

Termo-ekonomiese evaluering van 'n melkpasteuriseerder

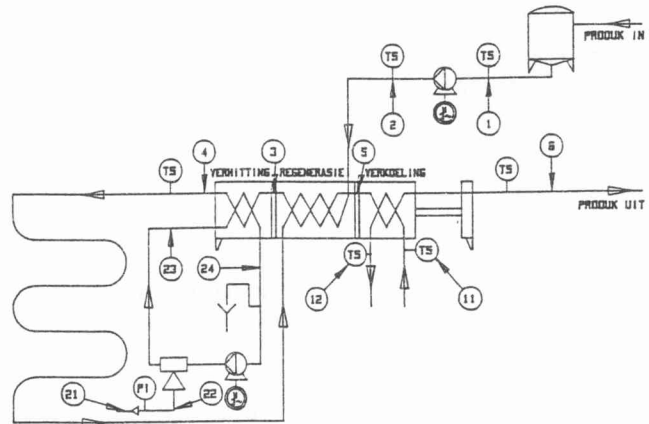
J. P. Nel* en L. Pretorius**
(Eerste weergawe Maart 1992, Finale weergawe Junie 1992)

Abstract

In this article it is shown how to choose a most economical milk pasteuriser from a range of options taking into account the financial as well as thermodynamic aspects. It is shown that the total cost of the pasteurisation plant sharply decreases as the percentage regeneration of heat increases. The thermodynamic analysis for the plant is mainly based on the first law the Thermodynamics. The economic analysis is based on the nett current value technique.

Simbolely

- D – druk, kPa
- H – manometriese hoogte, m vloeier
- P – huidige waarde, R
- \dot{P} – drywing, kW
- \dot{Q} – warmte-oordrag, kW
- T – temperatuur, °C
- Y – jaarlikse koste, R
- c_p – spesifieke warmte, kJ/kgK
- g – gravitasieversnelling, m/s²
- h – entalpie, kJ/kg
- i – interne rendabiliteit (rente)
- \dot{m} – massavloeiempo, kg/s
- n – aantal periodes
- η_m – nuttigheidsgraad, motor
- η_p – nuttigheidsgraad, pomp
- ρ – digtheid, kg/m³



Figuur 1 – Prosesvloei-diagram vir die 15000 l pasteuriseerder

Inleiding

Heelwat werk is sekerlik voorheen in die veld van die termo-ekonomie gedoen. Vergelyk kortliks die werk van Gaggioli en Wepfer [1] oor eksergie-ekonomie, Moran [2] oor beskikbaarheid en effektiewe energiegebruik, Bejan [3] oor termodinamiese optima en energiestoring, Bowater [4] oor termo-ekonomiese ontwerp van 'n vleisverwerkingsaanleg e.a.

In hierdie artikel word 'n termo-ekonomiese metode gebruik om uit 'n reeks opsies, die mees ekonomiese melkpasteuriseerder te kies. Hiermee word hopelik weer eens beklemtoon dat ingenieurswese en ekonomiese ooreenwings hand aan hand gaan.

Pasteuriseringsstoerusting

Pasteuriseringsstoerusting wat in hierdie artikel ontleed word is die reeks pasteuriseerders van 'n vervaardiger [5] soos in tabel 1 beskryf. Soos uit figuur 1 gesien kan word is die tipiese pasteuriseerder wat ontleed gaan word, in beginsel 'n warmteruiler waar melk regeneratief voorverhit word, dan verhit word m.b.v. stoomverhitte warm water en na 'n houperiodes verkoel word m.b.v. verkillde water. Die pasteuriseerders wat beskou word is tipiese plaat warmteruilers.

* Groepsprojekbestuurder, NCD, Roodepoort, Nagraadse student, Randse Afrikaanse Universiteit.

** Professor in Meganiese Ingenieurswese, (Lid) Laboratorium vir Stelsels, Randse Afrikaanse Universiteit.

Energiebehoefes

Die vervaardigerspesifikasies en pryse van die pasteuriseerders wat evalueer word, word in tabel 1 getoon.

Om die berekening van energiebehoefte te demonstreer is die gegewens vir een opsie gebruik. 'n Werkstaat [8] is ontwikkel om dieselfde berekening vir al die opsies te doen, en die resultate word in tabel 2 weergegee.

