



L'orél Consultancy B.V.
www.Lorel.nl
jacobs@lorel.nl

Eindrapport pilot Energie van Eigen Erf bij Melkveehouderij met boerderijcamping de Vos



Uitgevoerd door: L'orél Consultancy bv



Senior Adviseur: drs. R.A.A.M. Jacobs

Opleverdatum: 23 februari 2023

Opdracht: ANV De Ommer Marke



*L'orèl Consultancy B.V.
www.Lorel.nl
jacobs@lorel.nl*

Samenvatting

Het realiseren van de klimaatdoelstelling incl. aardgasloos worden is voor allen een grote uitdaging. Er zijn nog weinig concrete voorbeelden hoe je de energietransitie zonder regret aanpakt bij het mkb (midden en klein bedrijf). Veelal komt men niet verder dan zonnepanelen op het dak. En is er geen advisering en weinig kennis over warmte-oplossingen. Tevens zijn er weinig of geen modellen die inzicht geven in de mogelijke alternatieven en al helemaal niet om alternatieven te vergelijken. En als er alleen voor zonnepanelen wordt gekozen op basis van beschikbare grond/dak dan verhoogt dat momenteel de congestie in veel gebieden en zijn er diverse problemen om de netverzwaringen uit te voeren zoals personeelstekorten en ontbrekende materialen.

Met de pilot 'Energie van Eigen Erf' wil Agrarische Natuurvereniging De Ommer Marke inzichtelijk maken wat de mogelijkheden zijn voor energiebesparing, -productie, -opslag, eigen gebruik en levering op het agrarisch bedrijf.

Het uitgangspunt van De Ommer Marke is dat:

- het gebruik en de baten van de opgewekte energie en mogelijke restwarmte zoveel mogelijk in het gebied blijven
- er een verdienmodel is voor de agrariër
- de agrariër zeggenschap houdt

Als de productie van duurzame energie op de boerderij – zowel voor eigen gebruik als voor de naaste omgeving – een integraal rendabel onderdeel van het agrarisch bedrijf kan worden, versterkt dit de agrarische sector en wordt de leefbaarheid en duurzaamheid van het hele platteland vergroot.

Begin maart 2022 is de pilot Energie van Eigen Erf gestart met de uitwerking van een praktijkvoorbeeld uit de melkveehouderij. en de ontwikkeling van een toolkit met besparingsmogelijkheden voor de hele melkveehouderijsector. Als pilotbedrijf werd de melkveehouderij met boerderijcamping van fam. de Vos in Lemelerveld gekozen.

Dit rapport is het eindresultaat van het onderzoek op het pilotbedrijf van fam. de Vos en beoogt ook andere melkveehouders te inspireren tot het verder verduurzamen van hun bedrijf.



L'orèl Consultancy B.V.
www.Lorel.nl
jacobs@lorel.nl

De besparingsmogelijkheden zijn:

- | | |
|---|------------------------------------|
| • Koelmachine aftimmeren en optimaliseren: | 2.600 kWh |
| • Extra voorcoeler tot 17 °C: | 7.150 kWh |
| • Compressor naloop aanpassen: | 6.000 kWh |
| • Temperatuur ingang robot verhogen¹ | 3.750 kWh |
| • <i>Vervanging Re-Heat installatie door elektrische boilers</i> | <i>1.250 m³ aardgas</i> |
| • <i>Extra verbruik elektrisch boilers met slimme besturing</i> | <i>-3.000 kWh</i> + |
| Totale potentiële besparing bijna elektrisch 19.500 kWh (€ 5.850) | |
| Vervanging Re-heat door elektrische boilers bespaart 1.250 m³ aardgas (€ 1.875), maar kost wel extra stroom 3.000 kWh (€ 900) | |

Melkveehouderij met boerderijcamping de Vos volledig aardgasloos maken is in basis ook een optie, echter dit is een complexe operatie. Er is aardgasverbruik op een viertal locaties die tientallen meters uit elkaar liggen. Hierdoor is het installeren van buffervaten en het leggen van geïsoleerde leidingen onder de bestrating door een beste uitdaging..

¹ Dit lijkt bij de Lely-robots van fam. de Vos echter niet wenselijk, omdat de temperatuur voor het schoonmaakmiddel van de borstels max. 40 °C mag zijn. Bij een hogere watertemperatuur wordt via een driewegklep automatisch koud water toegevoegd om de temperatuur te reguleren. Uitschakeling van die klep kan ertoe leiden dat te heet WTW-water bij de borstels komt, met als risico dat het schoonmaakmiddel minder goed functioneert.



L'orèl Consultancy B.V.
www.Lorel.nl
jacobs@lorel.nl

Informatie Familie de Vos

Er wordt momenteel met 220 – 230 melkkoeien ongeveer 2,6 miljoen kg melk gemolken met vier A3 Next Lely Robot. Per robot ongeveer 55 koeien. De stal is in 2010 nieuw gebouwd, de eerste drie robots zijn in 2010 geplaatst, de vierde in 2014.

Er wordt jaarlijks ongeveer 205.000 kWh en 5.000 m³ aardgas verbruikt in de privéwoning, boerderijcamping en het melkveebedrijf. De tweede privéwoning op het erf is apart aangesloten op gas- en elektriciteit en wordt in dit rapport buiten beschouwing gelaten.

Familie de Vos heeft een drietal stroomaansluitingen.

- De 3*80 Ampère aansluiting levert stroom voor alleen de grote melkveestal met bijhorende apparatuur. Per jaar wordt bijna 150.000 kWh verbruikt. Zomer 2022 zijn op deze aansluiting 356 zonnepanelen geplaatst. Dit aantal is gebaseerd op het dagverbruik van het bedrijf en de limiet van de bestaande kabel. Naar schatting zullen deze zonnepanelen ongeveer de helft van het huidige jaarverbruik kunnen leveren.
- Sinds mei 2021 is er een tweede 3*80 Ampère aansluiting voor de berekening. In 2021 is vanaf mei 5.500 kWh verbruikt.
- De 3*63 Ampère aansluiting levert stroom voor de jongvee en oudmelk stal met waterzuivering (ontijzering), privéwoning en de camping. Per jaar wordt ruim 50.000 kWh verbruikt.

Familie de Vos heeft 1 gasaansluiting. Hierop zijn de grote melkveestal (met Reheat boiler/geiser), de camping (200 liter boiler en geiser) en de privéwoning aangesloten. Er zijn geen tussenmeters, zodat niet bekend is hoeveel aardgas de drie verbruikers afzonderlijk gebruiken.



L'orèl Consultancy B.V.
www.Lorel.nl
jacobs@lorel.nl

Tijdens dit bezoek heeft er een analyse plaatsgevonden over de energetische situatie op het pilotbedrijf.

L'orèl Consultancy (Rob Jacobs) heeft op basis van jarenlang ervaring, honderden adviezen in de agrarische sector en de koppeling met de energiescan van de zuivel het volgende op het pilotbedrijf geconstateerd, onderverdeeld in diverse processen.

1. Koelmachine:

- a) Staat in machinekamer
- b) Standaard koelmachine
- c) Niet optimaal afgetimmerd
- d) Afvoer niet even groot als aanvoer
- e) WTW-installatie die ook een Re-heat installatie voedt
- f) Vulling melktank: 70-75 %
- g) Voorkoeling 23 – 29 graden

Opmerking:

De koelmachine met wtw-installatie is niet optimaal afgetimmerd en de afvoer is niet even groot als de aanvoer. Hierdoor is er onnodig energieverbruik. Daarnaast zijn de leidingen tussen de koelmachine, WTW-installatie en de Re-heat installatie niet optimaal geïsoleerd. Verbruik bij 24 graden is ongeveer 11 kWh/1.000 kg melk of 28.600 kWh per jaar.

ADVIES:

De koelmachine volledig aftimmeren, zodat er geen opgewarmde lucht nogmaals door het koelrooster stroomt. Hierdoor kan de koelmachine zijn warmte beter afgeven aan de omgevingslucht en de koelmachine niet gaat 'pendelen'. Ondanks dat de meeste warmte via de wtw-installatie weg gekoeld wordt, is de verwachte besparing ongeveer 1 kWh/1.000 kg melk, In uw geval 2.600 kWh of € 780. Daarnaast zorgt dit voor verlenging van de levensduur en minder onderhoud van de koelmachine. Het is daarnaast ook belangrijk om de ribben van de 'koelradiator' meermaals per jaar schoon te maken en minimaal 1 * per jaar onderhoud te plegen. Kosten € 100 – 200 of een terugverdientijd van ½ – 1 jaar.

De koelmachine gaat bij robotmelken meer dan 10 keer per dag aan/uit. Doordat de leidingen tussen de koelmachine en de wtw-installatie en naar de Re-heat installatie niet optimaal geïsoleerd zijn koelen ze elke keer onnodig af. Hierdoor wordt in het begin koud water in het wtw-vat en het Re-heat vat gepompt. Door deze leidingen goed te isoleren zal de temperatuur van het wtw-water en indirect de aanvoer naar de Re-heat installatie met 2 – 4 °C stijgen. Kosten € 50 met een terugverdientijd van 3 maanden.



