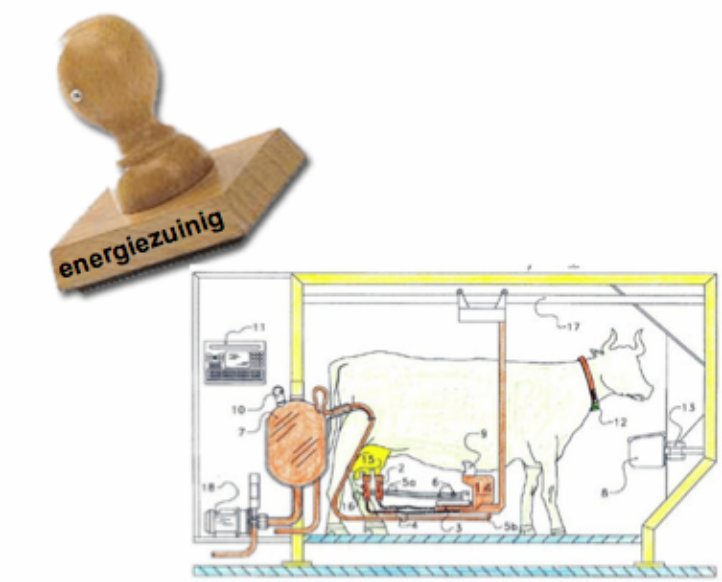
EINDRAPPORT



Melksystemen en melkrobots

Inzicht in energiegebruik

H. Wientjes
C. Rougoor

In opdracht van:
De werkgroep 'Schone en zuinige melkveehouderij'

Agentschap NL / Energie en Klimaat
T.a.v. mevrouw Ir. I. Smit
Postbus 8242
3503 RE UTRECHT

Uitgevoerd door:
DLV Rundvee Advies BV i.s.m. CLM
Uden, maart 2012

Inhoud

Inhoud 2

Samenvatting I

1 Inleiding 1
1.1 Aanleiding 1
1.2 Visie 1
1.3 Doel 2
1.4 Leeswijzer 2

2 Energieverbruik van melksystemen 3
2.1 Relevante bedrijfsprocessen en variabelen 3
2.1.1 Koe 3
2.1.2 Voer 4
2.1.3 Melkveehouder 4
2.1.4 Stal 4
2.1.5 Wachtruimte (met opdrijfhek) 4
2.1.6 Separateren 5
2.2 Conventionele melksystemen 6
2.2.1 Visgraat 6
2.2.2 Visgraat met rapid-exit 6
2.2.3 Zij-aan-zij 6
2.2.4 Zij-aan-zij rapid-exit 7
2.2.5 Swing-over 7
2.2.6 Swing-over rapid-exit 7
2.2.7 Tandem melkstal 7
2.2.8 Carrousel 8
2.3 Melkrobot 8
2.3.1 Technische beschrijving melkrobot 8
2.3.2 Bedrijfsprocessen Robotmelken 11
2.4 Energieverbruik verschillende melksystemen 12
2.4.1 Beschrijving van de database 12
2.4.2 Totaal electriciteits- en gasverbruik 13
2.4.3 Invloed van de bedrijfsomvang 17
2.5 Conclusies 20

3 Besparingsmogelijkheden 21
3.1 Besparingsopties conventionele systemen 21
3.1.1 Voorkoeler 22
3.1.2 Warmteterugwinning 23
3.1.3 Frequentieregelaar 23
3.1.4 Spoelbak isoleren en afdekken 24
3.1.5 Zonneboiler 24
3.1.6 Overcapaciteit compressor 24
3.1.7 Gecombineerde besparingsmogelijkheden 24
3.1.8 Factsheet gecombineerd 25
3.1.9 Factsheet melksysteem 27
3.2 Besparingsopties robot 31

3.2.1 Technische ontwikkelingen 31
3.2.2 Technologische ontwikkelingen 31
3.2.3 Management 31
3.2.4 Factsheet robot 1-box systeem 33
3.3 Onderlinge verbanden en overig electriciteitsgebruik 35
3.4 Conclusie 36

4 Energiecertificering van robots 38
4.1 De markt voor melkrobots 39
4.2 Variatie in energiegebruik van robots 39
4.3 Certificeringssystemen 40
4.4 Besluitvorming van melkveehouders 42
4.5 Conclusies certificering en labelling melkrobots 42

5 Conclusies en aanbevelingen 44
5.1 Energieverbruik melksystemen 44
5.2 Energieverbruik en technologische ontwikkelingen automatische melksystemen 45
5.3 Conclusies energieverbruik sector 46
5.4 Certificering melksystemen 47
5.5 Aanbevelingen 47

Bijlage 1 49

Terugverdientijden bij investeringen ten behoeve van energiebesparing

Bijlage 2 50

Toelichting op factsheets energieverbruik per melksysteem

Bijlage 3 56

Factsheets melksystemen

Samenvatting

Dit onderzoek is uitgevoerd naar aanleiding van het convenant 'Schone en zuinige agrosectoren'. Hierin wordt gestreefd naar vermindering van de uitstoot van broeikasgassen, productie van duurzame energie en het minimaliseren van het energieverbruik in de melkveehouderij. Dit onderzoek richt zich hierbinnen op het energieverbruik bij de melkwinning en de potentie van de energiebesparing die hierbij nog haalbaar is.

Hoofdstuk 2 beschrijft de automatische en conventionele melksystemen die in Nederland veel gebruikt worden, te weten de zij-aan-zij, tandem, visgraat, swing-over, carrousel en melkrobot. Naast het type melksysteem, beïnvloeden ook o.a. de koe (melkgift en melksnelheid), het voersysteem en het management van de melkveehouder het energiegebruik. Op basis van het electra- en gasverbruik op 472 bedrijven is bekeken wat het energiegebruik per bedrijf is, uitgesplitst naar type melksysteem dat gebruikt wordt. Door het gemiddelde privéverbruik hier in mindering op te brengen is het zakelijk gebruik in beeld gebracht.
Visgraat, zij-aan-zij en tandemmelkstallen hebben een relatief laag elektriciteitsverbruik per 1000 kg melk. De swing-over lijkt qua elektriciteitsgebruik zeer gunstig, maar dit is gebaseerd op slechts 3 waarnemingen. Op bedrijven met een melkrobot is het elektriciteitsverbruik per 1000 kg melk relatief hoog, ondanks een hoge bedrijfsproductie. Dit zou een efficiëntiewinst op moeten leveren. Voor bedrijven met conventionele melksystemen blijkt dat het elektriciteitsverbruik per 1000 kg melk (van het totale bedrijf en privé) afneemt van circa 65 kWh bij een bedrijfsproductie van 400.000 kg melk tot circa 45 kWh bij een bedrijfsproductie van 1.000.000 kg melk of meer.
Naast het melksysteem wordt het elektriciteitsverbruik op het melkveebedrijf door andere factoren bepaald, waaronder verlichting, ventilatie en mogelijke nevenactiviteiten. Uit praktijkervaring blijkt dat gemiddeld 2/3de van het elektriciteitsverbruik op het bedrijf toe te schrijven is aan het melken.

In hoofdstuk 3 zijn de mogelijkheden beschreven hoe energie bespaard kan worden op het gebied van melkwinning. Deze besparingsmogelijkheden bestaan uit technologische, technische en managementmaatregelen.
Technische besparingsopties zijn gebruik van een voorkoeler (terugverdientijd 3 jaar), warmteterugwinning (terugverdientijd 6 tot 10 jaar), frequentieregelaar (terugverdientijd 4 jaar), isoleren en afdekken van de spoelbak, zonneboiler en een goede capaciteit van de compressor.
Het blijkt dat op het gros van de bedrijven veel energie bespaard kan worden. Er lijkt door de melkveehouders weinig te zijn geïnvesteerd om energie te besparen, een reden kan zijn omdat de kosten die gepaard gaan met energiegebruik relatief laag is op melkveebedrijven. Echter met eenmalige investeringen of aanpassingen aan de bedrijfsvoering is structureel energie te besparen die direct of op termijn ook financieel aantrekkelijk zijn.
Met behulp van fact sheets wordt getoond waaruit het energieverbruik per systeem zou moeten bestaan bij een goed werkend systeem en welke besparingsmogelijkheden er zijn.

In hoofdstuk 4 wordt toegelicht welke mogelijkheden er zijn om melksystemen te certificeren naar energiegebruik. Bestaande energiecertificeringssystemen zijn o.a. het EU energielabel en het Europese Ecolabel. In praktijk blijkt dat energielabelling van producten voor de producenten een stimulans vormt om een zuiniger systeem te ontwikkelen. Nadeel vormt de administratieve last dat een label met zich mee brengt.
De variatie in elektriciteitsverbruik binnen melksystemen is groot, doordat elke gebruiker een unieke configuratie heeft en een uniek bedrijf. Daarnaast is de markt voor melkrobots in Nederland beperkt. Deze feiten maken dat certificering op nationaal niveau niet voor de hand ligt. Onafhankelijke informatieverstrekking over verschillen in elektriciteitsverbruik en over besparingsmogelijkheden lijkt een meer voor de hand liggende keuze. Op dit moment lijkt het energieverbruik van een systeem maar heel beperkt van invloed te zijn op de keuze voor een bepaald systeem. Actieve voorlichting kan maken dat melkveehouders het energieverbruik wel gaan zien als keuzecriterium.

De conclusies en aanbevelingen worden beschreven in hoofdstuk 5. Belangrijke aandachtspunten hierbij zijn dat het energieverbruik in de melkveehouderijsector zich ontwikkelt met de schaalvergroting en de voortschrijdende techniek. Er is binnen het melksysteem veel energie te besparen. Belangrijkste hierin is dat melkveehouders zich hiervan bewust raken.
Deze potentie van energiebesparing is echter per bedrijf compleet verschillend en kan achterhaald worden door een nauwkeurigere analyse. Dit stelt de ondernemer in staat om structureel minder energie te verbruiken voor de melkwinning, maar zeker ook op andere onderdelen binnen het melkveebedrijf.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het Convenant Schone en Zuinige agrosectoren streeft o.a. naar 2% energiebesparing per jaar. Binnen de melkveehouderij is het melken een bedrijfsonderdeel met een hoog energieverbruik.
Tegelijkertijd neemt de laatste jaren het gebruik van melkrobots toe.
De werkgroep 'schone en zuinige melkveehouderij' heeft CLM en DLV gevraagd inzichtelijk te maken wat het energiegebruik is van verschillende melksystemen, waaronder melkrobots, wat de mogelijkheden zijn van fabrikant en melkveehouder om dit energiegebruik te beperken en of labelling van de apparatuur een toegevoegde waarde heeft.
Deze informatie kan de werkgroep 'schone en zuinige melkveehouderij' vervolgens gebruiken om te communiceren naar de melkveehouderij.
Op deze wijze kan een praktische stap worden gezet om de ten doel gestelde energiebesparing daadwerkelijk te realiseren.

1.2 Visie

De automatisering op melkveehouderijbedrijven neemt met de jaren steeds verder toe, met name in de melkwinningstechniek.
De energiekosten zijn inmiddels dan ook een vaste kosten component van de totale kostprijs per kg melk. We zien dat de ontwikkelingen van melktechniek alsmaar verder gaan, voornamelijk om de arbeidsefficiëntie en de flexibiliteit van ondernemers te vergroten.
Deze ontwikkeling bevindt zich momenteel in turbulent vaarwater.
De concurrentie tussen de fabrikanten van melktechniek wordt beslecht op het gebied van de melkrobot. Delaval ontwikkelde een robot die met drie armen een carrousel kan bedienen en GEA (Westfalia) zegt op korte termijn een melkrobot op de markt te kunnen brengen waarbij met één arm vijf boxen worden bediend. Het energieverbruik per kilo geproduceerde melk (en daarmee een belangrijk onderdeel van de kostprijs per kilo melk) vormt voor de melkveehouder mogelijk een belangrijke factor bij de keuze voor een bepaald melksysteem.
Het is belangrijk dat melkveehouders zich ervan bewust zijn dat energie-gebruik bij het melksysteem een wezenlijk onderdeel is van de kwaliteit van het product. Ook dienen zij bewust te zijn van de energiebesparing-mogelijkheden, zowel voor financieel eigenbelang als voor de maat-schappelijke wens om zuiniger met energie om te gaan.

1.3 Doel

Doelen van dit project zijn:

1. Het inzichtelijk maken van het energiegebruik per kg melk van de verschillende melksystemen in verschillende bedrijfsomstandigheden.
2. Het inzichtelijk maken van mogelijke maatregelen om het energiegebruik van individuele ondernemers bij aanschaf en bij gebruik van de melkrobot te verminderen.
    - Welke verschillen zijn er tussen de genoemde melksystemen?
    - Welke variaties zijn er in de verschillende systemen voor melkrobots die op de markt zijn?
    - Welke verschillen in energieverbruik van eenzelfde systeem kunnen ontstaan ten gevolge van de bedrijfsprocessen (o.a. bezetting robot en aantal melkingen).
    - Welke ontwikkelingen zijn er te verwachten in de technologie van melkrobots en welke gevolgen heeft dit voor het energieverbruik?
    - Welke mogelijkheden zijn er om de robot energiezuiniger te maken, welke technische kansen en belemmeringen liggen er en welke niet-technische?
    - Welke maatregelen kan een melkveehouder zelf nemen om het energieverbruik van een melkrobot te beperken?
        - Wat zijn de kosten van de maatregel en wat zijn de te verwachten opbrengsten?
        - Randvoorwaarden voor een succesvolle toepassing.
3. Inzichtelijk maken van nut en mogelijkheden van energielabelling en/of –certificering van melkrobots.

1.4 Leeswijzer

In het rapport bespreken we de volgende onderwerpen:

- Inventarisatie van energiegebruik per kg melk van verschillende melksystemen (hoofdstuk 2).
- Verschillen in energieverbruik van melkrobots.
- Inventarisatie van mogelijkheden om robot energiezuiniger te maken (hoofdstuk 3).
- Mogelijkheden en nut van energielabelling en/of –certificering van melkrobots (hoofdstuk 4).
- Maatregelen die een melkveehouder kan nemen (hoofdstuk 3).
- Conclusies en aanbevelingen (hoofdstuk 5).

2 Energieverbruik van melksystemen

2.1 Relevante bedrijfsprocessen en variabelen

Het energieverbruik van het melksysteem (per 1000 kg melk) is afhankelijk van diverse bedrijfsprocessen. In grote lijnen zijn deze onder te verdelen in de volgende categorieën:

- Koe
- Voer
- Melkveehouder
- Stal
- Melksysteem
    - Conventioneel
    - Robot

Voor wat betreft de stal zijn er andere bedrijfsprocessen van toepassing als het gaat om een robot of conventioneel melksysteem. We bespreken deze processen hieronder.

2.1.1 Koe

De koe is van invloed op energieverbruik op het bedrijf. Voornamelijk kan het type koe de melksnelheid en dus het energieverbruik beïnvloeden. Een relevante variabele is de melkgift per koe. Koeien met een hoge melkgift vragen meer tijd tijdens het melken, waardoor de draaiuren per melking kunnen toenemen, maar per 1000 kg melk het energieverbruik daalt. Naast de melkgift zijn ook de lichaamsbouw/genetica van de koe en de activiteit van de koe van invloed op het energieverbruik op het bedrijf. Bij de lichaamsbouw/genetica van de koe zijn de vorm van het uier, de speenplaatsing en het slotgat van de spenen van invloed op de melksnelheid. In sommige gevallen is het uier dusdanig misvormd dat de koe in twee etappes wordt gemolken of dat het melkstel onvoldoende aangesloten kan worden, met het zuigen van valse lucht als gevolg. Indien er een frequentieregelaar op de vacuümpomp is geïnstalleerd, zal het toerental verhogen en dus het energieverbruik verhogen.
De activiteit van de dieren heeft invloed op de melksnelheid. Bij actieve koeien kan de tijd van het wisselen verkort worden en kan er een grotere capaciteit gerealiseerd worden. Bij een robot zal juist een verlaagde activiteit een positieve invloed hebben op het energieverbruik. Een lagere activiteit betekent dat er minder weigeringen zullen zijn en dat er per melking meer melk uit een koe komt. Per kilo melk betekent dit dat het energieverbruik wordt verlaagd. In de praktijk geeft een melkveehouder de voorkeur aan actievere dieren. Actievere dieren hoeven minder vaak handmatig naar de robot begeleid te worden.

2.1.2 Voer

Door bepaalde voersystemen kan bijvoorbeeld de activiteit van de koeien beïnvloed worden. Indien er alleen krachtvoer wordt toegediend in de melkstal / melkrobot zullen de koeien gestimuleerd worden om gemolken te worden. Bij de melkstal zal de wisseltijd verlaagd worden, bij de melkrobot zal het aantal weigeringen verhoogd worden.
Bepaalde ingrediënten in het voer (gisten/zetmeel/enz.) kunnen ook invloed hebben op de activiteit van koeien.

2.1.3 Melkveehouder

Het management van de melkveehouder is ook een variabele voor het energieverbruik. De keuze om bijvoorbeeld eerst de melkstal te reinigen voordat deze wordt afgezet staat vrij. Of in hoeverre wordt een koe behandeld voor een aandoening in de melkstal? Of wordt door het handelen van de melkveehouder de stress onder de dieren hoger waardoor ze moeilijker de melk laten schieten (en dus wordt de melksnelheid lager)? In hoeverre wordt er tijd besteed aan het reinigen van de spenen van de koeien voor het melken? Moeten de spenen ook gedipt worden na de melking? Heeft de melkveehouder personeel tijdens de melking waardoor de capaciteit van de melkstal wordt verhoogd?

2.1.4 Stal

Het type stal en vooral het geboden koecomfort en de beschikbare loopruimtes hebben ook invloed op het energieverbruik van het melksysteem. Door de (grotere) loopruimtes en de looproutes kan de aanvoer van koeien, en dus de wisseltijd in de melkstal beïnvloed worden. Daarnaast bestaat er ook de keuze om een aparte wachtruimte voor koeien te bouwen met daarbij een opdrijfhek. De voor- en nadelen hiervan worden hieronder omschreven.

2.1.5 Wachtruimte (met opdrijfhek)

De melkstalcapaciteit wordt beïnvloed door het melksysteem en door de bedrijfsprocessen daaromheen. Diverse bedrijfsprocessen en de variabelen hebben invloed op de wisseltijd van de koeien in het melksysteem en dus de melkstalcapaciteit. Hieronder zijn enkele bedrijfsprocessen omschreven die onder andere de wisseltijd van de koeien in het melksysteem beïnvloeden:

- Een wachtruimte achter de melkstal bevordert de doorloop van de koeien de melkstal in. Hierdoor wordt de tijd van het wisselen beperkt en dus bevordert dit de melkstalcapaciteit. Bij deze wachtruimte is het installeren van een opdrijfhek een optie.
  De melker hoeft niet meer de melkstal uit om koeien de melkstal in te begeleiden, de tijd van het wisselen wordt korter. Een opdrijfhek vraagt wel stroom.
- De ruimte tussen twee rijen ligboxen kan ook functioneren als wachtruimte. Deze ruimte is relatief smal, de doorloop van de koeien naar de melkstal wordt niet bevorderd. De melkstalcapaci-

teit is hierdoor niet even hoog als wanneer de koeien de beschikking hebben over een aparte wachtruimte zoals eerder omschreven. De wachtruimte tussen de ligboxen kan ook worden voorzien van een opdrijfhek, dit opdrijfhek moet wel voorzien zijn van stroom.

Er zijn meerdere typen opdrijfhekken. De capaciteit kan per opdrijfhek niet variëren, de capaciteit van de melkstal is bepalend. Echter bestaat er wel diversiteit tussen de opdrijfhekken qua stroombehoefte of luchtdrukbehoefte. De volgende variaties zijn mogelijk:

Traditioneel opdrijfhek (alleen beweging mogelijk naar voren of achteren)

Opdrijfhek opklapbaar (met extra drukcilinder om het hek te sluiten)

Opdrijfhek tussen ligboxen (met elektrische prikkels)

2.1.6 Separeren

Door de koeien na de melkstal te separeren hoeven bepaalde behandelingen niet plaats te vinden in de melkstal. De capaciteit van de melkstal blijft op niveau en koeien krijgen na de melking de benodigde behandeling(en). Er is een optie om de separatie van de koeien te automatiseren door middel van een automatische separatiebox. De benutting van de melkstal wordt geoptimaliseerd. De automatische separatiebox moet wel worden voorzien van stroom (voor de koeherkenning) en luchtdruk van de compressor (voor de cilinders die de poorten moeten openen/sluiten).
In de praktijk blijkt een separatiebox meer energie te verbruiken dan tijdens het melken wordt bespaard.

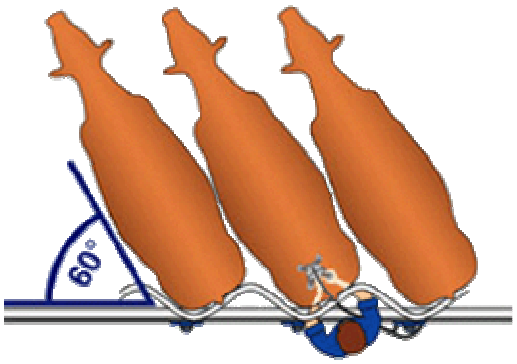
2.2 Conventionele melksystemen

Bij de verschillen in melksystemen wordt nadrukkelijk onderscheid gemaakt in de stand van de koe. De volgende opstellingen zijn mogelijk:

- Zij-aan-zij: de koeien staan naast elkaar, de melker moet tussen de achterbenen van de koe door om het melkstel aan te sluiten.
- Tandem: De koeien staan voor elkaar, de melker sluit het melkstel aan via de zijkant van de koe.
- Visgraat: De koeien staan schuin naast elkaar, het melkstel wordt via de achter- of zijkant aangesloten. Afhankelijk van de positie van de koe.

De verschillende conventionele melksystemen bespreken we hieronder.

2.2.1 Visgraat



De koeien staan schuin zoals in de afbeelding hiernaast. Het melkstel wordt via de achterkant van de koe aangesloten. In de praktijk wordt het melkstel, indien de gradenhoek kleiner dan 60° is, soms ook via de zijkant van de koe aangesloten. Voordeel van deze melkstal is dat er relatief veel koeien op een kleinere ruimte kunnen staan. Een nadeel is dat als er 1 koe langer over de melking doet, de rest van de koeien in de rij ook moeten wachten.
De hoeveelheid draaiuren van de melkstal worden hoger hierdoor.
Verder is er weinig hekwerk dat bij het open en sluiten energie nodig heeft (pneumatische energie).

2.2.2 Visgraat met rapid-exit

Een visgraat melkstal kan ook worden voorzien van de rapid-exit optie. Dit houdt in dat het hekwerk, aan de voorzijde van de koeien, omhoog gaat en dat de koeien rechtdoor kunnen lopen. De koeien zijn in zeer korte tijd weg zodat een nieuwe groep koeien de melkstal weer kan betreden. Het liften en het zakken van het hekwerk vergt luchtdruk, voor het creëren van luchtdruk is energie nodig. Echter kunnen draaiuren per melking wel gereduceerd worden. Een rapid-exit is qua investering alleen aantrekkelijk vanaf een 2x10 visgraat melkstal.

2.2.3 Zij-aan-zij

Het principe van de zij-aan-zij melkstal is bijna gelijk als die van de visgraat melkstal.
Echter staan de koeien bij de zij-aan-zij melkstal naast elkaar. Tussen de koeien in zitten kleine hekjes, als alle koeien in de rij zijn gemolken wordt het gehele hekwerk gelift.
De koeien hebben vrije bewegingruimte om weg

te lopen. Doordat het hekwerk wordt opgetild, de hiervoor benodigde luchtdruk vraagt energie. Per koeplaats zal deze melkstal meer energie verbruiken dan de visgraat-melkstal.

2.2.4 Zij-aan-zij rapid-exit

Ook deze melkstal kan worden voorzien van de rapid-exit optie. Door het hekwerk aan de voorkant van de koeien te liften kunnen de koeien rechtdoor lopen. De draaiuren worden lager waardoor dit systeem minder energie vraagt per 1000 kg melk.

2.2.5 Swing-over

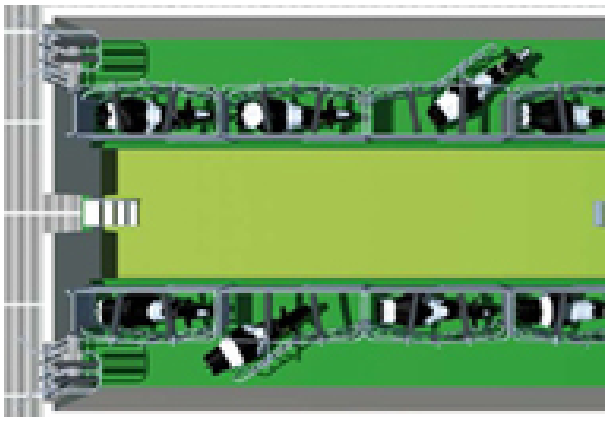
Op de foto hiernaast is een swing-over melkstal weergegeven. In een swing-over melkstal kunnen de koeien in de visgraat of zij-aan-zij houding staan. Wanneer er aan de ene kant van de melkstal koeien worden gemolken, kunnen de koeien aan de andere kant in- en uitlopen.
Het melkstel en de apparatuur hiervan zijn geïnstalleerd in het midden van de melkstal, deze moet voor beide zijden gebruikt worden. De swing-over melkstal heeft minder melkstellen, melkmeters en verwarmd spoelwater nodig. Hierdoor vraagt dit systeem relatief minder energie.

2.2.6 Swing-over rapid-exit

Ook deze melkstal kan worden voorzien van een rapid-exit systeem. In de praktijk wordt dit niet zo vaak toegepast, als het melkstel in gebruik is, is er aan de andere zijde ruim de tijd om de koeien in en uit te laten lopen.

2.2.7 Tandem melkstal

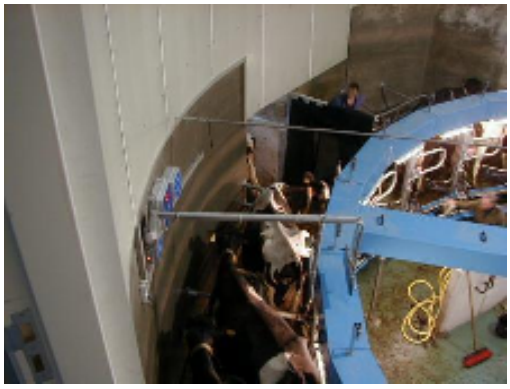
Bij de tandem melkstal staan de koeien voor elkaar. De koeien kunnen individueel in- en uit de melkstal lopen. Met dit systeem hoeven de andere koeien in de melkstal niet te wachten op een koe met een lage melksnelheid. Iedere koe kan individueel in en uit de melkstal, dit vraagt om meer energie naar het hekwerk. Het hekwerk wordt bediend met luchtdruk, geleverd door een compressor.