Berekening is grootliks op die eerste wet van die Termodinamika gebaseer.

Aannames

In die termiese evaluering is die volgende aannames gebruik:

(i) Produksie

Aanvaar dat die apparaat 10 uur per dag vir 6 dae per week gebruik word. Dit impliseer 'n produksietyd van 3 120 ure per jaar.

(ii) Nuttigheidsgraad

Ten einde insetdrywing te bereken, word die volgende gemiddelde nuttigheidsgrade (η) aanvaar:

Elektriese motors:

TABEL 1

VERVAARDIGERSSPESIFIKASIE VIR PASTURISEERDERS⁽⁵⁾

| | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------|--------|--------|--------|-------------|--------|--------|--------|--|
| (i) Werkverrigting | | | | | | | | | |
| Melkvloeitempo (kg/h) | 15 000 | | | | | | | | |
| Inlaattemperatuur (°C) | 4 | | | | | | | | |
| Pasteurisasietemperatuur (°C) | 75 | | | | | | | | |
| Uitlaattemperatuur (°C) | 4 | | | | | | | | |
| | LAE DRUKVAL | | | | HOË DRUKVAL | | | | |
| (ii) Produk | | | | | | | | | |
| % Regenerasie | 85 | 88 | 91 | 95 | 85 | 88 | 91 | 95 | |
| Drukval (kPa) | 280 | 260 | 300 | 250 | 520 | 390 | 380 | 440 | |
| (iii) Warmwater | | | | | | | | | |
| Vloeitempo (kg/h) | 30 000 | 27 500 | 21 500 | 17 500 | 30 000 | 27 500 | 23 000 | 19 000 | |
| Drukval (kPa) | 100 | 100 | 60 | 75 | 100 | 100 | 85 | 85 | |
| (iv) Verkille water | | | | | | | | | |
| Vloeitempo (kg/h) | 30 000 | 33 500 | 26 500 | 22 500 | 30 000 | 33 500 | 28 500 | 21 500 | |
| Drukval (kPa) | 100 | 110 | 80 | 100 | 100 | 110 | 110 | 95 | |
| Prys (R) | 56 500 | 58 800 | 64 900 | 82 300 | 55 200 | 57 800 | 63 900 | 74 700 | |

TABEL 2

TERMODINAMIESE ANALISE VIR PASTEURISEERDERS

| | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------|-----------|------------|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|--|
| (i) Termodinamiese eienskappe | | | | | | | | | |
| Nuttigheidsgrd pomp | 0,85 | | | | | | | | |
| Nuttigheidsgrd motor | 0,87 | | | | | | | | |
| T (°C) | h(kJ/kg) | s(kJ/kgK) | eks(kJ/kg) | c(kJ/kgK) | | | | | |
| Hoëdrukstoom | 165 | 2 763,5 | 6,7078 | 763,6365 | | | | | |
| Kondensaat | 95 | 397,96 | 1,25 | 25,285 | | | | | |
| Verkille water | 2 | | | 0 | 4,19 | | | | |
| Omgewing | 25 | | | 0 | 4,19 | | | | |
| Melk | 40 | | | | 3,87 | | | | |
| | LAE DRUKVAL | | | | HOË DRUKVAL | | | | |
| N o d e | | | | | | | | | |
| Energieoordrag | | | | | | | | | |
| % regenerasie | 85 | 88 | 91 | 95 | 85 | 88 | 91 | 95 | |
| 1 Produkpomp | | | | | | | | | |
| Drywing (kW) | 1,578 | 1,465 | 1,690 | 1,409 | 2,930 | 2,197 | 2,141 | 2,479 | |
| 2 Regeneratiewe-verhitting | | | | | | | | | |
| Warmte-oordrag (kW) | 973,144 | 1 007,490 | 1 041,836 | 1 087,631 | 973,144 | 1 007,490 | 1 041,836 | 1 087,631 | |
| 3 Stoomverhitting | | | | | | | | | |
| Warmte-oordrag (kW) | 171,731 | 137,385 | 103,039 | 57,244 | 171,731 | 137,385 | 103,039 | 57,244 | |
| Stoomverbruik (kg/s) | 0,072597 | 0,058077 | 0,043558 | 0,024199 | 0,072597 | 0,058077 | 0,043558 | 0,024199 | |
| 4 Pompdrywing (kW) | | | | | | | | | |
| 5 Verkoeling | 1,127 | 1,034 | 0,485 | 0,493 | 1,127 | 1,033 | 0,734 | 0,607 | |
| 6 Warmte-oordrag (kW) | -171,731 | -137,385 | -103,038 | -57,244 | -171,731 | -137,385 | -103,038 | -57,244 | |

$$\eta_m = 0,87$$

Pompe:

$$\eta_p = 0,85$$

(iii) *Spesifieke warmte*

Die spesifieke warmte van melk is ongeveer 3,87 kJ/kgK by 5°C (Kessler [6]).

