

Eindrapportage de weg naar energieneutrale melkveehouderij

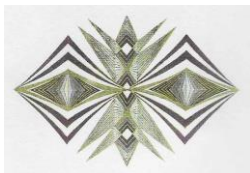
Onderzoek voor Duurzame Zuivelketen

Groningen, 12 juli 2019

De weg naar energieneutrale melkveehouderij Energiebesparing melkveehouderij voor de Duurzame Zuivelketen

**Installatierichtlijnen en factsheets voor het versnellen van de transitie naar een
energieneutrale melkveehouderij.**

Uitgevoerd door:
L'orèl Consultancy bv



1. Inleiding

a. Aanleiding en doelstelling

Veel machinekamers met de daarin opgenomen installaties zijn energetisch verre van optimaal ingericht. De opstelling is vaak willekeurig, terwijl vanuit energetisch oogpunt een vaste optimale opstelling kan worden gerealiseerd. Dit is gebleken uit een aantal onderzoeken, die verricht werden in het kader van de *Green Deal DOC* in Drenthe, uit de analyse van energiescans (in het kader van het Spoel- en compressoranalyse in opdracht van FrieslandCampina), het project *Energieneutrale Melkveehouderij Utrecht* en diverse andere meet- en nieuwbouwprojecten van L'orèl Consultancy.

Sinds 2008 heeft L'orèl in opdracht van diverse partijen van honderden melkveehouderijen het energieverbruik gemeten. Dit betrof het totaalverbruik, maar ook het verbruik op apparaat niveau in kWh per 1000 kg melk. Tevens is het gasverbruik gemeten. Op deze manier is er inzicht verkregen in de verbruiksverschillen tussen melkveebedrijven en de oorzaken hiervan op apparaat niveau. Sinds 2014 wordt een veertigtal boerderijen 24/7 gemonitord. Dit laat het verbruik van de verschillende apparaten in de tijd zien. Tevens wordt het verbruik na het uitvoeren van verbetermaatregelen (en daarmee het effect van deze maatregelen) zichtbaar.

Ook ontwikkelde L'orèl samen met enkele andere partijen de *Energiescan*. De uitkomsten van de scans bij melkveehouderijen leverden meer inzicht. De metingen laten grote verschillen (factor 6 tot 8 bij hetzelfde aantal melkstanden) zien in het verbruik, gemeten in kWh/1000 kg melk, van de elektrische boilers die worden gebruikt om de melkinstallatie te reinigen. Na de metingen zijn inspecties uitgevoerd. Er is vastgesteld dat de oorzaken van deze verschillen voortvloeien uit het ontwerp van de spoel-, en melkinstallatie en de machinekamer. De analyse *Spoelonderzoek* in opdracht van Friesland Campina, op basis van de gegevens van 4700 melkstallen, wees uit dat deze verschillen ook op grote schaal zichtbaar zijn. De ervaringen bij nieuwbouwprojecten tonen aan dat tot op de dag van vandaag structurele verbeterpunten mogelijk zijn in het ontwerp van de spoel- en melkinstallatie. Het energieverbruik is nog steeds veel te hoog. Niet alleen bij het spoelen, hoewel dit onderdeel het voornaamste pijnpunt is. Een optimale energetische situatie in de melkstal/machinekamer zorgt ervoor dat de verschillende installaties gezamenlijk het hoogste rendement opleveren, en voorkomt dat één apparaat optimaal rendeert ten koste van andere apparaten. Dit laatste is nu bij het inrichten van de machinekamers vaak het geval: de leverancier die de eerste in de rij is, kiest de beste plek voor zijn apparaat. L'orèl Consultancy heeft diverse melkveebedrijven geoptimaliseerd, ondersteund met diverse stroom- en gasmetingen. Het blijkt echter lastig om deze optimalisatieslag in de breedte te maken, omdat niet altijd duidelijk is wat de beste inrichting van de stal is, en hoeveel winst dit oplevert. Leveranciers van melkinstallaties en installateurs trekken vaak hun eigen plan bij de inrichting.

De doelstelling van deze opdracht is om melkveehouders meer handvatten te geven om de installaties in hun machinekamers of nog te bouwen machinekamers te beoordelen en hen de kennis te verschaffen om aan de installateurs en leveranciers de juiste vragen te stellen. Dit maakt het mogelijk om de opstelling van de installaties in de machinekamer vanuit energetisch oogpunt te optimaliseren. Zo zal een aanzienlijke energiebesparing gerealiseerd kunnen worden.

b. Methode en op te leveren resultaten

Voor de totstandkoming van de richtlijn en de factsheets die hieronder beschreven zullen worden, zijn diverse continue metingen geïventariseerd en geanalyseerd. Dit betreft metingen in het kader van de Green Deal Drenthe, DEI-project, Smart Farmer Grid, het project *Energieneutrale Melkveehouderij Utrecht* en dergelijke. Ook zijn metingen geanalyseerd van het spoel- en compressoronderzoek. De oorspronkelijke onderzoeksofzet van het spoelonderzoek is voor deze opdracht uitgebreid met een parameter: de afstand tussen de melktank en de melkput. Met betrekking tot de oplevering van de resultaten is op een aantal momenten overleg en afstemming geweest met het programmteam.

De op te leveren resultaten bestaan uit de volgende onderdelen. In de eerste plaats de in de offerte aangeboden resultaten. Dit betreft:

1. ***Algemene installatierichtlijn voor machinekamers melkveehouderij.*** Deze richtlijn geeft algemene adviezen over de optimale inrichting van de melkstal/machinekamer aan. Deze zouden voor nieuwbouw moeten worden opgevolgd. Voor bestaande stallen geldt dat de huidige situatie beperkingen met zich meebrengt en dat op natuurlijke momenten een verbeteringsslag zou kunnen worden gemaakt.
 - a. Per apparaat en/of per proces met resultaten
 - b. Algemene inrichting van de melkstal
 - c. 'Verplichte' plaatsen en 'nog vrij in te delen' plaatsen
 - d. Gevolgen van de 'extra' nieuwe technieken op de inrichting van de machinekamer
 - e. Financiële verschillen tussen de optimale en niet-optimale inrichting
 - f. Richtlijnen af te spreken met leveranciers m.b.t. de te verwachten verbruiken
 - g. Staltips: do's en dont's.
2. ***9 factsheets waarin diverse scenario's inzichtelijk worden gemaakt voor de nieuwbouw/verbouw van melkstallen.*** Deze scenario's zijn opgebouwd aan de hand van de diverse melkstaltypen, zoals robot, carrousel en traditionele melkstal / swing-over, alsmede andere belangrijke variabelen, zoals onder andere voor de machinekamer de varianten bovengronds, subway en onderkelderd en de omvang van het bedrijf. De factsheets bestaan steeds uit een grafische weergave van de inrichting van de machinekamer in een bepaalde situatie met een uitleg over de gemaakte keuzes. Hierbij staan de vraag centraal: hoe kan ik als melkveehouder de regie houden? Het gaat er dan om hoe de melkveehouder zelf het proces kan aansturen en welke parameters hij in het oog moet houden om de afzonderlijke leveranciers op aan te spreken.
3. ***Inzicht in hetgeen verbeterd kan worden in bestaande machinekamers.*** Hier wordt ook ingegaan op de vraag wat dit oplevert en op welk moment en in welke situatie een melkveehouder de verbeterstap zou kunnen of moeten zetten. Dit wordt door middel van een aantal praktijkvoorbeelden inzichtelijk gemaakt.

4. **Daarnaast is er in aanvulling op de offerte opdracht aangegeven dat verwacht wordt dat o.b.v. de resultaten uitspraken worden gedaan over:**
- Welke afstand is er tussen de huidige situatie in de melkveehouderij en een energieneutrale melkveehouderij
 - Welke technische barrières zijn er voor het bereiken van een energieneutrale melkveehouderij
 - Welke niet-technische barrières zijn er voor het bereiken van een energieneutrale melkveehouderij
 - Welke oplossingen zijn er om die barrières te slechten
 - Welke analyses en/of onderzoeken noodzakelijk zijn hiervoor
 - Een advies over te ondernemen acties vanuit de Duurzame Zuivelketen om energieneutrale melkveehouderij mogelijk te maken, inclusief enkele concrete voorbeelden van simpele reeds toegepaste energetische innovaties.

Afbakening:

Een aantal zaken valt om praktische redenen buiten de scope van dit onderzoek. Het gaat hier om: verlichting, mestschuiven, robotvoersysteem, mestmixen en vijzels.

c. Doelgroepen

De aanpak van de installatierichtlijn vindt plaats volgens onderstaand schema:

	Schema opzet installatierichtlijn	
Uitgebreid alle algemene richtlijnen die voor elke stal(type) gelden	1. Algemene richtlijn	Voor Autocad tekenaars, leveranciers en adviseurs
Nieuwe technieken, werking met voor- en nadelen	2. Nieuwe technieken	Voor Autocad tekenaars, leveranciers, adviseurs, maar ook boeren
Gevolgen van gekozen ontwerpen, welke keuzes vallen af	3. Consequenties ontwerpen	Voor Autocad tekenaars, adviseurs en boeren
Voorbeelden van gerealiseerde optimale situaties	4. Factsheets, gesplitst naar situatie	Voor Autocad tekenaars, leveranciers, adviseurs en boeren
Onderstaande toegevoegde stap adviseren wij naar aanleiding van gesprekken met betrokken melkveehouders. Deze toevoeging zit niet in de huidige projectopzet.		
Verdieping gerealiseerde optimale situaties	5. Website achter factsheets voor verdieping	Voor Autocad tekenaars, leveranciers, adviseurs en boeren

Toelichting schema

De installatierichtlijn en factsheets zijn in principe bedoeld voor de melkveehouders zelf. Deze hulpmiddelen geven hen de noodzakelijke kennis over de energetische en financiële consequenties van hun keuzes.