2.2.8 Carrousel

Binnen de carrouselmelkstal zijn twee varianten mogelijk, namelijk:

- Buitenmelker
  - Zij-aan-zij opstelling
- Binnenmelker
  - Visgraat opstelling
  - Tandem opstelling



Bij een carrousel draait de hele stal, inclusief koeien, terwijl ze gemolken worden. In de praktijk draait deze melkstal ongeveer 3 tot 5 ronden per uur. De koeien kunnen 1 voor 1 de carrousel instappen, worden gemolken en stappen na 1 ronde te hebben meegedraaid weer uit. Hierdoor wordt de melker weinig vertraagd met de op- of afloop van de koeien en dus kan er een iets hogere capaciteit worden gerealiseerd per standplaats. Echter heeft deze melkstal, als extra energiebehoefte, wel een motor voor de aandrijving van het platform nodig.
De koeien kunnen bij de binnenmelker in een tandem-opstelling of visgraatopstelling staan. Bij een visgraatopstelling kunnen er meer koeien op het platform staan, de motor voor de aandrijving is hierdoor efficiënter. De carrousel wordt nog efficiënter in energie wanneer de koeien zij-aan-zij zijn opgesteld zoals in een buitenmelker. Bij een buitenmelker kunnen koeien eventueel een tweede ronde maken, waardoor de carrousel niet hoeft te stoppen voor langzaam melkende koeien.

2.3 Melkrobot

2.3.1 Technische beschrijving melkrobot

De eerste robots werden in 1992 op de markt gebracht. Na de introductie van de Lely Astronaut en de Manus Miros volgden ook andere fabrikanten als DeLaval, Insentec, Packo Fullwood en WestfaliaSurge. De systemen van de fabrikanten waren destijds niet altijd allemaal even succesvol. Bekend zijn de problemen met de melkrobots van de Prolion-groep. WestfaliaSurge staakte zelfs de productie van haar Leonardo melkrobot in 2005 helemaal. Het bleek destijds economisch niet rendabel voor dit bedrijf dat behoort tot de grootste spelers op de markt van melkmachine-fabrikanten ter wereld.
Inmiddels hebben de melkrobots een grote technische ontwikkeling doorgemaakt en vervangen met succes de menselijke arbeid, benodigd in conventionele melksystemen. De laatste tijd is er een reeks aan nieuwe modellen op de markt gebracht, nog meer inspelend op de wensen van de klant en zuivelverwerkers.

Qua systeemopzet zijn er een aantal verschillen tussen de aanbieders:

- Fullwood, DeLaval en Lely leveren robots met een aparte arm per box.
- Gea levert robots waarbij 1 arm meerdere, in het verlengde van elkaar staande, boxen kan bedienen .

- SAC en Boumatic leveren robotsystemen waarbij 1 arm, 2 tegenover elkaar gepositioneerde boxen bedient.

Bovenstaande modellen staan op een vaste locatie in de stal. Ingegeven door de wenselijkheid van weidegang van melkvee worden er momenteel de eerste testen uitgevoerd met mobiele robots waarbij melkkoeien in de wei kunnen worden gemolken.

Gemeenschappelijke kenmerken van alle melkrobots zijn:

- Krachtvoergift in de robotbox afgestemd op de specifieke melkkoe.
- Reiniging van het gehele robotsysteem om de 8 uur (wettelijk verplicht).
- Mastitisherkenning tijdens het melken en het kunnen separeren van deze melk.
- Het naast het melken kunnen uitvoeren van voorbehandeling en desinfectie na het melken.

- Een maximaal aantal te melken koeien per robot/box. Wordt het aantal te melken koeien per robot/box groter dan +/- 65, dan zal er een extra robot bijgeplaatst moeten worden. Deze extra robot zal bij geleidelijke groei van het aantal melkkoeien in het begin veel overcapaciteit hebben en door deze onderbezetting een hoge kostprijs per gemolken kilo melk.

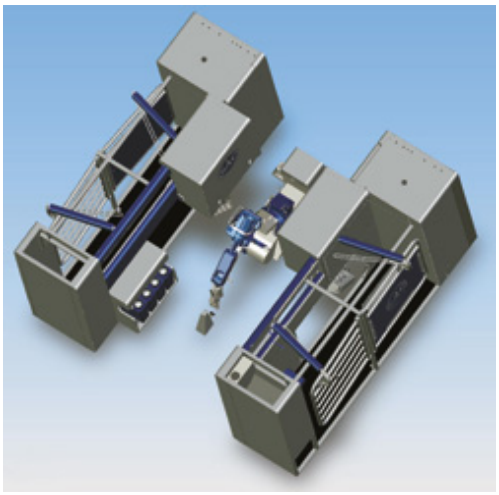
Melkrobots kennen echter ook de nodige verschillen, t.a.v.:

- het aantal uit te voeren melkingen per dag. Met een hoger aantal melkingen wordt het constante basis energieverbruik per melking lager;
- de hoeveelheid gebruikte warme reinigingswater per 1000 kg melk;
- de hoeveelheid verbruikte elektriciteit per 1000 kg melk;
- technische oplossingen om de melkkoe aan te sluiten op de melkbekers;
- de manieren van voorbehandeling: roterende borstels / waterpulsatie. Het ene type verbruikt daardoor meer water, het andere meer elektriciteit voor de borstelrotatie;
- de manier van wateropwarming benodigd voor de reiniging van het systeem. Zo heeft Lely een interne boiler waarmee het water elektrisch wordt opgewarmd. Robotmerken met externe wateropwarming hebben de keuzemogelijkheid om water elektrisch, dan wel met gas op te warmen. Water opwarmen met gas is energiekostentechnisch interessanter;
- de inzet van de robotarm per tijdseenheid. Een SAC robot bedient met 1 ‘’aansluitarm’’ twee boxen koeien. Naast het investeringsaspect heeft dit systeem ook invloed op het elektraverbruik.

In de volgende paragraaf zijn deze verschillen nader uitgewerkt.
Onderstaande foto's geven een impressie van de verschillende systemen.

DeLaval

Lely



SAC, 1 arm per 2 robotboxen, spiegelopstelling

Fullwood

GEA, 1 arm per 2 robotboxen, lijopstelling

Boumatic

2.3.2 Bedrijfsprocessen Robotmelken

Het energieverbruik van de melkrobot (per 1000 kg melk) is afhankelijk van de volgende aspecten die beïnvloedbaar zijn door de bedrijfsprocessen.

- De melksnelheid per melking per dag wordt beïnvloed door:
  - Genetica / type koe.
  - Instellingen robot.

De melksnelheid per koe kan behoorlijk variëren. Dit kan afhankelijk zijn van het type robot en de instellingen (o.a. vacuümhoogte) en van het type koe. De melksnelheid van de koe is vooral afhankelijk voor de mate waarin zij de melk laat schieten en de grootte van de slotgaten van de spenen.

- Aantal weigeringen per dag wordt beïnvloed door:
  - Activiteit koeien / type koe.
  - Of de robot al dan niet de enige krachtvoerbron is.
  - Afbouwen van melkgift, dus minder melkingen per dag (voor bijvoorbeeld droogzetten).
  - Instellingen.

De melkrobot kan een koe weigeren, de koe loopt zonder gemolken te worden door de robot. De koe is nog niet geschikt is om te melken, het tijdsinterval tussen de melkingen is te kort. Diverse bedrijfsprocessen spelen hierin een rol. Het is mogelijk dat een melkveehouder bepaalde koeien wel door de robot wil laten gaan voor bijvoorbeeld alleen het verstrekken van krachtvoer. Naast de instellingen in de robot is de activiteit van de koe en de gehele veestapel ook afhankelijk van het aantal weigeringen.

- Aantal mislukte melkingen per dag wordt beïnvloed door:
  - Karakter koeien / type koe
  - Verkeerde speenplaatsing / type koe

Door bijvoorbeeld misplaatsing van spenen bij dieren is de kans groter dat de melking vroegtijdig wordt afgebroken. De koe is niet gemolken maar de melkrobot heeft wel de koe voorbehandeld en geprobeerd het melkstel aan te sluiten. Door de instellingen kan bepaald worden op wat voor moment de melking afgebroken moet worden en hoeveel pogingen de robot mag doen om het melkstel aan te sluiten. Hoe meer pogingen, des te meer energie er wordt verbruikt.

- Aantal melkingen per koe per dag wordt beïnvloed door:
  - Instellingen robot
  - Activiteit koeien
  - Weidegang
  - Looplijnen stal

Het aantal melkingen per koe per dag kan beïnvloed worden door de eerder genoemde bedrijfsprocessen. Daarnaast zijn de instellingen van de robot ook van invloed op het aantal melkingen. Er kan besloten worden om een koe geleidelijk droog te zetten. Het interval tussen de melkingen wordt dan vergroot. Het aantal melkingen per dag wordt minder, hoogstwaarschijnlijk zullen het aantal weigeringen van de desbetreffende koe hoger worden. Door middel van weidegang wordt de afstand groter tussen de koe en de robot. Dit leidt in de praktijk vaak ook tot minder bezoeken aan de robot.

Het totale systeem van (verplichte) looplijnen kan variëren. Er zijn systemen waarbij de koe eerst gegeten moet hebben of waarbij de koe eerst de melkrobot moet passeren voordat er gegeten kan worden. Een soort van verplicht loopcircuit. Dit verplichte loopcircuit heeft weer invloed op het aantal weigeringen en melkingen per koe.

2.4 Energieverbruik verschillende melksystemen

2.4.1 Beschrijving van de database

De analyses in deze paragraaf zijn gebaseerd op een combinatie van twee CLM-databases en één DLV-database met o.a. de volgende gegevens van circa 575 melkveebedrijven:

- Melksysteem.
- Productiecijfers.
- Energiegebruik (elektriciteit, diesel, aardgas). Dit is het gebruik op het totale bedrijf, inclusief het privégebruik (er zijn geen gegevens beschikbaar waarbij specifiek is gekeken naar het elektriciteitsgebruik van enkel het melksysteem). In de analyses wordt gekeken naar het totale elektriciteitsgebruik (inclusief privé) en daarnaast zijn berekeningen uitgevoerd waarbij is gecorrigeerd voor privégebruik. Uitgangspunt hierbij is dat het gemiddeld privégebruik 5000 kWh per jaar is.

De dataset bestaat deels uit gegevens van bedrijven die de CLM-klimaatlat hebben ingevuld, deels uit gegevens die door een zuivelonderneming zijn verzameld op melkveebedrijven en deels uit een dataset waarbij voor 50 bedrijven een analyse is opgesteld.
Eerst is de complete dataset doorlopen en zijn de volgende aanpassingen doorgevoerd:

- Bedrijven waar het elektriciteitsgebruik lager dan 15 kWh of hoger dan 200 kWh per 1000 kg melk zou zijn, zijn verwijderd uit de dataset, omdat dit niet realistisch lijkt. Om deze reden zijn 26 bedrijven uit de dataset verwijderd. Eén bedrijf heeft een elektriciteitsgebruik van 196 kWh. Dit is een bedrijf met een carousselmelk-systeem en een bedrijfsproductie van minder dan 300.000 kg melk per jaar. Het melksysteem lijkt niet geschikt voor deze bedrijfsomvang. Daarom is besloten ook dit bedrijf buiten de steekproef te laten. Hierdoor is het hoogste elektriciteitsgebruik binnen de steekproef 173 kWh/1000 kg melk.
- Sommige bedrijven zijn verwijderd omdat het aantal opgegeven melkkoeien bijvoorbeeld geheel niet in overeenstemming was met de totale melkproductie, of een andere onduidelijkheid.
- Bedrijven met meer dan 3 miljoen kg melk zijn uit de dataset verwijderd, omdat deze bedrijven zo uitzonderlijk zijn en zo buiten het gemiddelde meetgebied vallen, dat deze de gemiddelden teveel zouden beïnvloeden.

De dataset is gebruikt om een indicatie te krijgen van het elektriciteitsgebruik op bedrijven met verschillende melksystemen en de variatie hierin.
De dataset kent beperkingen:

- Helaas is geen detailinformatie beschikbaar over de melkwinningsapparatuur op het bedrijf; of het bedrijf gebruik maakt van een voorkoeler, frequentieregelaar etc. is niet bekend.
- Van 50 bedrijven is informatie over het elektriciteitsgebruik voor andere bedrijfsprocessen, zoals beregening en stalverlichting bekend.
- Zo is niet voor alle bedrijven bekend of het elektriciteitsgebruik beïnvloed wordt door factoren buiten het melkveebedrijf om, bijvoorbeeld doordat het bedrijf een neventak heeft, zoals een varkenstak, een kaasmakerij, of een boerderijwinkel.
- Daarnaast is niet bekend of op het bedrijf zelf energie wordt opgewekt, bijvoorbeeld door een windmolen of zonnepanelen.

Door uitschieters in het elektriciteitsgebruik (naar boven en naar beneden) uit de dataset te halen, hopen we deze problemen zoveel mogelijk te hebben ondervangen.
Deze aanpassingen resulteerden in een dataset met 472 bedrijven.

2.4.2 Totaal electriciteits- en gasverbruik

Tabel 2.1. geeft gemiddelde waarden per melksysteem. Naast het elektriciteitsgebruik van het totale bedrijf inclusief privégebruik hebben we ook een correctie voor het privégebruik toegepast op basis van de gegevens van de 50 meer uitgebreide tests. Hieruit bleek het privé elektriciteitsgebruik per bedrijf gemiddeld op 5.000 kWh te liggen. Ook het gasgebruik is weergegeven, omdat op sommige bedrijven gas wordt gebruikt voor het verwarmen van het reiniging- en spoelwater.

Tabel 2.1. *Gemiddeld energiegebruik per jaar op bedrijven met verschillende melksystemen (bron: CLM en DLV databases)*

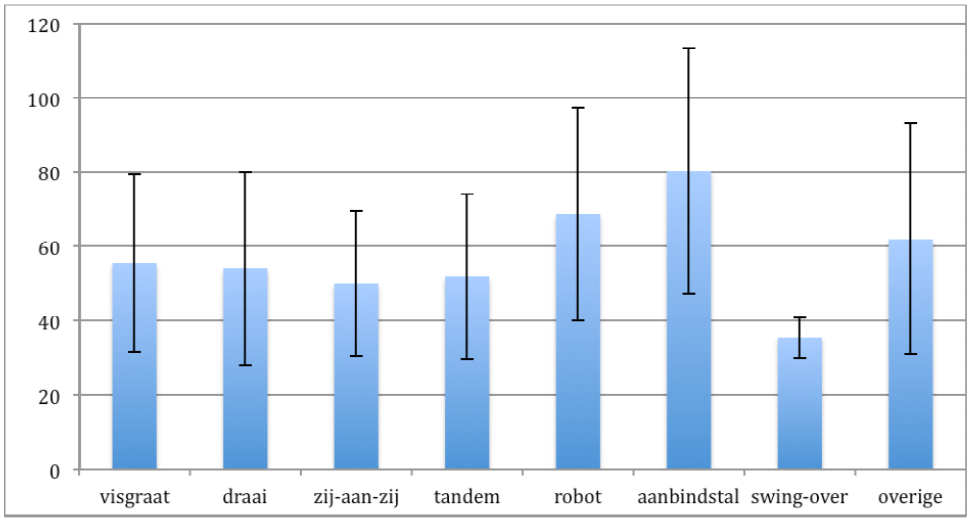
Melksysteem	**Aantal**	**Bedrijfsproductie** (kg/jaar)	**Productie/koe** (kg/jaar)	**Electriciteit** (/ 1000 kg melk)	**Idem excl prive**	**Gas** (m^3/1000 kg melk)	**Aantal koeien**
visgraat	259	636.248	8.219	56	46	6	78
draaimelkstal	17	1.514.020	8.226	54	48	5	189
Zij-aan-zij	79	795.516	8.345	50	43	5	96
tandem	20	494.669	7.783	52	43	9	63
Robot	51	887.512	8.710	69	62	9	104
Aanbindstal	28	293.853	7.153	80	60	12	41
Swing over	3	929.649	8.574	35	30	5	109
Overig	15	666.350	8.003	62	52	8	82
TOTAAL	**472**	**700.833**	**8.277**	**59**	**49**	**7**	**86**

Het gemiddelde dieselverbruik is niet vermeld, omdat dit niet gerelateerd is aan het melksysteem. Het gemiddelde dieselverbruik op alle bedrijven in de dataset bedraagt 8 kilo per 1000 kg melk.

Uit de tabel blijkt:

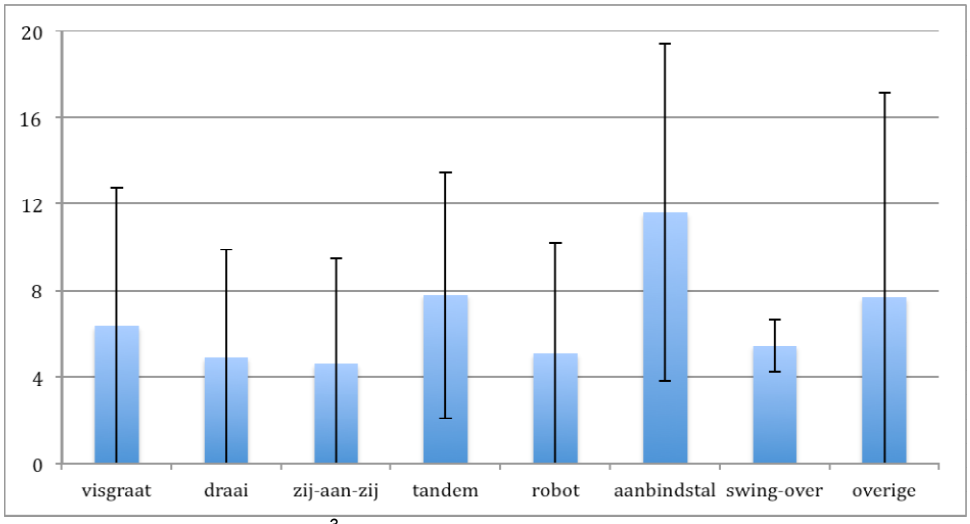
- Dat veruit het meeste geïnstalleerde melkstaltype een visgraat-melkstal betreft.
- Dat visgraat-, zij-aan-zij- en tandemmelkstallen een relatief laag elektriciteitsverbruik per 1000 kg melk hebben.
- Dat het totale elektriciteitsverbruik per 1000 kg melk op bedrijven met een melkrobot relatief hoog is, ondanks een hoge bedrijfsproductie.
- De aanbindstal laat een hoog elektriciteitsverbruik per kg melk zien, maar daarnaast ook het hoogste gasgebruik. Logischerwijs is het aantal melkkoeien per bedrijf het kleinst.
- Er zijn duidelijke verschillen in bedrijfsomvang tussen systemen. Hiervoor moet worden gecorrigeerd, anders is geen sprake van een eerlijke vergelijking.
- Het aantal bedrijven met een swing-over is te beperkt om een uitspraak over te kunnen doen, maar het lijkt energetisch een gunstig systeem.

Figuur 2.1. geeft het elektriciteitsgebruik per 1000 kg melk per melksysteem, inclusief de standaard deviatie. Uit deze figuur blijkt dat de variatie in elektriciteitsgebruik binnen een systeem groter is dan de variatie tussen systemen. Ditzelfde geldt voor het gasverbruik. Ook deze figuur is weergegeven (figuur 2.2.).



Figuur 2.1. *Electriciteitsverbruik (in kWh/1000 kg melk) van het gehele bedrijf en privé per type melksysteem, plus en min de standaarddeviatie.*

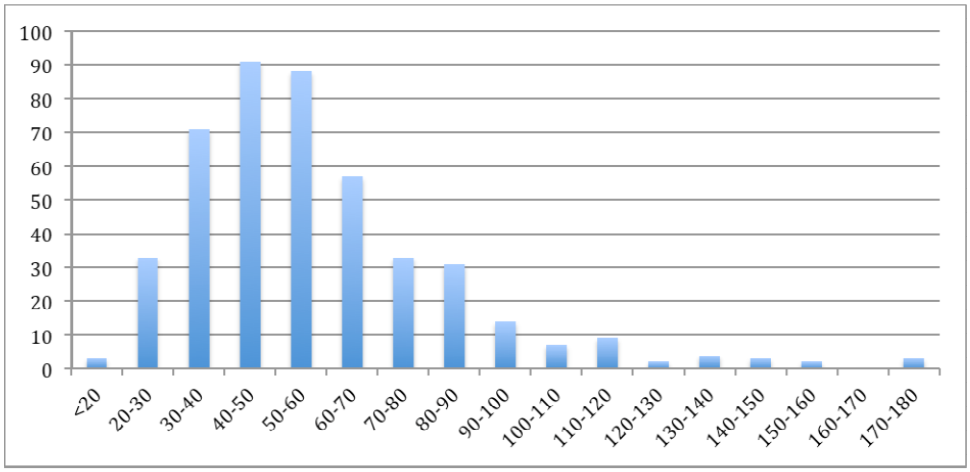
Het electriciteitsverbruik van bedrijven met een melkrobot kent een vrij grote standaarddeviatie. Bij onderbezetting van de robot, zal het electriciteitsverbruik onevenredig toenemen. Daardoor kan de grote variatie in electriciteitsgebruik tussen bedrijven met een melkrobot zijn ontstaan.



Figuur 2.2. *Gasverbruik (m^3 per 1000 kg melk) per type melksysteem.*

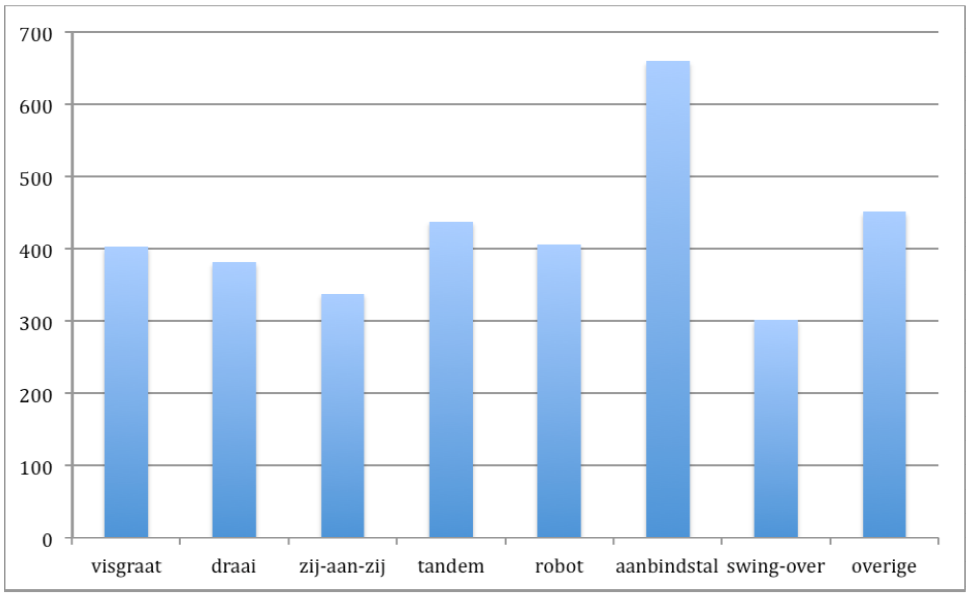
Het gasverbruik is vooral hoog op bedrijven met aanbindstal. Dit zijn de kleinste bedrijven, waardoor het gasverbruik per 1000 kg melk waarschijnlijk hoger ligt. De correlatiecoëfficient tussen gasverbruik per 1000 kg melk en totale bedrijfsproductie laat dit inderdaad zien. Deze is -0,38; een hogere bedrijfsproductie betekent een lager gasgebruik per 1000 kg melk.

De standaarddeviatie is een maat voor de spreiding van de uitkomsten rondom het gemiddelde. De standaarddeviatie gaat uit van een normale, symmetrische verdeling. Het elektriciteitsgebruik is echter niet geheel symmetrisch verdeeld, maar kent uitschieters naar boven; het verbruik varieert van 17 kWh tot 173 kWh/1000 kg melk. Bij een geheel normale verdeling geldt dat 68% van de waarnemingen ten hoogste 1 standaard-deviatie van het gemiddelde afwijkt. Figuur 2.3. laat zien dat het totale elektriciteitsverbruik van bedrijf en privé een scheve verdeling kent.



Figuur 2.3. *Aantal bedrijven per klasse, ingedeeld naar klasses van electriciteitsgebruik per 1000 kg melk*

In figuur 2.4. wordt het electriciteits- en gasverbruik gezamenlijk per melksysteem bekeken, uitgedrukt in MJ per 1000 kg/melk.

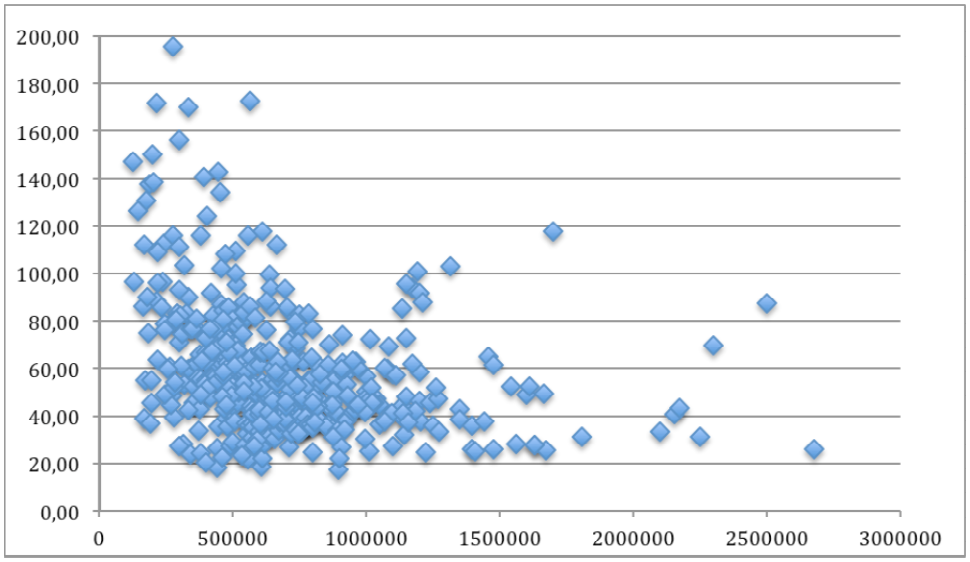


Figuur 2.4. *Totaal gas- en electriciteitsgebruik per melksysteem, uitgedrukt in MJ/1000 kg melk.*

Het valt op dat het gas- en electriciteitsgebruik op bedrijven met robot in deze figuur vergelijkbaar is met de conventionele systemen. Daarbij moet wel de kanttekening worden gemaakt dat de robotbedrijven gemiddeld groter zijn dan de bedrijven met visgraat of tandem. Dit zou een efficiëntiewinst op moeten leveren (zie volgende paragraaf).
Qua bedrijfsgrootte is het robotbedrijf vergelijkbaar met de bedrijven met een zij-aan-zij melkstal of een swing-over (zie ook tabel 2.1.). Bedrijven met deze twee systemen realiseren een lager energiegebruik dan de bedrijven met een robot.