In hierdie berekening word die spesifieke warmte by 5°C aanvaar as 'n gemiddelde spesifieke warmte vir melk.

Vir water sal 'n gemiddelde waarde van 4,19 kJ/kgK gebruik word.

Die werkstaat is egter so opgestel dat die spesifieke warmte gevarieër kan word sodat die invloed daarvan op die energieverbruik bepaal kan word.

(iv) Toerustingspesifikasie

Om die berekeninge te demonstreer word 'n pasteuriseerder beskou wat onder die volgende toestande bedryf word. (Vir ander opsies sien tabel 1):

| | |
|----------------------------|-------------|
| Melkvloeitempo | 15 000 kg/h |
| Inlaattemperatuur | 4 °C |
| Pasteurisasietemperatuur | 75 °C |
| Uitlaattemperatuur | 4 °C |
| Regenerasie | 85% |
| Drukval: produk | 280 kPa |
| Vloeitempo: Verkilde water | 30 000 kg/h |
| Drukval: warm water | 100 kPa |
| Drukval: Verkilde water | 100 kPa |
| Prys: | R56 500 |

Berekeninge word deurentyd gedoen met verwysing na figuur 1.

Berekening van pompdrywing

Uit "Pumps principles and practice" [7] is die pompdrywing \dot{P}_{pomp}

$$\dot{P}_{pomp} = \frac{\dot{m}gH}{1000} \times \frac{1}{\eta_p} \times \frac{1}{\eta_m} \text{ kW} \dots\dots\dots (1)$$

waar

\dot{m} die massavloeitempo, g gravitasieversnelling en H die manometriese hoogte in m vloeiër voorstel. Deur gebruik te maak van die verwantskap.

$$D = \frac{\rho g H}{1000} \text{ kPa} \dots\dots\dots (2)$$

en $\rho_{melk} \approx 1000 \text{ kg/m}^3$

volg dat

$$\begin{aligned} \dot{P}_{pomp} &= \frac{\dot{m}D}{1000} \times \frac{1}{\eta_p} \times \frac{1}{\eta_m} \\ &= \frac{(15000/3600) 280}{1000} \times \frac{1}{0,85} \times \frac{1}{0,87} \\ &= 1,578 \text{ kW} \dots\dots\dots (3) \end{aligned}$$

Bogemelde verteenwoordig dan die drywing benodig vir die produk pomp.

Regeneratiewe verhitting en verkoeling

Die warmte benodig om die produk te verhit is:

$$\begin{aligned} \dot{Q} &= \dot{m}c_p (T_{uit} - T_{in}) \\ &= \frac{15000}{3600} \times 3,87 (75-4) \\ &= 1144,87 \text{ kW} \dots\dots\dots (4) \end{aligned}$$

Per definisie is die persentasie regenerasie:

$$\% \text{ Regenerasie} = \frac{\text{Warmte-oordraging deur regenerasie}}{\text{Totale warmte oordrag}} \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

∴ Warmte oordrag teen 85% regenerasie is:

$$\frac{\dot{Q}_{regen}}{\dot{Q}} = 0,85 \dots\dots\dots (6)$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{regen} &= \frac{85}{100} \times 1144,87 \\ &= 973,14 \text{ kW} \dots\dots\dots (7) \end{aligned}$$

Stoomverhitting

Die stoomenergie benodig vir verhitting is:

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{stoom} &= \dot{Q} - \dot{Q}_{regen} \\ &= 1144,87 - 973,14 \dots\dots\dots (8) \\ &= 171,73 \text{ kW} \end{aligned}$$

Berekening van stoom benodig word vervolgens getoon: Uit die eerste wet van die Termodinamika volg:

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_{stoom}}{h_{g165} - h_{f95}} \dots\dots\dots (9)$$

$$h_g = 2763,5 \text{ kJ/kg by } 165 \text{ °C}$$

$$h_f = 397,96 \text{ kJ/kg by } 95 \text{ °C}$$

$$\begin{aligned} \dot{m}_{stoom} &= \frac{171,73}{(2763,5 - 397,96)} \\ &= 0,0726 \text{ kg/s} \dots\dots\dots (10) \end{aligned}$$

In bogenoemde word aanvaar dat tydens die verhittingsproses met stoom, versadigde stoom by 165 °C kondenseer na versadigde water by 95°C.