Met de richtlijn willen we daarnaast ook de complete sector, van melkveehouder, adviseur en leverancier tot installateur uitleggen welke energetische en financiële consequenties de verschillende keuzes hebben. Verder zijn er diverse 'optimale basisregels' waar de sector nu nog niet aan voldoet. Deze worden uiteengezet. Aansluitend worden ook de nieuwste ontwikkelingen behandeld en kijken we ook richting de toekomst omdat er een energietransitie gaande is. Waarschijnlijk zal er in 2050 geen aardgas meer gebruikt worden en zal elke boerderij zelf energie opwekken. De nieuwste energietechnieken van dit moment zullen in de toekomst standaard zijn en er zullen ongetwijfeld nog nieuwe energietechnieken uitgevonden worden. Er is tevens aandacht voor de financiële gevolgen van de verschillende keuzes.

Tenslotte zijn er 9 factsheets gemaakt over een aantal gerealiseerde nieuw- en verbouw stallen die energetisch al grote stappen gezet hebben. Deze factsheets leggen uit hoe de keuzes zijn opgebouwd en welke consequenties dit heeft gehad ten aanzien van de financiën en de melkqualiteit. In deze factsheets wordt ook ingegaan op wat er goed is gegaan en waar er nog verbeterpunten zijn. De 9 factsheets zijn zo gekozen dat ze bruikbaar zijn voor meer dan 90- 95 % van alle nieuw- en verbouwingen in de melkveehouderij. Voor alle factsheets zijn 'autocad installatie detailtekeningen' gemaakt van de optimale inrichting, inclusief leidingwerk. Deze tekeningen kunnen bij nagenoeg elke nieuw- of verbouw (gedeeltelijk) hergebruikt worden.

De huidige procedure is dat de melkveehouders bij nieuw- of verbouw diverse activiteiten uitbesteden. Dit verschilt wel per ondernemer, maar de tekening van de nieuw- en verbouw wordt altijd uitbesteed aan een adviseur/tekenaar. Deze tekent de stal, vrijwel altijd in het tekenprogramma Autocad (99% marktaandeel).

De tekenaar werkt samen met de melkveehouder en (meestal) een bouwadviseur die de hele bouw begeleidt. Zij bepalen mede met de ondernemer waar de machinekamer, melkput en melktankruimte worden gesitueerd. Energie speelt hierbij meestal geen of een beperkte rol. In het bouwproces gaan de leveranciers ook meepraten, soms aan begin en soms bijna op het einde. Zij bepalen in hoofdzaak of de machine- en melktankruimte wel groot genoeg is en of alle apparatuur in de getekende ruimte(s) kan, hoeveel stopcontacten en afvoeren er waar moeten komen, etc. Uiteindelijk wordt de apparatuur geplaatst als de ruwbouw klaar is. Hierbij geldt vrijwel altijd dat op dat moment pas gekeken wordt naar de indeling van de verschillende apparaten. Hierbij weten de verschillende leveranciers wel ongeveer wat de ander nodig heeft op basis van ervaring. Bij de uitvoering kiest de eerste leverancier de voor zijn apparatuur beste positie. Dit gaat vrijwel altijd ten koste van het optimale energetische concept.

Met de factsheets en de 'Autocad installatie detailtekeningen' willen we het energetisch optimaal bouwen als uitgangspunt nemen. Deze meest relevante voorbeeldtekeningen zorgen er ook voor dat de leveranciers en installateur **vooraf** gaan nadenken over de plaats van de apparatuur met leidingwerk in overleg met alle betrokkenen. De tekenaar kan dan de oorspronkelijke tekening aanpassen voor deze specifieke nieuw- of verbouw, waarna alle partijen hun goedkeuring geven aan de definitieve 'Autocad installatie detailtekeningen'. De boer en zijn adviseur hoeven dan alleen na te lopen of alles klopt. Mochten er toch nog kleine aanpassingen in de praktijk nodig zijn dan is dit ook meteen te begrijpen alsmede welke consequenties dit heeft voor de boer.

Advies voor de sector: als iedere tekenaar zijn aangepaste definitieve 'autocad installatie detailtekeningen' zou gaan uploaden naar een 'sector platform', dan ontstaan er steeds meer goede voorbeelden en heeft iedere volgende nieuw- en verbouw meer keuze en een beter passende tekening die steeds minder aanpassingen vereisen. Het is wel verstandig om deze tekeningen goed en overzichtelijk te rubriceren en voor plaatsing op het platform inhoudelijk te controleren.

Het rapport is opgebouwd voor verschillende doelgroepen, die ook afzonderlijk bediend worden met eigen advies, met een verschillende diepgang. Zie hiervoor het schema bovenaan deze paragraaf.

1. De melkveehouders zelf;
2. De adviseurs van de melkveehouders en Zuivelverwerkers
3. De Autocad-tekenaars van de melkstallen;
4. Leveranciers van installaties;
5. Beleidsmakers in de zuivelsector;
6. Leden van de KOM en TCM;

1. Algemene installatierichtlijn per proces

a. Per apparaat / per proces met resultaten

Er zijn energetisch 6 hoofdprocessen op een melkveebedrijf:

1. *Het maken van vacuüm en daarmee de melk uit de koe halen*
2. *Melk naar de melktank leiden*
3. *Koelproces om de melk naar 4 graden te koelen*
4. *Spoelen en reinigen met warm water*
5. *Drinkwatervoorziening voor de koeien genereren*
6. *In grote stallen: gebruik van compressor / luchtdruksysteem*

en overkoepelend:

Integratie van diverse bovenstaande processen door nieuwe technieken.

1) *Het maken van vacuüm en daarmee de melk uit de koe halen*

Richtlijnen algemeen

- De vacuümpomp heeft ook een aan/uit schakelaar in de melkput (zodat deze niet onnodig aanstaat).
- De grootte van de vacuümpomp is afhankelijk van de benodigde hoeveelheid lucht tijdens het reinigen van de installatie (spoelen). Op dat moment levert de vacuümpomp het maximale vermogen, dit is bepalend voor de keuze voor een vacuümpomp (te groot is duurder bij aanschaf, verbruikt meer energie en moet verder terug geregeld worden door de frequentieregelaar met mogelijk Power Quality¹ problemen).
- Tijdens het melken kan bij nagenoeg elk melksysteem de benodigde hoeveelheid lucht worden verminderd. Daarom is het aan te bevelen om een frequentieregeling toe te voegen. Belangrijk is dat de frequentieregeling past bij het vermogen van de vacuümpomp (te groot geeft mogelijk Power Quality problemen). Het plaatsen van een frequentieregeling is een van de erkende maatregelen op de maatregelenlijst van de agrarische sector (zie bijlage; Hoofdstuk 2.6 Energiebesparing, artikel 2.15, paragraaf 9 maatregel 25).

Richtlijnen voor de plaats van de vacuümpomp

- Plaats de vacuümpomp zo dicht mogelijk bij, maar op maximaal 10 meter afstand van de melkput (met melkklauwen), in een koude omgeving met een uitgang naar buiten voor de afblaas. Kies een ruime plek tegen de buitenmuur (of kelder muur) waar geen andere warmte wordt geproduceerd. Plaats de vacuümpomp dus niet tussen de koelmachine en het warmwatertoestel.
- Daarnaast produceert de vacuümpomp veel geluid. Het is verstandig om hier rekening mee te houden bij de keuze voor de plaats van de vacuümpomp (achter iets dat het geluid dempt, bijv. een deur of muurtje, in een kast etc.).

¹ Power Quality (PQ) is de kwaliteit van de stroomvoorziening. Slechte PQ (bijvoorbeeld voltage dips en pieken, harmonische vervormingen en dergelijke) leidt tot uitval en onnodige schade aan elektronische apparatuur

2) Melk naar de melktank leiden

Richtlijnen route

- Minimaliseer de afstand en het aantal bochten van de melkleidingen naar het melkopvangvat.
- Het melkopvangvat moet zo groot zijn dat de melkpomp nagenoeg continue pompt tijdens het melken. Hierdoor kan de voorcoeler maximaal renderen en de melk optimaal voorcoelen. Dit betekent dat het melkopvangvat een factor 2-3 groter moet zijn dan nu gangbaar is. Bijvoorbeeld een 50 liter vat (bij een 2x6 melkstal) vervangen door een 100 liter vat en bij een 2x12 melkstal een 100 liter vat door een 200 tot 300 liter vat etc. Door het melkopvangvat wel hoger maar niet breder te maken, blijft het benodigd aantal liters voor de reiniging gelijk. Naast dat dit de voorcoeler beter laat renderen, kan ook een kleinere melkleiding volstaan, hetgeen weer extra voordeel oplevert bij het spoelproces.
- Isoleer het melkopvangvat indien mogelijk i.v.m. energieverlies bij het spoelen.
- Vanuit het grotere melkopvangvat wordt de melk naar de melktank gepompt. Kies wederom de kortste route met zo weinig mogelijk bochten in de leidingen. Een bocht is moeilijker te reinigen dan een rechte leiding. Bij het ontwerp dient goed gekeken te worden naar de optimale route. Neem in dit ontwerp de grootte van de voorcoeler mee. Zie voor meer informatie de link naar de rekentool (punt 3 onderaan deze blz. 7). Bij robots ligt de grote van het melkopvangvat vast en heeft vergroting geen zin, de kortste route met zo weinig mogelijk bochten in de leidingen geldt voor robots ook.
- De plaats van het melkfilter wordt bepaald door de looplijnen. Omdat het filter gereinigd moet kunnen worden, dient er een waterkraan en een waterafvoer nabij te zijn.
- De aansluiting op de melktank is afhankelijk van het type melktank. We onderscheiden een boven-vuller, onder-vuller, of een silotank. In het ontwerp moet dit gegeven ook meegenomen worden om de optimale route te kiezen.

3) Koelproces om de melk naar 4 graden te koelen

Richtlijn voor de inhoud van de melktank

- De inhoud van de melktank is afhankelijk van de te melken hoeveelheid per 3 dagen. Installeer een melktank van de juiste omvang. Indicatief kan de optimale inhoud van de melktank worden berekend aan de hand van de volgende stelregel: de tank is ca. 80% gevuld in perioden dat er weinig wordt gemolken en max. 95% in perioden dat er veel wordt gemolken. Een te grote melktank en/of te grote koelmachine kost extra energie.

Richtlijn voor de omvang van de koelmachine

- De omvang van de koelmachine is afhankelijk van de temperatuur die de melk heeft op het moment dat deze in de melktank komt. Indien deze door voorcoelen laag is, volstaat een kleinere koelmachine. Installeer een koelmachine met een dusdanige omvang die de

melk binnen 1,5 tot 2 uur na het melken koelt (met voorcoeler). Zonder gebruik van een voorcoeler op het bedrijf moet de omvang zodanig zijn dat de melk binnen 2,5 – 3 uur na het melken koud is. Dit is gebaseerd op de KOM regels.