2.4.3 Invloed van de bedrijfsomvang

Onderstaande figuur 2.5. geeft het electriciteitsgebruik per 1000 kg melk weer, afhankelijk van de totale bedrijfsproductie. Het electriciteitsgebruik per 1000 kg melk neemt af bij hogere bedrijfsproductie (correlatie is -0,30).



Figuur 2.5. *Electriciteitsgebruik (in kWh/1000 kg melk) op alle bedrijven afhankelijk van de totale bedrijfsproductie (in kg melk).*

De figuur laat zien dat de meeste efficiëntiewinst is te behalen bij schaalvergroting tot circa 1.000.000 kg melk. Daarna blijkt het electriciteitsgebruik per 1000 kg melk niet meer echt af te nemen.

2.4.3.1 Visgraatmelkstal

Om de invloed van bedrijfsomvang op het elektriciteitsverbruik te bepalen, is eerst binnen elk melksysteem de correlatiecoëfficiënt tussen de totale bedrijfsproductie en het elektriciteitsgebruik per 1000 kg melk berekend. Deze varieert tussen systemen van -0,3 tot -0,5. Binnen elk melksysteem geldt dus dat bij een hogere bedrijfsproductie, het elektriciteitsgebruik per 1000 kg melk afneemt. Meer dan de helft van het aantal bedrijven heeft een visgraatmelkstal. Onderstaande tabel geeft het elektriciteitsgebruik per productieklasse van bedrijven met een visgraatmelkstal. Hieruit blijkt een groot verschil in elektriciteitsgebruik tussen kleine bedrijven (tot 400.000 kg melk) en de bedrijven boven de 600.000 kg melk. Dit geeft aan dat het essentieel is het onderscheid naar bedrijfsgrootte te maken.

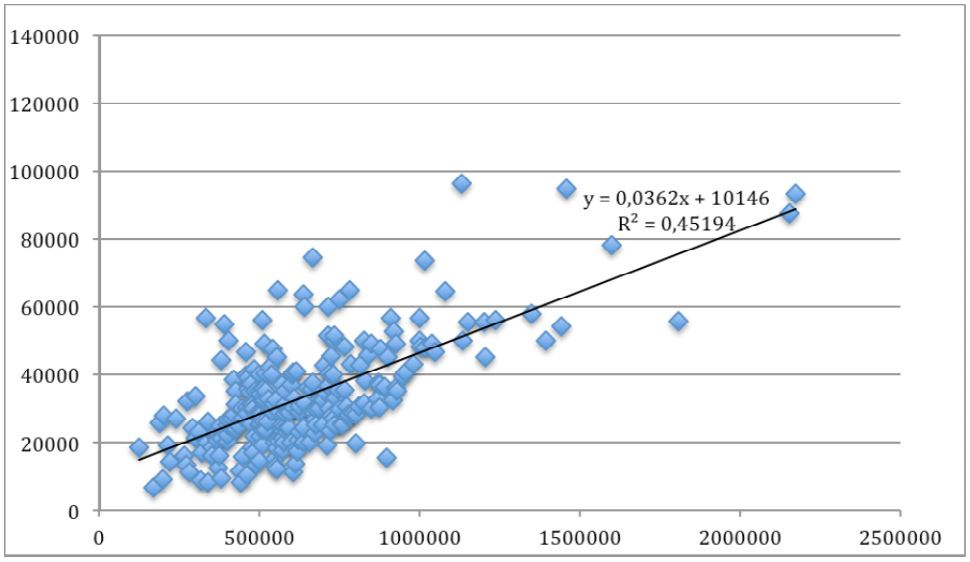
Tabel 2.2. *Melkproductie en electriciteitsgebruik per grootteklasse voor bedrijven met een visgraatmelkstal.*

	Gemiddelde totale productie	elektriciteit/ 1000 kg melk	Aantal bedrijven
tot 400.000 kg	306.739	74	36
400.000- 600.000	506.608	58	98
600.000 - 1.000.000	746.443	48	95
>1.000.000	1.315.856	49	21

Het totaal elektriciteitsgebruik op het bedrijf met een visgraatmelkstal is uitgezet tegen het productieniveau (zie figuur 2.6.). Hier is een regressielijn doorheen getrokken. De richtingscoëfficiënt bedraagt 0,0362. Dit betekent dat bij een toename van de bedrijfsproductie met 1000 kg, het totale elektriciteitsgebruik op het bedrijf 35,6 kWh toeneemt. De regressieformule kan worden gebruikt om te bepalen of een individueel bedrijf met een visgraatmelkstal meer of minder elektriciteit gebruikt dan het gemiddelde bedrijf:

Het gemiddelde elektriciteitsgebruik (in kWh totaal) op een bedrijf met visgraatmelkstal =

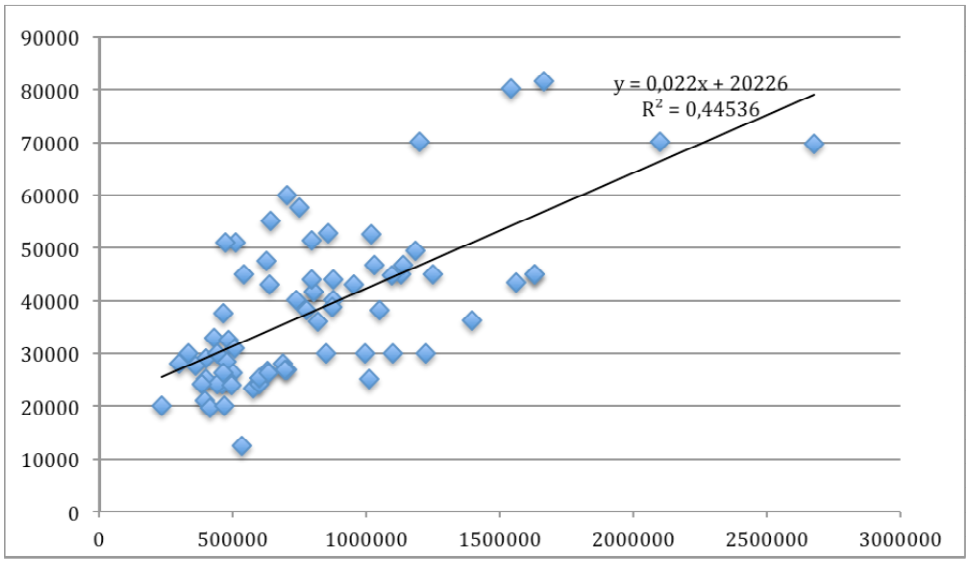
10.146 + 0,0362 x bedrijfsomvang in kg melk



Figuur 2.6. *Electriciteitsgebruik totale bedrijf bij verschillende productieniveaus op bedrijven met een visgraatmelkstal.*

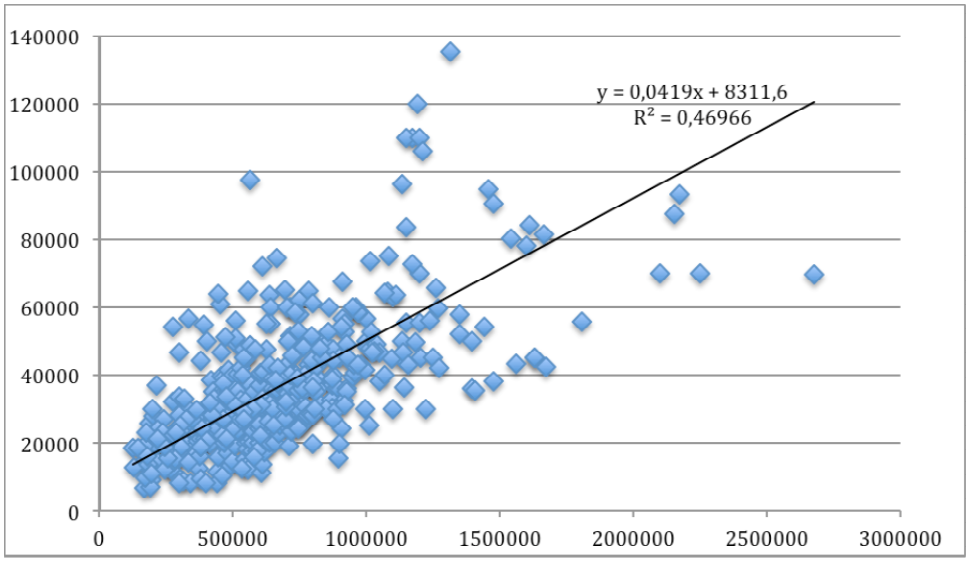
2.4.3.2 Zij-aan-zij melkstal

Figuur 2.7. geeft dezelfde informatie voor de zij-aan-zij melkstal.



Figuur 2.7. *Electriciteitsgebruik totale bedrijf bij verschillende productieniveaus op bedrijven met een zij-aan-zij melkstal.*

Een regressie op alle bedrijfsgegevens (alle typen melkstal) laat een vergelijkbare richtingscoëfficient zien als voor de visgraat. Dit staat weergegeven in figuur 2.8.



Figuur 2.8. *Electriciteitsgebruik totale bedrijf bij verschillende productieniveaus op alle bedrijven.*

We kunnen bovenstaande regressieformules ook gebruiken om per productieklasse een schatting te geven van het gemiddelde elektriciteitsgebruik. De resultaten hiervan staan weergegeven in tabel 2.3. Helaas is het aantal bedrijven te beperkt om ook voor de andere melksystemen deze regressie uit te voeren.

Tabel 2.3. *Gemiddelde electriciteitsgebruik (kWh per 1000 kg melk) bij verschillende melkstalsystemen (op basis van regressieformules voor het betreffende stalsysteem)*

Bedrijfsproductie	Visgraatmelkstal	Zij-aan-zij melkstal
400.000 kg melk	62	73
600.000	53	56
1.000.000	46	42

2.5 Conclusies

Uit de beschrijvingen komt naar voren dat sommige systemen technisch gezien minder energie vragen, terwijl andere systemen juist meer energie vragen:

- De melkrobot heeft veelal een hoger elektriciteitsverbruik per 1000 kg melk dan conventionele melksystemen. Dit ondanks het feit dat bedrijven met een melkrobot relatief groot zijn.
- De bedrijfsomvang blijkt een belangrijke factor voor het elektriciteitsgebruik per 1000 kg melk. Grote bedrijven hebben lager elektriciteitsgebruik per kg melk dan kleinere bedrijven. Dit kan een verschil tussen bedrijven tot circa 20 kWh per 1000 kg melk verklaren.
- Het Swing-over systeem vraagt relatief weinig energie, omdat minder melkstellen, melkmeters en verwarmd spoelwater nodig is. Het aantal bedrijven in de dataset die daadwerkelijk een swing-over heeft, is klein (slechts 3), maar het elektriciteitsgebruik van deze bedrijven is lager dan gemiddeld op andere bedrijven met andere melksystemen. Theorie en praktijk lijken daarmee met elkaar in overeenstemming; de swing-over is relatief energiezuinig.
- Bedrijfsgrootte als verklarende factor voor het totale elektriciteitsgebruik op het melkveebedrijf levert een R^2 van 0,46 op. Dit betekent dat het grootste deel van de variatie nog niet is verklaard. Mogelijk andere oorzaken zijn voor verschillen in elektriciteitsgebruik zijn:
    - Verschillen in bedrijfsopzet die van invloed zijn op het elektriciteitsgebruik buiten de melkwinning om (verlichting, ventilatie, maar ook mogelijke nevenactiviteiten zoals kaas maken).
    - Verschillen in doorgevoerde besparingsopties binnen het melksysteem. Deze bespreken we in het volgende hoofdstuk.
    - Verschillen in werkwijze / management van de melkveehouder.

In het volgende hoofdstuk proberen we meer inzicht te krijgen welke besparingsopties er zijn, welke invloed dit heeft op het elektriciteitsgebruik en welke verschillen in elektriciteitsgebruik toe te schrijven zijn aan andere factoren, waaronder management.

3 Besparingsmogelijkheden

Het energieverbruik door het melksysteem kan worden verlaagd door eenvoudige besparingsmogelijkheden die de melkveehouder zelf kan nemen. Eerst gaan we in op de besparingsmogelijkheden van conventionele systemen. In paragraaf 3.2 gaan we in op de besparingsmogelijkheden bij gebruik van een robot. Er zijn een drietal besparingsmogelijkheden te noemen, technisch, technologisch en via managementmaatregelen. Voor al deze besparingsmogelijkheden geldt dat een correcte uitvoering van de maatregel essentieel is voor het effect op de besparing in het energieverbruik.

3.1 Besparingsopties conventionele systemen

De conventionele melksystemen bieden verschillende aanknopingspunten voor energiebesparing. Enkele concrete maatregelen zijn:

- Zorg dat de koelinstallatie en melktank op koele plek zijn opgesteld. Bij voorkeur op het noorden/noordoosten. Zorg er tevens voor dat de koelmachine geen warme compressor lucht aanzuigt. Zuig alleen buitenlucht aan door de ruimte naar het koelrooster af te dekken.
- Maak regelmatig de condensor van de koelmachine schoon zodat deze optimaal kan koelen. Vuile condensor vraagt meer energie om dezelfde hoeveelheid melk te koelen.
- Stem de capaciteit van de koelmotor af op de grootte van de melkkoeltank. Let op: indien er een voorkoeler is geplaatst kan er met een lichtere koelmotor gekoeld worden omdat de melk al voorgekoeld de tank in komt.
- Kies voor melktank met maximale isolatie.
- Isoleer waterleidingen en houdt de afstanden zo kort mogelijk vanaf de spoelbakken naar de melkstal en melkkoeltank.
- Kies juiste vermogen voor vacuümpomp. Dus stem de motor af op de grootte van de aandrijving van de vacuümpomp.
- Probeer de melktijd per 100 l melk te beperken, door eerst taaimelkende koeien goed voor te behandelen alvorens aan te sluiten, dan pas de vlotmelkende koeien. Laat tevens de melkmachine niet onnodig draaien, dus pas aanzetten als de melkstal melkgereed is.
- Onderhoud melkmachine goed: filters op tijd verwisselen, olie bijvullen of verversen. Vervang tevens de schoepen van de melkpomp op tijd, zodat deze optimaal blijft werken en niet onnodig langer gaat draaien.
- Stem de capaciteit van de vacuumpomp af op het aantal melkstellen.

Bij de aanschaf van apparatuur is het altijd belangrijk om het af te stemmen op het aantal melkstellen. En het aantal melkstellen oftewel de grootte van de melkstal moet afgestemd zijn op de grootte van de veestapel.

Hieronder gaan we in op enkele technische mogelijkheden die specifiek ontwikkeld zijn om energie te besparen.
De te realiseren besparingen van onderstaande technische mogelijkheden is door metingen vastgelegd. Deze metingen zijn destijds uitgevoerd door het voormalige IKC, Informatie en Kennis Centrum; dit kenniscentrum is nu ondergebracht bij de WUR.
Tevens is het mogelijk om verschillende technische mogelijkheden gecombineerd uit te voeren. Indien mogelijk wordt het bij onderstaande mogelijkheden aangegeven.
Bij een aantal technische mogelijkheden wordt aan de hand van een aantal uitgangspunten de terugverdientijd vermeld. De terugverdientijd geeft aan binnen hoeveel jaar de investering is terugverdiend. De grote variabele binnen deze berekeningen is het aantal te leveren kilo's melk.
De genoemde terugverdientijden zijn op basis van een bedrijf met een leverantie van 1.000.000 kg melk. Voor de onderbouwing van deze terugverdientijden zie bijlage 1.

3.1.1 Voorkoeler

Melkkoeling biedt de mogelijkheid om op goedkope wijze water te verwarmen door gebruik te maken van een voorkoeler. Met een voorkoeler kunt u het benodigde aantal draaiuren van de koelmachine en dus kosten voor het koelen van de melk verlagen. Indien melk met een voorkoeler naar 20 graden teruggekoeld wordt, verminderd de standaard koeltijd met circa 40% . De melk hoeft nu niet van 32 graden naar 4 graden gekoeld te worden maar van 20 graden naar 4 graden. Dit geeft een besparing van 40% op koelkosten. In de praktijk blijkt de melk nog verder teruggekoeld te worden, tot ca. 13 graden. Bij het terugkoelen tot 13 graden kan de besparing oplopen tot 70%. Deze spreiding, besparing van 40-70%, kan veroorzaakt worden door verschillende factoren, bijv. bronwater i.p.v. leidingwater. Tevens het type voorkoeler is doorslaggevend voor de besparing, een platenkoeler blijkt efficiënter dan een buizenkoeler. Ook het gebruik van een frequentieregelaar op de melkpomp geeft een efficiëntere afkoeling van melk.
Extra technieken voor het optimaliseren van de voorkoeler zijn: een lagere pompsnelheid, een melkremmer die de toestroom melk doseert, of een bypass waardoor de melk indien nodig nogmaals door de voorkoeler stroomt.

Daarnaast kan er onderscheid worden gemaakt in efficiëntie van koelmachinetypes. De efficiëntere koelmachines, uitgerust met scroll-compressoren, onderscheiden zich door minder stroomverbruik per kilogram gekoelde melk.

De terugverdientijd bij aanschaf van een voorkoeler is ca. 3,1 jaar.

Uit de database van DLV met de uitgebreide analyse van 50 bedrijven blijkt dat ongeveer 60% van de bedrijven met een voorkoeler werkt.

3.1.2 Warmteterugwinning

Het principe van warmteterugwinning berust op een warmtewisselaar die de hete koelgassen van de koelmotor indirect langs een koude waterstroom leidt. De warmte die beschikbaar komt om twee kilo melk te koelen van 35 graden Celsius tot 4 graden Celsius is toereikend om één kilo water op te warmen van 10 graden naar 45-55 graden Celsius.
Het water voor de reiniging hoeft dan niet van koud naar 80 graden Celsius verwarmd te worden maar van 45 – 55 graden naar 80 graden Celsius. Dit geeft een besparing van 35-50% op verwarmingskosten water. De besparing laat een spreiding zien van 35-50%. Deze spreiding wordt voornamelijk veroorzaakt door het aantal te koelen liters melk in de tank. Des te meer liters warme melk in de tank des te efficiënter de warmteterugwinning werkt. Tevens is het van belang dat warmteterugwinning goed geïsoleerd is, zodat deze z'n warmte kan vasthouden.

De terugverdientijd bij aanschaf van warmteterugwinning is bij gebruik van een electroboiler ca. 6,2 jaar en bij een boiler op propaangas ca. 9,6 jaar.

Een voorkoeler kan gecombineerd worden met een warmte terugwinning. Bij deze combinatie is het wel belangrijk dat er voldoende kilo's geleverd worden. Namelijk de voorkoeler haalt warmte uit de melk en de warmteterugwinning heeft juist de warmte nodig uit de melk voor een optimale besparing. Deze combinatie wordt interessant bij een quotum vanaf ca. 750.000 kg melk. Als er minder kilo's worden geleverd kan de besparing niet bij elkaar opgeteld worden.

Uit de database van DLV met de uitgebreide analyse van 50 bedrijven blijkt dat ongeveer 65% van de bedrijven met warmteterugwinning werkt.

3.1.3 Frequentieregelaar

Een frequentieregelaar verlaagt het toerental (de frequentie) van een motor, waardoor de machine minder energie verbruikt. Een sensor traceert hoe hoog de vacuümbehoefte is en deze geeft een seintje aan de frequentieregelaar. Daardoor reduceert de sensor tot ca. 60% van de overcapaciteit van de vacuümpomp en neemt het stroomverbruik af met ca. 40%. De werkelijke besparing is afhankelijk van de overcapaciteit van de pomp en het aantal draaiuren.
De vacuümpomp draait tijdens het reinigen op 100% en tijdens het melken op 60% van de capaciteit van de vacuümpomp. De energiebesparing kan oplopen tot ca. 70% bij gebruik van een pomp met overcapaciteit.
Dit is sterk afhankelijk van het type vacuümpomp en de omstandigheden tijdens het melken. Een watergekoelde vacuümpomp geeft minder besparing dan een oliegesmeerde vacuümpomp. Tevens zal bij veel valse luchtinslag in het circuit, door bijv. te veel luchtzuigen bij aansluiten, de besparing ook minder zijn.

De terugverdientijd bij aanschaf van een frequentieregelaar is ca. 3,9 jaar.

3.1.4 Spoelbak isoleren en afdekken

De melkinstallatie wordt 2 maal daags na het melken gereinigd. Tijdens de reiniging loopt de spoelbak vol met water van minimaal 70 graden. De tijdsduur van dit vullen is afhankelijk van de waterdruk. Door de spoelbak te isoleren en af te dekken wordt de warmte vastgehouden en hoeft er niet extra bijverwarmd te worden. Deze isolatie en afdekking geeft een besparing van 5% op de verwarmingskosten.

3.1.5 Zonneboiler

Bij het gebruik van een zonneboiler is de temperatuur van het water in de boiler van belang voor de besparing die gerealiseerd kan worden. Is het een mooie zonnige dag dan zal de besparing hoger liggen dan op een bewolkte dag. De besparing wordt dan gerealiseerd in de verwarmingskosten. Bij een zonnige dag loopt de besparing op tot 20%. De zonnecollector (warm waterproductie) en warmteterugwinning zijn "concurrenten" van elkaar. De opbrengst van de zonnecollector is afhankelijk van de buitentemperatuur en daarmee gering in de winterperiode. Warmteterugwinning kent dit nadeel niet en heeft dan ook de voorkeur bij voldoende draaiuren van de koelmachine. De zonnecollector wordt dus ook niet meegenomen in de factsheet omdat dit voor een melkveehouderijbedrijf geen meerwaarde geeft. Energie besparen bij het maken van warm water is het meest voordelig in combinatie met warmteterugwinning. Een melkveebedrijf heeft altijd warme melk voor de warmteterugwinning ter beschikking. Indien de keuze niet valt op warmteterugwinning is ook een gasboiler nog interessanter dan een zonneboiler omdat je bij een gasboiler altijd heet water hebt voor de hoofdreiniging.
Belangrijk bij de gasboiler is dat deze op een verhoogde, windvrije plek staat in de machinekamer. Tevens is het van belang om regelmatig de anode schoon te maken om afzet van kalk op de wisselaar te voorkomen.

3.1.6 Overcapaciteit compressor

Het is belangrijk dat een compressor overcapaciteit heeft. Deze overcapaciteit is nodig om niet bij het geringste luchtverbruik gelijk te moeten aanslaan en dat deze ook de tijd krijgt om af te koelen. Wij schatten de besparing op 10%. Om hier meer duidelijkheid over te krijgen zullen we het in de praktijk moeten gaan meten.

3.1.7 Gecombineerde besparingsmogelijkheden

Voorkoeler en warmteterugwinning
Een voorkoeler kan gecombineerd worden met een warmteterugwinning. Bij deze combinatie is het wel belangrijk dat er voldoende kilo's geleverd worden. Namelijk de voorkoeler haalt warmte uit de melk en de warmteterugwinning heeft juist de warmte nodig uit de melk voor een optimale besparing. Deze combinatie wordt interessant bij een quotum vanaf ca. 750.000 kg melk. Als er minder kilo's worden geleverd kan de besparing niet bij elkaar opgeteld worden.

De frequentieregelaar kan met alle besparingsmogelijkheden gecombineerd worden en zal zijn totale besparing handhaven.

De spoelbak isoleren en afdekken kan meegenomen in het dagelijks handelen en behoudt ook zijn besparing in combinatie met de andere besparingsmogelijkheden.

De zonneboiler zal in de praktijk niet gecombineerd worden met de warmteterugwinning. Er zal dan eerder voor de warmteterugwinning gekozen omdat de warmteterugwinning een minder weersafhankelijk systeem is dan de zonneboiler.

3.1.8 Factsheet gecombineerd

In bijlage 3 zijn de factsheets per melksysteem weergegeven, een gedetailleerde onderbouwing is te vinden in bijlage 2. Hieronder is een verzameltabel weergegeven van die factsheets. Zoals is weergegeven is er bij technische besparingen het meeste voordeel te realiseren.
Dit voordeel is gebaseerd op de reductie van energieverbruik door:

- Voorkoeler
- Warmteterugwinning
- Frequentieregelaar vacuümpomp
- Frequentieregelaar melkpomp
- Overcapaciteit compressor
- Gasboiler i.p.v. elektrische boiler
- Zonneboiler (indien geen warmteterugwinning)
- Geïsoleerde spoelbak

Het huidig verbruik is berekend op basis van de huidige actuele melksystemen die aan melkveehouders worden aangeboden. Dit is geen werkelijk gemiddeld verbruik, maar is daaraan wel gecorreleerd. Er zijn ook diverse metingen gedaan in de praktijk. Te denken aan metingen bij melkstallen met groottes van 2*6, 2*8 en 2*10. De genoemde besparing bestaat uit de besparing die maximaal mogelijk is door alle technische besparingsmogelijkheden toe te passen en de management besparingsmogelijkheden die (per saldo) energie besparen. Het verschil tussen tabel 2.1 en 3.1 wordt toegelicht in paragraaf 3.3 en 3.4.

Het blijkt dat het gemiddelde verbruik van de conventionele melksystemen (afhankelijk van bedrijfsgrootte) dicht bij de kolom ‘huidig verbruik’ ligt, terwijl voor de robot de besparing al beter benut is en dit gemiddelde dichter bij het absolute minimum is.