Die drywing benodig vir die warm waterpomp word bereken deur gebruik van vergelyking 3:

$$\begin{aligned} \dot{P}_{pomp} &= \frac{\dot{m}D}{1000} \times \frac{1}{\eta_p \times \eta_m} \\ &= \frac{(30000/3600) \times 100}{1000 \times 0,87 \times 0,85} \\ &= 1,127 \text{ kW} \dots\dots\dots (11) \end{aligned}$$

Kosteberekening

Die volgende aspekte word in die kostemodel van die pasteuriseerder gebruik. Die eenheidskoste vir 'n tipiese suiwelaanleg, soos bereken deur Nel [8] word gebruik:

| | |
|------------------------|----------|
| Stoomkoste (R/kg) | = 0,0383 |
| Elektrisiteit (R/kWh) | = 0,1196 |
| Verkilde water (R/kWh) | = 0,0801 |

Soos in paragraaf 3.1.1 getoon, word die apparaat vir 3 120 ure per jaar gebruik.

Die jaarlikse produksie is dus:

$$\begin{aligned} \text{Ure geproduseer} \times \text{kapasiteit} &\dots\dots\dots (12) \\ &= 3120 \times 15000 \\ &= 46800000 \text{ kg} \end{aligned}$$

Stoomverbruik in hierdie periode is:

$$\begin{aligned} 3600 \times \dot{m} \times \text{ure} &\dots\dots\dots (13) \\ &= 0,0726 \times 3120 \times 3600 \\ &= 815443 \text{ kg/jaar} \end{aligned}$$

Elektrisiteitsverbruik vir die jaar is:

$$\begin{aligned}
 & (\dot{P}_{\text{produkpomp}} + \dot{P}_{\text{waterpomp}}) \times \text{ure} \dots\dots\dots (14) \\
 & = (1,578 + 1,127) \times 3\,120 \\
 & = 8\,439,6 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

Verkilde water gebruik vir die jaar is:

$$\begin{aligned}
 & \text{Ure gebruik} \times \text{warmte-oordraging in kW} \dots\dots (15) \\
 & = 3\,120 \times 171,73 \\
 & = 535\,798 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

Die jaarlikse bedryfskoste is dus:

(i) Stoomkoste

$$\begin{aligned}
 & = \text{Gebruik (kg)} \times \text{koste (R/kg)} \\
 & = 815\,443 \times 0,0383 \\
 & = R31\,231,47 \dots\dots\dots (16)
 \end{aligned}$$

(ii) Elektrisiteitskoste

$$\begin{aligned}
 & = \text{Gebruik (kWh)} \times \text{koste (R/kWh)} \\
 & = 8\,439 \times 0,1196 \\
 & = R1\,009,38 \dots\dots\dots (17)
 \end{aligned}$$

(iii) Verkilde waterkoste

$$\begin{aligned}
 & = \text{Gebruik (kWh)} \times \text{koste (R/kWh)} \\
 & = 535\,798 \times 0,0801 \\
 & = R42\,917,42 \dots\dots\dots (18)
 \end{aligned}$$

(iv) Totale jaarlikse koste vir energie:

$$\begin{aligned}
 & = R31\,231,47 + R1\,009,38 + R42\,917,42 \\
 & = R75\,158,27 \dots\dots\dots (19)
 \end{aligned}$$

3.3 Kontantvloei

Die kostes bereken word nou soos volg geprojekteer:

- Jaar 1 – kapitaalkoste – R56 500
- Jaar 2 – energiekoste – R75 158

Vir Jaar 3 tot Jaar 10 word die energiekoste bereken as:

$$\begin{aligned}
 & \text{Koste}_{\text{jaar}(n)} \\
 & = \text{Koste}_{\text{jaar}(n-1)} \times \left(1 + \frac{\text{Inflasiekoers}}{100}\right) \left(1 + \frac{\text{Groeikoers}}{100}\right) \\
 & \dots\dots\dots (20)
 \end{aligned}$$