Richtlijnen voor het koelvermogen van de voorcoeler

-De voorcoeler moet optimaal renderen (mede door het grotere opvangvat zoals uiteengezet onder punt 2). De temperatuur van de melk zou niet meer dan 2 tot 3 °C boven de ingaande temperatuur van het koude water mogen zijn. Is dit niet het geval, dan is de combinatie tussen melk- en waterstroomsnelheid en het koelvermogen van de voorcoeler niet optimaal.

Hiervoor is een rekentool beschikbaar voor een optimaal resultaat via onderstaand links:

<http://www.energiezuinigemelkveehouderij.nl/>

<https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/groene-economie/schone-en-zuinige-agrosectoren/de-sectoren/agrosectoren-melkveehouderij>

- Door de melk- en waterstroomsnelheid te meten kan het optimale koelvermogen van de voorcoeler worden berekend. Met betrekking tot de melkstroomsnelheid moet gekeken worden naar het maximale scenario (bijv. als er met 2 i.p.v. 1 melker wordt gemolken). Het optimaliseren van de voorcoeler bepaalt hoe groot de koelmachine moet zijn en ook of extra kosten voor een energiezuinige koelmachine rendabel zijn. Het plaatsen van een voorcoeler is een van de erkende maatregelen op de maatregelenlijst van de agrarische sector (zie bijlage; Hoofdstuk 2.6 Energiebesparing, artikel 2.15, paragraaf 9 maatregel 17).

Richtlijnen voor positionering en onderhoud van de koelmachine

- Plaats de koelmachine zo koud mogelijk en kies voor de mogelijkheid om zo koud mogelijke lucht aan te zuigen, liefst uit noord- of oostelijke windrichting.

- Timmer de koelmachine goed af ter voorkoming van recirculatie en zorg dat er naast een goede aanvoeropening ook een minimaal even grote afvoeropening tegenover de koelmachine is voor een goede luchtdoorstroming.

Het plaatsen van een afscheiding tussen aangezogen en afgegeven lucht is een van de erkende maatregelen op de maatregelenlijst van de agrarische sector (zie bijlage; Hoofdstuk 2.6 Energiebesparing, artikel 2.15, paragraaf 9 maatregel 18).

- Maak koelrooster één tot tweemaal per jaar schoon en pleeg minimaal jaarlijks onderhoud, belangrijk voor energieverbruik en levensduur.

4) Spoelen en reinigen met warm water

Richtlijnen voor het ontwerp

- Denk bij het ontwerp goed na over de route van de melk- en spoelleiding om zo minder spoelwater te gebruiken en minder warmte te verliezen. Voorbeelden zijn opgenomen in de factsheets. Houd in het ontwerp rekening met:

- a) Minimalisering van het aantal meters leiding door gebruik van 'scheve leidingen';
- b) Minimalisering van het aantal bochten en gebruik bovendien 'flauwe bochten';
Minimalisering van de diameter van de leiding, hier kan een groter melkopvangvat (zie onder punt 2 en 3) behulpzaam zijn.

- Neem in het ontwerp op: de leidingen in de melkstal, de leidingen van de melkstal naar de spoelbak en de melktank, de leidingen van de melktank naar de spoelbak en de leidingen van het warmwatertoestel naar de spoelbak en de melktank.

- Reserveer ruimte voor een zo goed mogelijke isolatie van de melk- en spoelleidingen, de spoelbak en de leidingen van het warmwatertoestel.

Bij robotbedrijven zijn er rondpomp-spoelsystemen (vergelijkbaar met traditioneel melken) en systemen die één richting uit spoelen. Voor de rondpomp-systemen geldt het bovenstaande ook, al is het isoleren van de melkleiding niet noodzakelijk. Voor één richting systemen is er geen spoelleiding en geen spoelbak. Er is alleen een melkleiding, die natuurlijk ook zo kort mogelijk aangelegd moet worden. Isolatie van de melkleiding is ook niet noodzakelijk.

Richtlijnen voor de uitvoering

- Plaats de geïsoleerde spoelleiding bij traditioneel melken als 'bovenste leiding' bovenin de hoek van de melkput, zodat er bij het melken en reinigen geen water, melk of mest terecht komt op de geïsoleerde spoelleiding.

- De isolatie moet bestand zijn tegen de nieuwsgierigheid van de koe. De koe kan namelijk met zijn tong schade aanrichten. Een goed ontwerp let hier ook op!

- Monteer de spoelbak zodanig dat er nog isolatie tussen de spoelbak en de muur past of monteer direct een geïsoleerde spoelbak.

- Isoleer de melkleiding en melkopvangvat in een subway of onderkeldering, maar in de melkput is vanwege het reinigen vaak geen optie.

Richtlijn voor de warmwater opwekking

- Het spoelen vereist lauw (45 °C) en warm water (> 65 °C). Maak een keuze uit onderstaande apparaten om dit te genereren:

- a) *Moderne hoog rendement gasboiler*. Deze heeft een laag stilstandsverlies en een hoog rendement. Wel geldt: hoe hoger de eindtemperatuur, hoe lager het rendement. Het plaatsen van een Gasgestookte hoog rendementsboiler is een van de erkende maatregelen op de maatregelenlijst van de agrarische sector (zie bijlage; Hoofdstuk 2.6 Energiebesparing, artikel 2.15, paragraaf 9 maatregel 14).
- b) *Gasgeiser*. Een gasgeiser heeft geen heet water op voorraad en dus ook geen stilstandsverliezen. Het spoelwater wordt ter plekke opgestookt tot de gewenste eindtemperatuur. Ook hier geldt dat het rendement zakt als de eindtemperatuur stijgt. Een gasgeiser heeft een veel grotere capaciteit nodig dan de gasboiler. Uit te zoeken is of deze grotere gasleidingcapaciteit op de boerderij aanwezig is.
- c) *Elektrische boiler*. Deze heeft ook een flink stilstandsverlies, vooral bij de hogere temperaturen. Het rendement zakt wel iets bij hogere temperaturen, maar veel minder dan bij gasapparaten.
- d) *Een zonneboiler* is een optie indien er geen warmte terugwin (wtw) aanwezig is. Een wtw en een zonneboiler leveren namelijk beide gedurende het jaar veel

water van 40 tot 50 graden. Echter, een wtw levert dit 365 dagen per jaar in voldoende mate.

De in het verleden veel gebruikte ouderwetse gas (boerderij) boiler mogen sinds 1 januari 2019 niet meer geproduceerd worden omdat het rendement te slecht is (vergelijkbaar met de al eerder verboden gloeilamp);

Voor alle apparaten geldt: hoe hoger de temperatuur, hoe meer het water opgewarmd moet worden, hoe lager het rendement en hoe meer energie het kost. Ten slotte nemen de stilstandsverliezen sterk toe als de temperatuur stijgt.

De keuze voor het juiste apparaat levert een flinke energiebesparing op, maar verlaging van de spoeltemperatuur en/of aantal spoelliters bespaart nog veel meer.

5) Drinkwatervoorziening voor de koeien genereren

Richtlijnen voor de leidingwaterinstallatie:

- Indien de waterdruk niet optimaal is, installeer dan een buffervat als back up en indien nodig gebruik een hydrofoor om de druk te verhogen.

- Het is aan te bevelen dit buffervat op 2-4 meter hoogte te brengen zodat het leidingwater zelfs zonder hydrofoor naar de koeien stroomt, ook als de waterdruk even wegvalt en/of de koeien tegelijk drinken;

- Het buffervat met hydrofoor kan tevens worden gebruikt om de melk voor te koelen. Nadat het water door de voorcoeler is gepompt, stroomt het (opgewarmde) water in een aantal vaten van 1 m³ (standaard en veel gebruikte maat) 'verdeeld' over de stal op 2-3 meter hoogte. Vanuit deze vaten stroomt het water via een vlotter in de drinkbakken van de koeien. Door de drinkbakken uit te voeren met 2 vlotters op verschillende hoogte, drinken de koeien eerst het voorverwarmde water op. Dan zakt het water en zorgt de tweede vlotter voor toevoer van (koud) leidingwater.

Het plaatsen van een frequentieregeling op de waterpomp is één van de erkende maatregelen op de maatregelenlijst van de agrarische sector (zie bijlage; Hoofdstuk 2.6 Energiebesparing, artikel 2.15, paragraaf 9 maatregel 26). Echter, onderzoek door L'orèl heeft al in 2016 aangetoond dat deze maatregel extra energie kost en leidt tot Power Quality problemen (koeherkenning e.d). Hierdoor is deze maatregel in 2016 ook van de Energie Investeringsaftrek (E.I.A.) lijst verwijderd. Deze maatregel wordt ten strengste afgeraden. Het plaatsen van een (extra) expansievat is veel goedkoper en effectiever.

6) En in grote stallen of bedrijven met melkrobots: gebruik van compressor / luchtdruksysteem

Richtlijnen algemeen:

- Plaats een perslucht ketel of buffervat voor een constante druk in het systeem en het opvangen van de eerste pieken in de vraag. De compressor krijgt de tijd om de druk in de ketel weer op niveau te krijgen. Het buffervat zorgt dat het energierendement van de compressor toeneemt.

- Perslucht wordt gebruikt om luchtcilinders snel te vullen onder druk. De gewenste hoeveelheid lucht kan behaald worden door een standaard dunne buis met bijv. 10 bar, terwijl dezelfde hoeveelheid lucht bij een tweemaal zo dikke buis bereikt kan worden met

een veel lagere druk. Elke bar extra zorgt voor 7 – 9% extra energie en meer kans op lekkage en meer verlies bij een lekkage. De compressor slijt ook minder bij een lagere druk. In de melkveehouderij zien we vaak veel te dunne persluchtleidingen (10 tot 14 mm). Maak daarom gebruik van dikkere persluchtleidingen (22 tot 40 mm). Hoe meer robots er in de stal aanwezig zijn, hoe dikker de persleidingen behoren te zijn. Bijkomend voordeel van dikkere persluchtleidingen is dat deze minder snel lekkages vertonen.