Tabel 3.1. *Overzicht van het berekende gebruik van melksystemen op bedrijven van verschillende groottes en de besparingsmogelijkheid.*

Type systeem	Berekend verbruik melksysteem	besparing mogelijk (technisch)	mogelijk (manageme	absoluut minimum
2*6 visgraat	31,50 KWh	-13,48 KWh	-1,06 KWh	**16,96 KWh**
2*10 visgraat	32,73 KWh	-13,74 KWh	-1,05 KWh	**17,94 KWh**
2*10 zij-aan-zij	31,19 KWh	-12,79 KWh	-1,03 KWh	**17,36 KWh**
2*12 zij-aan-zij	32,60 KWh	-13,42 KWh	-1,16 KWh	**18,01 KWh**
24 stands binnen	30,88 KWh	-12,55 KWh	-1,12 KWh	**17,21 KWh**
28 stands binnen	30,05 KWh	-12,12 KWh	-0,95 KWh	**16,98 KWh**
48 stands buiten	30,17 KWh	-11,66 KWh	-0,81 KWh	**17,70 KWh**
2*20 swing-over	26,38 KWh	-11,01 KWh	-0,75 KWh	**14,63 KWh**
2*24 swing-over	25,46 KWh	-10,48 KWh	-0,62 KWh	**14,36 KWh**

In de tabel hieronder staat informatie over het gehele bedrijf en het bijbehorende melksteem daarvan. Deze gevevens gelden ook als achtergrond informatie die horen bij alle factsheets (bijlage 3)

Tabel 3.2. *Overzicht van het type bedrijven die zijn gebruikt om het energieverbruik te bepalen in de voorgaande tabel. De melkproductie per koe varieert tussen de 8.000 en 9.000 kg melk.*

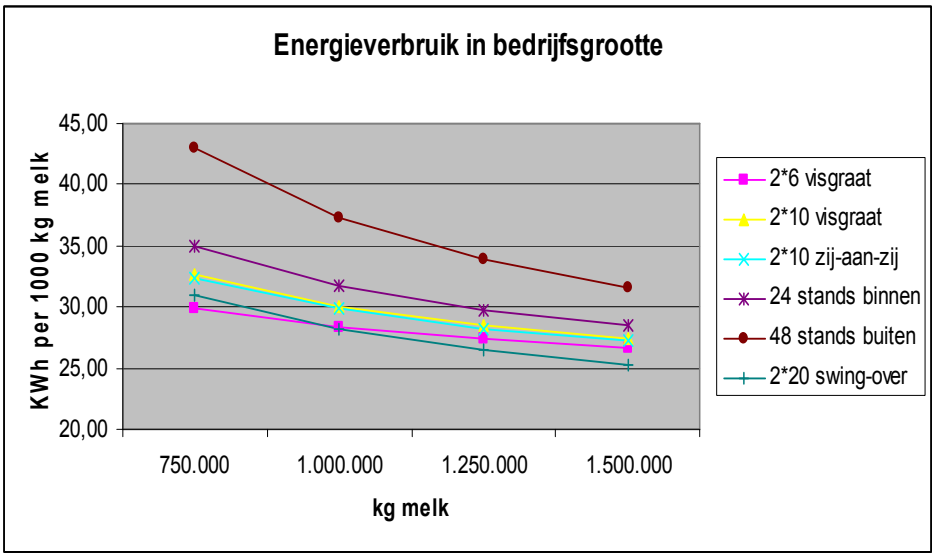
Type systeem	aantal koeien	aantal kg melk geleverd per jaar	capaciteit per uur	aantal ronden per uur
2*6 visgraat	70	600.000	42	3,5
2*10 visgraat	90	750.000	70	3,5
2*10 zij-aan-zij	100	850.000	80	4
2*12 zij-aan-zij	110	950.000	96	4
24 stands binnen	130	1.100.000	108	4,5
28 stands binnen	140	1.200.000	126	4,5
48 stands buiten	200	1.700.000	192	4
2*20 swing-over	160	1.300.000	140	3,5
2*24 swing-over	180	1.500.000	168	3,5

Zoals is weergegeven in de tabel varieert het energieverbruik per type melkstal behoorlijk. Het energieverbruik van de melkstal is opgesplitst in de volgende onderdelen:

- Koeling
- Melking
- Verbruik warm water
- Spoeling

Zowel de koeling als verbruik warm water en spoeling zijn onderdelen die minimaal variabel zijn. Om de melk koel te krijgen is er een vaste energiebesparing door een voorkoeler van 40% tot 70%. Bij de factsheets is er uitgegaan van een besparing van 40%. Het verbruik van warm water is berekend op het aantal melkstellen en de spoeling is berekend op een paar vaste tijden. Het komt erop neer dat vooral het energieverbruik van de melking lager wordt bij een grotere melkstal. De overige onderdelen zijn hoger, waardoor een grotere melkstal uiteindelijk minder gunstig uitkomt. Het is belangrijk dat een grotere melkstal die ook meer capaciteit heeft voldoende is afgestemd om de grootte van de veestapel.

Naarmate er meer koeien worden gemolken (met een gelijke productie per koe) verandert het energieverbruik van het melksysteem. Een grotere melkstal is energiezuiniger tijdens het melken. Door de grote capaciteit die gerealiseerd wordt, wordt bijvoorbeeld de vacuümpomp efficiënter benut. Door een frequentieregelaar op een vacuümpomp wordt dit deels gecorrigeerd. De keuze van de meest interessante melkinstallatie is afhankelijk van het productieniveau op het bedrijf. Dit is ook te zien in figuur 3.1. Deze figuur is indicatief en kan per bedrijf en melksysteem verschillen. In deze figuur is er geen rekening gehouden met besparingen door technisch of management maatregelen.



Figuur 3.1. *Energieverbruik per melksysteem bij verschillende productieniveau's.*

3.1.9 Factsheet melksysteem

Voor elk van de genoemde systemen in paragraaf 3.1.8 is een factsheet opgesteld die het energieverbruik en de haalbare besparing inzichtelijk maakt. Met behulp van deze factsheets wordt getoond waaruit het energieverbruik per systeem zou moeten bestaan bij een goed werkend systeem. Dit is uitgesplitst in een overzicht met technische besparings-mogelijkheden en een overzicht met managementsbesparingen.

De factsheets zijn gebaseerd op het gemiddelde verbruik van de melksys-temen uit de dataset aangevuld met berekeningen op basis van actuele offertes voor elke specifieke configuratie. In de factsheets zijn ook praktijkmetingen ingebracht. Er is duidelijk te zien dat er veel variatie is in het energieverbruik in de praktijk. De achterliggende theorie hiervan staat omschreven in er eerste gedeelte van dit hoofdstuk, eventuele correcties hierop zijn aangepast. Één van de correctie is het energieverbruik voor het opwarmen van het water. Bij de metingen is het energieverbruik van het benodigde warme water voor zowel de tank als de melkstal gemeten. Er is vanuit gegaan dat er ongeveer voor 25% van het warme water is gebruikt voor het reinigen van de melktank, het overige warme water is gebruikt voor de melkstal. Er zijn alleen metingen verricht bij melkstallen met groottes van 2*6, 2*8 en 2*10. Deze metingen zijn verwerkt in de factsheet, bijbehorend bij iedere melkstaltype en – grootte. Bij melkstallen

zoals de swing-over, en de roterende melkstallen zijn er geen praktijk-metingen verricht. Bij deze factsheets staan er metingen uit de praktijk van de 2*10 melkstal.

Onderstaande figuren 3.2 en 3.3 laten achtereenvolgens een factsheet zien van een 2x6 visgraat melkstal. In bijlage 2 is de toelichting te vinden op de factsheets met de uitleg van de onderdelen waar de factsheets uit zijn opgebouwd. In bijlage 3 zijn de factsheets zichtbaar van de overige melksystemen.

***Figuur 3.2**. Factsheet techniek invloed op het energieverbruik van een 2x6 visgraat melkstal.*

Melksysteem / management 2*6 visgraat

besparing = per melking		besparing/1000 kg melk KWh	besparing/1000 kg melk €	benodigde extra energie met optie (KWh / 1000 kg melk)	uiteindelijke besparing / 1000 kg melk KWh	uiteindelijke besparing / 1000 kg melk €
koe						
melksnelheid door genitica dier		0,42	€ 0,07	0,00	0,42	€ 0,07
karakter dier (aftrappen?)		0,28	€ 0,04	0,00	0,28	€ 0,04
uiervorm (wel/geen valse lucht)		0,00	€ 0,00	0,00	0,00	€ 0,00
voer						
krachtvoer in melkstal (geen krachtvoerboxen in stal)		0,42	€ 0,07	-0,47	-0,05	€ 0,01-
boer / melker						
droogzetten in melkstal		-0,08	-€ 0,01	0,00	-0,08	€ 0,01-
reinigen melkstal voor afzetten melkmachine		-1,35	-€ 0,22	0,00	-1,35	€ 0,22-
voordippen		-0,39	-€ 0,06	0,00	-0,39	€ 0,06-
nadippen		-0,49	-€ 0,08	0,00	-0,49	€ 0,08-
stal						
rapid exit (geldt alleen vanaf >2*10)		0,00	€ 0,00	0,00	0,00	€ 0,00
aparte wachtruimte		0,42	€ 0,07	0,00	0,42	€ 0,07
opdrijfhek (indien ingevuld opklapbaar)		0,42	€ 0,07	-1,88	-1,46	€ 0,23-
automatisch separeren		0,00	€ 0,00	-0,56	-0,56	€ 0,09-
automatisch sprayen (nadippen)		0,25	€ 0,04	-1,32	-1,07	€ 0,17-
totaal besparing per melking		-0,11	-€ 0,02	-4,24	-4,34	€ 0,69-
Optimaal besparing		1,53	€ 0,25	-0,47	1,06	€ 0,17
Energieverbruik melksysteem	8,36 KWh	1,53 KWh	€ 0,25	-0,47 KWh	7,30 KWh	€ 1,17
Energieverbruik melksysteem totaal	18,02 KWh	1,53 KWh	€ 0,25	-0,47 KWh	16,96 KWh	€ 2,71

***Figuur 3.3**. Factsheet managementinvloed op energieverbruik bij een 2x6 visgraat melkstal na de technische besparing.*

3.2 Besparingsopties robot

3.2.1 Technische ontwikkelingen

Met enkele aanpassingen rondom de melkrobot kan energie worden bespaard:

- Het is verstandig om de boiler van de melkrobot zo weinig mogelijk te gebruiken. Doordat het een kleinere elektrische boiler is, is deze minder zuinig met energie dan een gangbare (grotere) elektrische boiler of een gasboiler. Wanneer het water al met een temperatuur van 70 graden bij de robot aankomt, via een zogenoemde hotfill bijvoorbeeld, dan hoeft de boiler van de robot minder water te verwarmen.
- Plaats de robots dichtbij de melkkamer, het warme water hoeft dan geen lange weg door een vaak koude stal af te leggen.
- In veel gevallen worden de uierborstels aangedreven met perslucht. Die compressors kosten veel energie, zeker wanneer een leiding of een koppeling lekt, een regelmatige lekkage-check bespaart al veel energie.
- Stel de frequentieregelaars die de vacuümpompen aansturen goed af.
- Verschoon de roosters voor het koelaggregaat, deze verbruikt dan minder stroom bij het aanzuigen van koele lucht.
- Maak gebruik van een voorkoeler
- Maak gebruik van warmteterugwinning of een zonneboiler
- Zorg dat de compressor voldoende capaciteit heeft

3.2.2 Technologische ontwikkelingen

Deze informatie wordt ons door de robotfabrikanten niet aangeleverd, meer hierover bij de aanbevelingen.

3.2.3 Management

Het basisgebruik van de robot blijft het 3x daags reinigen, de benodigde hoeveelheid water en de benodigde hoeveelheid energie om water op te warmen blijft altijd gelijk, dus des te intensiever de robot wordt gebruikt des te lager het energieverbruik per kg melk.

Het energieverbruik, per kg melk, bij een robot is het laagst als het aantal melkingen per koe en de hoeveelheid melk per melking op elkaar zijn afgestemd. Dit zijn factoren die door het bedrijfsmanagement beïnvloedt kunnen worden.

Management maatregelen om het aantal melkingen per robot per dag te verhogen:

- Fokkerij:
  - Goede opbouw van de uier zodat het aansluiten vlot verloopt en de robot niet langer bezet is dan noodzakelijk.
  - Vlotte melksnelheid, zodat de tijdsduur per melking optimaal is.
- Stalindeling: is de plaatsing van de melkrobot in “de koppel” opgenomen of moeten ze er echt voor gaan? Door plaatsing in de koppel zijn de looplijnen korter.
- Situering melkrobot: hoe gemakkelijk kunnen ze de box in- en uitlopen, de lage rangordekoeien zullen meer moeite moeten doen om de robot in te kunnen.
- Aparte wachtruimte bij de melkrobot, zodat de “probleemkoeien” er achter elkaar door heen kunnen en er geen tijd verloren gaat door het tussendoor ophalen van de koeien.
- Tijdstippen en aantal keren ruwvoerverstrekking, de koeien komen weer in de benen (actief houden) en zullen eerder gebruik gaan maken van de melkrobot.
- Samenstelling rantsoen: meer zetmeel, tragere koeien
- Lokbrok verstrekking in robot zodat de koeien een reden hebben om de robot te bezoeken. Let op: teveel brok verstrekking geeft weer teveel weigeringen.
- Automatische separatieruimte: door tochtige koeien gelijk te separeren is er meer rust in de koppel wat de hoeveelheid melk en het aantal melkingen bevordert.
- Gerichte weidegang, bij “volle” robot niet alle koeien weiden, maar een bepaalde groep.

Hoe brengen we het aantal weigeringen terug?

- Fokkerij: stresskoeien, zullen actiever en nieuwsgieriger in de stal zijn om de robot te gaan bezoeken.
- Ken de koe en pas de instellingen van de robot daar op aan.
- Houdt rekening met de lactatieperiode.
- Voorselectie voor robot, zodat de robot alleen voor melken wordt gebruikt niet voor selectie wel/niet melken.

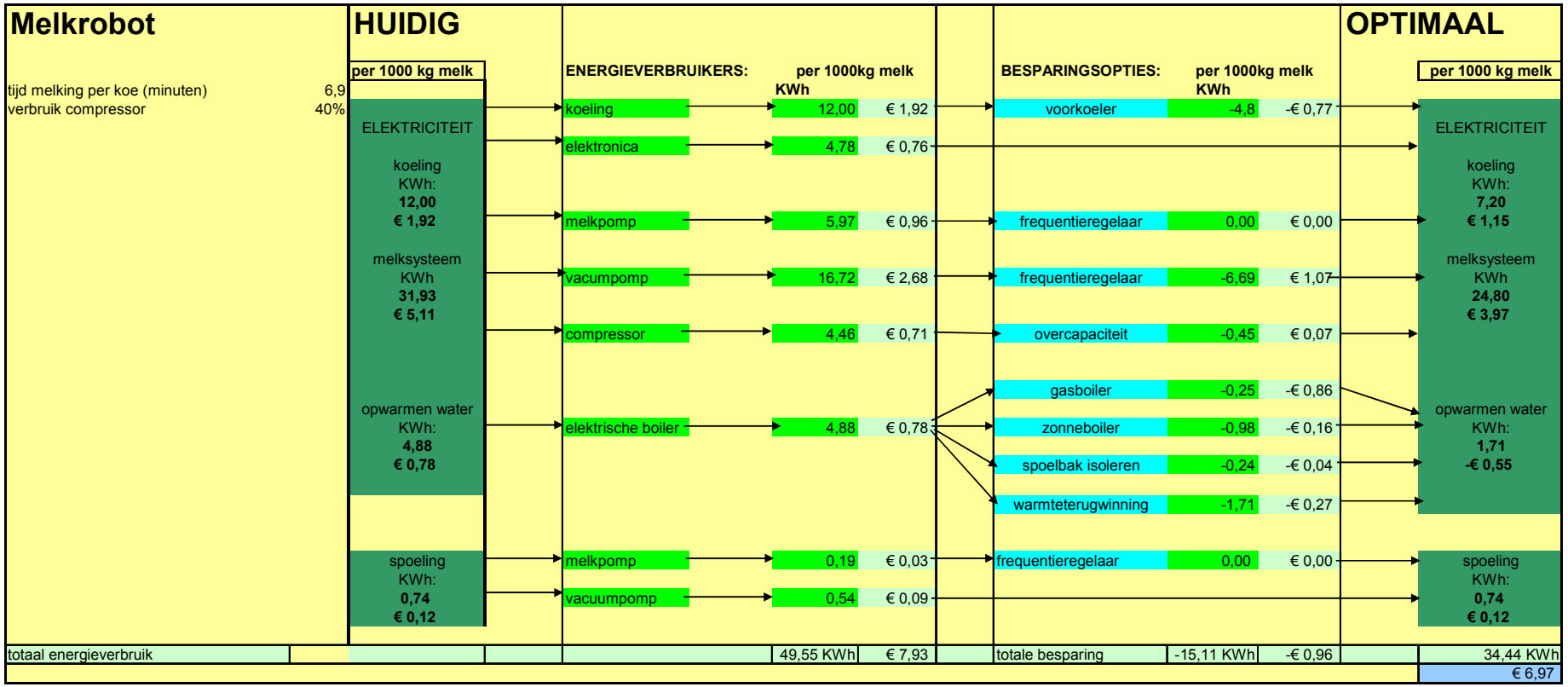
Indien een veehouder weidegang toepast zal de robot minder intensief gebruikt worden. Het energieverbruik zal hierdoor per 1000 kg melk omhoog gaan. Het wel of niet slagen van de weidegang is ook afhankelijk van de capaciteit van de melkrobot en de inzet/acceptatie van de veehouder.

Alle bovengenoemde besparingsopties voor de melkrobot staan samengevat in onderstaande figuur. In de figuur wordt ook een schatting gemaakt van de energiebesparing per 1000 kg melk die hiermee kan worden gerealiseerd.

3.2.4 Factsheet robot 1-box systeem

Bij het gebruik van een robot zijn vrijwel alle besparingsopties al uitgebuit, het absolute minimum ligt daarom erg dicht bij het gemiddelde verbruik. In tegenstelling bij andere melksystemen waarvoor eerder het tegenovergestelde geldt.

Het vermogen van de vacuümpomp, melkpomp en de compressor is afgeleid uit de offertes. Deze zijn berekend aan de hand van het aantal draaiuren. Het vermogen voor de elektronica/aandrijving is vastgesteld aan de hand van gepubliceerde artikelen, dit onderdeel is 24 uur per dag in gebruik. Bij een robot is een frequentieregelaar op de melkpomp niet van toepassing. De capaciteit van de melkpomp sluit voldoende aan bij de behoefte.



Figuur 3.4. *Factsheet energieverbruik bij robot*

3.3 Onderlinge verbanden en overig elektriciteitsgebruik

Praktijkervaring leert dat het totale elektriciteitsgebruik op het melkveebedrijf voor ongeveer tweederde deel wordt gebruikt voor het melksysteem, en een derde voor overig elektriciteitsgebruik. Het gemiddelde totale elektriciteitsgebruik van melkveebedrijven met conventioneel melksysteem bedraagt 57 kWh per 1000 kg melk (op basis van gegevens uit tabel 2.1. exclusief robotcijfers) en 49 kWh per 1000 kg melk voor het verbruik exclusief privé, waarbij verschillen tussen bedrijven met een laag en bedrijven met een hoog elektriciteitsverbruik kunnen oplopen tot circa 50 kWh/1000 kg melk. Tabel 3.1 over het elektriciteitsgebruik van conventionele melksystemen laat zien dat bij een gemiddelde bedrijfssituatie circa 32 kWh per 1000 kg melk wordt gebruikt voor het melksysteem. Dit komt globaal overeen met de indicatie dat tweederde van het elektriciteitsgebruik voor het melken wordt gebruikt. Dit is gebaseerd op historische gegevens uit de databases van DLV en CLM, met de veranderende techniek en bijvoorbeeld de toename van de belichtingssterkte wordt deze factor in de toekomst kleiner.

***Tabel 3.2**. Gelijk aan tabel 2.1 met een negatieve correctie voor het gemiddelde verbruik van enkel het melksysteem, koeling en toebehoren.*

Melksysteem	**Aantal**	**Bedrijfsproductie** (kg/jaar)	**Productie/koe** (kg/jaar)	**Electriciteit** (/ 1000 kg melk)	**Idem excl privé**	**2/3 voor melksysteem**(excl privé verbruik)	**Aantal koeien**
visgraat	259	636.248	8.219	56	46	30	78
draaimelkstal	17	1.514.020	8.226	54	48	32	189
Zij-aan-zij	79	795.516	8.345	50	43	28	96
tandem	20	494.669	7.783	52	43	28	63
Robot	51	887.512	8.710	69	62	41	104
Aanbindstal	28	293.853	7.153	80	60	40	41
Swing over	3	929.649	8.574	35	30	20	109
Overig	15	666.350	8.003	62	52	34	82
TOTAAL	**473**	**700.833**	**8.277**	**59**	**49**	**32**	**86**

Het elektriciteitsgebruik van het melksysteem wordt beïnvloed door de bedrijfssituatie (zoals de bedrijfsomvang; dit kan een verschil in totaal elektriciteitsverbruik, dus niet enkel het melksysteem, tot 20 kWh/1000 kg melk verklaren), het al dan niet doorvoeren van technische besparingsopties (tot 10 kWh/1000 kg melk) en managementfactoren. Een ‘resterend verschil’ van zo’n 20 kWh/1000 kg melk kan dus worden verklaard door verschillen in bedrijfssituatie (anders dan bedrijfsomvang) en verschillen in managementfactoren.

Het gebruik van een voorkoeler levert een grotere besparing op bij gebruik van een melkrobot dan bij gebruik bij een conventioneel systeem, omdat het systeem bij een robot continu in gebruik is. Dit feit laat zien dat het belangrijk is de keuze van een maatregel af te stemmen op de specifieke bedrijfssituatie.

Het toepassen van zonnepanelen door melkveehouders wordt in Nederland beperkt door het feit dat maar een beperkt deel van de geproduceerde elektriciteit tegen een goede prijs kan worden terug geleverd aan het net. Het leeuwendeel levert slechts een lage prijs op. In combinatie met een melkrobot ontstaat echter de aantrekkelijke situatie dat het elektriciteitsgebruik voor de melkwinning verspreid is over de gehele dag.
Dit maakt dat een groter deel van de opgewekte elektriciteit direct kan worden gebruikt bij de melkwinning. Dit vormt een stimulans voor melkveehouders om een melkrobot te combineren met zonnepanelen.

3.4 Conclusie

De belangrijkste conclusie is dat het energieverbruik op alle bedrijven aanzienlijk kan worden verminderd. Dit geldt voor bestaande bedrijven en zeker voor bedrijven met nieuwbouw plannen. Correcte afstellingen en de aanschaf van energie besparende onderdelen dragen hier aan bij, in samenhang met de correcte uitvoering door de melkveehouder.

Het blijkt dat het gemiddelde verbruik van de conventionele melksystemen uit tabel 2.1 goed overeenstemt met de berekende waarden in tabel 3.1, omdat gemiddeld 2/3 van het totaal energieverbruik op een bedrijf excl. privé wordt gebruikt voor het melken (zie tabel 3.2). Terwijl blijkt dat reeds respectievelijk 60% en 65% gebruik maakt van een voorkoeler en warmtewisselaar. Dit verlies aan efficiëntie wordt veroorzaakt door verouderde techniek en suboptimale bezettingsgraden en tal van andere oorzaken die ook genoemd zijn onder paragraaf 3.1. en 3.3.

Voor het energieverbruik bij de robot geldt dat de besparing reeds beter benut is en dit gemiddelde uit tabel 3.2 dichter bij het absolute minimum is zoals genoemd in tabel 3.1.

Het Swing-over systeem vraagt relatief weinig energie, omdat minder melkstellen, melkmeters en verwarmd spoelwater nodig is. Het aantal bedrijven in de dataset die daadwerkelijk een swing-over heeft, is klein (slechts 3), maar het elektriciteitsgebruik van deze bedrijven is lager dan gemiddeld op andere bedrijven met andere melksystemen. Theorie en praktijk lijken daarmee met elkaar in overeenstemming; de swing-over is relatief energiezuinig, maar wordt pas gebruikt op bedrijven boven 150 melkkoeien.

De melkrobot heeft veelal een hoger elektriciteitsverbruik per 1000 kg melk dan conventionele melksystemen. Dit ondanks het feit dat bedrijven met een melkrobot relatief groot zijn, een belangrijke verklaring ligt in het continue actief zijn van de robot. Een traditioneel melksysteem staat voor het merendeel van de tijd per dag stil, terwijl een melkrobot altijd (passief of actief) in gebruik is. Er zijn drie hoofdreinigingen per dag tegen traditioneel twee en na elke melking is er een korte spoeling van de melkstellen, waarbij dit bij traditionele systemen zelden gebeurt. De mechanische bedieningen (toegangspoortjes, robotarmen, doorblazen van melk door leidingen) gebruiken gecomprimeerde lucht. Juist het comprimeren van lucht (compressor) is een proces dat per saldo veel stroom verbruikt.
Ook de verdergaande mechanisering waarbij handenarbeid wordt vervangen veroorzaakt een stijging in energieverbruik.

De bedrijfsomvang blijkt een belangrijke factor voor het elektriciteitsgebruik per 1000 kg melk. Grote bedrijven hebben lager elektriciteitsgebruik per kg melk dan kleinere bedrijven. Dit kan een verschil tussen bedrijven tot circa 20 kWh per 1000 kg melk verklaren.

Bedrijfsgrootte als verklarende factor voor het totale elektriciteitsgebruik op het melkveebedrijf levert een R^2 van 0,46 op. Dit betekent dat het grootste deel van de variatie nog niet is verklaard. Van een totaal maximaal verschil in elektriciteitsgebruik van ca 50 kWh/1000 kg melk kan circa 20 kWh verklaard worden door verschillen in bedrijfsgrootte. Mogelijk andere oorzaken zijn voor verschillen in elektriciteitsgebruik zijn:

- Verschillen in bedrijfsopzet die van invloed zijn op het elektriciteitsgebruik buiten de melkwinning om (verlichting, ventilatie, waterbron, maar ook mogelijke nevenactiviteiten zoals kaas maken).
- Verschillen in doorgevoerde besparingsopties binnen het melksysteem. Hiermee kan tot circa 10 kWh per 1000 kg melk worden bespaard.
- Verschillen in werkwijze / management van de melkveehouder.
- Incorrecte installatie of afstelling van de gebruikte techniek.

De vraag welke technologische mogelijkheden er zijn om robot energiezuiniger te maken, kunnen we niet goed beantwoorden, omdat fabrikanten van melkrobots niet mee willen werken.

4 Energiecertificering van robots

Het primaire doel van labelling of certificering van melkrobots is het beïnvloeden van de besluitvorming van melkveehouders bij de keuze van een melkrobot. Als dit mee gaat spelen in de keuze van melkveehouders, kan dit vervolgens ook van invloed zijn op de melkrobotfabrikant. De fabrikant wil immers dat de melkveehouder voor zijn melkrobot kiest. Daarnaast kan de melkveehouder beïnvloed worden door bijvoorbeeld fiscale stimuleringsmaatregelen, zoals subsidie op energiezuinige systemen.
Aan de hand van dit doel gaan we na welk instrument hier het beste bij past. Is voorlichtingsmateriaal voldoende, of is een goed gecontroleerd en gecertificeerd systeem belangrijk?
Naast energiegebruik kan watergebruik een belangrijk duurzaamheidaspect van een melkrobot zijn waarvoor certificering of labelling een optie is.
Om deze vraag te kunnen beantwoorden, is antwoord nodig op de volgende vragen:

1. Hoe groot is de markt voor melkrobots in Nederland? (paragraaf 4.1.)
2. Welke technische variatie is er in energiegebruik tussen verschillende robotsystemen die toe te schrijven zijn aan verschillen in hardware? (paragraaf 4.2.)
3. Zijn er theoretisch nog mogelijke besparingen binnen de techniek van de melkrobot? (paragraaf 4.2.)
4. Is een eenduidige methode denkbaar waarmee het energiegebruik gestandaardiseerd kan worden vastgesteld? (paragraaf 4.2.)
5. Welke energiecertificeringssystemen zijn beschikbaar en van toepassing te maken op melkrobots? (paragraaf 4.3.)
6. Wat zijn voor- en nadelen, kosten, etc. van certificering en labelling? (paragraaf 4.3.)
7. In hoeverre vormt een label voor de fabrikant een stimulans om binnen de ontwikkeling meer aandacht aan energiebesparing te geven? (paragraaf 4.3.)
8. In hoeverre houden melkveehouders bij de besluitvorming over keuze van de melkrobot al rekening met het energiegebruik? (paragraaf 4.4.)