L'orèl Consultancy B.V.
www.Lorel.nl
jacobs@lorel.nl

2. Voorkoeler:

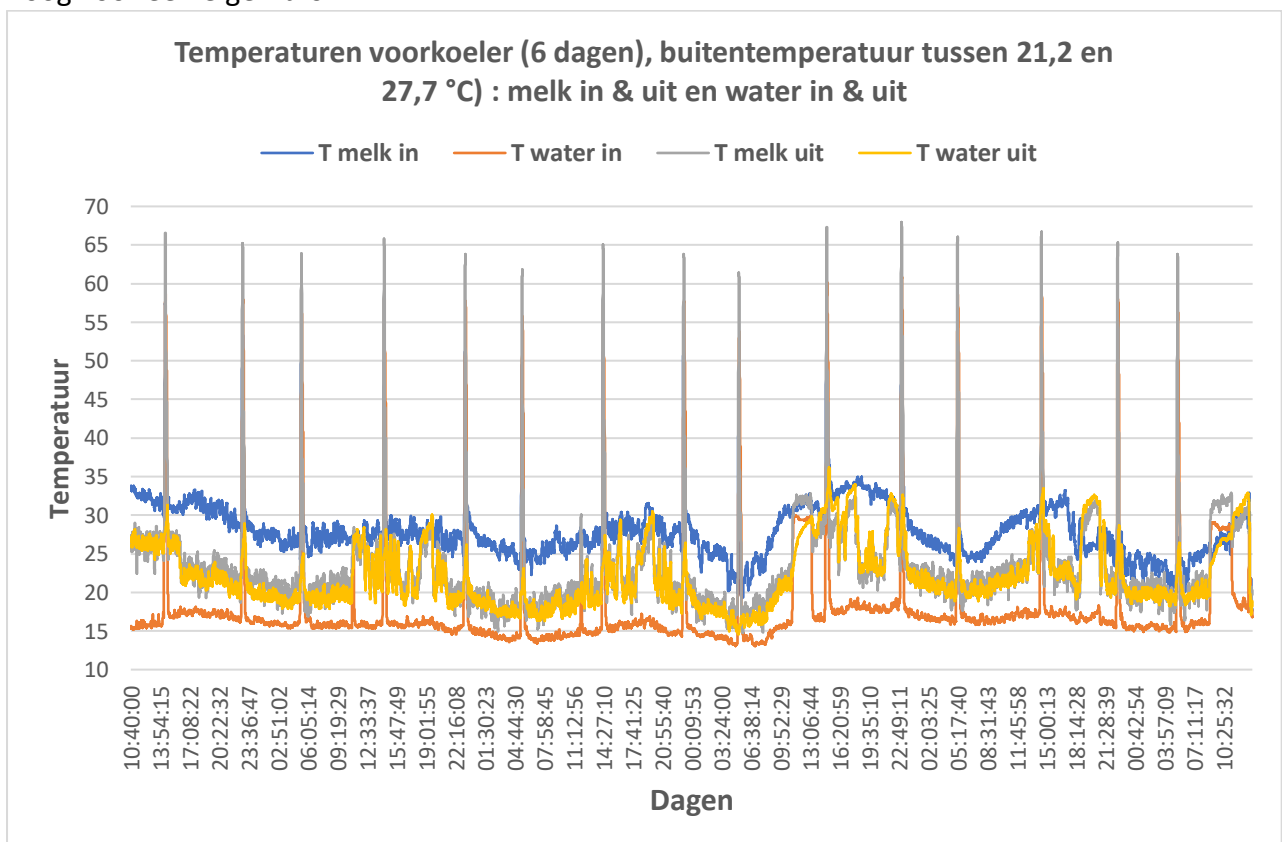
Opmerking:

Er is een Lely buizen-voorkeeler aanwezig met naloop (prima).

Metingen (zie grafiek hieronder) laten zien dat de melk gemiddeld meestal slechts terug wordt gekoeld van gemiddeld 29 °C tot 23 °C. Daarnaast zijn de fluctuaties ook groot in beide temperaturen. De voorkeeler koelt slechts 5 – 7 °C terug.

De voorkeeler rendeert niet goed. Tijdens het verpompen van de melk is de stroomsnelheid van de melk hoog (10 - 15 liter per 20 seconden of 30 – 45 liter per minuut en bij meerdere robots nog veel hoger. De stroomsnelheid aan de waterzijde is duidelijk te laag. Voor een goede voorkoeling is minimaal 110% van de melksnelheid noodzakelijk of 70 liter per minuut. Daarnaast is de voorkeeler ook relatief klein voor de hoeveelheid melk.

Opvallend is de hoge temperatuur van het bronwater, tussen 14 en 17 °C. In basis veel te hoog voor een eigen bron.



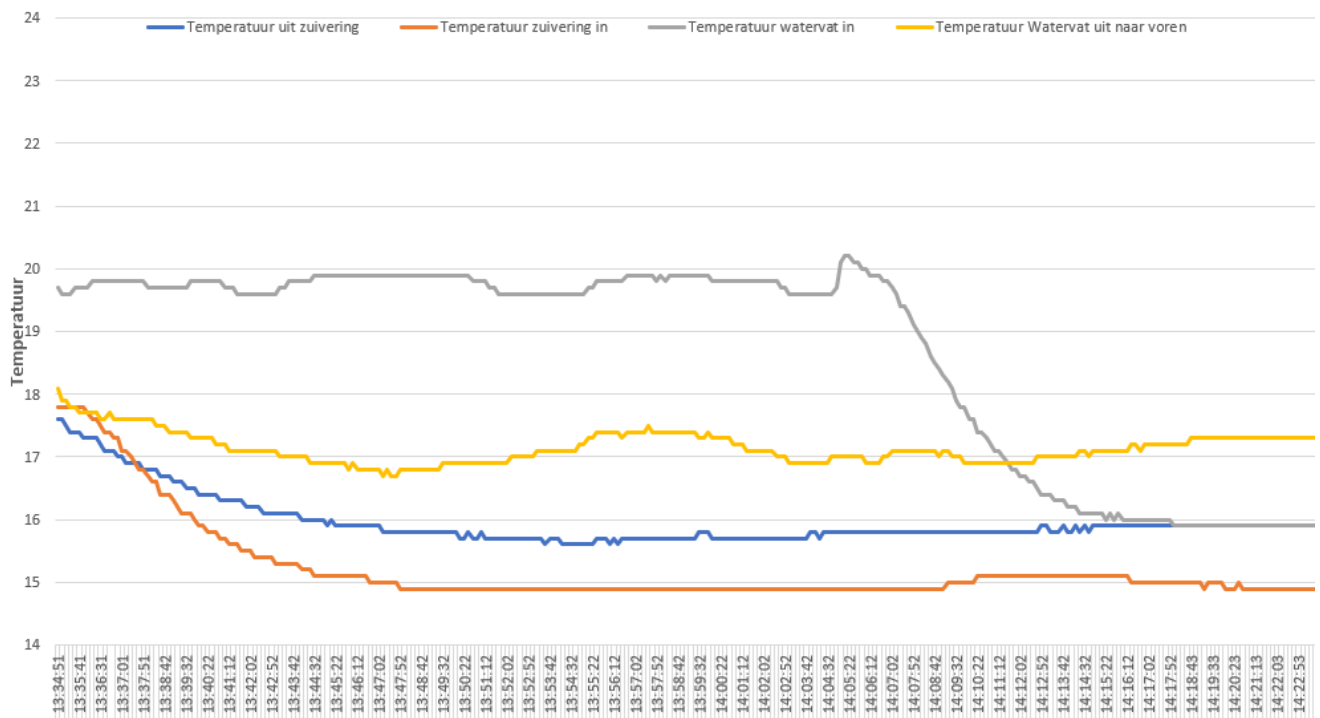
Temperatuurmetingen van de vier in- en uitgangen van de voorkeeler
(de hoge piek temperaturen worden kortstondig bereikt tijdens het reinigen)



L'orèl Consultancy B.V.
www.Lorel.nl
jacobs@lorel.nl

Aanvullende temperatuurmetingen direct aan de bron (zie grafiek hieronder) laten zien dat het water door het reinigen, weer op druk brengen en opvangen in een vat en weer op druk brengen zorgt voor een temperatuur stijging van 2 – 2,5 °C stijging. Veel te veel.

Temperaturen voor & na waterzuivering en temperaturen voor (vertraagd) & na watervat



Temperatuurmetingen van de in- uitgaande watertemperaturen bij de broninstallatie

ADVIES:

Om de voorcoeler de melk optimaal te laten voorcoelen is het belangrijk om genoeg water tijdens de tijd van het pompen van de melk door de voorcoeler te pompen. In dit geval is er bronwater met een Hydrofoor. Hiermee moet er normaal gesproken voldoende koud water door een voorcoeler gepompt worden om de melk 10 – 15 °C voor te koelen. De 5 – 7 °C laten zien dat de voorcoeler te klein is. Dit is een situatie die L'orèl ook op andere bedrijven wel vaker constateert.

Door het verlagen van de brontemperatuur zal de bestaande voorcoeler beter renderen, echter de voorcoeler blijft te klein. Met een realistische brontemperatuur van 13 °C aan de ingang van de voorcoeler zal de (te kleine) voorcoeler echter nog steeds niet verder zakken dan 21 – 22 °C gemiddeld.



L'orèl Consultancy B.V.
www.Lorel.nl
jacobs@lorel.nl

Om de melk verder te kunnen verkoelen, is een tweede verkoeler noodzakelijk die de melk nog verder kan koelen. De koud water ingang van deze verkoeler moet parallel aan de eerste aangesloten worden, zodat deze de melk verder kan koelen met koud water.

Hierdoor zal de koeltemperatuur onder de 17 °C zakken bij een brontemperatuur van 13 °C. De verwachte energiewinst bij een verkoeling tot 17 °C t.o.v. 24 °C zal ongeveer 2,5 - 3 kWh per 1.000 kg melk zijn. In dit geval 6.500 tot 7.800 kWh of tussen € 1.950 – 2.340, naast verlenging van de levensduur van de koelmachine. De investering van de aanpassing is € 2.000 – 4.000 (afhankelijk van de keuze), een terugverdientijd van 2 – 3 jaar.

In dit geval adviseer ik de waterbron zodanig op de verkoeler aan te sluiten en tijdens het verpompen van de melk het koelwater op te vangen in een aantal buffervaten op circa 2,5 meter hoogte boven de drinkbakken. Vanuit het buffervat kan dit water drukloos stromen naar de drinkbakken met een extra (hogere) vlotter. Zodra het vat leeg is, neemt de waterinstallatie het over en komt het verse water rechtstreeks uit de waterinstallatie (zie foto hieronder en werkt bij diverse melkveehouders probleemloos).





L'orèl Consultancy B.V.
www.Lorel.nl
jacobs@lorelnl.nl

3. Vacuümpomp:

- a. Frequentieregeling in combinatie met melkrobot: uitstekend!
- b. Standaard verbruik tussen 8 en 9 kWh per 1.000 kg melk op basis van tientallen metingen. In uw geval 21.000 – 23.000 kWh per jaar.

Geen verbeter advies

4. Melkrobots:

- a. 4 Lely A3 Next robots;

Opmerking:

Melkrobots zijn technisch complexe machines. Op het melktechnische deel kunnen we geen invloed uitoefenen en daar heeft Lely veel meer verstand van dan L'orèl. Het energie verbruik bij een A3 Next met 60 – 65 koeien ligt grofweg tussen 23 en 28 kWh/1.000 kg melk. Dit verbruik bestaat voor ruim 1/3 uit het 'melktechnische' deel (melk- en vacuümpomp en besturing), voor 1/3 uit het energieverbruik van de luchtcompressor en voor 1/3 voor het energieverbruik om het spoelwater op te warmen. Op het verbruik van de luchtcompressor kan de meeste invloed uitgeoefend worden. In opdracht van FrieslandCampina zijn hier samen met de sector en met Lely verbeteringen uitgewerkt. Dit rapport is geanonimiseerd aan fam. de Vos opgestuurd. De compressor wordt in deelproces 5 verder behandeld. In dit geval met 55 koeien per robot is het verbruik tussen 25 en 30 kWh/1.000 kg melk.

