarzen. 1988.	10,—	79.	Nieuwe DVE-normen voor melkvee. 1993.	12,50
55.	Boeren met quotum. 1988.	10,—	80.	Veevoedkundige waarde gras- en luzernebrok. 1993.	12,50
56.	Verslag van de Waiboerhoeve 1987. 1988.	15,—	81.	Milieusparend reinigen melkwinnings-apparatuur. 1993.	12,50
57.	Vaste krachtvoergiften aan melkvee. 1988.	10,—	82.	Inzaai mengsels gras en witte klaver. 1993.	12,50
58.	Vetrijk krachtvoer voor hoogproductieve koeien. 1988.	12,50	83.	Melkveebedrijf met uitsluitend snijmais. 1993.	12,50
59.	Gebruikswaarde van vriesbranden voor identificatie van paarden. 1988.	12,50	84.	Vleesstierenvergelijking. 1993.	
60.	Stikstofwerking van runderdrijfmest op grasland. 1988.	12,50	85.	Invloed rijpheid snijmais op voeropname en groei vleesstieren. 1993.	12,50
61.	Vergelijking Flevolander en Swifter schaaap. 1989.	12,50	86.	Energie-efficiënt reinigen melkwinnings-apparatuur. 1993.	12,50
62.	Invloed krachtvoerniveau op vleesproductietekenen van Piemontese met zwartbont kruislingstieren. 1989.	12,50	87.	Model energieverbruik melkveebedrijf. 1993.	12,50
63.	Beter werken met cijfers. 1989.	12,50	88.	Energiegehalte rantsoen bij alternatieve vleeskalveren. 1994.	12,50
64.	Huisvesting vleesstieren van 0-6 maanden. 1989.	12,50	89.	Voederbieten voor melkvee. 1994	12,50
65.	Snijmais en natte bijprodukten in rantsoenen voor hoogproductieve melkkoeken. 1989.	12,50	90.	Rantsoenen bij vleeskalveren. 1994	12,50
66.	Huisvesting vleesstieren vanaf 6	12,50	91.	Voederadditieven voor vleesstieren. 1994	12,50
			92.	Vergelijking Texelse vleeslamvaderdieren. 1994.	12,50
			93.	Diergezondheid en management. 1994.	12,50
			94.	Scheren van oaien. 1994.	12,50
			95.	Voeren van Texelaar x Flevolander vleeslammeren. 1994.	12,50
			96.	Gebruik vleesstieren op ondereind melkveestapel. 1994.	12,50
			97.	Verdunde rundermest uitrijden met sproeiboom. 1994.	12,50
			98.	Opfok roze vleeskalveren. 1995.	12,50
			99.	Ammoniakemissie bij melkvee na spoelen roostervloer. 1995.	12,50
			100.	Mineralenstroom milieumodule in BBPR. 1995.	12,50
				Beperking ammoniakemissie rundveestal PROPRO-Deelproject gescheiden afvoer van gier en vaste mest met schuif. 1995.	12,50

**Publikaties zijn verkrijgbaar door overmaking van het betreffende bedrag op Postbanknr. 2307421 van het PR te Lelystad met vermelding van het nummer van de publikatie.**