In jaar 10 word die kapitaalherwinningswaarde as 'n kapitaalinvloei geprojekteer. Dit word so bereken:

Kapitaalherwinningswaarde

$$\begin{aligned}
 & = \text{Kapitaal} \times \frac{\% \text{ Herwinning}}{100} \\
 & = 56\,500 \times 0,5 \\
 & = R28\,250 \dots\dots\dots (21)
 \end{aligned}$$

Die huidige waarde van die jaarlikse kostes word nou bereken volgens vergelyking:

$$P = \frac{Y}{(1 + i)^n} \dots\dots\dots (22)$$

- Waar P = Huidige waarde
- Y = Jaarlikse koste
- i = Interne rendabiliteit
- n = aantal periodes

Hierdie waardes word almal bymekaar getel om die netto huidige waarde te bepaal. 'n Inflasiekoers van 15%, interne rendabiliteit van 18,5% en groeikoers van 3% vir die suiwelaanleg is in bogemelde berekening gebruik.

Verder is 'n sensitiviteitsontleding gemaak om aan te toon hoe sensitief die resultate van die termo-ekonomiese ontleding van die melkpasteuriseerder vir verandering in die inflasie- en rentekoerse is. Die groeikoers is vir illustrasiedoeleindes vas op 3% gehou.

Resultate van termo-ekonomiese evaluering

Die keuse van die mees ekonomiese pasteuriseerder uit 'n reeks pasteuriseerders met verskillende regeneratiewe vermoëns kan nou gedoen word na aanleiding van berekening, soos hierbo getoon, vir die reeks pasteuriseerders.

In tabelle 1 t.e.m. 4 word respektiewelik die spesifikasie, die termodinamiese analise, die jaarlikse koste en die kontantvloei weergegee, soos o.a. bereken m.b.v. die werkstaatprogram. Die resultate in die tabelle is gegeneer deur 'n inflasiekoers van 15%, interne rendabiliteit van 18,5% en groeikoers van 3% te gebruik.

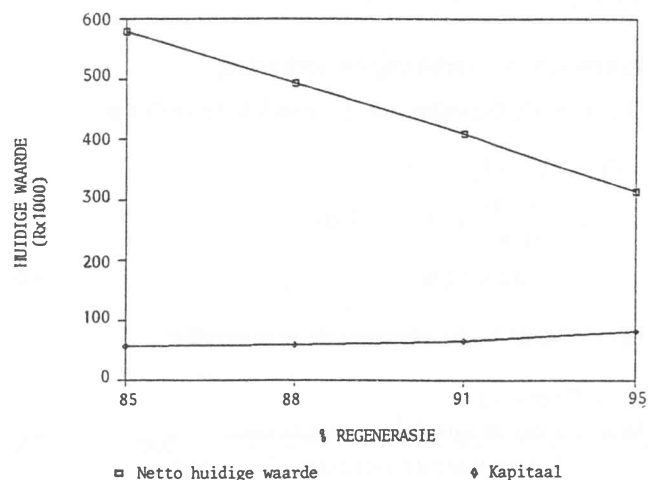
Figuur 2 stel die resultate grafies voor.

Die resultate van die sensitiviteitsontleding word in tabel 5 getoon. In dié tabel word getoon wat die totale besparing vir 'n 10 jaar periode vir verskillende inflasie- en rentekoerse sou wees indien 'n lae drukval melkpasteuriseerders met 95% regenerasie i.p.v. 'n soortgelyke pasteuriseerder met 85% regenerasie gebruik word.

Bespreking van resultate

Uit figuur 2 kan duidelik gesien word dat die totale koste (uitgedruk in die huidige waarde van geld) skerp daal, soos wat die regenerasie toeneem.