De robots worden afzonderlijk gemeten van de compressor. Hierdoor is het melktechnische deel en het deel voor het opwarmen van het spoelwater van de verschillende robots apart uitgesplitst. Echter de robots melken ook sterk verschillende hoeveelheden melk en hebben wel of niet een PURA (stoomreiniging na elke melkbeurt). Hierdoor is het vergelijken van de verschillende robots per 1.000 kg melk niet zinvol.

Het totale verbruik van de 4 robots wordt elk afzonderlijk gemeten. Totaal is het verbruik van de 4 robots 41.131 kWh per jaar. Omgerekend 15,8 kWh/1.000 kg melk.

Het spoelen van de melkrobots wordt in deelproces 6 apart behandeld.



L'orèl Consultancy B.V.
www.Lorel.nl
jacobs@lorel.nl

5. Compressor melkrobot:

- a) Type compressor: olie schroefcompressor
- b) Compressor staat niet koud
- c) Compressor zuigt geen lucht van buiten
- d) Compressor werkt op 7 – 8,5 bar
- e) Twee extra buffervaten met leidingdiameter ± 14 mm intern

Opmerking:

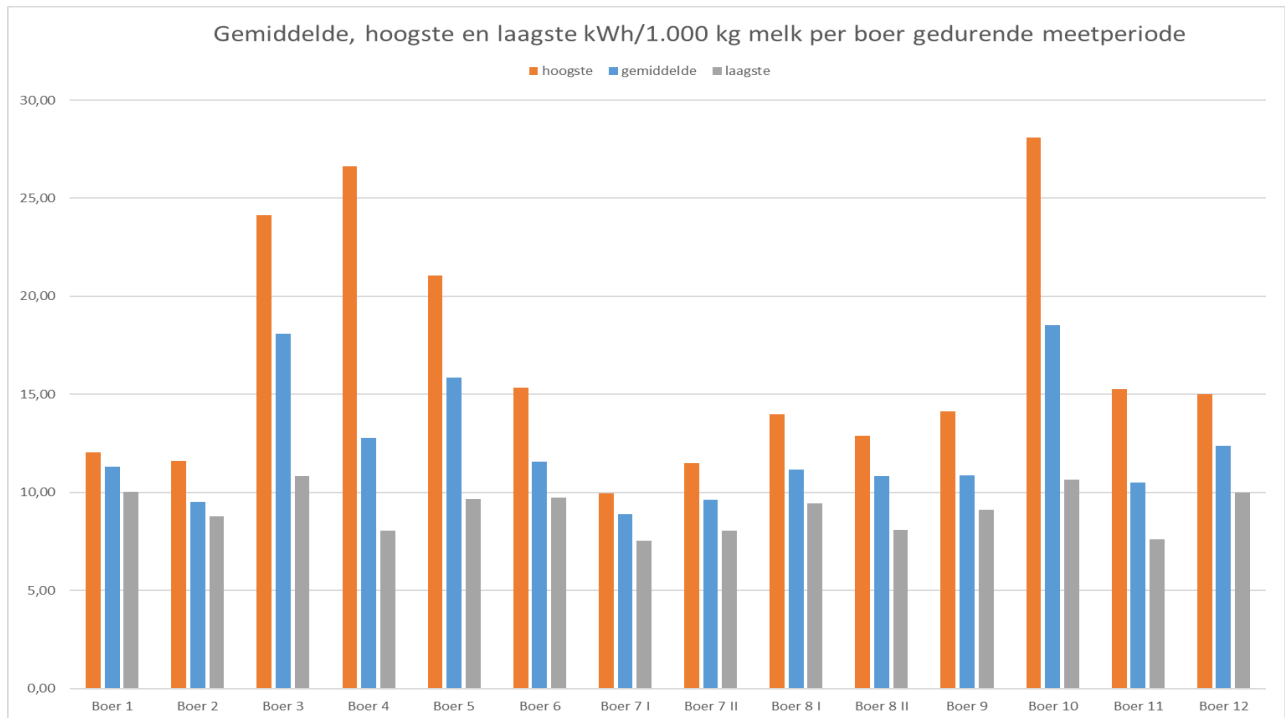
Een melkrobot gebruikt hoeveelheden lucht om luchtcilinders te laten bewegen. Hiervoor is een bepaalde hoeveelheid lucht nodig op een minimale druk. De minimale druk bij voldoende luchtaanvoer bij een A3 Next is 6,5 bar. In dit geval wordt gewerkt met een druk tussen 7 – 8,5 bar en met dunne leidingen met een binnendiameter van 14 mm. Een hogere druk zorgt voor een hoger energieverbruik (elke bar 8 – 10%), snellere slijtage en meer onderhoud van de compressor en grotere kans op lekkage. Achter de compressor staan 2 grote buffervaten om de grootste drukschommelingen op te vangen.

De schroefcompressor van 7,5 kW heeft sinds 2016 (dik 5 jaar) ongeveer 32.000 uur gedraaid. Per jaar ongeveer 5.800 uur (16,0 uur per dag).

De metingen laten zien dat het oude verbruik in de zomermaanden rond de 109 kWh per dag was. In de wintermaanden is dit verbruik iets lager, gemiddeld ongeveer 105 kWh per dag. Het verbruik in de oude situatie was ongeveer 38.000 kWh of 14,6 kWh/1.000 kg melk. In vergelijking met 12 andere melkveehouders die gedurende 1 jaar gemeten zijn is dit verbruik aan de hoge kant (zie onderstaande grafiek uit onderzoek in opdracht van FrieslandCampina en in samenwerking met DOC Kaas en Lely.



L'orèl Consultancy B.V.
www.Lorel.nl
jacobs@lorel.nl



Advies:

De aangezogen lucht komt nu uit de vervuilde omgeving en is warm. Door deze lucht nu 'van buitenaf' aan te zuigen wordt deze lucht kouder en schoner. Dit zorgt enerzijds voor energiebesparing (koudere lucht bevat minder vocht en is makkelijker te comprimeren), maar vooral voor een langere levensduur (minder vervuild). De besparingen zijn lastiger te definiëren (geen gedegen langjarig onderzoek op boerderij), maar 1% besparing levert al € 100 per jaar op, naast de langere levensduur. Aanpassing kost € 10 - 30, kan altijd uit. De compressor staat in een warme ruimte met koelmachine, WTW- en Re Heat installatie en een waterpomp. Alle vijf de apparaten geven warmte af waardoor de ruimte warmer wordt. De compressor werkt energetisch optimaal op een temperatuur tussen 0 en 10 graden. Hoe hoger de temperatuur hoe minder efficiënt de compressor werkt en hoe hoger het energieverbruik. Het is dus belangrijk om de ruimte zo koud mogelijk te houden, maar wel boven de 0 graden. De afvoer van de warmte van de compressor is een uitstekende stap, de temperatuur in de ruimte is sterk gezakt. Als straks ook de leidingen naar de WTW- en Re Heat installatie worden geïsoleerd dan neemt de temperatuur in de ruimte nog verder af.

Onderzoek in opdracht van FrieslandCampina in samenwerking met sector en Lely laat zien dat het grootste probleem van de compressoren leklucht is (rapport bijgevoegd). Dit zorgt voor 30 – 40% hoger energieverbruik met daaraan gekoppeld meer onderhoud en kortere levensduur. Dit geldt voor alle robotmerken. Monitoring van het energie- of luchtverbruik is de enige methode om zicht op lekkage te houden en in te grijpen bij lekkage!



*L'orèl Consultancy B.V.
www.Lorel.nl
jacobs@lorel.nl*

Schroefcompressor:

Omdat er hier gewerkt wordt met een oliegesmeerde schroefcompressor van 7,5 kW is energie besparen complexer. Een standaard schroefcompressor groter dan 5,5 kW heeft een belast onbelast regeling vanaf 5,5 kW. Hierdoor zijn er belaste uren wanneer de compressor druk opbouwt, maar ook onbelaste uren om de olie af te laten koelen en de elektromotor te beschermen voor een te veel aantal motor starts per uur.

Onbelaste uren kosten dus extra energie. Bij onbelast draaien vraagt de compressor alsnog gemiddeld 30% van het geïnstalleerde vermogen. Het is belangrijk om het aantal onbelaste uren zo laag mogelijk te houden. Om geen onbelaste uren te hebben zijn compressoren vanaf 7,5 kW ook toerengeregeld, hierdoor zijn de onbelaste tijden 0. Maar de investering is wel fors hoger.

Bij alle andere (scroll)compressoren zakte het energieverbruik door de druk te verlagen en de buffers te vergroten. Hierdoor zakte het energieverbruik minimaal 10% (deels door de lagere druk en deels door minder lekkage). Daarbovenop komt circa 10% minder onderhoud en 15 – 20% langere levensduur.

Echter bij de schroefcompressor van familie Vos liet het verlagen van de druk en het vergroten van de buffers geen verbetering zien in het energieverbruik.