- Maak gebruik van druksensoren om de juiste druk te kunnen bewaken. Dit voorkomt storingen en rendementsverlies.

- Plaats bij melkrobots een extra volumevat / drukvat om drukfluctuaties op te vangen. Deze zijn beschikbaar in verschillende volumes en bieden uitkomst wanneer kortstondig een grote hoeveelheid lucht nodig is, bijvoorbeeld bij het in- en uitlaten van een koe of het reinigen.

Verder laten tientallen metingen zien dat er vroeg of laat altijd lekkages ontstaan die niet opgemerkt worden. Plaats een stroommeter of luchtvolume meter zodat dit kan worden gesignaleerd en kan het lek gedicht worden. Deze meter wordt vaak binnen een jaar terugverdiend.

Richtlijnen voor de plaats van de compressor:

- Beperk de luchtvochtigheid van aangezogen gecomprimeerde lucht. Vochtige en warme lucht is nadelig voor de levensduur van pneumatische componenten. Hoe warmer, hoe meer vocht de lucht bevat, hoe groter de kans op condensatie in het systeem bij het afkoelen en hoe meer lucht er gedroogd moet worden hetgeen extra energie kost.

- Zorg ervoor dat de aangezogen lucht van buiten de stal komt en uit noordelijk of oostelijk richting, dan is de levensduur van de compressor en de filters en drogers het langst.

- Omdat het rendement van de compressor daalt als de temperatuur stijgt moet de compressor daarom op het koudste punt van het systeem geplaatst worden. Dan is het energieverbruik het laagst en is de levensduur van de compressor het hoogst.

Overkoepelend: Integratie van diverse processen door nieuwe technieken

Grote WTW (Warmte Terug Win) installaties

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. De laatste tijd zijn steeds grotere wtw installaties met duizenden liters warm water in opkomst. Het principe van koelen tijdens het melken blijft hetzelfde, echter wordt een veel groter deel (80 – 90%) van de warmte opgevangen in de buffervaten. Vanuit de grotere buffervaten wordt de woning verwarmd via een geïsoleerde leiding. 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. 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. Door de aan de privéwoning geleverde warmte/energie te meten mag deze energie als herwinbare energie afgetrokken worden van het totale energieverbruik (zie factsheets 1 & 2).

Ijsbankkoeling met koudebuffer

Deze techniek wordt ook al vele jaren toegepast, waarbij grote hoeveelheid ijswater voor het melken in een koudebuffer opgeslagen worden. De melk wordt dan indirect gekoeld door het ijswater, 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. 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.

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:

- a) 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 warmtepomp. Bij robotbedrijven is de koudebuffer kleiner meestal 1 m³;
- b) De warmtepomp pompt de warmte in een tweetal warmtebuffers. Eén buffer verwarmt de privéwoning (incl. tapwater) en de andere verwarmt het kantoor, kantine en de boiler voor het spoelen van de melkinstallatie en melktank;
- c) 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). Daarnaast wordt er op het bedrijf veel meer zelf opgewekte duurzame energie verbruikt, zowel zonne- als windenergie;
- d) Omdat er met een industrieel vervaardigde warmtepomp wordt gewerkt met indirecte koeling wordt er enerzijds met veel minder (2 – 3 kg ipv 7 – 12 kg) chemisch koelmiddel gewerkt en anderzijds is de kans op lekkage miniem (onderzoek uit 2011 van Agentschap.nl heeft een jaarlijkse lekkage van 8% aangetoond). Chemische koelmiddelen zoals het veel in de melkveehouderij gebruikt R507 heeft per kg een milieuschade (Global Warming Potential) van 3.985 kg CO₂ equivalent of 2.225 m³ aardgas (1,79 CO₂ equivalent). Ook heeft de warmtepomp een chemisch koelmiddel met een GWP van 1.774 (55% minder schadelijk).

b. Algemene inrichting van de melkstal met optimale routing

In deze paragraaf wordt aangegeven hoe de processen optimaal in één systeem kunnen worden ondergebracht. In de praktijk krijgt dit vorm in één tot twee fysieke ruimtes. Er wordt ingegaan op de optimale routing.

Een belangrijk gegeven in dezen is dat bij traditioneel melken (incl. swing-over en carrousel) per jaar ca. 730x gemolken wordt terwijl de melktank slechts ca. 122x geleegd wordt. Besparingen bij het spoelen van de melkinstallatie tellen 6x harder door dan eventuele verliezen bij het spoelen van de melktank.

De machinekamer kan op verschillende plaatsen gepositioneerd worden. Hierbij speelt de grootte van de melkput eigenlijk geen of zeer beperkte rol. Deze plaatsen zijn:

1. Bovengrondse machinekamer vlakbij melkput en melktank.

- Voor een bovengrondse machinekamer is deze compacte opstelling de beste optie qua investering en exploitatie. Indien nieuwbouw wordt gepleegd zou het wenselijk zijn om op deze compacte wijze te bouwen. De optimale plaats van de machinekamer is tussen de melkput en de melktank in. De afstanden zijn minimaal en de verliezen zijn hierdoor ook minimaal. In melkput zitten de melk- en spoelleidingen, melkmeters. Ernaast een zo groot mogelijk melkopvangvat voor een optimale voorcoeling. In deze situatie kan de meest optimale installatie worden toegepast worden (zie factsheets 3 en 9).

2. Bovengrondse machinekamer vlakbij de melkput en op grotere afstand van de melktank (vaak zo gegroeid vanuit bestaande situatie);

- Deze positionering is minder gunstig dan variant 1 door de grotere afstand tussen de bovengrondse machinekamer en de melktank. Dit is vaak historisch zo gegroeid in een bestaande situatie. Verder geldt hetzelfde als onder variant 1. De optimale plaats van de machinekamer is ook in dit geval tussen de melktank en de melkput in. De afstanden tussen machinekamer en melkput zijn minimaal en de verliezen tussen melkput en machinekamer ook. De afstanden en de verliezen tot de melktank zijn echter groot. In deze situatie is een zo groot mogelijk melkopvangvat nog belangrijker, zodat de melkleiding van de melkpomp naar de melktank zo dun mogelijk kan zijn. Isolatie van de melk- en spoelleidingen naar de melktank is sterk aan te bevelen. In de machinekamer kan de meest optimale situatie worden toegepast. Er is geen specifieke factsheet op basis van een praktijkvoorbeeld, maar factsheets 2, 3 en 9 geven een indicatie.

3. Bovengrondse machinekamer vlakbij de melktank en op grotere afstand van de melkput (vaak zo gegroeid vanuit bestaande situatie);

- Deze positionering is ook minder gunstig dan variant 1 door de grotere afstand tussen de bovengrondse machinekamer en de melkput. Dit is vaak ook historisch zo gegroeid in een bestaande situatie. Verder geldt hetzelfde als onder variant 1. De optimale plaats van de machinekamer is ook in dit geval tussen de melktank en de melkput in. De afstanden tussen machinekamer en melktank zijn minimaal en de verliezen tussen melktank en machinekamer ook. De afstanden en de verliezen tot de melkput zijn echter groot. In deze situatie zijn er twee mogelijkheden voor de melkopvang:

- Een zo groot mogelijk geïsoleerd melkopvangvat zodat de melkleiding van de melkpomp naar de melktank zo dun mogelijk kan zijn. Isolatie van de melk- en spoelleidingen naar de melkput is sterk aan te bevelen. In de machinekamer komt de spoelbak en kan de meest optimale situatie worden toegepast.
- In melkput zit een eerste kleine (evt. ook geïsoleerde) melkopvang van waaruit de melk direct weggepompt wordt bij voldoende niveau. De melkpomp hoeft dan

alleen de melk over het 'hoogste punt' te pompen, waarna de melk 'zelfstandig' de tweede geïsoleerde melkopvang in de machinekamer inloopt. Daardoor kan zowel de melkpomp als de geïsoleerde melkleiding veel kleiner uitgevoerd worden. Dit vereist bovendien minder spoelwater. Vanaf de melkput gaan de geïsoleerde melkleiding, spoelleiding via de kortste weg en met zo weinig en zo flauw mogelijke bochten naar de tweede, grote (200 - 300 liter) geïsoleerde melkopvang annex spoelbak in de grote machinekamer verderop. Daar wordt de melk opgevangen en door middel van een tweede melkpomp door een of twee voorcoolers naar de melktank gepompt. Vanuit de melkopvang/spoelbak loopt de spoelleiding aan de ene kant (naast melkleiding, tot aan melkput) naar de melkput, waar de koppeling met de spoelleidingen in de melkput gemaakt wordt;

- In deze situatie wordt een tweede (kleine) machinekamer direct naast de melkput geadviseerd met daarin de vacuümpomp en de compressor voor het hekwerk;
- Zo dicht mogelijk tegen de melkopvang/spoelbak staat de warm water installatie. Vanuit de warm water installatie gaat een geïsoleerde laag (45 °C) en hoog (75 °C) temperatuur leiding naar de spoelbak en een geïsoleerde hoog-temperatuurleiding via de kortste route naar de spoelbak van de melktank.

4. Bovengrondse machinekamer op grotere afstand van zowel melkput als melktank.

- Bij nieuwbouw moet dit absoluut worden voorkomen: energetisch is dit veruit de slechtste oplossing, die jaarlijks veel energie en geld kost. Verder zijn in deze situatie de grootste risico's wat betreft melkqualiteit. In bestaande situaties is het aan te bevelen om bij aanpassingen/verbouw dit aan te passen. Echter, dit is per situatie verschillend.