As bv. die pasteuriseerders wat 85% en 95% regenera-



Figuur 2 – Huidige waarde as funksie van % regenerasie

TABEL 3

JAARLIKSE KOSTE VIR PASTEURISEERDERS

- (i) Tariewe
- Stoom (R/kg) 0,0383
- Elektrisiteit (R/kWh) 0,1196
- Verkilde water (R/kWh) 0,0801
- Ure per jaar 3 120

| % regenerasie | LAE DRUKVAL | | | | HOË DRUKVAL | | | |
|---------------------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| | 85 | 88 | 91 | 95 | 85 | 88 | 91 | 95 |
| (ii) Jaarlikse gebruik | | | | | | | | |
| Stoom (kg) | 815 443 | 65 2328,1 | 489 246,1 | 271 803,3 | 815 410,1 | 652 328,1 | 489 246,1 | 271 803,3 |
| Elektrisiteit (kWh) | 8 439,000 | 7 793,554 | 6 785,665 | 5 933,062 | 12 657,20 | 10 078,88 | 8 971,377 | 9 627,676 |
| Verkilde water (kWh) | 535 798,0 | 428 641,2 | 321 480,9 | 178 600,5 | 535 801,5 | 428 641,2 | 321 480,9 | 178 600,5 |
| (iii) Jaarlikse koste (R) | | | | | | | | |
| Stoom | 3 123,47 | 24 984,16 | 18 738,12 | 10 410,06 | 31 230,20 | 24 984,16 | 18 738,12 | 10 410,06 |
| Elektrisiteit | 1 009,380 | 932,1090 | 811,5656 | 709,5943 | 1 513,801 | 1 205,434 | 1 072,976 | 1 151,470 |
| Verkilde water | 42 917,42 | 34 344,16 | 25 750,62 | 14 305,90 | 42 917,70 | 34 334,16 | 25 750,62 | 14 305,90 |
| Totaal (R) | 75 158,27 | 60 250,43 | 45 300,31 | 25 425,56 | 75 661,71 | 60 523,76 | 45 561,72 | 25 867,44 |

TABEL 4

KONTANTVLOEI T.O.V. PASTEURISEERDERS

- Inflasiekoers (%) 15
- Interne-rendabiliteit (%) 18,5
- Groeikoers (%) 3
- Reswaarde (%) 50

| % regenerasie | LAE DRUKVAL | | | | HOË DRUKVAL | | | |
|--------------------------|-------------|---------|---------|---------|-------------|---------|---------|---------|
| | 85 | 88 | 91 | 95 | 85 | 88 | 91 | 95 |
| Netto huidige waarde (R) | 579 892 | 493 928 | 409 518 | 314 435 | 585 898 | 493 833 | 409 347 | 303 249 |
| Jaar 1 | 56 500 | 58 800 | 64 900 | 82 300 | 55 200 | 57 800 | 63 900 | 74 700 |
| Jaar 2 | 75 158 | 60 250 | 45 300 | 25 426 | 75 662 | 60 524 | 45 562 | 25 867 |
| Jaar 3 | 89 024 | 71 367 | 53 658 | 30 117 | 89 621 | 71 690 | 53 968 | 30 640 |
| Jaar 4 | 105 448 | 84 534 | 63 558 | 35 673 | 106 156 | 84 917 | 63 925 | 36 293 |
| Jaar 5 | 124 904 | 100 130 | 75 285 | 42 255 | 125 742 | 100 585 | 75 719 | 42 989 |
| Jaar 6 | 147 948 | 118 604 | 89 175 | 50 051 | 148 942 | 119 142 | 89 689 | 50 921 |
| Jaar 7 | 175 245 | 140 487 | 105 627 | 59 285 | 176 421 | 141 124 | 106 237 | 60 315 |
| Jaar 8 | 207 578 | 166 407 | 125 116 | 70 223 | 208 971 | 167 162 | 125 838 | 71 444 |
| Jaar 9 | 245 876 | 197 109 | 148 199 | 83 179 | 247 526 | 198 003 | 149 055 | 84 625 |
| Jaar 10 | 262 990 | 233 475 | 175 542 | 98 526 | 293 195 | 234 534 | 176 555 | 100 238 |