4.1 De markt voor melkrobots

Wat is binnen de Nederlandse melkveehouderij het marktaandeel van Nederlandse melkrobotfabrikanten? C.q. welk deel van de geleverde machines zou van een Nederlands label of certificaat voorzien kunnen worden? Als dit laag is; kan op een andere wijze worden voorzien dat van alle systemen die in Nederland op de markt komen, deze informatie beschikbaar is?

Cijfers van de Stichting Kwaliteitszorg Onderhoud Melkinstallatie (KOM) laten zien dat er in Nederland ruim 2000 automatische melksystemen (melkrobots) in gebruik zijn.

Tabel. Overzicht soorten en typen melkstallen (bron: www.stichtingkom.nl)

Staltype	2010
Draaimelkstal	679
Grupstal	1994
Tandemmelkstal	973
Automatische melksystemen	2252
Visgraat melkstal	11517
Zij-aan-zij melkstal	1889

In 2010 zijn 590 nieuwe automatische melksystemen (boxen) opgeleverd. Merken: Fullwood, DeLaval (Van oorsprong Zweeds bedrijf), Lely (Nederlands bedrijf), SAC (SAC Nederland BV, fabrikant is gevestigd in Denemarken), Boumatic (Amerikaans), GEA Westfalia.

4.2 Variatie in energiegebruik van robots

Van Zessen (2006) geeft een overzicht van het stroomverbruik van melkrobots per dag, excl. koeling en compressor, gestandaardiseerd naar een productie van 500.000 kg melk per jaar en 2,64 melkingen per koe per dag. Zevenbergen (2009) geeft daarnaast ook het minimale en maximale verbruik per melkrobot bij eenzelfde totale productie en aantal melkingen per dag. In onderstaande tabel staat dit stroomverbruik en de variatie weergegeven.

Merk	**Verbruik in kWh / dag**	**Variatie in kWh / dag**
Lely	28,7	22 – 52
DeLaval	24,1	22 – 57
Merlin		27 – 63
SAC (Senior)	36,7	29 – 68
Titan		37 – 84
Fullwood	28,2	
RMS	28,9	

Uit deze tabel blijkt dat verschillen in hardware een verbruikvariatie opleveren van 24,1 tot 36,7 kWh per dag. De variatie in gebruik binnen een systeem is echter veel groter. Hierbij worden verschillen waargenomen die oplopen tot meer dan 50 kWh. Er is dus meer besparingswinst te halen door de variatie binnen een systeem aan te pakken, dan door de variatie tussen systemen. Deze mogelijkheden van de veehouder om bin-

nen een bepaald systeem het energiegebruik te beperken, komt aan bod in fase 6.

Extra besparingsmogelijkheden
In fase 4 van dit onderzoek wordt een antwoord gegeven op de vraag of er extra besparingsopties zijn binnen het ontwerp van de melkrobot. Hierin staat aangegeven wat de technische mogelijkheden zijn om energiebesparing binnen de hardware te realiseren. Daarnaast laat het verschil in verbruik tussen systemen (variërend van 24,1 tot 36,7 kWh) zien dat er voor sommige systemen nog zeker besparingsmogelijkheden zijn. DeLaval realiseert het laagste gebruik. Andere systemen kunnen hier naartoe werken.

Gestandaardiseerde meetmethode energiegebruik
Om het energiegebruik van verschillende systemen eerlijk te kunnen vergelijken, moet een gestandaardiseerde meetmethode worden gebruikt. Dit lijkt geen probleem te vormen; er kan een basissituatie worden omschreven met een bepaald productieniveau en een bepaald aantal melkingen per koe. Verschillende robotsystemen hebben verschillende productiecapaciteit. Ook hier moet rekening mee worden gehouden bij de standaardisatie. Daarnaast moet helder omschreven worden welk onderdeel van het melkwinningssysteem wordt gelabeld: de melkrobot, de koeltank, de voorkoeler, etc.

4.3 Certificeringssystemen

Hieronder geven we een overzicht van bestaande energiecertificeringssystemen.

Het energielabel
Het energielabel is een door de EU verplicht informatielogo (EU Directive 92/75/EC). Het logo is op dit moment in gebruik voor:

- Apparaten
- Auto's
- Woningen

Het energielabel geeft met de klassen A t/m G de zuinigheid aan van een apparaat. Gemiddeld is energielabel A 45% zuiniger dan een apparaat met energielabel D of E. De fabrikant voert de meting zelf uit. Belastingdienst Holland Midden controleert het systeem. De dienst koopt jaarlijks ongeveer 150 apparaten om de testen of de door de fabrikant opgegeven gegevens kloppen.
Sommige elektrische apparaten zoals televisies of computers hebben geen energielabel.
Naast deze labelling kent de EU de Ecodesign Directive (2005).
Deze Directive stelt eisen aan bepaalde producten, bijvoorbeeld t.a.v. het elektriciteitsgebruik als apparatuur als televisies en personal computers standby staan. In de periode van 2008 tot 2011 zijn 12 producten concreet uitgewerkt (waaronder straatverlichting, elektromotoren, televisies, wasmachines en vaatwassers). Er is een methodologie ontwikkeld om te bepalen of een bepaald product onder deze Directive valt. De eerste voorwaarde is dat er sprake is van een significant verkoop- en handelsvolume. Als indicatie wordt gesproken over meer dan 200.000 units per jaar

binnen de EU (Kemna e.a., 2005). De markt van melkrobots valt dus buiten deze regeling.

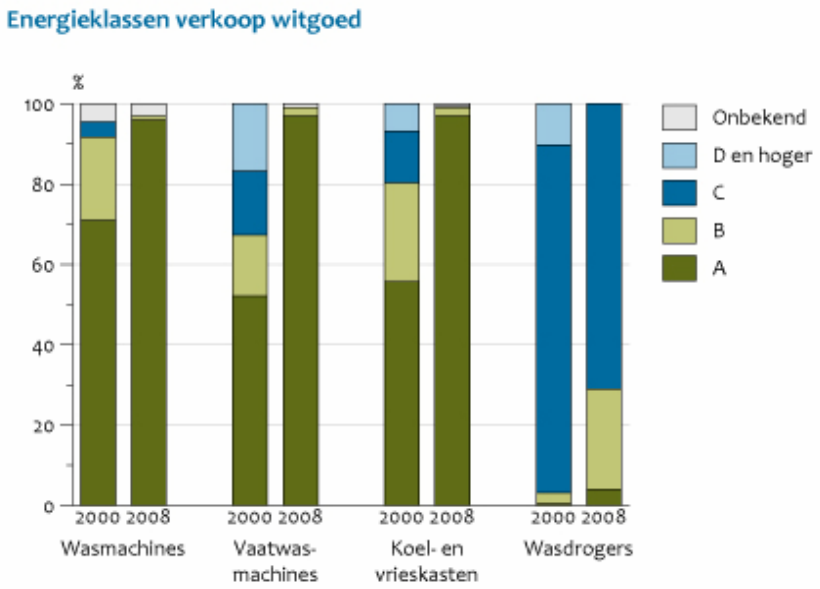
Andere labels voor energiegebruik zijn:

- Het Amerikaanse Energy Star
- **Het Europese Ecolabel**. Dit label is in Nederland alleen te vinden op enkele vaatwassers en stelt o.a. eisen aan energiegebruik en watergebruik. Europees breed zijn er bijna 22.000 producten gecertificeerd. Er wordt gewerkt aan een herziening van het ecolabel om meer producten onder het label te krijgen, de jaarlijkse kosten te beperken, de procedures te vereenvoudigen en meer te focussen op de belangrijkste milieu-impacts van producten, zonder het ambitieniveau te verlagen (ec.europa.eu/environment/ecolabel).
- Het Zweedse TCO

Het energielabel en het Europees ecolabel lijken twee systemen die in theorie in aanmerking komen voor toepassing op melkrobots. Daarnaast is nationale labelling een optie. Dit is een eenvoudiger traject dan EU-energielabels. Nadeel is dat alleen Nederlandse producenten verplicht kunnen worden hun producten te labellen. In paragraaf 4.1. staat weergegeven in welk land de producenten gevestigd zijn. Dit is slechts voor een deel in Nederland.

Voor- en nadelen van certificering of labelling
Voordeel van certificering van het energiegebruik van melkrobots is dat het uitgaat van een gecontroleerd systeem onder standaardcondities. Dit maakt dat de uitkomsten van verschillende systemen onderling vergelijkbaar zullen zijn. Dit geldt niet in de huidige situatie; fabrikanten kunnen momenteel een indicatie geven van het energiegebruik, maar daarbij verschillende uitgangspunten hanteren, waardoor vergelijken tussen systemen mogelijk een bias kent.
Een ander voordeel van het energielabel is dat het helder en eenvoudig interpreteerbaar is. Het geeft in een oogopslag weer welk systeem vanuit elektriciteitsgebruik gezien het beste is. Deze eenvoud kan tegelijkertijd een minpunt vormen; in praktijk blijkt bij het gebruik van de melkrobot grote variatie in elektriciteitsgebruik op te treden. Deze labelling of certificering geeft geen informatie hoe dit energiegebruik geminimaliseerd kan worden.
Belangrijk nadeel van certificering is daarnaast dat het zorgt voor administratieve en financiële last voor de fabrikant.

Vormt labelling een stimulans voor verbetering?
In andere sectoren is de ervaring dat het feit dat producten een energielabel krijgen, voor de producenten een stimulans vormen om een zuiniger systeem te ontwikkelen. Voorbeelden hiervan zijn de witgoedsector (zie onderstaande figuur), lampen en CV-ketels. In 1995 is het Europese energie-etiketteringssysteem ingevoerd, en sinds die tijd zijn de marktaandelen van de producten die voorzien zijn van energielabels A en B sterk gestegen (www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). Een ander voorbeeld vormt de verkoop van personenauto's met energielabel A of B. Deze verkoop is de laatste jaren sterk gestegen, mede als gevolg van het fiscale beleid gericht op het stimuleren van de verkoop van zuinige auto's (www.compediumvoordeleefomgeving.nl).



Figuur 4.1. *Verandering in energieklassen verkoop witgoed in 2008 in vergelijking met 2000. (bron: www.milieucompendium.nl)*

4.4 Besluitvorming van melkveehouders

In hoeverre houden melkveehouders bij de besluitvorming over keuze van de melkrobot al rekening met het energiegebruik? In discussiefora op internet wordt het energiegebruik van de verschillende systemen bijna niet genoemd als argumenten voor of tegen een bepaald systeem worden aangehaald. Argumenten die wel worden genoemd:

- Serviceverlening van de fabrikant / leverancier / monteur.
- Storingsgevoeligheid / onderhoudskosten / gebruiksgemak.
- Mogelijkheden die het biedt. Opties die het apparaat kent, zoals celgetalmeting, combinatie met managementsystemen etc.
- Aansluitingstechniek (snel / langzaam en verschil in wijze van aansluiten).
- Uitbreidingsmogelijkheden / capaciteit / meerboxsysteem of niet.
- Mogelijkheid om te combineren met beweiden.
- Investeringsbedrag van het melksysteem of van de gebouwen.

Het energiegebruik van systemen lijkt op dit moment dus hoogstens een ondergeschikte rol te spelen bij de keuze van melkveehouders voor een bepaald systeem.

4.5 Conclusies certificering en labelling melkrobots

Gezien de beperkte markt voor melkrobots in Nederland (enkele honderden per jaar) en gezien het feit dat de variatie in elektriciteitsgebruik binnen systemen groter is dan tussen systemen, ligt certificering (op nationaal niveau) niet voor de hand. Onafhankelijke informatieverstrekking over verschillen in elektriciteitsgebruik en over besparingsmogelijkheden lijkt een meer voor de hand liggende keuze.

Op dit moment lijkt het energiegebruik maar heel beperkt van invloed te zijn op de keuze voor een bepaald systeem. Actieve voorlichting hierover richting melkveehouders kan maken dat melkveehouders dit wel gaan zien als een keuzecriterium. Momenteel is echter vooral winst te behalen door binnen een bepaald systeem te streven naar een minimaal energiegebruik.

Aan de hand van deze bevindingen bevelen we aan niet het merk of type melkrobot richtlijn te laten zijn voor een stimuleringssysteem of opname in de maatlat duurzame veehouderij, maar het uiteindelijke elektriciteitsgebruik op het bedrijf. Dit elektriciteitsgebruik kan bijvoorbeeld als basis dienen voor een beloningssysteem. Dit vormt voor melkveehouders een rechtstreekse stimulans om het energiegebruik te beperken. De huidige variatie in elektriciteitsgebruik binnen een systeem is zo groot dat niet zozeer de keuze van het systeem het elektriciteitsgebruik bepaalt, maar de wijze van gebruik.
Mocht in de toekomst blijken dat een leverancier van melkrobots kans ziet het elektriciteitsgebruik van een bepaald systeem daadwerkelijk significant lager te laten zijn dan van andere systemen, dan is het mogelijk wel weer interessant dit op te nemen in een subsidieregeling of een MiaVamil lijst. Op dit moment zijn de verschillen echter te klein t.o.v. de variatie binnen een systeem.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Energieverbruik melksystemen

- Het verschil tussen ondernemers met vergelijkbare melksystemen is groter dan het verschil tussen melksystemen, een onjuiste capaciteit, suboptimale configuratie, ouderdom, vervuiling, achterhaalde techniek en afstelling hebben een veel belangrijkere invloed.
- Bewustwording en motivatie zijn de twee sleutelwoorden om grote slagen bij het gros van de doelgroep te realiseren.
- Melkrobot heeft veelal een hoger elektriciteitsverbruik per 1000 kg melk dan conventionele melksystemen. Dit ondanks het feit dat bedrijven met een melkrobot relatief groot zijn, een belangrijke verklaring ligt in het continue actief zijn van de robot. Een traditioneel melksysteem staat voor het merendeel van de tijd per dag stil, terwijl een melkrobot altijd (passief of actief) in gebruik is.
  Er zijn drie hoofdreinigingen per dag tegen traditioneel twee en na elke melking is er een korte spoeling van de melkstellen, waarbij dit bij traditionele systemen zelden gebeurt. De mechanische bedieningen (toegangspoortjes, robotarmen, doorblazen van melk door leidingen) gebruiken gecomprimeerde lucht. Juist het comprimeren van lucht (compressor) is een proces dat per saldo veel stroom verbruikt. Ook de verdergaande mechanisering waarbij handenarbeid wordt vervangen veroorzaakt een stijging in energieverbruik.
- De bedrijfsomvang blijkt een belangrijke factor voor het elektriciteitsgebruik per 1000 kg melk. Grote bedrijven hebben lager elektriciteitsgebruik per kg melk dan kleinere bedrijven. Dit kan een verschil tussen bedrijven tot circa 20 kWh per 1000 kg melk verklaren.
- Bedrijfsgrootte als verklarende factor voor het totale elektriciteitsgebruik op het melkveebedrijf levert een R^2 van 0,46 op. Dit betekent dat het grootste deel van de variatie nog niet is verklaard. Van een totaal maximaal verschil in elektriciteitsgebruik van ca 50 kWh/1000 kg melk kan circa 20 kWh verklaard worden door verschillen in bedrijfsgrootte. Mogelijk andere oorzaken zijn voor verschillen in elektriciteitsgebruik zijn:
  - Verschillen in bedrijfsopzet die van invloed zijn op het elektriciteitsgebruik buiten de melkwinning om (verlichting, ventilatie, maar ook mogelijke nevenactiviteiten zoals kaas maken).
  - Verschillen in doorgevoerde besparingsopties binnen het melksysteem. Hiermee kan tot circa 10 kWh per 1000 kg melk worden bespaard.
  - Verschillen in werkwijze / management van de melkveehouder.

- De vraag welke technologische mogelijkheden er zijn om een robot energiezuiniger te maken, kunnen we niet goed beantwoorden, omdat fabrikanten van melkrobots niet mee willen werken.
- De markt voor melkrobots in Nederland is beperkt. De variatie in elektriciteitsgebruik binnen verschillende robotsystemen is groter dan tussen systemen. Dit maakt dat energiecertificering van melkrobots (op nationaal niveau) niet voor de hand ligt. Onafhankelijke informatieverstrekking over verschillen in elektriciteitsgebruik en over besparingsmogelijkheden lijkt een kosteneffectiever instrument. Daarnaast kan het daadwerkelijk energiegebruik op melkveebedrijf mogelijk een basis vormen voor subsidie o.i.d.
- Het Swing-over systeem vraagt relatief weinig energie, omdat minder melkstellen, melkmeters en verwarmd spoelwater nodig is. Het aantal bedrijven in de dataset die daadwerkelijk een swing-over heeft, is klein (slechts 3), maar het elektriciteitsgebruik van deze bedrijven is lager dan gemiddeld op andere bedrijven met andere melksystemen. Theorie en praktijk lijken daarmee met elkaar in overeenstemming; de swing-over is relatief energiezuinig.

We constateren een frictie tussen de doelstelling om daling in energiegebruik te realiseren de komende jaren en de trend naar meer gebruik van melkrobots.

5.2 Energieverbruik en technologische ontwikkelingen automatische melksystemen

Er is ongekend veel informatie bij de fabrikanten van de automatische melksystemen over energieverbruik per robot en de invloed van techniek, technologie en bedrijfsmanagement op dit energieverbruik. Echter deze informatie is kostbaar en de fabrikanten zijn directe concurrenten van elkaar. Het uitwisselen van deze informatie is daarom voor de fabrikanten geen optie. Het blijkt echter wel dat de fabrikanten behoefte hebben aan een gedegen en betrouwbaar onafhankelijk onderzoek naar het energieverbruik van de automatische melksystemen. De aanbeveling is om een objectief onderzoek uit te voeren over het energieverbruik van de 5 voornaamste automatische melksystemen in Nederland. De resultaten zouden inzicht moeten geven in het verschil van energieverbruik per merk of fabrikant en ook de herkomst van het energieverbruik per automatisch melksysteem. Dit onderzoek dient twee doelen: het verstrekken van objectieve informatie aan melkveehouders om een gedegen keuze te kunnen maken en het stimuleren van fabrikanten om de automatische melksystemen energiezuiniger te maken.

5.3 Conclusies energieverbruik sector

Voor de meeste melkveehouderijbedrijven is het energieverbruik niet iets waar dagelijks naar gekeken wordt, deze kosten bepalen namelijk slechts voor ongeveer 3% de kostprijs. Energiekosten gaan echter steeds zwaarder wegen op de begroting van een melkveebedrijf. Dit heeft enerzijds te maken met de stijgende energieprijzen van de laatste jaren en anderzijds met de doorgaande automatisering op melkveebedrijven. Denk hierbij aan melkrobots, mestschuiven, voerrobots, ventilatoren, hogere gewenste lichtsterkte in de stal, kalverdrinkautomaten en elektrische stand-by apparatuur.

Op een melkveebedrijf vragen voornamelijk de melkinstallatie, het koelen van de melk, warmwater opwarming, de waterbron en de verlichting de meeste energie. Uit onderzoek blijkt echter dat het energieverbruik tussen melkveebedrijven sterk varieert. De verschillen hierin kunnen hoofdzakelijk herleid worden naar: schaalgrootte, goed/slecht werkende apparatuur, of verkeerd geïnstalleerde apparatuur en leidingwerken en onnodige draaiuren tijdens de start en het einde van het melken.

Het melken is de grootste energieverbruiker als onderdeel van het totale zakelijke energieverbruik. Dit verbruiksaandeel ligt tussen de 35 en 40 %. Hieronder wordt verstaan het elektraverbruik van de melkinstallatie tijdens het melken, de automatische geregelde toegangspoorten en het gas/elektraverbruik tijdens de reiniging van de apparatuur. Het koelen van de melk is hierbij niet inbegrepen.

Oplossingsrichting besparing energie
Een groot aandeel van de melkveehouderij bedrijven heeft al geïnvesteerd in energiebesparende maatregelen zoals voorkoeling en warmteterugwinning. Echter, er is nog een aanzienlijk besparingspotentieel in te vullen middels:

- het op meer bestaande bedrijven toepassen van de energiebesparende maatregelen zoals: voorkoeling, warmteterugwinning, frequentieregelaars, isolatie. Bij toenemende schaalgrootte wordt het aantrekkelijker te investeren deze energiebesparende maatregelen.
- Het verhogen van kennis over energieverbruik van de apparatuur. Meters op de apparatuur zelf geven inzicht in het verbruik en informeren de ondernemer of apparatuur nog optimaal functioneert dan wel aan onderhoud toe is.

Om meer besparingen te realiseren blijft het van belang de ondernemers te informeren over de installatie-, fiscale- en subsidiemogelijkheden.
Op nieuwbouw of volledig te renoveren bedrijven worden energie besparingsmogelijkheden vrijwel standaard meegenomen en zijn relatief eenvoudig in de nieuwe installatieopzet mee te nemen.

Inzet duurzame energie voor fossiele energie
Naast het besparen van fossiele energie, tonen steeds meer ondernemers interesse in de nieuwe bedrijfstak, het op het eigen bedrijf opwekken van duurzame energie uit zonnepanelen, zonnecollectoren, biomassakachels, windmolens en mestvergisting. Echter deze investeringen zijn als

economische activiteit lang niet voor elke ondernemer interessant. Met het huidige Nederlandse beleid zijn kleinschalige investeringen in duurzame energieproductie in hoofdlijnen alleen dan interessant wanneer de energie rechtstreeks op het eigen bedrijf kan worden ingezet. Dit is alleen van toepassing op melkveebedrijven met een constante energievraag zoals bij melkrobotbedrijven. Dit aantal bedrijven is naar verhouding nog gering. De verdere doorontwikkeling van rendabele opslagsystemen van bijvoorbeeld zonnepanelenstroom zou vele melkveebedrijven de mogelijkheid bieden duurzame energie tijdens piekverbruik momenten zoals het melken en koelen in te zetten en daarmee het verbruik van fossiele brandstof te verminderen.

5.4 Certificering melksystemen

Gezien de beperkte markt voor melkrobots in Nederland (enkele honderden per jaar) en gezien het feit dat de variatie in electriciteitsgebruik binnen systemen groter is dan tussen systemen, ligt certificering (op nationaal niveau) niet voor de hand. Onafhankelijke informatieverstrekking over verschillen in electriciteitsgebruik en over besparingsmogelijkheden lijkt een meer voor de hand liggende keuze.
Op dit moment lijkt het energiegebruik maar heel beperkt van invloed te zijn op de keuze voor een bepaald systeem. Actieve voorlichting hierover richting melkveehouders kan maken dat melkveehouders dit wel gaan zien als een keuzecriterium. Momenteel is echter vooral winst te behalen door binnen een bepaald systeem te streven naar een minimaal energiegebruik.

5.5 Aanbevelingen

- Bedrijven specifiek beoordelen hoe het bedrijf scoort op energiegebruik, om te bekijken of management- of technische maatregelen zinvol zijn. De ondernemer krijgt dan inzicht in het energiegebruik op het bedrijf en kan uit economische overwegingen een keuze maken in energiebesparing of energieproductie te investeren. Deze analyse dient breder te worden opgezet dan alleen het melksysteem.
- Meten in de praktijk om betrouwbaarder en nauwkeuriger inzicht te krijgen in elektriciteitsgebruik van verschillende systemen dan op basis van de gebruikte dataset mogelijk is.
- Het onderzoek voortzetten voor het gebruik van robotsystemen, zodat fabrikanten geprikkeld worden energetisch betere modellen te ontwerpen en gebruikers beter inzicht te kunnen verschaffen tussen modellen.
- Onderzoeken of melkveehouders beloond kunnen worden voor het verlagen van het energieverbruik anders dan door investeringen te subsidiëren, maar door het correct afstellen/onderhouden van de bestaande installaties op het bedrijf en eventueel aanschaffen van energiebesparende maatregelen.

Bronnen

Kemna, René, Martijn van Elburg, William Li, Rob van Holsteijn (2005) Methodology Study Eco-design of Energy-using Products. Final Report. *MEEUP Methodology Report*. VHK.

Tijmen van Zessen (2006) Kritische kijk op energieverbruik. *Veeteelt april* 1 2006.

Gertjan Zevenbergen (2009) Melkrobot kan zuiniger. Grote verschillen bij zelfde type. *Veehouderij Techniek* 1 september 2009.

Lindgaard Jensen, Morten, Power and water consumption with AMS, *Dansk Landbrugsrådgivning*, Dansk Kvæg, Denemarken, 2009.

Huiden, Frits, 'Vijf robots naast Elkaar', *Veehouderij Techniek,* Januari 2006, p. 16-19.

Poll, Wilma van den, Hartkamp, Frank*, Pilot energiebesparing in de veehouderijsectoren*, Senternovem, Tilburg, 10 februari 2010.

Josh Jon Kaurich, 'Energy Effiency Recommodations for Robotic Milking Systems', *Asabe*, Madison, USA, june 2010.

Bijlage 1

"Terugverdientijden bij investeringen ten behoeve van energiebesparing"

TERUGVERDIENTIJD BIJ AANSCHAF VOORKOELER
Uitgangspunten

- 1.000.000 kg te koelen melk
- koelen 1000 kg melk van 35°C naar 4°C kost ca.12 kWh
- prijs kWh: €0,16
- aanschaf voorkoeler: € 2.500

Zonder voorkoeling:
€ 2.400,-/jaar: (1.000 x 15 kWh x €0,16)
Met voorkoeling:
€ 1.120,-/jaar: (1.000 x 7 kWh x € 0,16)

Besparing: € 2.400,- - € 1.120,- = € 1.280,-
Terugverdientijd investering: € 2.500,- : € 1.280,- = 1,9 jaar

TERUGVERDIENTIJD BIJ AANSCHAF WARMTETERUGWINNING
Uitgangspunt: 300 kilo heet water verbruik per dag, 10°C naar 80°C
Energieverbruik: 10.460 kWh (300 ltr x 365 dagen ΔT 70°C x 1,16 x 85%)
Energiekosten: € 1.674,-/jaar(10.460 kWh x € 0,16)

Doorverwarmkosten bij gebruik van warmteterugwinning
Energieverbruik: 5.930 kWh (300 ltr x 365 dagen ΔT 35°C x 1,16 x 70%)
Energiekosten: € 945,-/jaar(5.930 kWh x € 0,16)

Besparing wtw elektrisch bijverwarmen: ca. 4.530 kWh = € 729,-
Terugverdientijd investering (€4.500,-) is : ca. 6,2 jaar
Besparing WTW op aardgas bijverwarmen: ca. € 280,-/jaar
Besparing WTW op propaangas bijverwarmen: ca. € 470,-/jaar

TERUGVERDIENTIJD BIJ AANSCHAF FREQUENTIEREGELAAR
Uitgangspunt:

- vcuümpomp 5,5 kW
- 5 draaiuren /dag
- aanschaf frequentieregelaar € 2.500,-

Besparing: € 642,50 /jaar (5,5 x 5 x € 0,16 x 40%)
Terugverdientijd investering (€2.500,-) : ca. 3,9 jaar

Bijlage 2

Toelichting op factsheets energieverbruik per melksysteem”

Factsheet technische besparingsmogelijkheden

Met behulp van deze factsheets wordt getoond waaruit het energieverbruik per systeem zou moeten bestaan bij een goed werkend systeem. Dit is uitgesplitst in een overzicht met technische besparingsmogelijkheden en een overzicht met managementbesparingen.