5. Subway (halve kelder) met machinekamer tegen de melkput aan

- In melkput zitten de melk- en (geïsoleerde) spoelleidingen;
- In de Subway staat de grote geïsoleerde melkopvang met de geïsoleerde spoelbak en warmwaterinstallatie binnen enkele meters naast elkaar. Geadviseerd wordt een geïsoleerde melkopvang met een omvang van 200 (2*6 tot 2*10) - 300 liter (vanaf 2*12 – 2*16) etc.
- De melkopvang zit in het midden tegen de wand van de melkput aan, waardoor de melkleidingen direct vanuit de melkput met 1 bocht uitkomen in de melkopvang en hierdoor zeer kort zijn. Hierdoor is er minder spoelwater noodzakelijk en is er onderweg minder temperatuurverlies.
- Vanuit de grote melkopvang wordt de melk gelijkmatig verpompt via een of twee voorcoolers (afhankelijk van het koelsysteem);
- De voorcooler(s) zitten zo dicht mogelijk (maximaal een meter) bij de melkopvang aan dezelfde wand. Vanaf de voorcooler gaat de melk via een zo kort mogelijke (en meestal scheef) aangelegde melkleiding met zo weinig mogelijk bochten de melktank in. Dit bespaart veel materiaal en tijd bij de installatie;
- Zo dicht mogelijk bij de melkopvang aan dezelfde wand hangt de geïsoleerde en afgedekte spoelbak. Van daaruit gaat de spoelleiding aan de ene kant (ook vaak scheef) naar de melktank en aan de andere kant naar de melkinstallatie;
- Tegenover of naast de 'melkopvangwand' staat de warm water installatie met zo kort mogelijke geïsoleerde leidingen naar de spoelbak en de melktank (eventueel bovenlangs tegen het plafond);

- De vacuümpomp staat tegen de (koudste) buitenmuur, haaks op of tegenover de 'melkopvangwand' met een luchtleiding van enkele meters en een afvoer naar buiten;
- Verder staat er de compressor (voor de bediening van het hekwerk), het liefst ook tegen de koudste (buiten)muur;
- Buiten op de begane grond is de Silotank gesitueerd, zo dicht mogelijk bij de melkopvang.

6. Melkput 'hangt' in een kelder (er kan om de melkput gelopen worden);

In geval van een kelder lopen er ook nog 'gangen' naast de melkput. Hierdoor is de korte muur twee- tot driemaal smaller dan bij een Subway. Het gevolg is dat niet alle apparatuur meer past op de korte zijde van de melkput.

- In kelder zitten de melk- en (geïsoleerde) spoelleidingen;
- Tegen de kortste muur van de melkput staat de grote geïsoleerde melkopvang met de geïsoleerde spoelbak en warmwaterinstallatie vlak naast elkaar. Geadviseerd wordt een geïsoleerde melkopvang met een omvang van 200 (2*6 tot 2*10) - 300 liter (vanaf 2*12 – 2*16) etc.
- De melkopvang zit in het midden tegen de wand van de melkput aan, waardoor de melkleidingen direct vanuit de kelder met 1 bocht uitkomen in de melkopvang en hierdoor zeer kort zijn. Hierdoor is er minder spoelwater noodzakelijk en is er onderweg minder temperatuurverlies.
- Vanuit de grote melkopvang wordt de melk gelijkmatig verpompt via een of twee voorcoolers (afhankelijk van het koelsysteem);
- Zo dicht mogelijk bij de melkopvang aan dezelfde wand hangt de geïsoleerde en afgedekte spoelbak. Van daaruit gaat de spoelleiding aan beide zijden van de melkput naar de melkstellen en (vaak scheef) naar de melktank;

De plaats van de voorcooler(s) en de warmwaterinstallatie hangt af van de maten en vorm van de kelder.

- Zo dicht mogelijk bij de spoelbak staat de warm water installatie met zo kort mogelijke geïsoleerde leidingen naar de spoelbak en de melktank (eventueel bovenlangs tegen het plafond);
- De voorcooler(s) zitten of zo dicht mogelijk bij de melkopvang of zo dicht mogelijk bij de melktank. Vanaf de voorcooler gaat de melk via een zo kort mogelijke (en meestal scheef) aangelegde melkleiding met zo weinig mogelijk bochten de melktank in. Dit bespaart veel materiaal en tijd bij de installatie;
- De vacuümpomp staat tegen de (koudste) buitenmuur met een luchtleiding van enkele meters en een afvoer naar buiten;
- Verder staat er de compressor (hekwerk), het liefst ook tegen de koudste (buiten)muur;
- Buiten op de begane grond is de Silotank gesitueerd, zo dicht mogelijk bij de melkopvang.

c. 'Verplichte' plaatsen en 'nog vrij in te delen' plaatsen:

Essentieel is om het ontwerp zo compact en integraal mogelijk te maken, zodat de routing machinekamer, melktank en melkput zo efficiënt mogelijk is en de leidingen zo

kort mogelijk zijn met zo weinig mogelijk bochten. Dit geldt voor zowel stallen waarin traditioneel als met behulp van robots wordt gemolken.

Een belangrijk gegeven in dezen is dat bij traditioneel melken (incl. swing-over en carrousel) per jaar ca. 730x gemolken wordt terwijl de melktank slechts ca. 122x geleegd wordt. Besparingen bij het spoelen van de melkinstallatie tellen 6x harder door dan eventuele verliezen bij het spoelen van de melktank. Afstanden tussen melkinstallatie, melkopvangvat, spoelbak en melktank moeten dus minimaal zijn met zo weinig mogelijk bochten, dit heeft prioriteit;

Bij robot melken wordt per jaar ca. 1.095x gemolken wordt terwijl de melktank slechts ca. 122x geleegd wordt. Besparingen bij het spoelen van de robots tellen 9x harder door dan eventuele verliezen bij het spoelen van de melktank. Afstanden tussen robot en melktank moeten dus minimaal zijn, dit heeft wederom prioriteit

Verder zijn er apparaten in het systeem die een vaste, 'verplichte' plaats hebben ten opzichte van elkaar, en zijn er apparaten die een plaats 'naar keuze' kunnen krijgen.

Apparaten met een vaste, verplichte plaats:

1. Het hoge temperatuur gedeelte van de warmwaterinstallatie (meestal boiler) moet zo dicht mogelijk bij de spoelbak geplaatst worden en goed geïsoleerd zijn. Vervolgens wordt de kortste route naar de melktank bepaald;
2. De wtw (of lage temperatuur boiler in geval van warmtepomp techniek) staat zo dicht mogelijk bij de spoelbak. Maar deze mag niet te ver (max. 10 meter met beperkt aantal bochten) van de koelmachine of warmtepomp af staan omdat de extra afstand meer energie kost dan het oplevert;
3. De koelmachine moet bij voorkeur lucht aanzuigen uit noord- of oostelijk richting, en het aanzuigoppervlak moet minimaal even groot zijn als het rooster. Het rooster moet zo afgetimmerd zijn dat er geen opgewarmde lucht gerecirculeerd kan worden. De luchtafvoer moet minimaal even groot (indien mogelijk groter) zijn als het aanzuigoppervlak en tegenover het aanzuigrooster geplaatst, zodat de opgewarmde lucht snel de ruimte verlaat. De koelribben van het koelrooster moeten schoon zijn zodat er optimaal gekoeld kan worden. Onderhoud is belangrijk omdat koelinstallaties nogal eens koelmiddel verliezen (onderzoek Agentschap in 2011 spreekt van 8% per jaar). Bij te weinig koelmiddel loopt het rendement snel terug;
4. Voor de warmtepomp geldt bovenstaand punt veel minder, de warmtepomp moet vooral zo dicht mogelijk bij de lage temperatuur boiler staan.

'Vrij in te delen' apparaten:

1. De optimale plaats van de voorcoeler(s) hangt van de situatie af, waarbij vooral belangrijk is dat de voorcoeler(s) goed gespoeld kunnen worden en de melkleidingen zo kort mogelijk zijn met zo weinig mogelijk bochten;
2. De vacuümpomp staat tegen de (koudste) buitenmuur met een luchtleiding van enkele meters en een afvoer naar buiten;
3. De compressor (hekwerk bij traditioneel melken) staat het liefst ook tegen de koudste (buiten)muur met een lucht-aanzuig van buiten (liefst uit noordelijke of oostelijke richting en van buiten de stal);
4. De plaats van compressor(en) bij robots is belangrijker dan de plaats van de vacuümpomp. De plaats moet zo koud mogelijk zijn (wel boven 0 °C) met een

luchtaanzuig van buiten de stal (liefst uit noordelijke of oostelijke richting). Daarnaast wordt monitoring geadviseerd om lekkages te kunnen detecteren. Lekkages die veel energie, onderhoud- en afschrijving kosten worden vrijwel altijd te laat opgemerkt en kosten onnodig geld. Monitor de compressor en controleer op deze op lekkages wanneer verbruik zichtbaar oploopt.

d. Gevolgen van de 'extra' nieuwe technieken op de inrichting van de machinekamer

De gevolgen van het gebruik van enkele nieuwe of aangepaste technieken op de inrichting van de machinekamer worden hieronder weergegeven. Het gaat hier om de technieken *wtw naar woning*, *ijskoeling* en *Eco200*.

- Gebruik van WTW naar woning

De laatste tijd zijn steeds grotere wtw installaties met duizenden liters warm water in opkomst (uitbreiding bestaande techniek). Vanuit de grotere buffervaten (2, 2*2 of 3*2 m³ vaten) wordt de woning verwarmd via een geïsoleerde leiding. Deze grote warmtebuffer(s) moet(en) binnen enkele meters (max. 10) van de koelmachine staan. De grote warmtebuffer met de benodigde leidingen moet dus een plaats krijgen in of vlakbij de machinekamer.

Deze techniek is ook toepasbaar bij melkrobots, alleen kan dan de warmtebuffer in het zakelijke deel kleiner zijn.

- Gebruik van ijskoeling

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). Deze koudebuffer moet binnen een aantal meters (max. 8) van de koelmachine staan. De grote koudebuffer en de hieraan verbonden leidingen moeten een plaats krijgen, meestal in of nabij de machinekamer.

De laatste tijd zien we dat de warmte net als bij de grote wtw-systemen wordt opgevangen in grote warmtebuffers en ook wordt gebruikt om bedrijf en woning te verwarmen. De grote warmtebuffer(s) (2, 2*2 of 3*2 m³ vaten) met benodigde leidingen moeten een plaats krijgen, meestal in de machinekamer of er vlak naast.

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.