TABEL 5

SENSITIWITEITSANALISE: VERSKIL IN NETTO HUIDIGE WAARDE VAN PASTEURISEERDERS MET ONDERSKEIDELIK 85% EN 95% REGENERASIE BY VERSKILLENDE INFLASIE- & RENTEKOERSE, GROEIKOERS 3%

| Interne rendabiliteit (%) | | | | | | | |
|---|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | 10,0 | 12,0 | 14,0 | 16,0 | 18,5 | 20,0 |
| I n f l (%) a s i e | 10,0 | R357 398 | R315 903 | R280 011 | R248 838 | R215 414 | R197 870 |
| | 12,0 | R390 682 | R344 833 | R305 250 | R270 936 | R234 219 | R214 981 |
| | 14,0 | R426 975 | R376 342 | R332 705 | R294 944 | R254 818 | R233 528 |
| | 15,0 | R446 330 | R393 130 | R347 321 | R307 714 | R265 457 | R243 375 |
| | 18,0 | R509 633 | R447 978 | R395 018 | R349 339 | R300 738 | R275 402 |

sie het met mekaar vergelyk word, is dit duidelik dat daar met 'n addisionele kapitaalbelegging van R25 800 (d.i. R82 300-R56 500) 'n totale besparing van R265 457 (d.i. R579 892-R314 435) in die 10 jaar periode gerealiseer word. (Die syfers kom uit tabelle 1 en 4).

Uit tabel 5 kan afgelei word dat indien die interne rendabiliteit 10% en die inflasiekoers 12% oor die 10 jaar periode sou wees, die totale besparing deur 'n melkpasteuriseerder met 95% regenerasie i.p.v. een met 85% regenerasie te gebruik R390 682 sou wees. Hierdie besparing is dus in werklikheid heelwat groter as die geval waar 'n interne rendabiliteit van 18,5% en inflasiekoers van 15% aanvaar is.

Die besparing in kapitaal wat teweeg gebring word deur die drukval te verhoog, is nie lonend nie, want dit word deur die addisionele energiekoste oorskry. Vergelyk bv. die twee pasteuriseerders, in die voorbeeld wat albei 85% regenerasie het, maar met drukvalle van respektiewelik 280 kPa en 520 kPa. Die besparing in kapitaalkoste is R1 300 maar die addisionele totale koste is R6 006.

Slotsom

In hierdie artikel is die gebruik van termo-ekonomie as 'n metode om ingenieursekonomiese keuses te maak weer eens gedemonstreer vir 'n reeks melkpasteuriseerders.

Deur die kontantvloei oor 'n 10 jaar tydperk te projekteer is die relatiewe belangrikheid van kapitaal- en bedryfskoste in ag geneem. In die geval van die pasteuriseerder was kapitaal relatief onbelangrik t.o.v. die totale koste maar in ander gevalle, soos bv. 'n stoomketelinstallasie (sien [8]) speel dit 'n groot rol.

In hierdie voorbeeld is slegs energiekoste beskou omdat eksgergiekoste dieselfde resultate sou lewer [7].

Indien opsies oorweeg word waar die gebruik van alternatiewe tegnologie ter sprake kom, sal eksgergiekoste meer realistiese resultate as energiekoste lewer (Gaggioli en Wepfer[1]).

Daar is aangetoon dat deur van pasteuriseerders met hoër regeneratiewe vermoëns gebruik te maak, groot kostebesparings gerealiseer kan word.

By die finale keuse van 'n pasteuriseerder is egter nie net termo-ekonomiese oorwegings ter sprake nie. Prosesoorwegings moet ook in ag geneem word. In hierdie artikel is prosesoorwegings nie in ag geneem by die evalueringproses nie en die nodige versigtigheid moet dus aan die dag gelê word met die finale implementering van resultate.

Bronnelys

1. Gaggioli, P. A., Wepfer, W. J., Exergy economics, Energy, Vol 5, No. 823, 1980.
2. Moran, M. J., Availability analysis – a guide to efficient energy use, Prentice Hall.
3. Bejan, A., Two thermodynamic optima in the design of sensible heat units for energy storage, Transactions of ASME, Vol. 100, 1978.
4. Bowater, F. J., Economic design for a large meat works refrigeration plant, Refrigeration and Air Conditioning, Vol. 92, No. 1099, 1989.
5. APV South Africa Ltd., Posbus 9448, Johannesburg, 2000, tel. (011) 444-7580.
6. Kessler, H. G., Food Engineering and dairy technology, Verlag A. Kessler.
7. Anonymous, Pumps principles and practise, S.A. Pump Manufacturers Association.
8. Nel, J. P., Energieoptimering van 'n suiwelfabriek, Magisterverhandeling in Ingenieurswese, Randse Afrikaanse Universiteit, 1991.