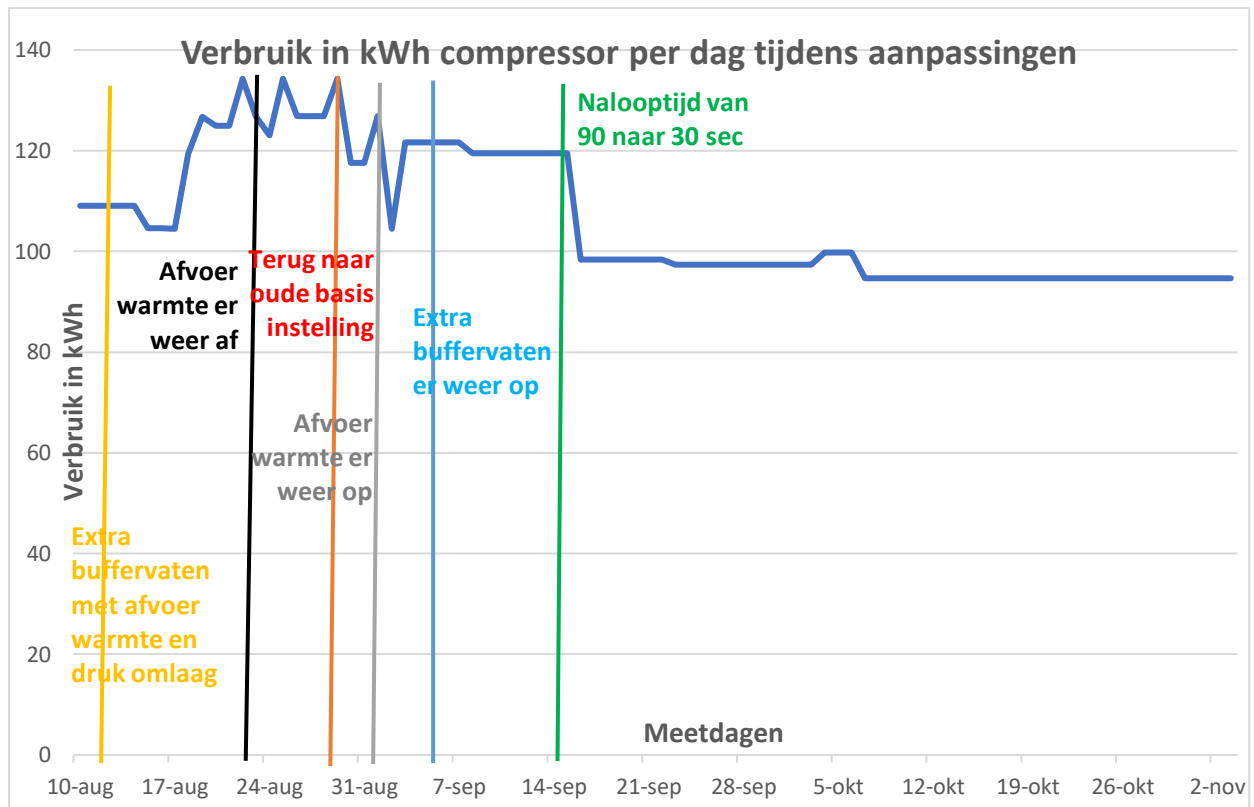
Wat was/is er aan de hand?

Specialist Ido van Duinen (Alup) heeft uitleg gegeven. Doordat de druk verlaagd is en de buffer uitgebreid is, neemt het aantal belaste draaiuren af. Dit komt overeen met alle andere verbeteringen. Echter de 'software' van de compressor probeert het aantal start en stops per uur onder de 12 te houden en gaat de kortere belaste draaiuren compenseren door het aantal onbelaste uren te verlengen om niet vaker dan 12 keer per uur aan te gaan. Hierdoor gaat de compressor in totaal zelfs meer uren draaien (belast en onbelast). Hierdoor valt de energiebesparing tegen of is nihil.

Bij schroefcompressoren vanaf 5,5 kW is een naloop standaard. De 7,5 kW van de familie Vos heeft dit dus ook. Echter een onbelaste nalooptijd die minimaal gelijk is aan de belaste tijd is nergens voor nodig. Een nalooptijd van 30s is voldoende. De nalooptijd helemaal terugdraaien naar 0 wordt afgeraden zonder goede argumenten. Door de nalooptijd terug te draaien van 90s naar 30s zakt het energieverbruik flink van ongeveer 120 naar 95 kWh per dag in deze zomermeetperiode. Op jaarbasis zal het verbruik van de compressor zakken naar ongeveer 32.000 kWh, of 12,3 kWh/1.000 kg melk. Circa 6.000 kWh minder.



L'orèl Consultancy B.V.
www.Lorel.nl
jacobs@lorel.nl



De compressor heeft bijna 35.000 uur gedraaid. Dit type compressor draait normaal (35.000 – 40.000 uur). Dat is statistisch gezien binnen 1 – 2 jaar te verwachten. Het is verstandig om na te denken over een vervanging.

Toekomstige nieuwe compressor:

Hiervoor zijn er verschillende opties:

- Het 1 op 1 vervangen van de 7,5 kW schroefcompressor is vermoedelijk niet de beste keus. Ook in de nieuwe situatie is een naloop verplicht. Bij 20% naloop zal dit bij 10 uur belaste uren per dag nog steeds 2 uur onbelast (3,7 kW) zijn. Op jaarbasis ongeveer 2.700 kWh (€ 810).
- Het vervangen door een 5,5 kW schroefcompressor (die ook voldoende lucht levert) is een betere optie. Bij de aanschaf is de compressor goedkoper. De compressor zal per keer langer lopen en ook per dag. Hierdoor neemt het percentage onbelast draaiuren (2,7 kW) af en blijft ook ongeveer 2 uur per dag. Op jaarbasis ongeveer 2.000 kWh (€ 600).



L'orèl Consultancy B.V.
www.Lorel.nl
jacobs@lorel.nl

- Het vervangen door 2 compressoren van 3 kW schroefcompressoren is bij de aanschaf veel duurder, echter deze hebben geen onbelaste naloop. Dit levert per jaar een besparing op van € 600 – 810 op.
- Het vervangen door de juiste 4 kW schroefcompressor levert ook voldoende lucht, waarbij de 'oude' als reserve blijft staan (voor onderhoud of defect van de nieuwe). Ook een besparing van € 600 – 810.

6. Spoeling robots:

- a) Melkrobot
- b) Aantal: 3 * daags
- c) Aantal liter: 30 – 35 per robot;
- d) Temperatuur spoeling 90 °C, met éénrichting spoeling
- e) Spoelleidingen zijn ook melkleidingen, leidingisolatie nvt.
- f) Leidingisolatie warmwaterleidingen: beperkt

Opmerking:

Bij melkrobots van het merk Lely wordt het aantal liters bepaald door de afstand tot de melktank. De begintemperatuur (>90 °C) ligt vast en de eindtemperatuur ook, > 72 °C. Isolatie van de melk- annex spoelleidingen wordt niet toegepast.

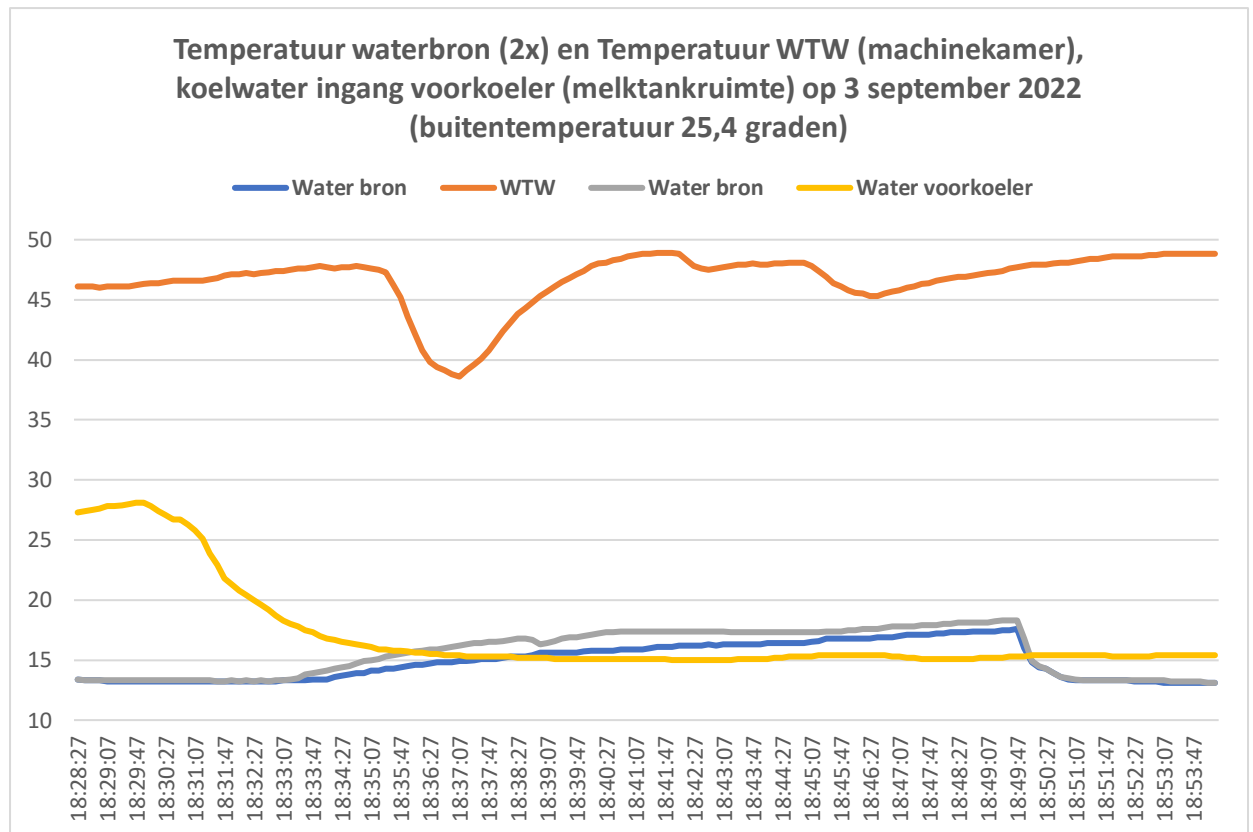
De robots zijn continue aangesloten op het water van de WTW.

Metingen:

- **Het water uit de WTW is 3 september 2022 (buitentemperatuur 25 °C) gedurende een dik uur gemeten, terwijl de koelmachine 2x aan- en uitsloeg. Deze metingen laten zien dat de temperatuur oploopt tot ongeveer 49 °C en dan weer zakt tot ongeveer 39 °C (zie oranje grafiek). Gemiddeld ongeveer 45 °C. Dit zijn vergelijkbare temperaturen als ook bij andere koelinstallaties met robots. Deze temperaturen zullen het hele jaar ongeveer gelijk blijven, zo hebben andere metingen bij robotboeren aangetoond. De aan- en afvoerleidingen zijn niet geïsoleerd, hierdoor wordt het WTW vat minder heet omdat er tijdens het koelen warmte aan de omgeving wordt verloren. Tussen het koelen in wordt er ook warmte verloren.**



L'orèl Consultancy B.V.
www.Lorel.nl
jacobs@lorel.nl



ADVIES:

Door de leidingen van de koelmachine naar de WTW te isoleren zal de temperatuur van het WTW water 1 – 3 °C stijgen en zal er minder warmte verloren worden. Bij 30 liter spoelwater en 3x daags spoelen is de winst bij 2 °C ongeveer 400 kWh of € 100.