De factsheets zijn gebaseerd op het gemiddelde verbruik van de melksystemen uit de dataset aangevuld met berekeningen op basis van actuele offertes voor elke specifieke configuratie. De factsheets zijn allen gebaseerd op een melkveebedrijf met diverse koppelgroottes. In de onderstaande tabel staat weergegeven om wat voor type bedrijven het gaat. De voorbeeld bedrijven zitten op een productie van tussen de 8.000 en 9.000 kilo melk per koe per jaar.

Vacuumpomp

Het kWh verbruik van de vacuümpomp is gebaseerd op het vermogen van de vacuümpomp (afkomstig uit offertes) maal het aantal draaiuren. Per melkstal zijn de volgende vermogens gehanteerd:

Type melkstal	Vacuumpomp vermogen in KWh	Reductie door frequentieregelaar op vacuumpomp
2*6 visgraat	3,8	-70,00%
2*10 visgraat	5,5	-70,00%
2*10 zij-aan-zij	5,5	-70,00%
2*12 zij-aan-zij	7,5	-70,00%
24 stands binnen	7,5	-70,00%
28 stands binnen	7,5	-70,00%
48 stands buiten	9,0	-60,00%
2*20 swing-over	7,5	-70,00%
2*24 swing-over	7,5	-70,00%

KWh melkpomp is gebaseerd op het vermogen van de melkpomp (afkomstig uit offertes) maal het aantal draaiuren. Per melkstal zijn de volgende vermogens gehanteerd:

type melkstal	vermogen melkpomp (KWh)	werkelijk gebruik KWh
2*6 visgraat	1,1	0,2
2*10 visgraat	1,1	0,2
2*10 zij-aan-zij	1,1	0,2
2*12 zij-aan-zij	1,1	0,2
24 stands binnen	1,1	0,2
28 stands binnen	1,1	0,2
48 stands buiten	1,7	0,3
2*20 swing-over	1,1	0,2
2*24 swing-over	1,1	0,2

Compressor

De compressor heeft een vermogen van 2,25 KWh. Afhankelijk van het systeem wordt er meer perslucht gebruikt, per systeem is er aan aaname gedaan hoeveel % van het vermogen van de compressor wordt gevraagd tijdens het melken.

Visgraat 10%. Eventueel automatische afname door middel van perslucht en een hek voor- en achterin de melkstal

Zij-aan-zij 60%. De koeien staan naast elkaar. Willen ze weg kunnen dan wordt het hek tussen de koeien in gelift. Afhankelijk van het systeem en de zwaarte van het hek wordt er aangenomen dat de compressor ongeveer 60% van de tijd in werking is.

Binnenmelker 20%. Eventueel automatische afname. Daarnaast zijn er ook diverse hekken beweegbaar (bij de inloop – uitloop).

Buitenmelker 40%. Eventueel automatische afname. Daarnaast zijn er ook diverse hekken beweegbaar (bij de inloop – uitloop). In sommige gevallen worden de koeien per stand ook opgesloten, zodat ze een extra rondje kunnen maken (dit gaat ook met perslucht).

Swing-over 10%. Zelfde als bij een visgraat

Elektronica:
Afhankelijk van het aantal melkmeters en displays per koestand zijn de volgende aannamens gedaan aan de hand van de expertjudgement.

type melkstal	KWh
2*6 visgraat	0,4
2*10 visgraat	0,5
2*10 zij-aan-zij	0,5
2*12 zij-aan-zij	0,6
24 stands binnen	0,6
28 stands binnen	0,6
48 stands buiten	0,7
2*20 swing-over	0,5
2*24 swing-over	0,6

Warm water verbruik.

Voor de spoeling is 5 kilo warm water per melkstel nodig. Dit komt neer op de volgende uitgangspunten:

type melkstal	
2*6 visgraat	60
2*10 visgraat	100
2*10 zij-aan-zij	100
2*12 zij-aan-zij	120
24 stands binnen	120
28 stands binnen	140
48 stands buiten	240
2*20 swing-over	100
2*24 swing-over	120

Bij het verwarmen van het warme water wordt het water opgewarmd van 10 tot 80 graden.

Factsheet management besparingsmogelijkheden:

koe
Melksnelheid is sneller dan gebruikelijk. Dit komt door genetica. Bepaalde type rassen in de melkveehouderij melken sneller of langzamer dan gebruikelijk. Het ras Brown Swiss is bijvoorbeeld een ras die erg traag melk. Aangenomen wordt dat indien een veestapel gemiddeld genomen snel melkt dit een arbeidsefficiëntie van 5% oplevert.

Karakter dieren. Het karakter van de dieren beïnvloed ook altijd de capaciteit van de melking. De mate waarin melkstellen worden afgetrapt is hierbij leidend. Indien er geen melkstellen worden afgetrapt kan dit opgevat worden als een 'rustige' veestapel. Dit geeft een tijdsvoordeel van 2 minuten per draaiuur.

Door de uiervorm kan de melking gestagneerd worden. In het minst gunstige geval moet een koe in 2 fases gemolken worden. Dit kan in het slechtste geval resulteren in een tijdsvertraging van 3 minuten per draaiuur.

voer
Door krachtvoer in de melkstal te verstrekken worden de koeien gestimuleerd om de melkstal in te stappen. De tijd die wordt besteed aan het positioneren van een nieuwe koe in de melkstal wordt verkort. De capaciteit neemt toe met ongeveer 5%. Het kost ook energie om het krachtvoer in de melkstal te krijgen. Normaal gesproken vraagt de motor om het krachtvoer te verplaatsen ongeveer 0,25 KWh.

Boer
Een boer kan ervoor kiezen om de koeien droog te zetten in de melkstal. Het gevolg hiervan is dat de capaciteit van de melkstal kleiner wordt, één koe vraagt meer aandacht op dat moment waardoor andere koeien worden vertraagd. Op basis van een droogstand van 30 dagen met een tussenkalftijd van 420 dagen is er berekend hoeveel koeien er op jaarbasis drooggezet moeten worden. Het droogzetten van een koe kost ongeveer 10 minuten tijd.

In de praktijk gebeurt het ook regelmatig dat het melksysteem eerst wordt gereinigd voordat het melksysteem wordt uitgeschakeld. Diverse onderdelen in de melkstal draaien gewoon door terwijl er geen koe meer wordt gemolken. Er wordt vanuit gegaan dat het schoonmaken van de melkstal ongeveer 15 minuten tijd kost. Dit betekent dat de draaiuren met 0,25 uur toenemen. Dit heeft een negatief effect op het energieverbruik, in de factsheet staan de gevolgen weergegeven.

Een melkveehouder kan ervoor kiezen dat de koeien voor het melken nog gedipt worden om de spenen te desinfecteren. Er wordt vanuit gegaan dat dit 4 seconden tijd kost per koe. Dit resulteert in een vertraging van de melkstal, de capaciteit wordt lager en het energieverbruik per 1000 kg melk wordt hoger.

Een melkveehouder kan ervoor kiezen dat de koeien na het melken nog gedipt worden om de spenen te desinfecteren. Er wordt vanuit gegaan dat dit ongeveer 5 seconden tijd kost (inclusief controle uier). Dit resulteert in een vertraging van de melkstal, de capaciteit wordt lager en het energieverbruik wordt hoger. In de praktijk is het wel wenselijk om de koeien na de melking te dippen en te controleren.

stal

Rapid exit is een optie die alleen van toepassing is voor de 2*10 visgraat en de zij-aan-zij melkstallen. Door middel van de rapid exit kunnen de koeien de melkstal sneller verlaten. Met dit systeem neemt de capaciteit met 7% toe. Het systeem verbruikt ook meer energie. Door het liften van het hek (dit gaat door middel van perslucht) wordt er ongeveer 30% meer energie verbruikt door de compressor.

Door het realiseren van de wachtruimte kunnen de koeien gemakkelijker de melkstal opstappen en worden ze minder snel verhinderd door elkaar of andere opstakels (bijvoorbeeld ligboxen). De capaciteit neemt toe met ongeveer 5%.

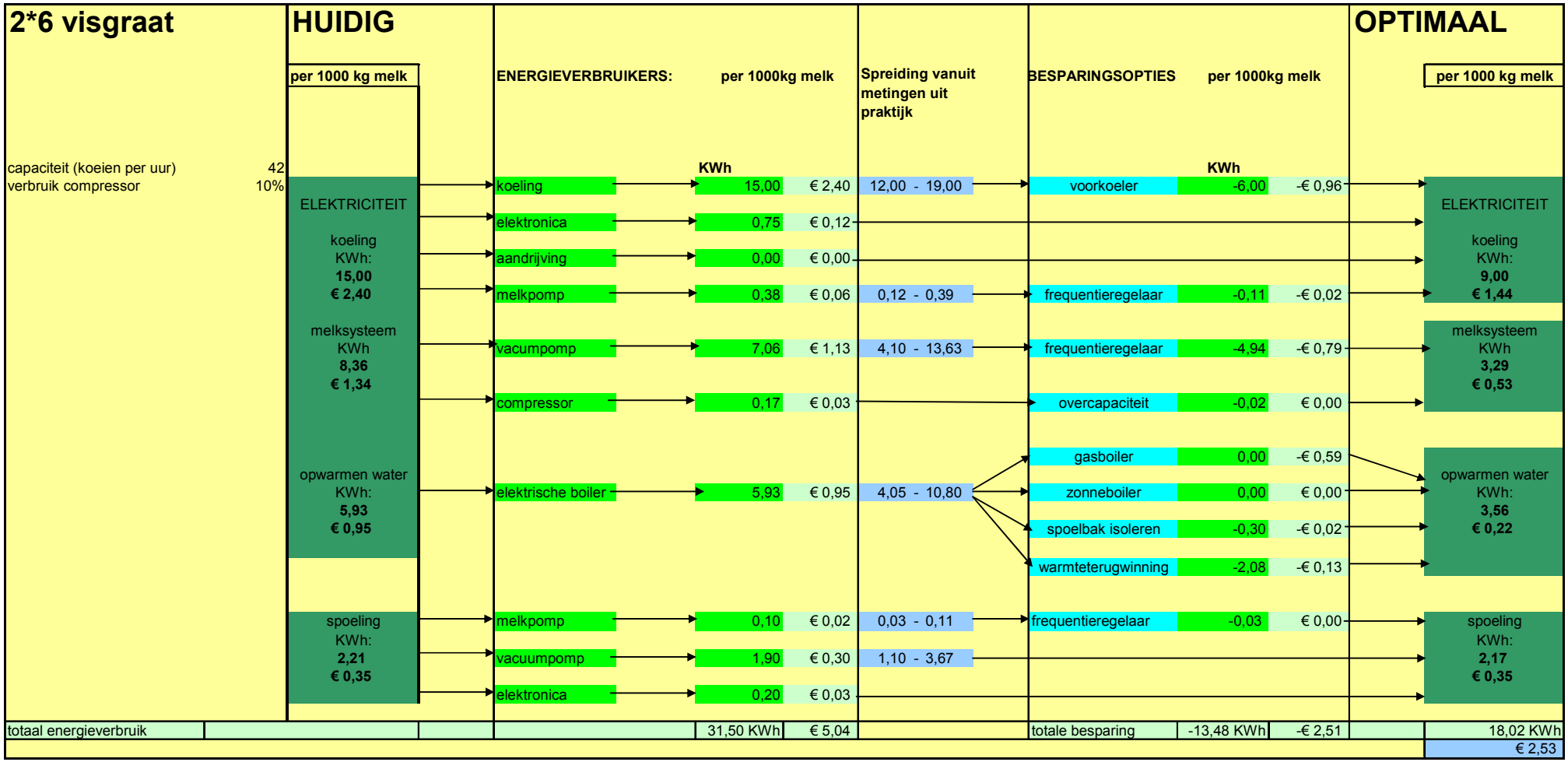
Indien de wachtruimte wordt voorzien van een opdrijfhek worden de koeien nog eens extra gestimuleerd om de melkstal op te stappen. Door een opdrijfhek te realiseren neemt de capaciteit van de melkstal met 3% toe. Het opdrijfhek vraagt ook energie, ongeveer 0,5 KWh.

Indien het opdrijfhek opklapbaar is betekend dit dat er, als er wordt gewerkt in 2 groepen, de volgende groep kan wachten achter het opdrijfhek. Het is niet nodig om het opdrijfhek te verplaatsen naar de achterkant van de wachtruimte om de koeien achter de melkstal te drijven. De capaciteit neemt toe met ongeveer 2%. Om het opdrijfhek te liften wordt er ongeveer 0,5 KWh gevraagd.

Het is ook optioneel om de koeien automatische te sprayen na de melking. De capaciteit neemt toe met ongeveer 3%. De box voor het automatische sprayen vraagt ongeveer 0,7 KWh. Energieverbruikers hierin zijn onder het pompje en een sensor/laser om het uier te herkennen.

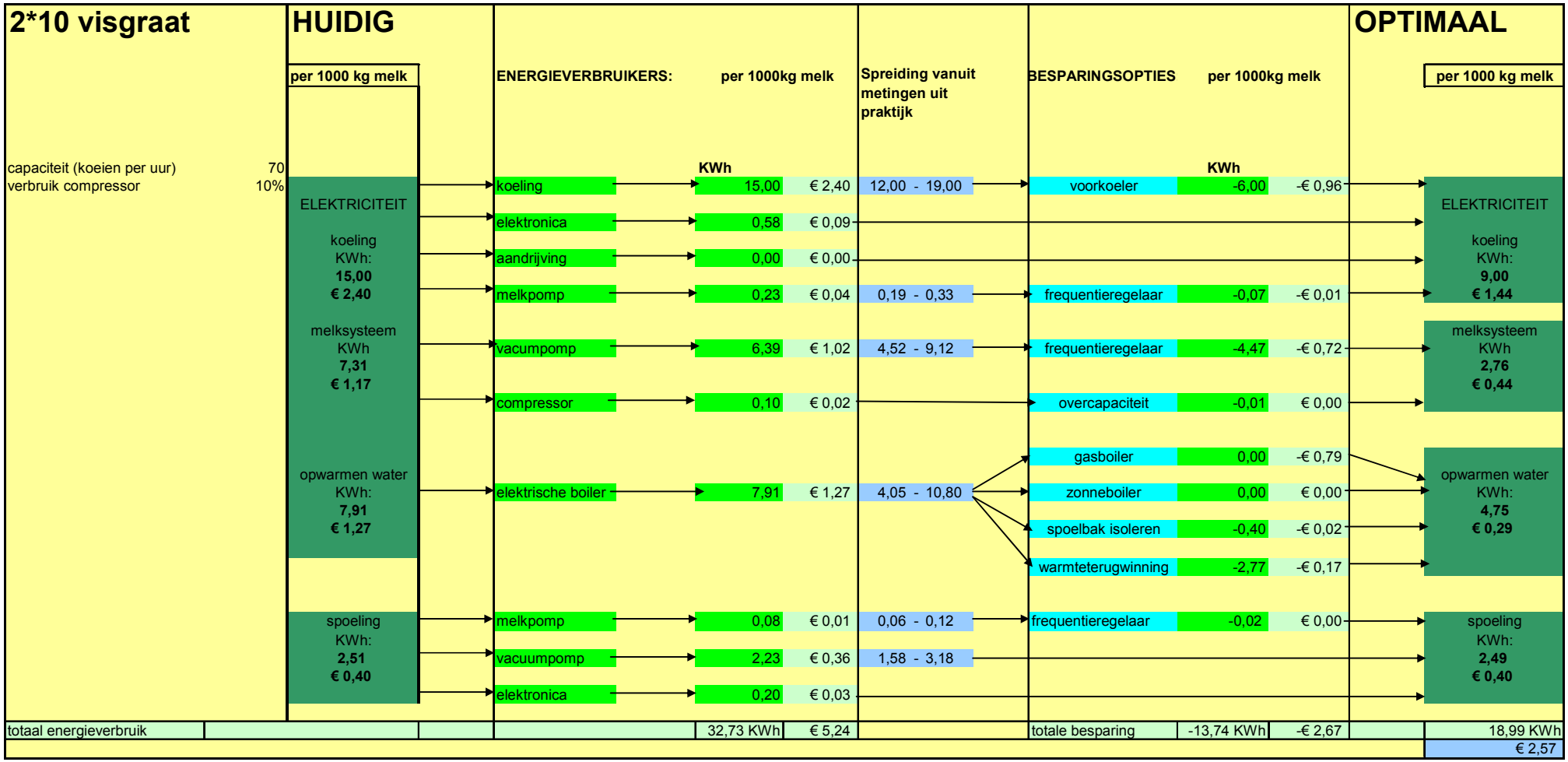
Bijlage 3

Factsheets melksystemen


2*6 visgraat
HUIDIG
per 1000 kg melk
ENERGIEVERBRUIKERS:
per 1000kg melk
Spreiding vanuit metingen uit praktijk
BESPARINGSOPTIES
per 1000kg melk
OPTIMAAL
per 1000 kg melk
capaciteit (koeien per uur) 42
verbruik compressor 10%
KWh
KWh
ELEKTRICITEIT
koeling KWh: 15,00 € 2,40
melksysteem KWh 8,36 € 1,34
opwarmen water KWh: 5,93 € 0,95
spoeling KWh: 2,21 € 0,35
koeling 15,00 € 2,40
elektronica 0,75 € 0,12
aandrijving 0,00 € 0,00
melkpomp 0,38 € 0,06
vacumpomp 7,06 € 1,13
compressor 0,17 € 0,03
elektrische boiler 5,93 € 0,95
melkpomp 0,10 € 0,02
vacuumpomp 1,90 € 0,30
elektronica 0,20 € 0,03
12,00 - 19,00
0,12 - 0,39
4,10 - 13,63
4,05 - 10,80
0,03 - 0,11
1,10 - 3,67
voorkoeler -6,00 -€ 0,96
frequentieregelaar -0,11 -€ 0,02
frequentieregelaar -4,94 -€ 0,79
overcapaciteit -0,02 € 0,00
gasboiler 0,00 -€ 0,59
zonneboiler 0,00 € 0,00
spoelbak isoleren -0,30 -€ 0,02
warmteterugwinning -2,08 -€ 0,13
frequentieregelaar -0,03 € 0,00
ELEKTRICITEIT
koeling KWh: 9,00 € 1,44
melksysteem KWh 3,29 € 0,53
opwarmen water KWh: 3,56 € 0,22
spoeling KWh: 2,17 € 0,35
totaal energieverbruik
31,50 KWh
€ 5,04
totale besparing
-13,48 KWh
-€ 2,51
18,02 KWh
€ 2,53

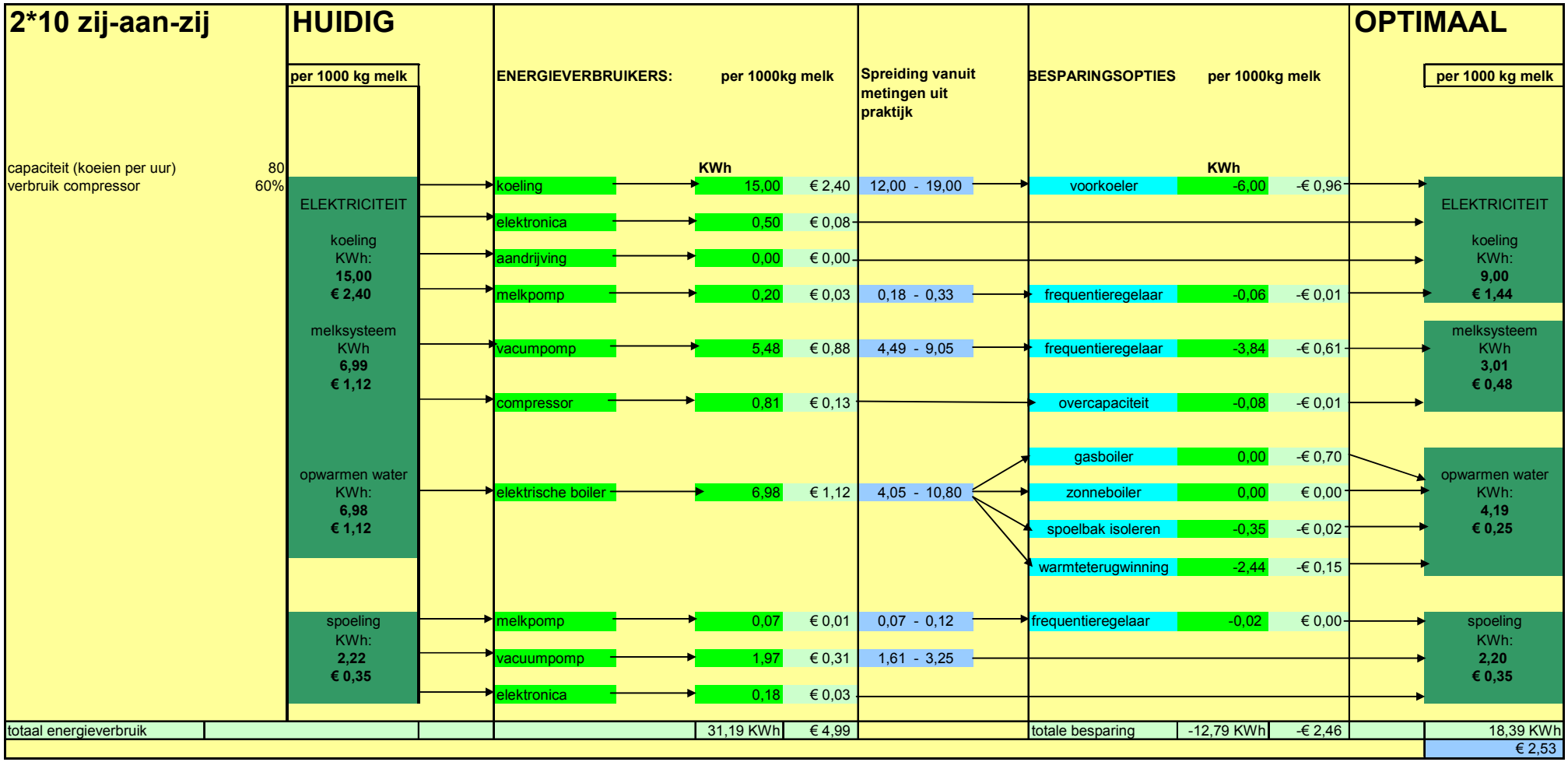
Melksysteem / management 2*6 visgraat

besparing = per melking		besparing/1000 kg melk KWh	besparing/1000 kg melk €	benodigde extra energie met optie (KWh / 1000 kg melk)	uiteindelijke besparing / 1000 kg melk KWh	uiteindelijke besparing / 1000 kg melk €
koe						
melksnelheid door genitica dier		0,42	€ 0,07	0,00	0,42	€ 0,07
karakter dier (aftrappen?)		0,28	€ 0,04	0,00	0,28	€ 0,04
uiervorm (wel/geen valse lucht)		0,00	€ 0,00	0,00	0,00	€ 0,00
voer						
krachtvoer in melkstal (geen krachtvoerboxen in stal)		0,42	€ 0,07	-0,47	-0,05	€ 0,01-
boer / melker						
droogzetten in melkstal		-0,08	-€ 0,01	0,00	-0,08	€ 0,01-
reinigen melkstal voor afzetten melkmachine		-1,35	-€ 0,22	0,00	-1,35	€ 0,22-
voordippen		-0,39	-€ 0,06	0,00	-0,39	€ 0,06-
nadippen		-0,49	-€ 0,08	0,00	-0,49	€ 0,08-
stal						
rapid exit (geldt alleen vanaf >2*10)		0,00	€ 0,00	0,00	0,00	€ 0,00
aparte wachtruimte		0,42	€ 0,07	0,00	0,42	€ 0,07
opdrijfhek (indien ingevuld opklapbaar)		0,42	€ 0,07	-1,88	-1,46	€ 0,23-
automatisch separeren		0,00	€ 0,00	-0,56	-0,56	€ 0,09-
automatisch sprayen (nadippen)		0,25	€ 0,04	-1,32	-1,07	€ 0,17-
totaal besparing per melking		-0,11	-€ 0,02	-4,24	-4,34	€ 0,69-
Optimaal besparing		1,53	€ 0,25	-0,47	1,06	€ 0,17
Energieverbruik melksysteem	8,36 KWh	1,53 KWh	€ 0,25	-0,47 KWh	7,30 KWh	€ 1,17
Energieverbruik melksysteem totaal	18,02 KWh	1,53 KWh	€ 0,25	-0,47 KWh	16,96 KWh	€ 2,71


2*10 visgraat
HUIDIG
per 1000 kg melk
ENERGIEVERBRUIKERS:
per 1000kg melk
Spreiding vanuit metingen uit praktijk
BESPARINGSOPTIES
per 1000kg melk
OPTIMAAL
per 1000 kg melk
capaciteit (koeien per uur) 70
verbruik compressor 10%
KWh
KWh
ELEKTRICITEIT
koeling KWh: 15,00 € 2,40
melksysteem KWh 7,31 € 1,17
opwarmen water KWh: 7,91 € 1,27
spoeling KWh: 2,51 € 0,40
koeling 15,00 € 2,40
elektronica 0,58 € 0,09
aandrijving 0,00 € 0,00
melkpomp 0,23 € 0,04
vacumpomp 6,39 € 1,02
compressor 0,10 € 0,02
elektrische boiler 7,91 € 1,27
melkpomp 0,08 € 0,01
vacuumpomp 2,23 € 0,36
elektronica 0,20 € 0,03
12,00 - 19,00
0,19 - 0,33
4,52 - 9,12
4,05 - 10,80
0,06 - 0,12
1,58 - 3,18
voorkoeler -6,00 -€ 0,96
frequentieregelaar -0,07 -€ 0,01
frequentieregelaar -4,47 -€ 0,72
overcapaciteit -0,01 € 0,00
gasboiler 0,00 -€ 0,79
zonneboiler 0,00 € 0,00
spoelbak isoleren -0,40 -€ 0,02
warmteterugwinning -2,77 -€ 0,17
frequentieregelaar -0,02 € 0,00
ELEKTRICITEIT
koeling KWh: 9,00 € 1,44
melksysteem KWh 2,76 € 0,44
opwarmen water KWh: 4,75 € 0,29
spoeling KWh: 2,49 € 0,40
totaal energieverbruik
32,73 KWh
€ 5,24
totale besparing
-13,74 KWh
-€ 2,67
18,99 KWh
€ 2,57