- Gebruik van ECO200

Een nieuwe techniek is het volledig geïntegreerde ECO200-systeem. De koelmachine wordt dan vervangen door een warmtepomp met grote koudebuffer en warmtebuffers in bedrijf en woning. Deze techniek werkt als volgt:

De volledige warmte uit de melk wordt onttrokken door een 3 tot 5 m³ grote koudebuffer in de machinekamer (afhankelijk van de hoeveelheid melk). Bij robotbedrijven is de koudebuffer veel kleiner (meestal 1 m³). M.b.t. de inrichting van de machinekamer

betekent dit dat de koudebuffer max. 10 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 en de andere buffer (0,5 – 1 m³) het kantoor, de kantine en 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. Bij robotbedrijven kan de zakelijke warmtebuffer kleiner (0,3 – 0,5 m³) en ook de buffer bij de woning (0,8 – 1 m³).

e. Financiële verschillen tussen optimale en niet-optimale inrichting

Het rendement van een optimale opstelling is inzichtelijk gemaakt, door deze ideaalsituatie te vergelijken met diverse situaties die op de factsheets uiteen zijn gezet.

Een optimale inrichting zorgt voor de volgende voordelen:

1. Het aantal spoelliters wordt geminimaliseerd. Bij traditioneel melken kan hier een besparing per jaar worden gerealiseerd:

Vermindering aantal spoelliters, uitwerking voor verschillende situaties:					
Vermindering spoelliters in liters	20	40	60	80	100
Besparing waterverbruik in m ³ per jaar	43,8	87,6	131,4	175,2	219
Besparing spoelmiddel in liters per jaar	730	1.460	2.190	2.920	3.650
Opwekking warmtapwater per jaar:					
Elektrische boiler:					
Optimaal aangesloten wtw opwekking met E-boiler in kWh	553	1.106	1.658	2.211	2.764
Meest voorkomende wtw opwekking met E-boiler in kWh	737	1.474	2.211	2.948	3.685
E-star met wtw, opwekking met E-boiler in kWh	1.106	2.211	3.317	4.422	5.528
Geen wtw, opwekking met E-boiler in kWh	2.073	4.146	6.219	8.292	10.365
Gasboiler:					
Optimaal aangesloten wtw, opwekking met Gasboiler in m ³	80	161	241	321	401
Meest voorkomende wtw, opwekking met Gasboiler in m ³	107	214	321	428	535
E-star met wtw, opwekking met Gasboiler in m ³	161	321	482	642	803
Geen wtw, opwekking met Gasboiler in m ³	301	602	903	1.204	1.505
Gasgeiser:					
Optimaal aangesloten wtw, opwekking met Gasgeiser in m ³	72	144	217	289	361
Meest voorkomende wtw, opwekking met Gasgeiser in m ³	96	193	289	385	482
E-star met wtw, opwekking met Gasgeiser in m ³	144	289	433	578	722
Geen wtw, opwekking met Gasgeiser in m ³	271	542	813	1.084	1.354

Vermindering aantal spoelliters, uitwerking voor verschillende situaties in €:					
Vermindering spoelliters in liters	20	40	60	80	100
Besparing waterverbruik in € per jaar	€ 44	€ 88	€ 131	€ 175	€ 219
Besparing spoelmiddel in € per jaar	€ 730	€ 1.460	€ 2.190	€ 2.920	€ 3.650
Opwekking warmtapwater in € per jaar:					
Elektrische boiler:					
Optimaal aangesloten wtw opwekking met E-boiler in kWh	€ 66	€ 133	€ 199	€ 265	€ 332
Meest voorkomende wtw opwekking met E-boiler in kWh	€ 88	€ 177	€ 265	€ 354	€ 442
E-star met wtw, opwekking met E-boiler in kWh	€ 133	€ 133	€ 133	€ 133	€ 133
Geen wtw, opwekking met E-boiler in kWh	€ 249	€ 498	€ 746	€ 995	€ 1.244
Gasboiler:					
Optimaal aangesloten wtw, opwekking met Gasboiler in m ³	€ 52	€ 104	€ 157	€ 209	€ 261
Meest voorkomende wtw, opwekking met Gasboiler in m ³	€ 70	€ 139	€ 209	€ 278	€ 348
E-star met wtw, opwekking met Gasboiler in m ³	€ 104	€ 209	€ 313	€ 417	€ 522
Geen wtw, opwekking met Gasboiler in m ³	€ 196	€ 391	€ 587	€ 783	€ 978
Gasgeiser:					
Optimaal aangesloten wtw, opwekking met Gasgeiser in m ³	€ 47	€ 94	€ 141	€ 188	€ 235
Meest voorkomende wtw, opwekking met Gasgeiser in m ³	€ 63	€ 125	€ 188	€ 250	€ 313
E-star met wtw, opwekking met Gasgeiser in m ³	€ 94	€ 188	€ 282	€ 376	€ 470
Geen wtw, opwekking met Gasgeiser in m ³	€ 176	€ 352	€ 528	€ 704	€ 880

2. De temperatuur van het spoelwater wordt omlaag gebracht van 85 naar 65 °C. Zo wordt per 120 liter spoelwater een jaarlijkse besparing gerealiseerd:

Vermindering temperatuur, uitwerking voor verschillende situaties:					
Temperatuur hoofdspoeling	85	80	75	70	65
Besparingen hangen af van toestel opwekking warmtapwater					
Opwekkingsenergie bij 120 liter per spoeling:					
Elektrische boiler:					
Stilstandverliezen e-boiler in kWh (op basis van metingen)	2.750	2.250	1.750	1.250	750
Optimaal aangesloten wtw opwekking met E-boiler in kWh	3.317	2.764	2.211	1.658	1.106
Meest voorkomende wtw opwekking met E-boiler in kWh	4.422	3.870	3.317	2.764	2.211
E-star met wtw, opwekking met E-boiler in kWh	6.633	4.975	4.422	3.870	3.317
Geen wtw, opwekking met E-boiler in kWh	12.230	11.415	10.600	9.784	8.969
Gasboiler:					
Stilstandverliezen Gasboiler in m ³ (op basis van metingen)	900	800	700	600	500
Optimaal aangesloten wtw, opwekking met Gasboiler in m ³	482	401	321	241	161
Meest voorkomende wtw, opwekking met Gasboiler in m ³	642	562	482	401	321
E-star met wtw, opwekking met Gasboiler in m ³	963	722	642	562	482
Geen wtw, opwekking met Gasboiler in m ³	1.776	1.657	1.539	1.421	1.302
Gasgeiser:					
Stilstandverliezen Gasgeiser	0	0	0	0	0
Optimaal aangesloten wtw, opwekking met Gasgeiser in m ³	441	367	294	220	147
Meest voorkomende wtw, opwekking met Gasgeiser in m ³	588	514	441	367	294
E-star met wtw, opwekking met Gasgeiser in m ³	881	661	588	514	441
Geen wtw, opwekking met Gasgeiser in m ³	1.598	1.492	1.385	1.279	1.172

Vermindering temperatuur, uitwerking voor verschillende situaties:					
Temperatuur hoofdspoeling	85	80	75	70	65
Besparingen hangen af van toestel opwekking warmtapwater					
Opwekkingsenergie bij 120 liter per spoeling:					
Elektrische boiler:					
Stilstandverliezen e-boiler in kWh (op basis van metingen)	€ 330	€ 270	€ 210	€ 150	€ 90
Optimaal aangesloten wtw opwekking met E-boiler in kWh	€ 398	€ 332	€ 265	€ 199	€ 133
Meest voorkomende wtw opwekking met E-boiler in kWh	€ 531	€ 464	€ 398	€ 332	€ 265
E-star met wtw, opwekking met E-boiler in kWh	€ 796	€ 716	€ 637	€ 557	€ 478
Geen wtw, opwekking met E-boiler in kWh	€ 1.468	€ 1.370	€ 1.272	€ 1.174	€ 1.076
Gasboiler:					
Stilstandverliezen Gasboiler in m ³ (op basis van metingen)	€ 585	€ 585	€ 585	€ 585	€ 585
Optimaal aangesloten wtw, opwekking met Gasboiler in m ³	€ 313	€ 261	€ 209	€ 157	€ 104
Meest voorkomende wtw, opwekking met Gasboiler in m ³	€ 417	€ 365	€ 313	€ 261	€ 209
E-star met wtw, opwekking met Gasboiler in m ³	€ 626	€ 563	€ 501	€ 438	€ 376
Geen wtw, opwekking met Gasboiler in m ³	€ 1.154	€ 1.077	€ 1.000	€ 923	€ 847
Gasgeiser:					
Stilstandverliezen Gasgeiser	€ -	0	0	0	0
Optimaal aangesloten wtw, opwekking met Gasgeiser in m ³	€ 286	367	294	220	147
Meest voorkomende wtw, opwekking met Gasgeiser in m ³	€ 382	514	441	367	294
E-star met wtw, opwekking met Gasgeiser in m ³	€ 573	661	588	514	441
Geen wtw, opwekking met Gasgeiser in m ³	€ 1.039	€ 970	€ 900	€ 831	€ 762

Uitgangspunten (excl. BTW):

Water per m³ = € 1, Spoelmiddel per liter = € 1, Elektrisch per kWh = € 0,12 en aardgas per m³ = € 0,65

3. Door het grote opvangvat gecombineerd met een kleinere melkpomp en evt. een melkremmer stroomt de melk veel geleidelijker door de voorcoeler. Hierdoor wordt de melk ongeveer 4 – 6 °C beter voorgekoeld. Bij 1 miljoen kg melk levert dit jaarlijks een besparing op van 2.000 – 3.000 kWh ofwel € 250 – 375 per jaar. Een groot opvangvat maakt een dure frequentieregeling (€ 1.500) op de melkpomp overbodig. Frequentieregelingen op melkpompen zorgen bovendien vaak voor Power Quality problemen.