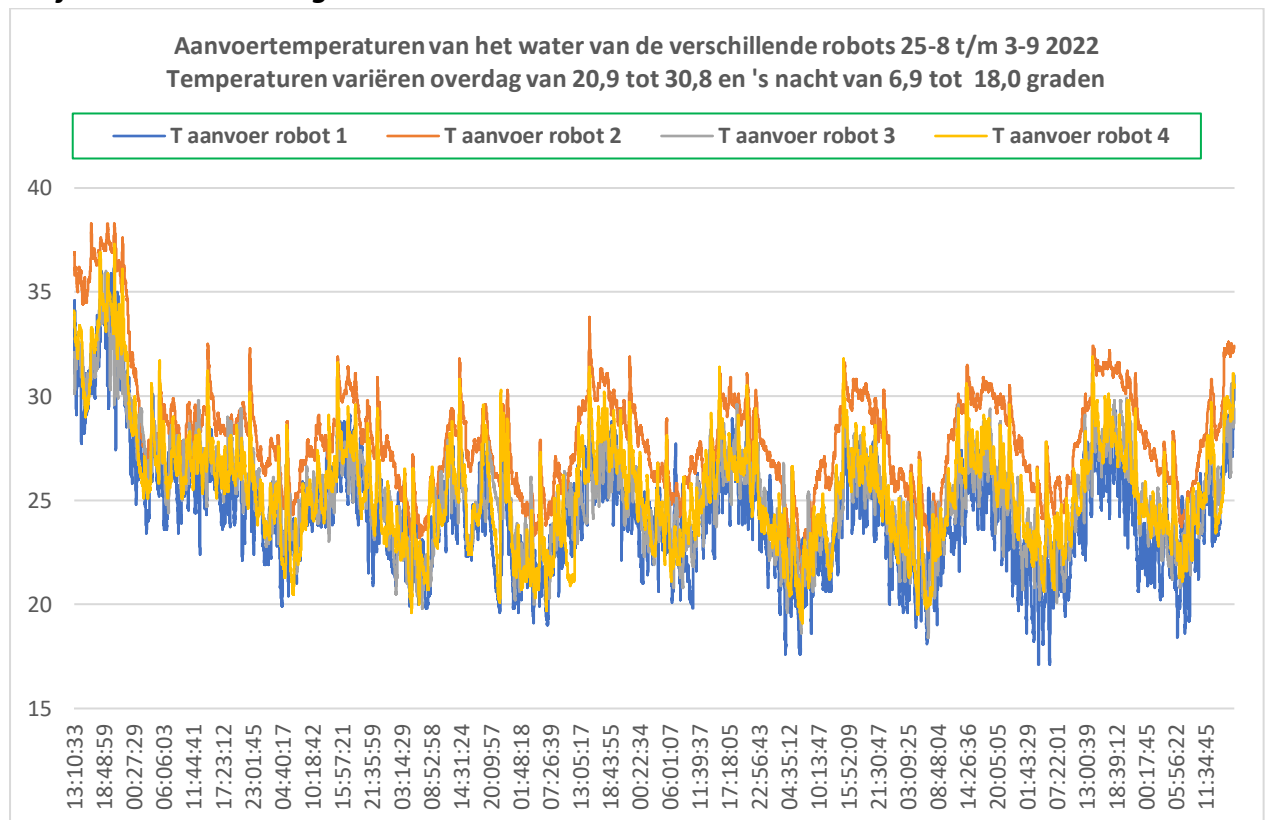
- **Het water is voor alle 4 de robot gemeten vlak voordat ze de robot ingaan. De leidingen zijn deels geïsoleerd en deels niet. Daarnaast is er nog een klep waar mogelijk koud water wordt toegevoegd. Het is niet duidelijk of deze klep ook werkelijk koud water toevoegt. De metingen van de 4 robots laten de volgende resultaten zien. De gemiddelde aanvoertemperaturen van 10 dagen liggen tussen 24,4 en 28,2 °C. Er wordt dus 10 – 20 °C onderweg verloren.**



L'orèl Consultancy B.V.
www.Lorel.nl
jacobs@lorel.nl

Stal met koeien															
Robot 1				Robot 2				Robot 3				Robot 4			
Gemiddelde aanvoer temperatuur:				Gemiddelde aanvoer temperatuur:				Gemiddelde aanvoer temperatuur:				Gemiddelde aanvoer temperatuur:			
10 dagen gemeten: 24,4 °C				10 dagen gemeten: 28,2 °C				10 dagen gemeten: 25,6 °C				10 dagen gemeten: 25,3 °C			
2 dgen gemeten: 24,2 °C				2 dgen gemeten: 27,7 °C				2 dgen gemeten: 25,2 °C				2 dgen gemeten: 24,8 °C			

Grafiek van 10 meetdagen:



Eerste dag was de buitentemperatuur 31 °C, de rest van de dagen tussen 21 en 25 °C.

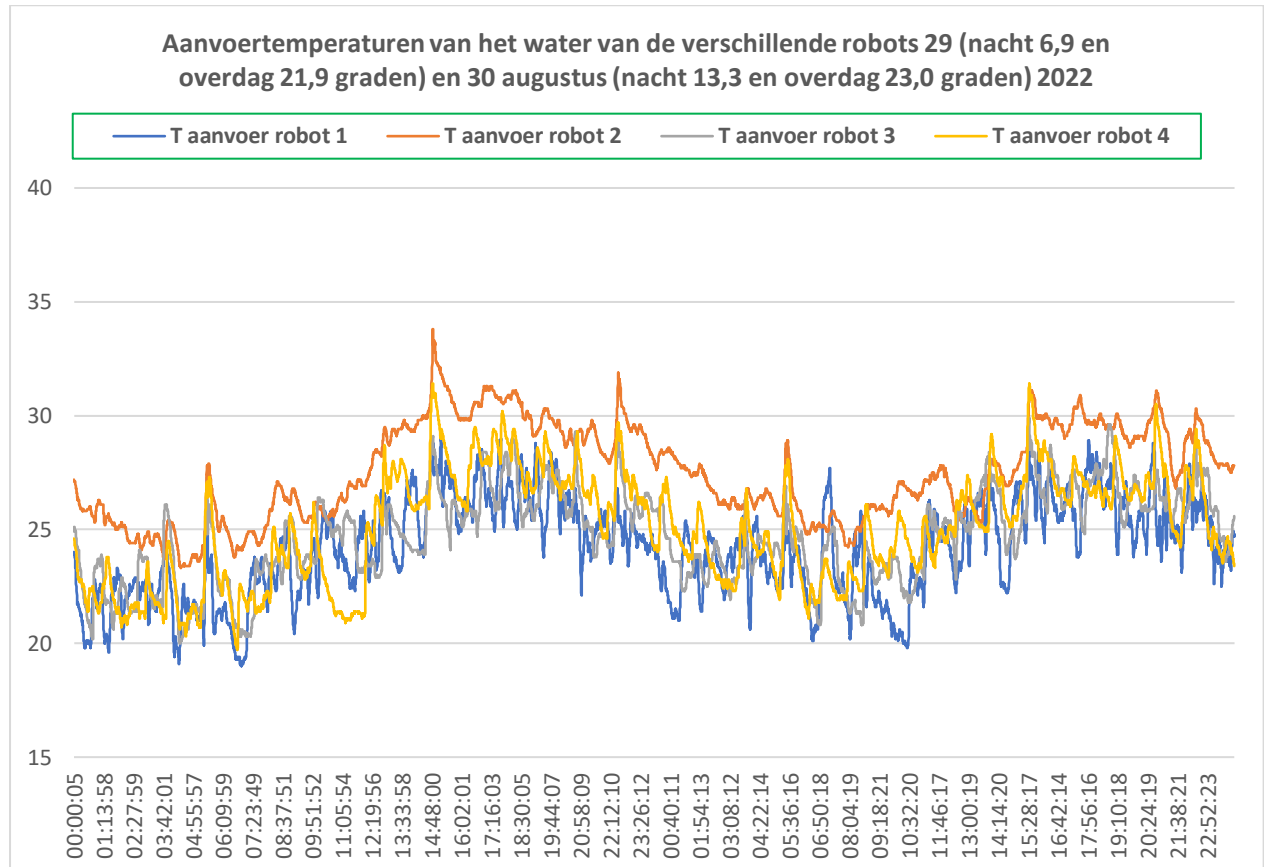
Opvallend zijn de elke dag weer terugkerende schommelingen.

Als we uitgaan van een jaargemiddelde van 20 °C dan moeten de robots het water nog door verwarmen tot 90 °C. Dan is het verbruik van de robots voor het spoelen ongeveer 3.500 kWh per robot. Voor alle vier de robots is dit ongeveer 14.000 kWh. Hierbij gaan we uit van 3 spoelingen per dag met 40 liter spoelwater. Bij 35 liter is dit 12.500 kWh.



L'orèl Consultancy B.V.
www.Lorel.nl
jacobs@lorel.nl

Grafiek van 2 meetdagen:



De grafiek laat duidelijk zien dat de aanvoertemperatuur van de robots overdag hoger is dan in de nacht. De robots melken 24/7 continue, dus wordt er ook continue gekoeld. En als er continue gekoeld wordt, wordt ook de wtw met heet water gevuld. Bij andere robot bedrijven is geen of nauwelijks verschil tussen dag en nacht gemeten van de WTW temperatuur. Er is geen reden om aan te nemen dat dit hier anders is.

Conclusie:

Er wordt gemiddeld veel warmte verloren voordat het wtw water de robot ingaat. Vooral in de (koudere) nacht wordt er meer verloren. Daarnaast wordt er minder temperatuur verloren als het warmer is. Dit betekent dat de deels ontbrekende isolatie en de bestaande isolatie zo slecht isoleert en/of dat de kleppen koud water toevoegen, waardoor de temperatuur tussen 19 en 33 °C bij de robot aankomt.



L'orèl Consultancy B.V.
www.Lorel.nl
jacobs@loreel.nl

Advies:

Een gemiddelde aanvoertemperatuur van 40 °C is prima haalbaar met goede isolatie zonder bijmenging van koud water. Dit betekent 20 °C heter dan in de huidige situatie. Bij 20 °C is de winst circa 4.000 kWh of € 1.000 bij 40 liter. Bij 35 liter is dit 3.500 kWh. Daarnaast hoeft het verwarmingselement het spoelwater minder op te warmen, hetgeen de levensduur verlengt.

Fam. de Vos en de monteurs van Lely willen echter niet dat de temperatuur verhoogd wordt, zoals bij andere melkveehouders wel is gedaan.