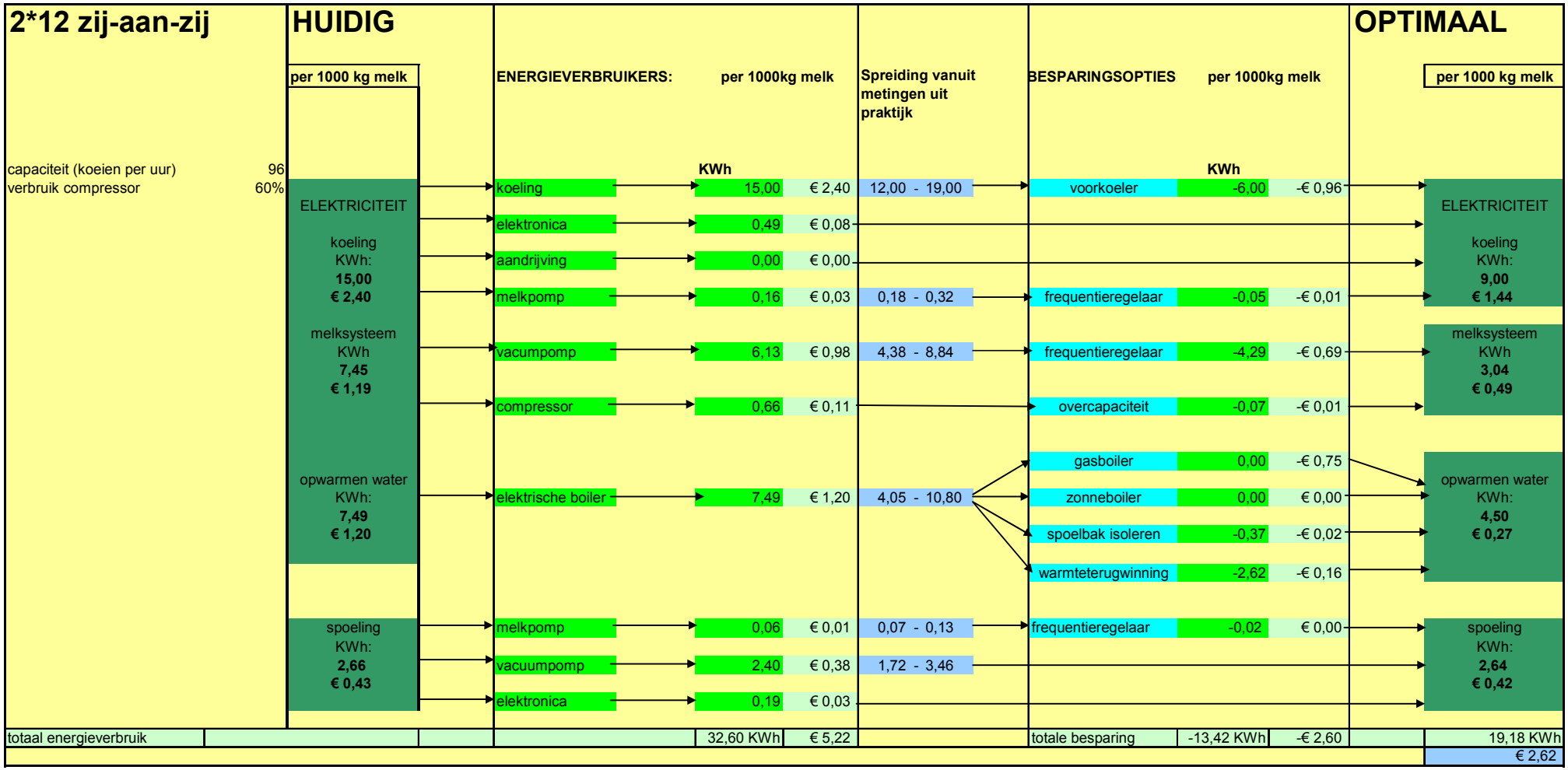
Melksysteem / management 2*10 visgraat

besparing = per melking		besparing/1000 kg melk KWh	besparing/1000 kg melk €	benodigde extra energie met optie (KWh / 1000 kg melk)	uiteindelijke besparing / 1000 kg melk KWh	uiteindelijke besparing / 1000 kg melk €
koe						
melksnelheid door genitica dier		0,37	€ 0,06	0,00	0,37	€ 0,06
karakter dier (aftrappen?)		0,24	€ 0,04	0,00	0,24	€ 0,04
uiervorm (wel/geen valse lucht)		0,00	€ 0,00	0,00	0,00	€ 0,00
voer						
krachtvoer in melkstal (geen krachtvoerboxen in stal)		0,37	€ 0,06	-0,29	0,07	€ 0,01
boer / melker						
droogzetten in melkstal		-0,12	-€ 0,02	0,00	-0,12	€ 0,02-
reinigen melkstal voor afzetten melkmachine		-1,53	-€ 0,24	0,00	-1,53	€ 0,24-
voordippen		-0,57	-€ 0,09	0,00	-0,57	€ 0,09-
nadippen		-0,71	-€ 0,11	0,00	-0,71	€ 0,11-
stal						
rapid exit (geldt alleen vanaf >2*10)		0,00	€ 0,00	0,00	0,00	€ 0,00
aparte wachtruimte		0,37	€ 0,06	0,00	0,37	€ 0,06
opdrijfhek (indien ingevuld opklapbaar)		0,37	€ 0,06	-1,16	-0,80	€ 0,13-
automatisch separeren		0,00	€ 0,00	-0,35	-0,35	€ 0,06-
automatisch sprayen (nadippen)		0,22	€ 0,04	-0,81	-0,59	€ 0,10-
totaal besparing per melking		-1,00	-€ 0,16	-2,61	-3,62	€ 0,58-
Optimaal besparing		1,34	€ 0,21	-0,29	1,05	€ 0,17
Energieverbruik melksysteem	7,31 KWh	1,34 KWh	€ 0,21	-0,29 KWh	6,26 KWh	€ 1,00
Energieverbruik melksysteem totaal	18,99 KWh	1,34 KWh	€ 0,21	-0,29 KWh	17,94 KWh	€ 2,87


2*10 zij-aan-zij
HUIDIG
per 1000 kg melk
ENERGIEVERBRUIKERS:
per 1000kg melk
Spreiding vanuit metingen uit praktijk
BESPARINGSOPTIES
per 1000kg melk
OPTIMAAL
per 1000 kg melk
capaciteit (koeien per uur) 80
verbruik compressor 60%
KWh
KWh
ELEKTRICITEIT
koeling KWh: 15,00 € 2,40
melksysteem KWh 6,99 € 1,12
opwarmen water KWh: 6,98 € 1,12
spoeling KWh: 2,22 € 0,35
koeling 15,00 € 2,40
elektronica 0,50 € 0,08
aandrijving 0,00 € 0,00
melkpomp 0,20 € 0,03
vacumpomp 5,48 € 0,88
compressor 0,81 € 0,13
elektrische boiler 6,98 € 1,12
melkpomp 0,07 € 0,01
vacuumpomp 1,97 € 0,31
elektronica 0,18 € 0,03
12,00 - 19,00
0,18 - 0,33
4,49 - 9,05
4,05 - 10,80
0,07 - 0,12
1,61 - 3,25
voorkoeler -6,00 -€ 0,96
frequentieregelaar -0,06 -€ 0,01
frequentieregelaar -3,84 -€ 0,61
overcapaciteit -0,08 -€ 0,01
gasboiler 0,00 -€ 0,70
zonneboiler 0,00 € 0,00
spoelbak isoleren -0,35 -€ 0,02
warmteterugwinning -2,44 -€ 0,15
frequentieregelaar -0,02 € 0,00
ELEKTRICITEIT koeling KWh: 9,00 € 1,44
melksysteem KWh 3,01 € 0,48
opwarmen water KWh: 4,19 € 0,25
spoeling KWh: 2,20 € 0,35
totaal energieverbruik
31,19 KWh € 4,99
totale besparing -12,79 KWh -€ 2,46
18,39 KWh
€ 2,53

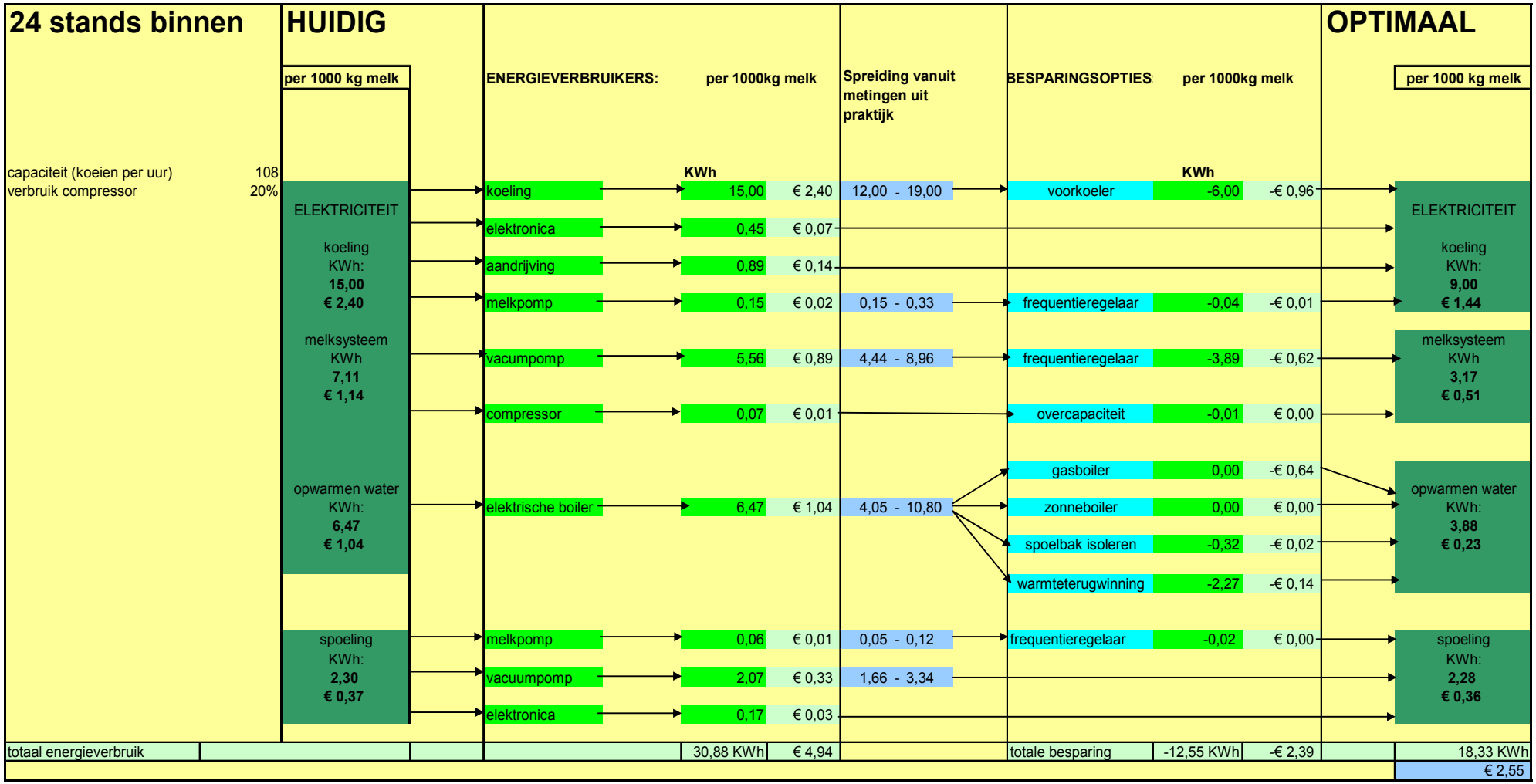
Melksysteem / management 2*10 zij-aan-zij

besparing = per melking		besparing/1000 kg melk		benodigde extra energie met optie (KWh / 1000 kg melk)	uiteindelijke besparing / 1000 kg melk	
		KWh	€		KWh	€
koe						
melksnelheid door genitica dier		0,35	€ 0,06	0,00	0,35	€ 0,06
karakter dier (aftrappen?)		0,23	€ 0,04	0,00	0,23	€ 0,04
uiervorm (wel/geen valse lucht)		0,00	€ 0,00	0,00	0,00	€ 0,00
voer						
krachtvoer in melkstal (geen krachtvoerboxen in stal)		0,35	€ 0,06	-0,25	0,10	€ 0,02
boer / melker						
droogzetten in melkstal		-0,13	-€ 0,02	0,00	-0,13	€ 0,02-
reinigen melkstal voor afzetten melkmachine		-1,51	-€ 0,24	0,00	-1,51	€ 0,24-
voordippen		-0,62	-€ 0,10	0,00	-0,62	€ 0,10-
nadippen		-0,78	-€ 0,12	0,00	-0,78	€ 0,12-
stal						
rapid exit (geldt alleen vanaf >2*10)		0,00	€ 0,00	0,00	0,00	€ 0,00
aparte wachtruimte		0,35	€ 0,06	0,00	0,35	€ 0,06
opdrijfhek (indien ingevuld opklapbaar)		0,35	€ 0,06	-1,00	-0,65	€ 0,10-
automatisch separeren		0,00	€ 0,00	-0,30	-0,30	€ 0,05-
automatisch sprayen (nadippen)		0,21	€ 0,03	-0,70	-0,49	€ 0,08-
totaal besparing per melking		-1,19	-€ 0,19	-2,24	-3,43	€ 0,55-
Optimaal besparing		1,28	€ 0,20	-0,25	1,03	€ 0,17
Energieverbruik melksysteem	6,99 KWh	1,28 KWh	€ 0,20	-0,25 KWh	5,96 KWh	€ 0,95
Energieverbruik melksysteem totaal	18,39 KWh	1,28 KWh	€ 0,20	-0,25 KWh	17,36 KWh	€ 2,78


2*12 zij-aan-zij
HUIDIG
per 1000 kg melk
ENERGIEVERBRUIKERS:
per 1000kg melk
Spreiding vanuit metingen uit praktijk
BESPARINGSOPTIES
per 1000kg melk
OPTIMAAL
per 1000 kg melk
capaciteit (koeien per uur) 96
verbruik compressor 60%
KWh
KWh
ELEKTRICITEIT
koeling KWh: 15,00 € 2,40
melksysteem KWh 7,45 € 1,19
opwarmen water KWh: 7,49 € 1,20
spoeling KWh: 2,66 € 0,43
koeling 15,00 € 2,40
elektronica 0,49 € 0,08
aandrijving 0,00 € 0,00
melkpomp 0,16 € 0,03
vacumpomp 6,13 € 0,98
compressor 0,66 € 0,11
elektrische boiler 7,49 € 1,20
melkpomp 0,06 € 0,01
vacuumpomp 2,40 € 0,38
elektronica 0,19 € 0,03
12,00 - 19,00
0,18 - 0,32
4,38 - 8,84
4,05 - 10,80
0,07 - 0,13
1,72 - 3,46
voorkoeler -6,00 -€ 0,96
frequentieregelaar -0,05 -€ 0,01
frequentieregelaar -4,29 -€ 0,69
overcapaciteit -0,07 -€ 0,01
gasboiler 0,00 -€ 0,75
zonneboiler 0,00 € 0,00
spoelbak isoleren -0,37 -€ 0,02
warmteterugwinning -2,62 -€ 0,16
frequentieregelaar -0,02 € 0,00
ELEKTRICITEIT koeling KWh: 9,00 € 1,44
melksysteem KWh 3,04 € 0,49
opwarmen water KWh: 4,50 € 0,27
spoeling KWh: 2,64 € 0,42
totaal energieverbruik 32,60 KWh € 5,22
totale besparing -13,42 KWh -€ 2,60
19,18 KWh
€ 2,62

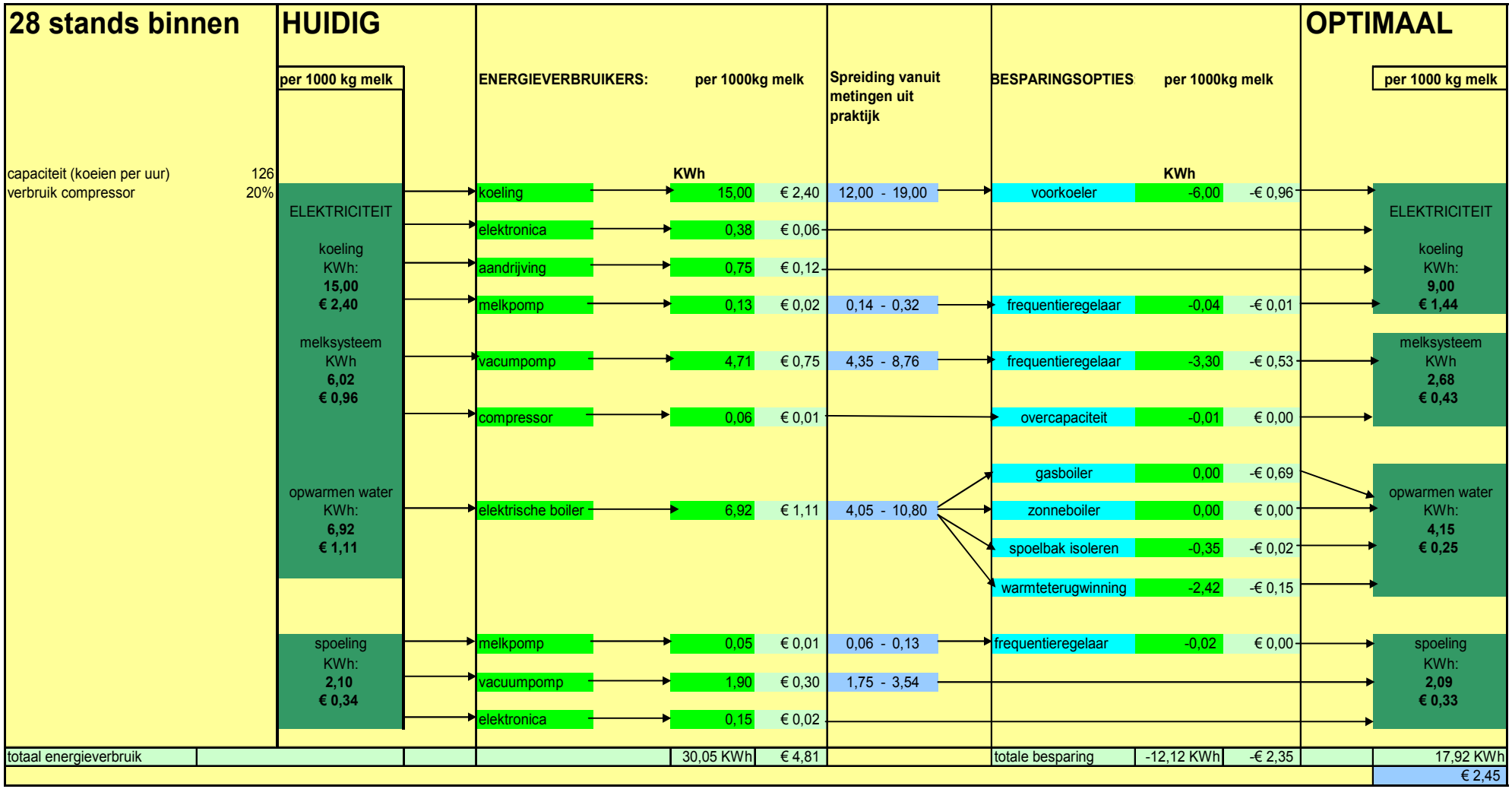
Melksysteem / management 2*12 zij-aan-zij

besparing = per melking		besparing/1000 kg melk KWh	besparing/1000 kg melk €	benodigde extra energie met optie (KWh / 1000 kg melk)	uiteindelijke besparing / 1000 kg melk KWh	uiteindelijke besparing / 1000 kg melk €
koe						
melksnelheid door genitica dier		0,37	€ 0,06	0,00	0,37	€ 0,06
karakter dier (aftrappen?)		0,25	€ 0,04	0,00	0,25	€ 0,04
uiervorm (wel/geen valse lucht)		0,00	€ 0,00	0,00	0,00	€ 0,00
voer						
krachtvoer in melkstal (geen krachtvoerboxen in stal)		0,37	€ 0,06	-0,20	0,17	€ 0,03
boer / melker						
droogzetten in melkstal		-0,16	-€ 0,03	0,00	-0,16	€ 0,03-
reinigen melkstal voor afzetten melkmachine		-1,75	-€ 0,28	0,00	-1,75	€ 0,28-
voordippen		-0,79	-€ 0,13	0,00	-0,79	€ 0,13-
nadippen		-0,99	-€ 0,16	0,00	-0,99	€ 0,16-
stal						
rapid exit (geldt alleen vanaf >2*10)		0,00	€ 0,00	0,00	0,00	€ 0,00
aparte wachtruimte		0,37	€ 0,06	0,00	0,37	€ 0,06
opdrijfhek (indien ingevuld opklapbaar)		0,37	€ 0,06	-0,82	-0,45	€ 0,07-
automatisch separeren		0,00	€ 0,00	-0,25	-0,25	€ 0,04-
automatisch sprayen (nadippen)		0,22	€ 0,04	-0,57	-0,35	€ 0,06-
totaal besparing per melking		-1,74	-€ 0,28	-1,84	-3,58	€ 0,57-
Optimaal besparing		1,37	€ 0,22	-0,20	1,16	€ 0,19
Energieverbruik melksysteem	7,45 KWh	1,37 KWh	€ 0,22	-0,20 KWh	6,29 KWh	€ 1,01
Energieverbruik melksysteem totaal	19,18 KWh	1,37 KWh	€ 0,22	-0,20 KWh	18,01 KWh	€ 2,88


24 stands binnen
HUIDIG
per 1000 kg melk
ENERGIEVERBRUIKERS:
per 1000kg melk
Spreiding vanuit metingen uit praktijk
BESPARINGSOPTIES
per 1000kg melk
OPTIMAAL
per 1000 kg melk
capaciteit (koeien per uur) 108
verbruik compressor 20%
KWh
KWh
ELEKTRICITEIT
koeling KWh: 15,00 € 2,40
elektronica 0,45 € 0,07
aandrijving 0,89 € 0,14
melkpomp 0,15 € 0,02
vacumpomp 5,56 € 0,89
compressor 0,07 € 0,01
opwarmen water KWh: 6,47 € 1,04
elektrische boiler 6,47 € 1,04
spoeling KWh: 2,30 € 0,37
melkpomp 0,06 € 0,01
vacuumpomp 2,07 € 0,33
elektronica 0,17 € 0,03
koeling 15,00 € 2,40
12,00 - 19,00
voorkoeler -6,00 -€ 0,96
melkpomp 0,15 € 0,02
0,15 - 0,33
frequentieregelaar -0,04 -€ 0,01
vacumpomp 5,56 € 0,89
4,44 - 8,96
frequentieregelaar -3,89 -€ 0,62
compressor 0,07 € 0,01
overcapaciteit -0,01 € 0,00
gasboiler 0,00 -€ 0,64
elektrische boiler 6,47 € 1,04
4,05 - 10,80
zonneboiler 0,00 € 0,00
spoelbak isoleren -0,32 -€ 0,02
warmteterugwinning -2,27 -€ 0,14
melkpomp 0,06 € 0,01
0,05 - 0,12
frequentieregelaar -0,02 € 0,00
vacuumpomp 2,07 € 0,33
1,66 - 3,34
elektronica 0,17 € 0,03
ELEKTRICITEIT
koeling KWh: 9,00 € 1,44
melksysteem KWh 3,17 € 0,51
opwarmen water KWh: 3,88 € 0,23
spoeling KWh: 2,28 € 0,36
totaal energieverbruik
30,88 KWh € 4,94
totale besparing
-12,55 KWh -€ 2,39
18,33 KWh
€ 2,55