Een optimale afstelling van de juiste apparatuur zorgt voor de volgende voordelen:

1. Een optimale koelmachine die past bij de koeltank, de prestatie van de voorcoeler, zonder recirculatie, met goede aan- en afvoer die bovendien goed wordt onderhouden, kent een veel lager energieverbruik. Diverse metingen laten zien dat een besparing van 2.000 – 4.000 kWh ofwel € 250 – 500 realistisch is.
2. Een optimale vacuümpomp met frequentieregeling die precies de juiste hoeveelheid lucht afzuigt in combinatie met een aan/uit schakelaar in de melkput vereist een kleinere investering (€ 500 – 1.000 voor een kleinere vacuümpomp) en leidt tot een lager energieverbruik (1.000 – 2.000 kWh ofwel € 125 – 250 per jaar). Bij de vacuümpomp hoort ook een passende frequentieregeling. Dit zorgt voor veel minder Power Quality problemen.
3. Luchtcompressoren voor de bediening van hekwerken: Deze worden vaak ook gebruikt voor andere doeleinden (selectiepoorten, afscheidingen, voerbakken e.d.) waardoor ze niet na het melken afgesloten kunnen worden. Dit houdt in dat de compressor altijd *stand-by* staat. In de loop van de tijd ontstaan er lekkages en slaat de compressor de hele dag af en toe aan. Het is aan te raden om de compressor voor de bediening van het hekwerk ook alleen hiervoor te gebruiken zodat deze na het melken met een klep afgesloten kan worden. Het is verstandig om zo weinig mogelijk/geen apparatuur te gebruiken waar 24 uur per dag luchtdruk vereist wordt.
4. Luchtcompressoren bij melkrobots:
 - a. De nieuwste types gebruiken al veel minder lucht dan de oudere types, echter lekkages blijven ook bij de nieuwere types een probleem. Diverse metingen laten zien dat bij 2 robots en 1 miljoen kg melk dit lekverbruik tussen 2.000 en 4.000 kWh of € 250 – 500 per jaar is. Dit kost niet alleen stroom, maar ook extra onderhoud (€ 300) en leidt bovendien tot extra slijtage (€ 250 – 500) per jaar;
 - b. Om lekkage te herkennen is monitoring noodzakelijk om lekkages op te sporen zodra het energieverbruik oploopt. 99,9% van de compressoren wordt niet gemonitord;

f. Richtlijnen af te spreken met leveranciers m.b.t. de te verwachten verbruiken

Er zullen richtlijnen worden geformuleerd voor 'energiebesparing bij de voordeur'. Dat wil zeggen, er moeten afspraken worden gemaakt met leveranciers van de melkinstallatie en andere apparatuur in de stal, om te voorkomen dat er een te zware installatie komt (met een verkeerde indeling) die te veel energie gaat gebruiken.

De belangrijkste richtlijnen zijn in onze optiek:

1. De boer gaat eerst met een tekenaar in kaart brengen hoe zijn/hun ontwerp er het beste uit kan zien;
2. Dan gaan zij gezamenlijk offertes aanvragen en de leveranciers vragen wat ze wel en wat ze niet kunnen realiseren;
3. Op basis hiervan wordt het ontwerp geoptimaliseerd, afhankelijk van de verschillende aangeboden opties;
4. Na de keuze voor de leveranciers volgt een gezamenlijke vergadering waarbij eenieder zich committeert aan het ontwerp en aangeeft waar de knelpunten mogelijk kunnen/zullen liggen;
5. De leveranciers geven hun streefgetallen vooraf op papier aan.

g. Staltips (do's / dont's)

- Denk aan de hand van deze richtlijnen goed uit hoe de stal optimaal ingericht kan worden, om afstemming tussen de variabelen te realiseren.
- Laat de Autocad tekenaar ook de apparatuur in de machinekamer intekenen, dan ontstaat direct inzicht wat wel en wat niet kan;
- Zorg dat alle betrokken partijen zich tevoren committeren aan de ontwerptekening van de stal.
- Het bepalen van de grootte van de vacuümpomp en melkpomp kost veel voorbereidingstijd. Gebruik hiervoor de KOM-norm.
- Een Subway is twee meter hoog. Vanwege de leidingen aan het plafond is het zeker voor langere boeren aan te bevelen om deze 20 cm hoger te maken.

2. Scenario's per staltype in de vorm van 9 factsheets:

Factsheets traditioneel 1-5

Factsheets robots 6-8

Factsheet carrousel 9

Traditioneel melken met machinekamers in kelder of bovengronds:

Factsheet 1: Volledige nieuwbouw traditionele ligboxstal **met subway** en ECO200 en alles dicht bij elkaar.

Factsheet 2: Aanbouw nieuwe melkput, wachtruimte rij ligboxen en kantoor, **bovengrondse machinekamer** op afstand bij melktank en ECO200.

Factsheet 3: Volledige nieuwbouw traditionele ligboxstal **met bovengrondse machinekamer** en alles dicht bij elkaar.

Factsheet 4: Aanbouw nieuwe melkput, wachtruimte en rij ligboxen met **subway en halve kelder als machinekamer** en melktank vlak ernaast.

Factsheet 5: Aanbouw nieuwe melkput, wachtruimte en strohokken **met volledige kelder** en ECO200.

Robots, allemaal met bovengrondse machinekamers:

Factsheet 6: Vervanging oude melkrobot door nieuwe robot met aanpassingen.

Factsheet 7: Ombouw naar 2 robots, best practice.

Factsheet 8: Nieuwe ligboxstal met 4 robots, best practice.

Carrousel, bovengrondse machinekamer:

Factsheet 9: Aanbouw nieuwe carrousel, wachtruimte en **bovengrondse machinekamer** met ECO200.

3. Inzicht in hetgeen verbeterd kan worden in bestaande machinekamers

In dit hoofdstuk wordt kort ingegaan op de vraag welke verbeteringen in bestaande machinekamers kunnen worden aangebracht, wat dat oplevert en op welk moment en in welke situatie een melkveehouder de verbeterstap zou kunnen maken. Dit wordt door middel van een aantal praktijkvoorbeelden inzichtelijk gemaakt. Deze zijn ontleend aan praktijkonderzoek van L'orèl Consultancy. Het gaat hier dan meestal om het verplaatsen van apparatuur om een optimale situatie te bereiken. Voor een aantal apparaten is dit eenvoudig te realiseren, voor een aantal is dit moeilijker. We beginnen met de eenvoudig te verplaatsen apparaten en bespreken vervolgens de moeilijker verplaatsbare apparaten.

In geval van bovengrondse machinekamers (het merendeel):

- a. De meeste spoelbakken en spoelleidingen in de machinekamer zijn niet geïsoleerd. Vrijwel alle spoelbakken zijn na te isoleren. Let hierbij op dat de luchtgaten open blijven en niet worden geïsoleerd. Door isolatie kan de begintemperatuur 4 tot 12 °C omlaag. Het verplaatsen van de spoelbak is een flinke operatie, maar kan een goede keuze zijn;
- b. Veel warmwaterinstallaties staan niet naast de spoelbak. Het is aan te bevelen om deze apparaten zo mogelijk hiernaast te plaatsen. Dit beperkt het temperatuurverlies, waardoor de begintemperatuur omlaag kan. Het is zaak de nieuwe leidingen zo kort en geïsoleerd mogelijk aan te leggen. Is verplaatsing geen optie dan is het inkorten en isoleren van de warm waterleidingen vrijwel altijd mogelijk om energiebesparing te realiseren;
- c. 60% van de melkveebedrijven heeft een wtw. Deze zet uit de melk onttrokken warmte om in warm water van 35 tot 55 °C en slaat deze op in een geïsoleerd vat. Dit wordt gebruikt om de warm waterinstallatie voor te verwarmen. Ook kan het water voor de voorspoeling uit de wtw gehaald worden. Hiertoe moet de spoelautomaat wel een 'wtw-ingang' hebben. Heeft de spoelautomaat geen 'wtw-ingang' dan is het vrijwel altijd financieel aantrekkelijk om de spoelautomaat te vervangen. Wordt hiervoor gekozen, houd dan de afstand tussen de wtw en de warmwaterinstallatie klein en isoleer de leidingen. Echter de afstand tussen de koelmachine en de wtw mag niet groter zijn dan 10 meter, want dan gaat de koelmachine meer stroom verbruiken. Een koelmachine is moeilijk verplaatsbaar;
- d. Idealiter is de luchtaanzuig voor de koelmachine van buiten afgetimmerd en beslaat deze de hele radiator. Dit is eenvoudig te realiseren. Maak aan de tegenoverliggende zijde van de luchtafvoer ook een afvoeropening die minimaal even groot is als de aanzuigopening. Tussen koelmachine en afzuigopening staan idealiter geen obstakels.
- e. De vacuümpomp en compressor kunnen in principe 'vrij geplaatst' worden, echter bij voorkeur wel zo koud mogelijk met veel 'luchtruimte' eromheen. In de praktijk staan ze vaak naast gasboilers of blaast de koelmachine warme lucht over beide apparaten. Dit kost extra energie, onderhoud en beperkt de levensduur. In tegenstelling tot de vacuümpomp is het verplaatsen van de compressor vrij gemakkelijk;
- f. Veel leidingen zijn op de muren gemonteerd met omvatten bochten en extra meters. Om dit te verbeteren verwijzen we naar factsheet 9.

Ondergrondse machinekamers kunnen we splitsen in 'subway' ofwel gedeeltelijk onderkelderde machinekamers en volledig onderkelderde machinekamers.

- a) Bij de *gedeeltelijk onderkelderde machinekamers* zit de melkopvang in de subway en niet in de melkput. In dit geval kunnen de spoelbak en de warmwater installatie dicht bij elkaar geplaatst worden, waarbij de spoelleidingen in de Subway zo kort mogelijk zijn. Daarnaast is het aan te bevelen om de leidingen zo kort mogelijk naar de melktank te laten lopen;
- b) Bij de *volledig onderkelderde machinekamers* zitten ook de melk- en spoelleidingen niet in melkput, waardoor deze geïsoleerd kunnen worden en de installatie ook bij strenge vorst nooit kouder zal worden dan 15 °C. Dit is sterk aan te bevelen. Plaats spoelbak en warmwaterinstallatie dicht bij elkaar, waarbij de spoelleidingen zo kort mogelijk zijn. Maak de leidingen naar de melktank ook zo kort mogelijk;

4. Antwoorden op aanvullende vragen

In dit hoofdstuk worden enkele aanvullende vragen van de opdrachtgever beantwoord.

a) Welke afstand is er tussen de huidige situatie in de melkveehouderij en een energieneutrale melkveehouderij?