De huidige temperatuur bij de robots is gemiddeld 20 °C met uitschieters tot 33 °C bij hete dagen. Gezien de temperatuur van de WTW-installatie in de zomer zal de temperatuur niet boven de 40 °C uitkomen.

Dit lijkt bij de Lely-robots van fam. de Vos namelijk niet wenselijk, omdat de temperatuur voor het schoonmaakmiddel van de borstels max. 40 °C mag zijn. Bij een hogere watertemperatuur wordt via een driewegklep automatisch koud water toegevoegd om de temperatuur te reguleren. Uitschakeling van die klep kan ertoe leiden dat te heet WTW-water bij de borstels komt, met als risico dat het schoonmaakmiddel minder goed functioneert.



L'orèl Consultancy B.V.
www.Lorel.nl
jacobs@lorel.nl

7. Spoeling silotank:

- a) Aantal: 1 * per 3 dagen
- b) Aantal liter: bijna 180 liter
- c) Temperatuur spoeling 80 °C
- d) Voorspoeling uit WTW-vat: Nee
- e) Warmwaterleiding is circa 10 meter lang, zonder isolatie;

Opmerking:

Bij tankspoeling wordt er koud met warm water gemengd (al dan niet met zeep) en met kracht in de melktank gespoten. In het optimale geval wordt de hete warmwaterleiding via de kortste weg naar het mengventiel gebracht en is het mengventiel vlak bij het spoelbakje aan de voorkant van de melksilo. De ongeïsoleerde warmwaterleiding is in dit geval ± 5 meter te lang. Hierdoor moet de begintemperatuur van de Reheat boiler heter zijn dan nodig en blijft na elke spoeling 5 liter heet water in de leiding achter. Dit kost naast energie ook levensduur van de gasgeiser.

ADVIES:

Verplaatsen van de elektrische boiler (vervanger Reheat, zie punt 6) vlak boven de spoelbak van de silotank. Door de hete warmwater leiding via de kortste weg naar de spoelbak kan de temperatuur van de boiler 5 – 10 °C lager ingesteld worden. Dan is er minder energie nodig voor de tankspoeling. Let op: de eindtemperatuur van de melktankspoeling is hierbij leidend! Daarnaast wordt er ongeveer 5 liter minder spoelwater gebruikt en neemt de levensduur van het toestel toe. Verwachte besparing wordt in punt 8 bepaald.

8. Opwekking warmwater:

- a) Reheat geiser-boiler wtw combinatie 160 liter

Opmerking:

Zichtbaar is dat de Reheat installatie niet optimaal geïsoleerd is en er dus energie weglekt. Dit noemen we het stilstandsverlies; hierdoor treedt er temperatuurverlies in de boiler op. Om dit temperatuurverlies te compenseren gaat de gasgeiser onnodig aan. De installatie is 24/7 bezig met het opwarmen van het bovenste deel van de boiler, terwijl de melktank maar 1x in de drie dagen geleegd en gespoeld wordt.



L'orèl Consultancy B.V.
www.Lorel.nl
jacobs@lorel.nl

ADVIES:

Geadviseerde vervanging Re-heat geiser-boiler door elektrische boilers:

Er wordt nu gewerkt met een Reheat boiler-geiser combinatie om 1x per 3 dagen de tank te spoelen. DeLaval heeft in het verleden deze boiler-geiser gemeten en een veel hoger verbruik geconstateerd dan was beloofd door Reheat. Dit komt ook overeen met eerdere bevindingen van L'orèl, daarnaast moeten we de komende jaren van het aardgas af. Het verbruik bij de familie Vos is 1.000 – 1.500 m³ aardgas.

Door te kiezen voor twee elektrische hangende boilers (nodig voor hoeveelheid liters) kan later alsnog gekozen worden voor warmte uit melk. De meest optimale situatie is als in de tankruimte beide boilers naast elkaar hangen en vlak boven de spoelbak van de melktank. Dit is in deze situatie niet goed mogelijk. Dan is het de beste keuze om de laatste elektrische boiler boven de spoelbak in de tankruimte te hangen met zo kort mogelijke en geïsoleerde leidingen naar de spoelbak en naar de eerste elektrische boiler. Deze eerste boiler kan dan hangen aan de andere kant van de muur, op de plaats van de Reheat installatie en een WTW vat. Op deze manier stroomt het water van de wtw-installatie naar de eerste boiler en vanuit de eerste boiler naar de tweede boiler als er warmwatervraag is voor het spoelen van de silotank. Door het isoleren van alle warmwaterleidingen wordt het wtw-water warmer, en wordt het water in de spoelbak van de melktank hoger dan nu. Hiermee kan de boiler temperatuur lager ingesteld worden dan nu bij de gasboilers. Door de huidige eindtemperatuur te vergelijken met de (hogere) eindtemperatuur in de nieuwe situatie kan de temperatuur van de elektrische boilers in kleine stapjes teruggebracht worden totdat de eindtemperatuur weer gelijk wordt aan de huidige.

Door de elektrische boilers een aantal uren voordat de RMO de melk komt ophalen op temperatuur te brengen, wordt het stilstandsverlies van de elektrische boilers verlaagd van 3.000 kWh naar 1.000 kWh per jaar. De melk wordt bij de meeste melkveehouders op vaste tijden opgehaald, sommige melkveehouders weten niet wanneer dit gebeurt en dan is dit minder makkelijk mogelijk. De elektrische boilers voor het spoelen van de silotank in de nieuwe situatie zullen ongeveer 2.000 kWh verbruiken om het water op te warmen met een stilstandsverlies van 1.000 kWh, totaal 3.000 kWh.



L'orèl Consultancy B.V.
www.Lorel.nl
jacobs@lorel.nl

9. Verlichting:

- a) De ligboxstal heeft nog geen Ledlampen, het grootste deel van de oude lampen staat uit.
- b) In de nacht alleen beperkt licht.

Opmerking:

Beperkt licht 's nachts, prima!

Advies:

Voor een optimaal lichtregime (waarvan beweerd wordt dat het de tochtigheid en melkgift verbetert) moet de ligboxstal ongeveer 7 uur volledig donker zijn. Dit betekent dat de lampen ook om 22.00u uit kunnen, gratis energiebesparing die het optimaal presteren van de koeien niet zal verslechteren, mogelijk zelfs verbeteren.

10. Watervoorziening:

- a) Bronwater met ontijzering

Opmerking:

De bronwaterinstallatie is een ontijzering met ontluchting die opgevangen wordt in een buffervat zodat er altijd voldoende drinkwater voor de koeien is. Zodra het niveau en/of de druk zakt in het systeem wordt er vers water gemaakt. Dit water gaat direct naar de koeien. Prima, mits de druk zo laag mogelijk blijft.

Het blijft verwonderlijk dat de watertemperatuur bij de ingang van de voorcoeler 2 °C hoger is dan de ingangstemperatuur bij het buffervat in de ruimte naast de voorcoeler, nog geen 5 meter dichterbij de bron.

ADVIES:

***Controle of druk ook daadwerkelijk de laagst (wel goed werkende) druk is.
Uitzoeken waarom de ingangstemperatuur van de voorcoeler 2 °C hoger is.***



L'orèl Consultancy B.V.
www.Lorel.nl
jacobs@lorel.nl

11. Integratie warmtestromen:

Bij het koelen van de melk komt veel warmte vrij.

Deze warmte kan gebruikt worden om het bedrijf en de woning aardgasloos te maken, er is genoeg warmte aanwezig (vergelijkbaar met 10.000 – 12.000 m³ aardgas). Zeker met de beperkte koeling van de huidige voorcoeler. Zelfs met een goed werkende voorcoeler is er genoeg warmte over voor de verschillende verbruikers:

- De koelmachine staat een paar meter van de spoelboiler (soort WTW-vat) annex gasgeiser waarmee de melktank gereinigd wordt. De (rest)warmte van de koelmachine verwarmt de spoelboiler voor. Het gasverbruik van deze spoelboiler met gasgeiser is dusdanig hoog dat alleen een WTW-vat (verwarmt met restwarmte uit de koelmachine) in combinatie met elektrische boilers die 1x per 3 dagen op temperatuur worden gebracht voor de tankspoeling altijd veel zuiniger is. Hiermee wordt het bedrijf aardgasloos. Het verbruik van de Re-heat installatie ligt tussen 1.000 – 1.500 m³ aardgas.
- De Lely A3 Next verwarmt zijn spoelwater zelf met een elektrisch element van 20 naar 90 °C. In het WTW-vat zit genoeg warm water van 40 – 50 °C, door een aan/uit schakeling met kleppen kan tien minuten voordat de robot begint te verwarmen het water van 40 – 50 °C ernaar getransporteerd worden. Dan hoeft de robot 30% minder te verwarmen.
- Vanaf het buffervat kan met een geïsoleerde leiding van circa 80 meter door de jongveestal en de huisschuur een tweede buffervat in/naast de eerste woning verwarmd worden. Deze woning kan hiermee aardgasloos worden (geschat 1.500 – 2.000 m³ aardgas).
- In de zomer vraagt de woning geen warmte en is er genoeg warmte over om een buffervat te verwarmen die het sanitair van de camping van warm water kan voorzien (geschat 1.000 – 1.500 m³ aardgas). Dit kan op twee manieren:
 - Met een nieuwe geïsoleerde leiding van circa 100 meter onder de bestrating door naar het sanitair van de camping.
 - De leiding door de jongveestal splitsen en een 60 meter leiding onder de bestrating door naar het sanitair van de camping.
- Tenslotte is er nog een tweede woning, ongeveer 60 meter achter het sanitair van de camping (geschat 1.000 – 1.500 m³ aardgas). Deze kan met een geïsoleerde leiding en een buffervat verwarmd worden.

Door de aan de privéwoningen en camping geleverde warmte/energie te meten mag deze energie als herwinbare (duurzame) energie afgetrokken worden van het totale energieverbruik. Hierdoor wordt het bedrijf eerder energieneutraal en hoeft er minder duurzame energie opgewekt te worden. Mogelijk levert dit in de toekomst een financieel gewin op.



L'orèl Consultancy B.V.
www.Lorel.nl
jacobs@lorel.nl

In basis zijn er 3 nieuwere technieken die het koelen en verwarmen als een geïntegreerd proces zien en hiermee het bedrijf en de privéwoning aardgasloos (of bijna aardgasloos) maken.

Deze drie technieken verschillen qua techniek en visie, echter alle drie vergen ze maatwerk. Ze zijn in principe technisch voor elke melkveehouder toepasbaar, maar de exacte invulling en de businesscase verschilt voor elke melkveehouder.