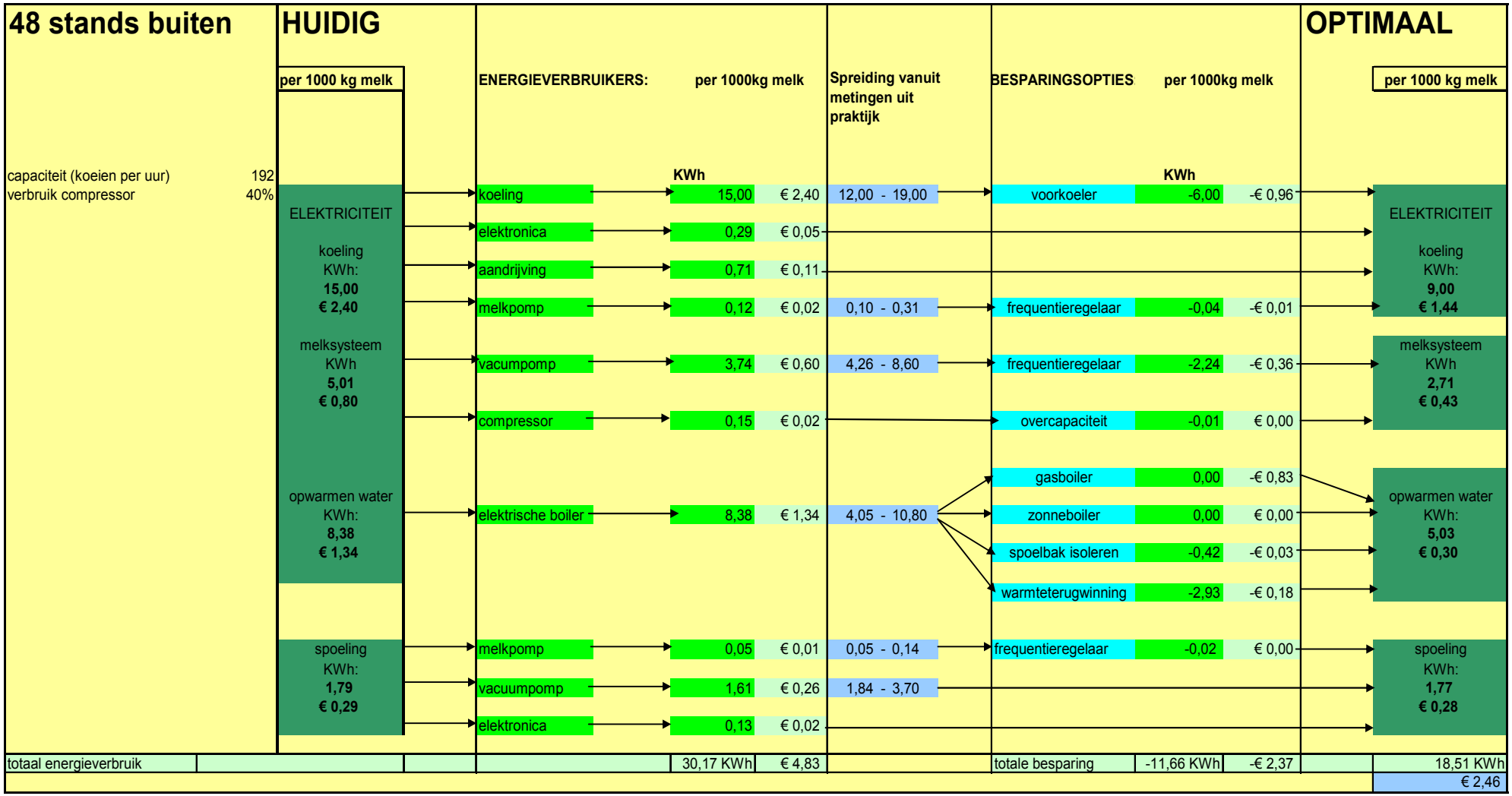
Melksysteem / management 24 stands binnen

besparing = per melking		besparing/1000 kg melk KWh	besparing/1000 kg melk €	benodigde extra energie met optie (KWh / 1000 kg melk)	uiteindelijke besparing / 1000 kg melk KWh	uiteindelijke besparing / 1000 kg melk €
koe						
melksnelheid door genitica dier		0,36	€ 0,06	0,00	0,36	€ 0,06
karakter dier (aftrappen?)		0,24	€ 0,04	0,00	0,24	€ 0,04
uiervorm (wel/geen valse lucht)		0,00	€ 0,00	0,00	0,00	€ 0,00
voer						
krachtvoer in melkstal (geen krachtvoerboxen in stal)		0,36	€ 0,06	-0,19	0,17	€ 0,03
boer / melker						
droogzetten in melkstal		-0,18	-€ 0,03	0,00	-0,18	€ 0,03-
reinigen melkstal voor afzetten melkmachine		-1,59	-€ 0,25	0,00	-1,59	€ 0,25-
voordippen		-0,85	-€ 0,14	0,00	-0,85	€ 0,14-
nadippen		-1,07	-€ 0,17	0,00	-1,07	€ 0,17-
stal						
rapid exit (geldt alleen vanaf >2*10)		0,00	€ 0,00	0,00	0,00	€ 0,00
aparte wachtruimte		0,36	€ 0,06	0,00	0,36	€ 0,06
opdrijfhek (indien ingevuld opklapbaar)		0,36	€ 0,06	-0,74	-0,39	€ 0,06-
automatisch separeren		0,00	€ 0,00	-0,22	-0,22	€ 0,04-
automatisch sprayen (nadippen)		0,21	€ 0,03	-0,52	-0,31	€ 0,05-
totaal besparing per melking		-1,81	-€ 0,29	-1,67	-3,48	€ 0,56-
Optimaal besparing		1,30	€ 0,21	-0,19	1,12	€ 0,18
Energieverbruik melksysteem	7,11 KWh	1,30 KWh	€ 0,21	-0,19 KWh	5,99 KWh	€ 0,96
Energieverbruik melksysteem totaal	18,33 KWh	1,30 KWh	€ 0,21	-0,19 KWh	17,21 KWh	€ 2,75


28 stands binnen
HUIDIG
per 1000 kg melk
ENERGIEVERBRUIKERS:
per 1000kg melk
Spreiding vanuit metingen uit praktijk
BESPARINGSOPTIES
per 1000kg melk
OPTIMAAL
per 1000 kg melk
capaciteit (koeien per uur) 126
verbruik compressor 20%
KWh
KWh
ELEKTRICITEIT
koeling KWh: 15,00 € 2,40
melksysteem KWh 6,02 € 0,96
opwarmen water KWh: 6,92 € 1,11
spoeling KWh: 2,10 € 0,34
koeling 15,00 € 2,40
elektronica 0,38 € 0,06
aandrijving 0,75 € 0,12
melkpomp 0,13 € 0,02
vacumpomp 4,71 € 0,75
compressor 0,06 € 0,01
elektrische boiler 6,92 € 1,11
melkpomp 0,05 € 0,01
vacuumpomp 1,90 € 0,30
elektronica 0,15 € 0,02
12,00 - 19,00
0,14 - 0,32
4,35 - 8,76
4,05 - 10,80
0,06 - 0,13
1,75 - 3,54
voorkoeler -6,00 -€ 0,96
frequentieregelaar -0,04 -€ 0,01
frequentieregelaar -3,30 -€ 0,53
overcapaciteit -0,01 € 0,00
gasboiler 0,00 -€ 0,69
zonneboiler 0,00 € 0,00
spoelbak isoleren -0,35 -€ 0,02
warmteterugwinning -2,42 -€ 0,15
frequentieregelaar -0,02 € 0,00
ELEKTRICITEIT
koeling KWh: 9,00 € 1,44
melksysteem KWh 2,68 € 0,43
opwarmen water KWh: 4,15 € 0,25
spoeling KWh: 2,09 € 0,33
totaal energieverbruik 30,05 KWh € 4,81
totale besparing -12,12 KWh -€ 2,35
17,92 KWh
€ 2,45

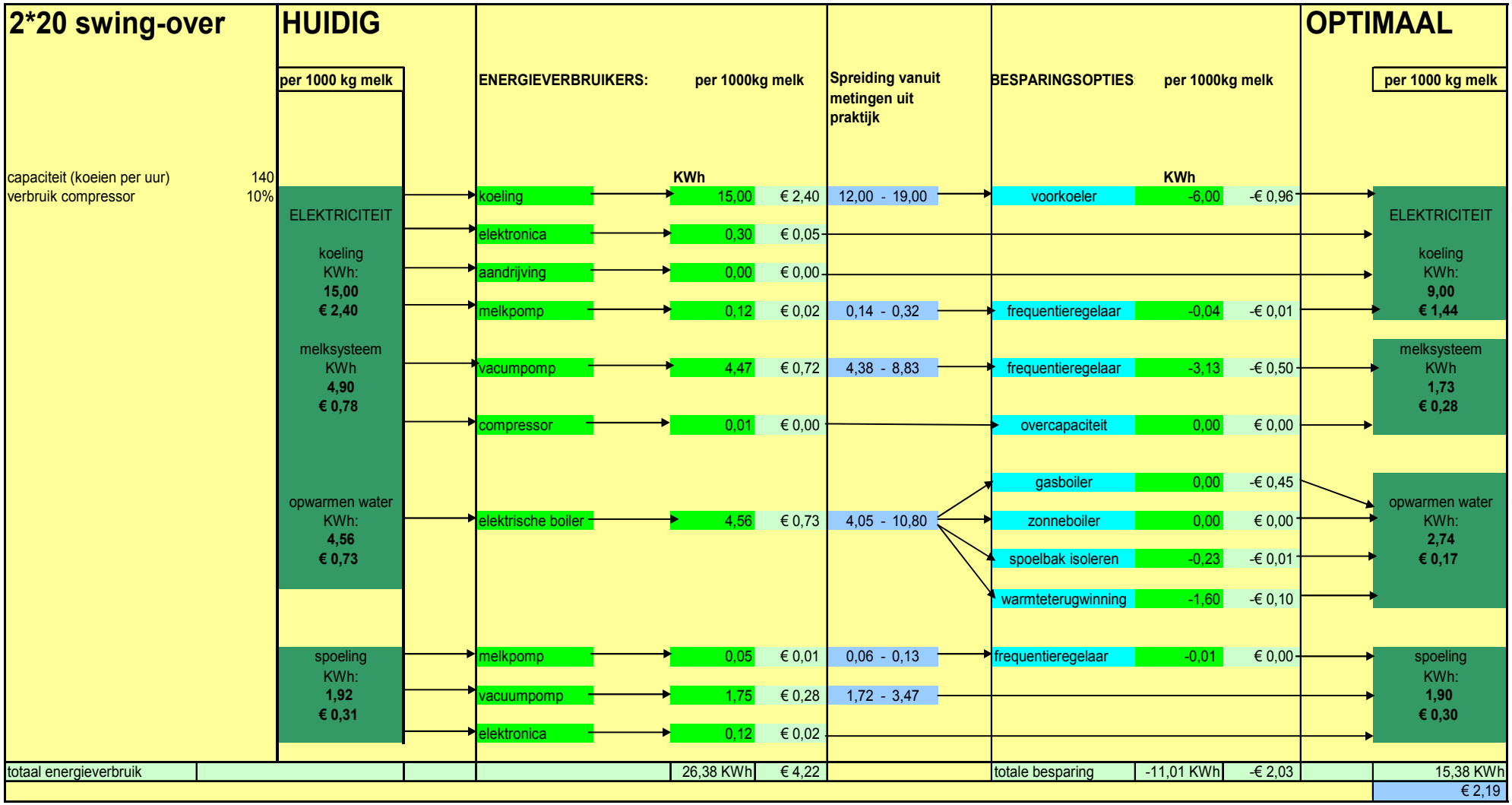
Melksysteem / management 28 stands binnen

besparing = per melking		besparing/1000 kg melk		benodigde extra energie met optie (KWh / 1000 kg melk)	uiteindelijke besparing / 1000 kg melk	
		KWh	€		KWh	€
koe						
melksnelheid door genitica dier		0,30	€ 0,05	0,00	0,30	€ 0,05
karakter dier (aftrappen?)		0,20	€ 0,03	0,00	0,20	€ 0,03
uiervorm (wel/geen valse lucht)		0,00	€ 0,00	0,00	0,00	€ 0,00
voer						
krachtvoer in melkstal (geen krachtvoerboxen in stal)		0,30	€ 0,05	-0,16	0,14	€ 0,02
boer / melker						
droogzetten in melkstal		-0,17	-€ 0,03	0,00	-0,17	€ 0,03-
reinigen melkstal voor afzetten melkmachine		-1,46	-€ 0,23	0,00	-1,46	€ 0,23-
voordippen		-0,84	-€ 0,13	0,00	-0,84	€ 0,13-
nadippen		-1,05	-€ 0,17	0,00	-1,05	€ 0,17-
stal						
rapid exit (geldt alleen vanaf >2*10)		0,00	€ 0,00	0,00	0,00	€ 0,00
aparte wachtruimte		0,30	€ 0,05	0,00	0,30	€ 0,05
opdrijfhek (indien ingevuld opklapbaar)		0,30	€ 0,05	-0,63	-0,33	€ 0,05-
automatisch separeren		0,00	€ 0,00	-0,19	-0,19	€ 0,03-
automatisch sprayen (nadippen)		0,18	€ 0,03	-0,44	-0,26	€ 0,04-
totaal besparing per melking		-1,94	-€ 0,31	-1,41	-3,35	€ 0,54-
Optimaal besparing		1,10	€ 0,18	-0,16	0,95	€ 0,15
Energieverbruik melksysteem	6,02 KWh	1,10 KWh	€ 0,18	-0,16 KWh	5,07 KWh	€ 0,81
Energieverbruik melksysteem totaal	17,92 KWh	1,10 KWh	€ 0,18	-0,16 KWh	16,98 KWh	€ 2,72


48 stands buiten
HUIDIG
OPTIMAAL
per 1000 kg melk
ENERGIEVERBRUIKERS:
per 1000kg melk
Spreiding vanuit metingen uit praktijk
BESPARINGSOPTIES
per 1000kg melk
per 1000 kg melk
capaciteit (koeien per uur) 192
verbruik compressor 40%
KWh
KWh
ELEKTRICITEIT
koeling KWh: 15,00 € 2,40
melksysteem KWh 5,01 € 0,80
opwarmen water KWh: 8,38 € 1,34
spoeling KWh: 1,79 € 0,29
koeling
elektronica 0,29 € 0,05
aandrijving 0,71 € 0,11
melkpomp 0,12 € 0,02
vacumpomp 3,74 € 0,60
compressor 0,15 € 0,02
elektrische boiler 8,38 € 1,34
melkpomp 0,05 € 0,01
vacuumpomp 1,61 € 0,26
elektronica 0,13 € 0,02
koeling 15,00 € 2,40
12,00 - 19,00
0,10 - 0,31
4,26 - 8,60
4,05 - 10,80
0,05 - 0,14
1,84 - 3,70
voorkoeler -6,00 -€ 0,96
frequentieregelaar -0,04 -€ 0,01
frequentieregelaar -2,24 -€ 0,36
overcapaciteit -0,01 € 0,00
gasboiler 0,00 -€ 0,83
zonneboiler 0,00 € 0,00
spoelbak isoleren -0,42 -€ 0,03
warmteterugwinning -2,93 -€ 0,18
frequentieregelaar -0,02 € 0,00
ELEKTRICITEIT
koeling KWh: 9,00 € 1,44
melksysteem KWh 2,71 € 0,43
opwarmen water KWh: 5,03 € 0,30
spoeling KWh: 1,77 € 0,28
totaal energieverbruik 30,17 KWh € 4,83
totale besparing -11,66 KWh -€ 2,37
18,51 KWh
€ 2,46

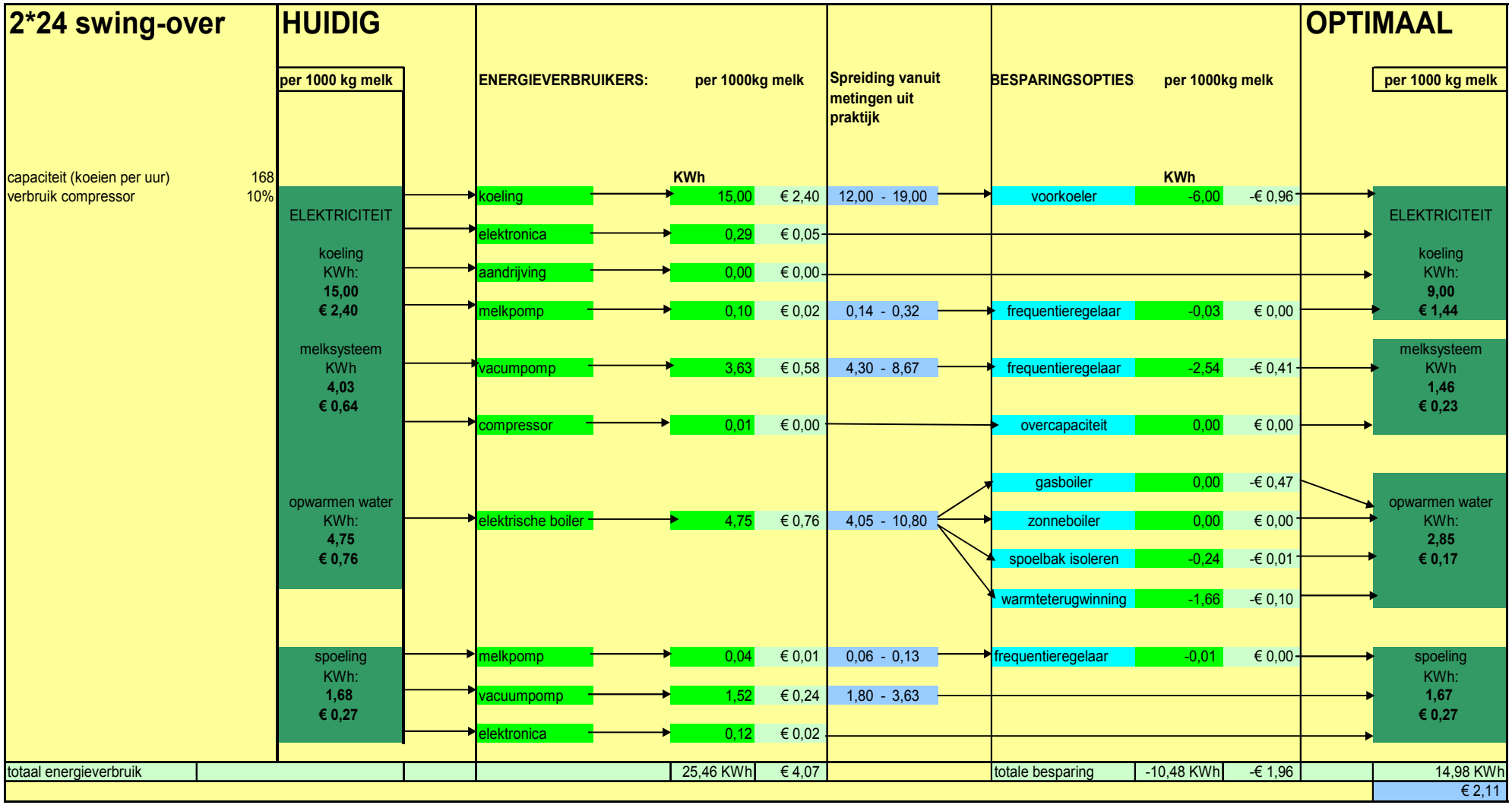
Melksysteem / management 48 stands buiten

besparing = per melking		besparing/1000 kg melk KWh	besparing/1000 kg melk €	benodigde extra energie met optie (KWh / 1000 kg melk)	uiteindelijke besparing / 1000 kg melk KWh	uiteindelijke besparing / 1000 kg melk €
koe						
melksnelheid door genitica dier		0,25	€ 0,04	0,00	0,25	€ 0,04
karakter dier (aftrappen?)		0,17	€ 0,03	0,00	0,17	€ 0,03
uiervorm (wel/geen valse lucht)		0,00	€ 0,00	0,00	0,00	€ 0,00
voer						
krachtvoer in melkstal (geen krachtvoerboxen in stal)		0,25	€ 0,04	-0,10	0,15	€ 0,02
boer / melker						
droogzetten in melkstal		-0,22	-€ 0,04	0,00	-0,22	€ 0,04-
reinigen melkstal voor afzetten melkmachine		-1,29	-€ 0,21	0,00	-1,29	€ 0,21-
voordippen		-1,07	-€ 0,17	0,00	-1,07	€ 0,17-
nadippen		-1,34	-€ 0,21	0,00	-1,34	€ 0,21-
stal						
rapid exit (geldt alleen vanaf >2*10)		0,00	€ 0,00	0,00	0,00	€ 0,00
aparte wachtruimte		0,25	€ 0,04	0,00	0,25	€ 0,04
opdrijfhek (indien ingevuld opklapbaar)		0,25	€ 0,04	-0,42	-0,16	€ 0,03-
automatisch separeren		0,00	€ 0,00	-0,12	-0,12	€ 0,02-
automatisch sprayen (nadippen)		0,15	€ 0,02	-0,29	-0,14	€ 0,02-
totaal besparing per melking		-2,60	-€ 0,42	-0,93	-3,53	€ 0,57-
Optimaal besparing		0,92	€ 0,15	-0,10	0,81	€ 0,13
Energieverbruik melksysteem	5,01 KWh	0,92 KWh	€ 0,15	-0,10 KWh	4,19 KWh	€ 0,67
Energieverbruik melksysteem totaal	18,51 KWh	0,92 KWh	€ 0,15	-0,10 KWh	17,70 KWh	€ 2,83


2*20 swing-over
HUIDIG
per 1000 kg melk
ENERGIEVERBRUIKERS:
per 1000kg melk
Spreiding vanuit metingen uit praktijk
BESPARINGSOPTIES
per 1000kg melk
OPTIMAAL
per 1000 kg melk
capaciteit (koeien per uur) 140
verbruik compressor 10%
KWh
KWh
ELEKTRICITEIT
koeling KWh: 15,00 € 2,40
melksysteem KWh 4,90 € 0,78
opwarmen water KWh: 4,56 € 0,73
spoeling KWh: 1,92 € 0,31
koeling
elektronica 0,30 € 0,05
aandrijving 0,00 € 0,00
melkpomp 0,12 € 0,02
vacumpomp 4,47 € 0,72
compressor 0,01 € 0,00
elektrische boiler 4,56 € 0,73
melkpomp 0,05 € 0,01
vacuumpomp 1,75 € 0,28
elektronica 0,12 € 0,02
koeling 15,00 € 2,40
12,00 - 19,00
0,14 - 0,32
4,38 - 8,83
4,05 - 10,80
0,06 - 0,13
1,72 - 3,47
voorkoeler -6,00 -€ 0,96
frequentieregelaar -0,04 -€ 0,01
frequentieregelaar -3,13 -€ 0,50
overcapaciteit 0,00 € 0,00
gasboiler 0,00 -€ 0,45
zonneboiler 0,00 € 0,00
spoelbak isoleren -0,23 -€ 0,01
warmteterugwinning -1,60 -€ 0,10
frequentieregelaar -0,01 € 0,00
ELEKTRICITEIT
koeling KWh: 9,00 € 1,44
melksysteem KWh 1,73 € 0,28
opwarmen water KWh: 2,74 € 0,17
spoeling KWh: 1,90 € 0,30
totaal energieverbruik
26,38 KWh
€ 4,22
totale besparing
-11,01 KWh
-€ 2,03
15,38 KWh
€ 2,19

Melksysteem / management 2*20 swing-over

besparing = per melking		besparing/1000 kg melk KWh	besparing/1000 kg melk €	benodigde extra energie met optie (KWh / 1000 kg melk)	uiteindelijke besparing / 1000 kg melk KWh	uiteindelijke besparing / 1000 kg melk €
koe						
melksnelheid door genitica dier		0,24	€ 0,04	0,00	0,24	€ 0,04
karakter dier (aftrappen?)		0,16	€ 0,03	0,00	0,16	€ 0,03
uiervorm (wel/geen valse lucht)		0,00	€ 0,00	0,00	0,00	€ 0,00
voer						
krachtvoer in melkstal (geen krachtvoerboxen in stal)		0,24	€ 0,04	-0,15	0,10	€ 0,02
boer / melker						
droogzetten in melkstal		-0,16	-€ 0,03	0,00	-0,16	€ 0,03-
reinigen melkstal voor afzetten melkmachine		-1,15	-€ 0,18	0,00	-1,15	€ 0,18-
voordippen		-0,76	-€ 0,12	0,00	-0,76	€ 0,12-
nadippen		-0,95	-€ 0,15	0,00	-0,95	€ 0,15-
stal						
rapid exit (geldt alleen vanaf >2*10)		0,00	€ 0,00	0,00	0,00	€ 0,00
aparte wachtruimte		0,24	€ 0,04	0,00	0,24	€ 0,04
opdrijfhek (indien ingevuld opklapbaar)		0,24	€ 0,04	-0,60	-0,35	€ 0,06-
automatisch separeren		0,00	€ 0,00	-0,18	-0,18	€ 0,03-
automatisch sprayen (nadippen)		0,15	€ 0,02	-0,42	-0,27	€ 0,04-
totaal besparing per melking		-1,74	-€ 0,28	-1,34	-3,08	€ 0,49-
Optimaal besparing		0,90	€ 0,14	-0,15	0,75	€ 0,12
Energieverbruik melksysteem	4,90 KWh	0,90 KWh	€ 0,14	-0,15 KWh	4,15 KWh	€ 0,66
Energieverbruik melksysteem totaal	15,38 KWh	0,90 KWh	€ 0,14	-0,15 KWh	14,63 KWh	€ 2,34


2*24 swing-over
HUIDIG
per 1000 kg melk
ENERGIEVERBRUIKERS:
per 1000kg melk
Spreiding vanuit metingen uit praktijk
BESPARINGSOPTIES
per 1000kg melk
OPTIMAAL
per 1000 kg melk
capaciteit (koeien per uur) 168
verbruik compressor 10%
KWh
KWh
ELEKTRICITEIT
koeling KWh: 15,00 € 2,40
melksysteem KWh 4,03 € 0,64
opwarmen water KWh: 4,75 € 0,76
spoeling KWh: 1,68 € 0,27
koeling
elektronica 0,29 € 0,05
aandrijving 0,00 € 0,00
melkpomp 0,10 € 0,02
vacumpomp 3,63 € 0,58
compressor 0,01 € 0,00
elektrische boiler 4,75 € 0,76
melkpomp 0,04 € 0,01
vacuumpomp 1,52 € 0,24
elektronica 0,12 € 0,02
koeling 15,00 € 2,40
12,00 - 19,00
0,14 - 0,32
4,30 - 8,67
4,05 - 10,80
0,06 - 0,13
1,80 - 3,63
voorkoeler -6,00 -€ 0,96
frequentieregelaar -0,03 € 0,00
frequentieregelaar -2,54 -€ 0,41
overcapaciteit 0,00 € 0,00
gasboiler 0,00 -€ 0,47
zonneboiler 0,00 € 0,00
spoelbak isoleren -0,24 -€ 0,01
warmteterugwinning -1,66 -€ 0,10
frequentieregelaar -0,01 € 0,00
ELEKTRICITEIT
koeling KWh: 9,00 € 1,44
melksysteem KWh 1,46 € 0,23
opwarmen water KWh: 2,85 € 0,17
spoeling KWh: 1,67 € 0,27
totaal energieverbruik
25,46 KWh
€ 4,07
totale besparing
-10,48 KWh
-€ 1,96
14,98 KWh
€ 2,11

Melksysteem / management 2*24 swing-over

besparing = per melking		besparing/1000 kg melk		benodigde extra energie met optie (KWh / 1000 kg melk)	uiteindelijke besparing / 1000 kg melk	
		KWh	€		KWh	€
koe						
melksnelheid door genitica dier		0,20	€ 0,03	0,00	0,20	€ 0,03
karakter dier (aftrappen?)		0,13	€ 0,02	0,00	0,13	€ 0,02
uiervorm (wel/geen valse lucht)		0,00	€ 0,00	0,00	0,00	€ 0,00
voer						
krachtvoer in melkstal (geen krachtvoerboxen in stal)		0,20	€ 0,03	-0,12	0,08	€ 0,01
boer / melker						
droogzetten in melkstal		-0,15	-€ 0,02	0,00	-0,15	€ 0,02-
reinigen melkstal voor afzetten melkmachine		-1,01	-€ 0,16	0,00	-1,01	€ 0,16-
voordippen		-0,75	-€ 0,12	0,00	-0,75	€ 0,12-
nadippen		-0,94	-€ 0,15	0,00	-0,94	€ 0,15-
stal						
rapid exit (geldt alleen vanaf >2*10)		0,00	€ 0,00	0,00	0,00	€ 0,00
aparte wachtruimte		0,20	€ 0,03	0,00	0,20	€ 0,03
opdrijfhek (indien ingevuld opklapbaar)		0,20	€ 0,03	-0,48	-0,28	€ 0,05-
automatisch separeren		0,00	€ 0,00	-0,15	-0,15	€ 0,02-
automatisch sprayen (nadippen)		0,12	€ 0,02	-0,34	-0,22	€ 0,03-
totaal besparing per melking		-1,80	-€ 0,29	-1,09	-2,89	€ 0,46-
Optimaal besparing		0,74	€ 0,12	-0,12	0,62	€ 0,10
Energieverbruik melksysteem	4,03 KWh	0,74 KWh	€ 0,12	-0,12 KWh	3,41 KWh	€ 0,55
Energieverbruik melksysteem totaal	14,98 KWh	0,74 KWh	€ 0,12	-0,12 KWh	14,36 KWh	€ 2,30