1) Grote WTW (Warmte Terug Win) installatie:

- De combinatie van koelmachine met een wtw-vat wordt al vele jaren toegepast. Het wtw-vat vangt ongeveer 15 – 25% op van de beschikbare warmte (die vrij komt bij het koelen van de melk), de rest wordt afgeblazen. Bij grotere hoeveelheden melk(warmte) en betere voorcoeling neemt dit percentage licht verder af.
- De laatste 3 jaar zijn steeds grotere wtw installaties met duizenden liters warm water in opkomst. Het principe van koelen tijdens het melken blijft hetzelfde, ook het tijdstip tijdens het melken, echter kan in de winter een veel groter deel (80 – 95%) van de warmte opgevangen worden in de veel grotere warmte buffervaten. In de zomer als er weinig warmtevraag, is wordt er maximaal voorgekoeld en wordt slechts 40 – 60% van de warmte opgevangen. De warmtevraag bepaalt hoeveel er wordt voorgekoeld!
- Vanuit de grotere buffervaten wordt de woning, kantine en kantoor verwarmd via een geïsoleerde leiding. Deze grote warmtebuffer(s) moet(en) binnen enkele meters (max. 10) van de koelmachine staan. Afhankelijk van de afstand tot de grote warmtebuffers staan er in de woning en/of kantine ook nog (kleinere) buffervaten.
- De grote warmtebuffer met de benodigde leidingen moet dus een plaats krijgen in of vlakbij de machinekamer.
- Hierbij zien we vaak dat de aardgasketel blijft hangen.
- Bij oudere woningen met radiatoren die werken op hogere verwarmingstemperaturen (60 °C aanvoeren en 40 °C retourtemperatuur en nog hoger) neemt de gasketel dan het verwarmingsproces over en wordt er geen warmte aan de woning geleverd zodra de retourtemperatuur in de woning boven de 40 °C komt. Dan kan de wtw (45 °C) immers geen warmte meer kwijt aan het nagenoeg even warme retour cv-water.
- Deze techniek is ook toepasbaar bij melkrobots, alleen kan dan de warmtebuffer in het zakelijke deel kleiner zijn omdat er 24 uur warmte beschikbaar is.

Let op:

- **Hier is de inzet van een goed onderlegde installateur nodig om beide aparte systemen goed samen te laten werken. Dit wtw-systeem is echter niet voor alle (oudere) woningen toepasbaar zonder de warmteafgifte (radiatoren) aan te passen.**



L'orèl Consultancy B.V.
www.Lorel.nl
jacobs@lorel.nl

2) Ijsbankkoeling met extra koude- en warmtebuffer:

- Deze techniek wordt ook al vele jaren toegepast.
- Door ijsbankkoeling toe te passen wordt er ijswater 'op voorraad gemaakt' in een grote koudebuffer (de buffer is minimaal dubbel zo groot als de te melken hoeveelheid, meestal 2 – 6 m³ bij traditioneel melken).
- Dit ijswater kan opgeslagen worden in de melktank of in een aparte buffer. Deze koudebuffer moet binnen een aantal meters (max. 10) van de koelmachine staan. De grote koudebuffer en de hieraan verbonden leidingen moeten een plaats krijgen, meestal in of nabij de machinekamer. De melk wordt dan via een voorcoeler gekoeld door het ijswater en niet door het koelmiddel van de koelmachine.
- Deze techniek wordt hoofdzakelijk gebruikt omdat tijdens het melken de koelmachine niet aan hoeft en dus de stroom piekbelasting flink omlaag kan.
- Daarnaast wordt er op het bedrijf veel meer zelf opgewekte duurzame energie verbruikt, zowel zonne- als windenergie omdat er zowel overdag (zonenergie) als ook 's nachts (windenergie) gekoeld wordt.
- De warmte die vrijkomt bij het vullen van de koudebuffer werd in het verleden niet of nauwelijks gebruikt. Sinds een aantal jaren zien we dat de geproduceerde warmte net als bij de grote wtw-systemen wordt opgevangen in grote warmtebuffers en ook gebruikt wordt om bedrijf en woning te verwarmen.
- In basis is het systeem identiek aan de grote wtw-systemen (ook in energetisch opzicht), alleen wordt er buiten de melktijden gekoeld door de koelmachine en wordt er ijswater in een koudebuffer gepompt. Vooral voor bedrijven met een beperkte stroomaansluiting is deze techniek een oplossing.
- In basis voegt deze stroompiek verlagende techniek niets toe bij melkrobots die al gelijkmatig over de dag stroom afnemen. Bij robots wordt deze techniek niet gebruikt. In de zomer als er veel duurzame opwek is kan er 'op voorraad' gekoeld worden, maar dan zal het voorraadvat groter moeten met bijhorende extra kosten. Dit kost meer dan het oplevert, al is het wel afhankelijk van de (steeds meer fluctuerende) elektriciteitsprijzen.

Let op:

- **Metingen laten zien dat de systemen met een aparte koudebuffer (mits heel goed geïsoleerd) beduidend minder energie verbruiken dan de systemen met ijsopslag in de melktank.**



L'orèl Consultancy B.V.
www.Lorel.nl
jacobs@lorel.nl

3) Warmte-koude opslag gecombineerd met warmtepomp:

- Een compleet nieuwe techniek is het volledig geïntegreerde ECO200 systeem. De koelmachine wordt dan vervangen door een warmtepomp met een grote koudebuffer en warmtebuffers in het bedrijf en de woning. De warmtepomp met besturing verzorgt zowel de koeling als verwarming van bedrijf en woning. Vooral bij grotere bedrijven en/of bij nieuwbouw is het aan te bevelen om toepassing van ECO200 door te rekenen.

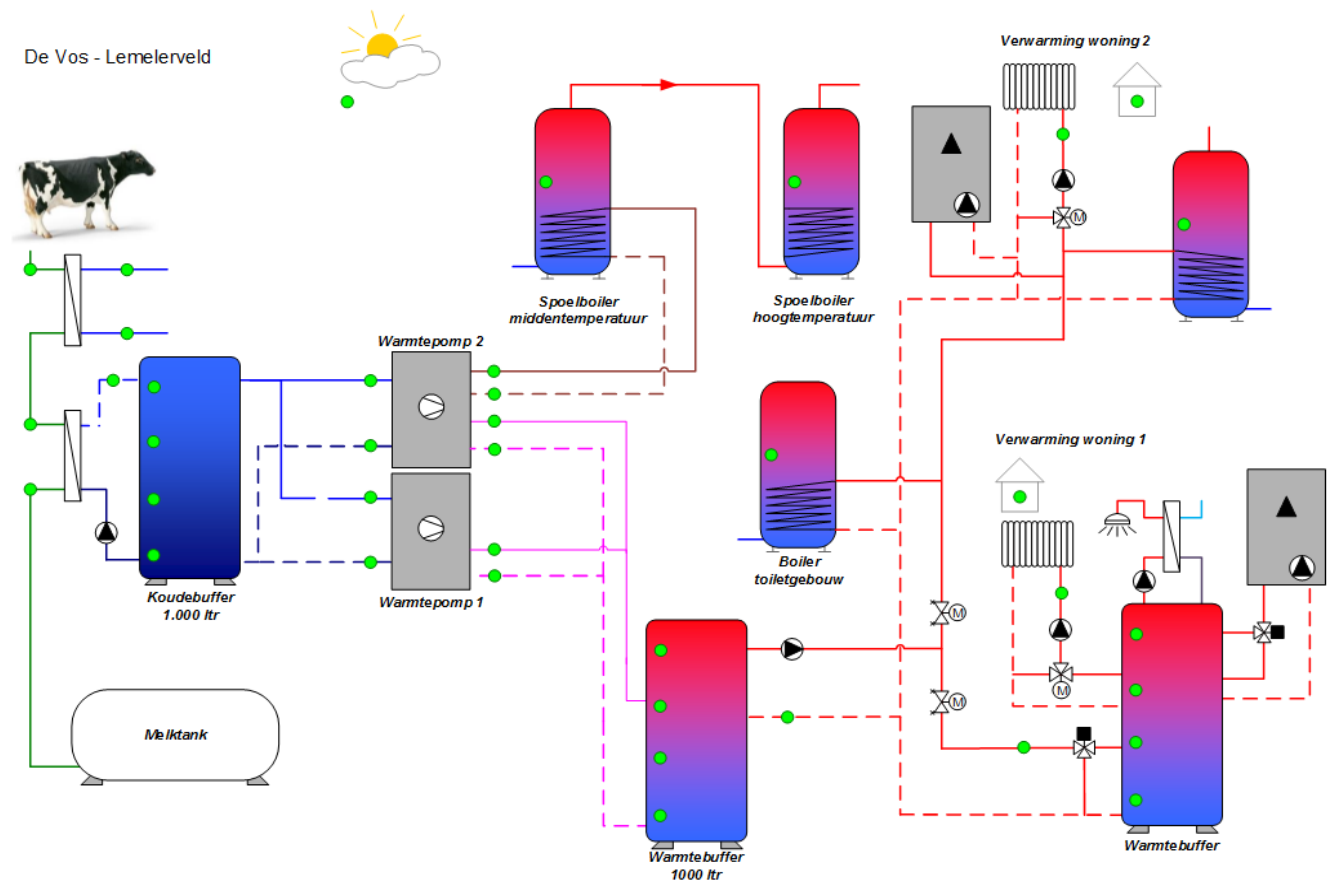
Werking ECO200:

- De volledige warmte van elke melking wordt onttrokken door een 3 tot 5 m³ grote koudebuffer in de machinekamer. De opgenomen warmte wordt na het melken (maar voor de volgende melking) onttrokken aan de koudebuffer door een kleine warmtepomp. Bij robotbedrijven is de koudebuffer kleiner meestal 1 m³.
- M.b.t. de inrichting van de machinekamer betekent dit dat de koudebuffer max. 10 – 15 meter van de warmtepomp in de machinekamer staat.
- De warmtepomp pompt de warmte in een tweetal warmtebuffers van ± 55 °C. Eén buffer (1 – 1,5 m³) verwarmt de privéwoning (incl. tapwater) en de andere buffer (0,5 – 1 m³) het kantoor, de kantine en voedt de hoge temperatuur boiler voor het spoelen van de melkinstallatie en melktank.
- De warmtebuffer voor het zakelijk deel staat zo dicht mogelijk bij de warmtepomp (max. 3 – 5 meter). Hier moet dus ook rekening gehouden worden bij het ontwerp van de machinekamer.
- De warmtebuffer voor het woonhuis staat meestal in of vlak naast de privéwoning.
- Doordat er gekoeld wordt buiten de melktijden, wordt er gedurende de dag constanter en langer stroom afgenomen. Hierdoor is een kleinere stroomaansluiting dan normaal voldoende (3* 35 of 3*50 Ampère is voldoende i.p.v. 3*63 of 3*80 Ampère). Elke verzwaring kost een investering en per stap € 300 vastrecht.
- Daarnaast wordt er op het bedrijf veel meer zelf opgewekte duurzame energie verbruikt, zowel zonne- als windenergie omdat er zowel overdag (zonenergie) als ook 's nachts (windenergie) gekoeld wordt;
- Wanneer er wordt gewerkt met een industrieel vervaardigde warmtepomp met indirecte koeling, wordt er met veel minder (2 – 2,5 kg i.p.v. 7 – 12 kg) chemisch koelmiddel gewerkt en is de kans op lekkage miniem (onderzoek uit 2014 van Agentschap.nl heeft een jaarlijkse lekkage van 8% aangetoond bij koelmachines).
- Chemische koelmiddelen zoals het veel in de melkveehouderij gebruikte R507 heeft per kg een milieuschade (Global Warming Potential) van 3.985 kg CO₂ equivalent of 2.225 m³ aardgas (1,79 CO₂ equivalent). De warmtepomp heeft een chemisch koelmiddel met een GWP van 1.774 (55% minder schadelijk) en 3 – 6 keer minder koelmiddel).



L'orèl Consultancy B.V.
www.Lorel.nl
jacobs@lorel.nl

Een voorbeeld van hoe de installatie er dan uit ziet bij het ECO200 systeem:



Schema: de warme melk wordt eerst voor gekoeld door een eerste voorcoeler, de tweede voorcoeler (diepkoeler) koelt de melk tot onder de 4 graden vanuit de koudebuffer. Deze koudebuffer wordt gekoeld door 1 of 2 warmtepompen. Met de vrijgekomen warmte van het melkkoelen worden verschillende warmtebuffers gevuld die bijv. een woning verwarmen.

Gezien de grote afstanden en de vele tussenbuffers bij de familie de Vos kan op basis van werkelijke kosten een keuze gemaakt worden welke warmtevragers wel of niet aangesloten worden. Het kan zijn dat de aanlegkosten zo hoog zijn dat de terugverdientijd te lang is. Grove schatting € 100.000, hier gaan wel de subsidies en fiscale voordelen vanaf.

Voor kleinere systemen met 1 warmtepomp, 1 woning en beperkte afstanden ligt de prijs van een dergelijk systeem rond de € 50.000, maar hoe meer maatwerk hoe duurder.



*L'orèl Consultancy B.V.
www.Lorel.nl
jacobs@lorel.nl*

Een alternatief dat op veel campings toegepast wordt:

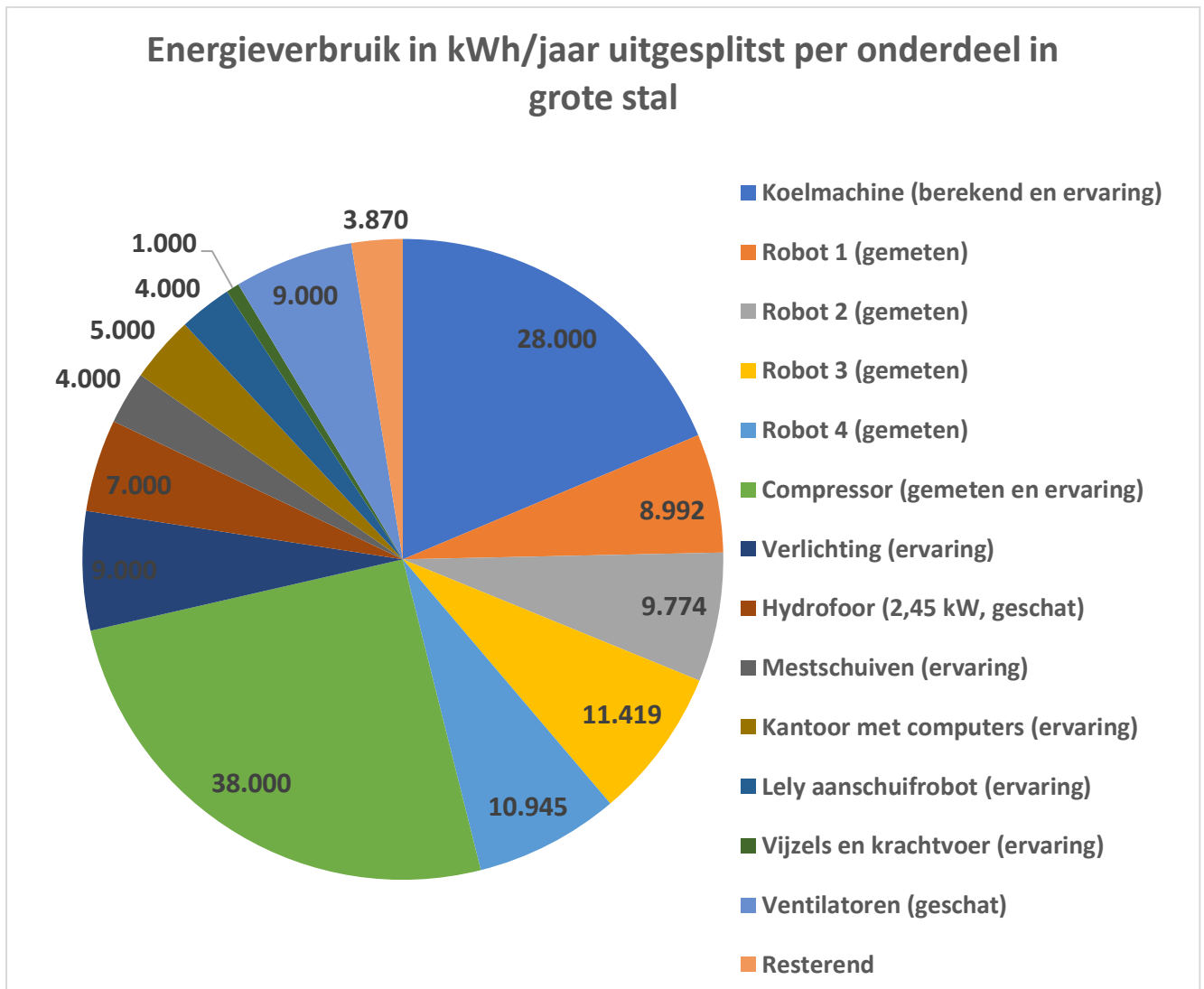
Een losstaande zonneboiler met zonnecollectoren; voor 60 personen die elke dag douchen en 25 keer afwassen is in basis een 1.000 liter vat met 6 zonnecollectoren vrijwel zeker voldoende. Anders is een buffervat van 1.500 liter met 9 collectoren altijd voldoende. Het is de vraag hoe vaak er nu precies wordt gedoucht. Veel campings gebruiken zonnecollectoren al vele jaren, meestal in combinatie met een gasketel of warmtepomp voor een regenachtige week. Het dak van de kantine is ongeveer 14 meter breed en 3 meter hoog en ligt pal op het zuiden. Hier kunnen zowel 6 als 9 panelen geplaatst worden. Op zonneboilers zit relatief veel subsidies.



L'orèl Consultancy B.V.
www.Lorel.nl
jacobs@lorel.nl

12. Energieverdeling grote stal:

Het huidig verbruik van de verschillende processen is op basis van ervaring en metingen verdeeld in zowel kWh per jaar als in kWh/1.000 kg melk.

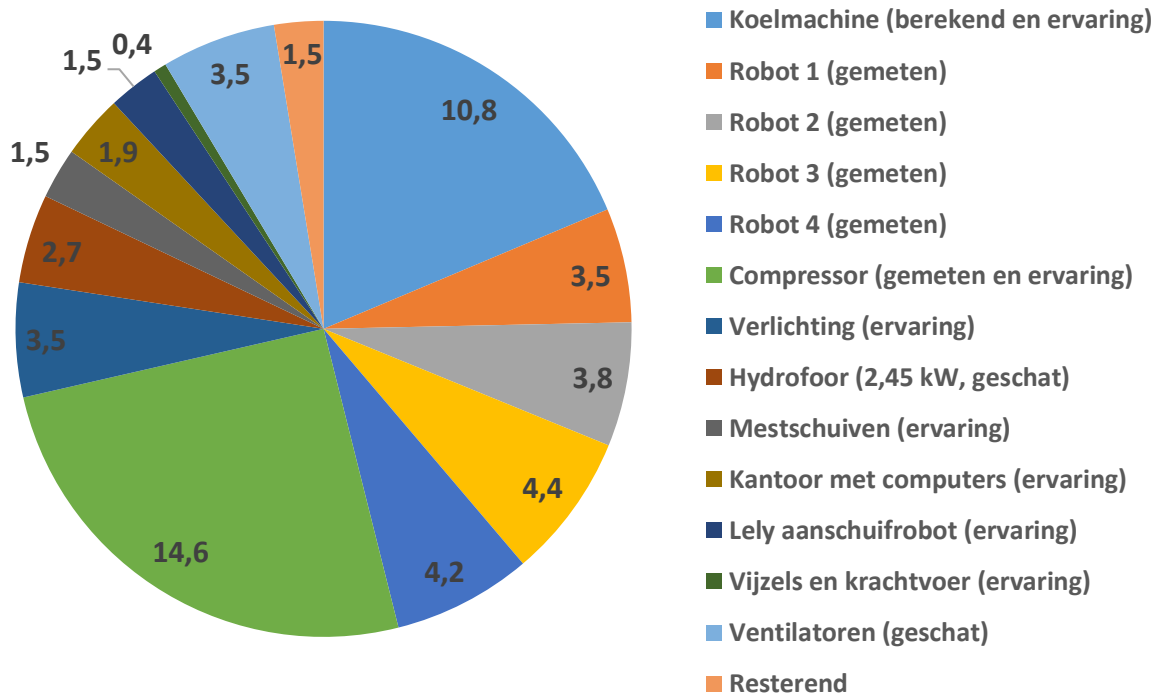


Huidig energieverbruik per onderdeel in kWh per jaar



L'orèl Consultancy B.V.
www.Lorel.nl
jacobs@lorel.nl

Energieverbruik in kWh/1.000 kg melk uitgesplitst per onderdeel in grote stal



Huidig energieverbruik per onderdeel in kWh per 1.000 kg melk