De belangrijkste onderzoeken die de mogelijkheden voor verduurzaming in de melkveehouderij inzichtelijk maken, zijn de al tien jaar (2009 – 2019) lopende onderzoeken van *Smart Farmer Grid (0, I, II)*. Hieruit blijkt dat het geen optie is om alle daken van melkveehouderijen vol te leggen met zonnepanelen. Hoewel dit als doelstelling is geformuleerd door o.a. FrieslandCampina, Agrifirm en LTO ter realisatie van een energieneutrale (elektriciteit, gas en diesel) melkveehouderij, blijkt uit de onderzoeken dat dit de komende 10 jaar niet mogelijk zal zijn omdat het stroomnet niet snel genoeg kan worden uitgebreid. Een rekenvoorbeeld met betrekking tot Groningen en Drenthe illustreert dit. Hier zijn ca. 2.500 melkveehouders. Indien deze allemaal de daken bedekken met zonnepanelen, dan betekent dit dat er ruim 2.000 nieuwe transformatorhuisjes geplaatst moeten worden. In de afgelopen jaren was de productie voor Groningen en Drenthe 110 tot 130 transformatorhuisjes per jaar. En dan kijken we alleen nog maar naar het laag- en middenspanningsdeel. Daarnaast sluit de productie niet aan bij de afname op een melkveebedrijf of woning. Zo bezien is de afstand tussen de huidige situatie en een energieneutrale melkveehouderij groot.

Er zijn echter praktijkvoorbeelden bekend van melkveebedrijven die vanuit een andere insteek grote stappen hebben gezet naar energieneutraliteit. Het melkveebedrijf van de fam. Van Tilburg in Hellum (Groningen) is in energetisch opzicht sinds 2014 een absolute voorloper in Europa.

Om de afstand tussen de huidige situatie en een energieneutrale melkveehouderij te bepalen is het daarom zinvol om ook te kijken naar de verbruiken van deze specifieke stal. We zetten de fossiele verbruiken van deze stal af tegen het landelijke gemiddelde, hieronder in tabelvorm.

Verbruiken, gehanteerd door Zuivelsan (omgerekend in kWh):	Gemiddelde verbruiken	
	Bij 1 miljoen kg melk:	Bij 1,2 miljoen
Elektrisch (in kWh)	51.500	61.800
Gas (1 m ³ = 10 kWh)	25.000	30.000
Diesel (1 liter = 10 kWh)	140.000	168.000
Warmtelevering aan privéwoning		
	216.500	259.800
		100%

Gemiddelde verbruiken (elektriciteit, gas en diesel) op basis van bijna 12.000 ingevulde energiescans.

Bij een miljoen kg melk is het gemiddelde totale fossiele energieverbruik bij 1 miljoen kg melk (omgerekend naar kWh) dus 216.500 kWh. Bij 1,2 miljoen kg melk, vergelijkbaar met melkveebedrijf van Tilburg, is dit verbruik omgerekend 259.800 kWh.

Verbruiken inclusief praktijkvoorbeeld Hellum:

Verbruiken, gehanteerd door Zuivelsan (omgerekend in kWh):	Gemiddelde verbruiken		In Hellum	
	Bij 1 miljoen kg melk:	Bij 1,2 miljoen	Totaal	Zonder landbouw
Elektrisch (in kWh)	51.500	61.800	46.000	46.000
Gas (1 m ³ = 10 kWh)	25.000	30.000	0	0
Diesel (1 liter = 10 kWh)	140.000	168.000	140.000	100.000
Warmtelevering aan privéwoning			-40.000	-40.000
	216.500	259.800	146.000	106.000
		100%	56,20%	40,80%

Gemiddelde verbruiken naast de verbruiken van het melkveebedrijf van de fam. van Tilburg in Hellum

Het bedrijf in Hellum laat zien dat het verlagen van het energieverbruik en het gebruiken van de al aanwezige energie op het bedrijf de eerste stap behoort te zijn:

1. In Hellum is het elektriciteitsverbruik 25% lager dan gemiddeld, deels door slim ontwerp en deels door uitgebreide continue (24/7) monitoring;
2. Door gebruik te maken van de melkwarmte in combinatie met een warmte- en koudeopslag is het gasverbruik op het bedrijf nul;
3. Daarnaast wordt het dieselverbruik al jaren gemonitord, en worden er bewuste keuzes gemaakt voor het gebruik van een van de tractoren;
4. Verder levert het bedrijf ook restwarmte (40.000 kWh) aan de privéwoning uit de melkwarmte met warmte- en koudeopslag. Deze energielevering mag afgetrokken worden van het totale verbruik.

Tenslotte heeft het bedrijf nog een landbouwtak die per jaar 4.000 liter diesel verbruikt, dit verbruik staat los van de melkveehouderij.

Netto verbruikt het bedrijf 40,8 % van het gemiddelde melkveebedrijf, zonder opwekking, dus geen 260.000 kWh verbruik, maar slechts 106.000 kWh.

Pas na het verlagen van het energieverbruik is er gekeken naar de opwekking van energie in een vorm die past bij het verbruik. De vergelijking is in onderstaande tabel weergegeven:

Verbruiken, gehanteerd door Zuivelsan (omgerekend in kWh):	Gemiddelde verbruiken		In Hellum		Hellum, huidige opwek		Hellum
	Bij 1 miljoen kg melk	Bij 1,2 miljoen	Totaal	Zonder landbouw	Eigen bedrijf	Corporatie (met dorp)	Toekomst (juli 2019)
Elektrisch (in kWh)	51.500	61.800	46.000	46.000	50.000	40.000	45.000
Gas (1 m ³ = 10 kWh)	25.000	30.000	0	0			0
Diesel (1 liter = 10 kWh)	140.000	168.000	140.000	100.000			70.000
Warmtelevering aan privéwoning			-40.000	-40.000			-40.000
	216.500	259.800	146.000	106.000			75.000
		100%	56,20%	40,80%			28,90%
					Op 3*80 Ampère aansluiting!		

Gemiddelde verbruiken naast de verbruiken en opwekking bij de fam. van Tilburg in Hellum

85% van het totale verbruik wordt zelf opgewekt (50.000 kWh zelf en 40.000 voor de dorpscorporatie. Van de eigen opgewekte stroom wordt 52% zelf gebruikt en komt niet op het net, gezien de beperkte belastbaarheid van het stroomnetwerk is dit een extra voordeel.

Halverwege 2019 zal door de ingebruikname van een passende elektrische shovel (deze vervangt een dieseltrekker) een verdere grote besparing gerealiseerd worden in combinatie met nog een aantal kleinere (elektrische) energiebesparingen. Dan zal het totale verbruik verder zakken tot minder dan 30% van het gemiddelde totale verbruik. Daarnaast zal door het slim inzetten van de accu van de shovel het verbruik van de eigen opgewekte stroom stijgen tot ruim 60%.

Op deze manier wordt er halverwege 2019 op het gebied van elektriciteit, gas en diesel een energieneutraal bedrijf gerealiseerd op een 3*80 ampère stroomaansluiting. Sterker nog: er is zelfs 15.000 kWh over voor eventuele energieneutrale groei.

Alle investeringen op deze boerderij hebben een terugverdientijd (na aftrek van subsidie) van onder de 8 jaar, zeker bij nieuwbouw een prima terugverdientijd.

We kunnen dan ook stellen dat wanneer er op een goede manier wordt verduurzaamd bij nieuwbouw, een energieneutrale boerderij niet ver weg is. Echter er zijn slechts een tiental van deze 'witte raven' in de melkveehouderij. Bij de meeste nieuwbouw is een energieneutrale boerderij niet in beeld. Er kan max. 1/5 van het totale energieverbruik duurzaam opgewekt, waarvoor het stroomnet niet (of nauwelijks) verzwaard hoeft te worden. Er wordt bij de meeste nieuwbouw veel te weinig gekeken naar de integrale mogelijkheden.

In feite moet bij nieuwbouw het streven zijn om het totale energieverbruik (elektrisch, gas en diesel) te halveren. Dit is realistisch en haalbaar met bestaande technieken met een prima terugverdientijd. Met de juiste opwekking waarvoor het stroomnet niet (of nauwelijks) verzwaard hoeft te worden komt energieneutraliteit voor deze bedrijven ook in zicht. Meer dan 2/3 van het totale energieverbruik kan duurzaam opgewekt worden.

b) Welke technische barrières zijn er voor het bereiken van een energieneutrale melkveehouderij?

- i. De belangrijkste technische barrière is het gebrek aan (onafhankelijk) kennis op technisch en financieel gebied, zowel bij de leverancier, de adviseur als de melkveehouder. Het is een conservatieve wereld, de uitspraak "dat doen we al 40 jaar zo" is heel normaal;
- ii. Daarnaast kost het de voorlopers onnodig veel tijd en moeite om stappen vooruit te zetten omdat de 'omgeving nog niet zo ver is'. Een goed voorbeeld is het elektrificeren van het voerproces d.m.v. een elektrische shovel. Deze shovel krijgt geen subsidie omdat de noodzakelijke sterke accu geen Li-accu is (die wordt dan te groot, waardoor de shovel minder handzaam wordt en ook nog peperduur is), Hierdoor wordt het besparingspotentieel van 3.000 liter diesel (30.000 kWh) vervangen door 3.000 kWh elektrisch (factor 10) niet inzichtelijk voor de sector. Die goedkopere, kleinere en sterkere Li-accu zal er uiteindelijk wel komen, maar de voorlopers ervaren in het proces hier naartoe veel weerstand.

- iii. Ten slotte spelen commerciële belangen een rol die als 'technische vereiste' worden gecamoufleerd. Een treffend voorbeeld is dat één merk geen tweede voorkeeler in de melkleiding wil hebben 'vanwege de melkkwaliteit'. Alle andere merken erkennen dat dit geen enkele invloed heeft op de melkkwaliteit en passen de tweede voorkeeler al jaren toe. Het gaat hier om houding en belangen. Als de boer deze toepassing eist of dreigt over te stappen naar een ander merk, kan het ineens wel. Als een nieuwe techniek een bedrijf omzet kost, kan het proberen de toepassing ervan te vermijden.

c) Welke niet-technische barrières zijn er voor het bereiken van een energieneutrale melkveehouderij?

- i. De belangrijkste niet-technische barrière is het gebrek aan onafhankelijk en deskundig advies.
- ii. Daarnaast moeten boeren leren hun leveranciers af te rekenen op harde getallen, iets waar energieverbruik zich goed voor leent. Dit is nu nog niet gebruikelijk.
- iii. Ten slotte moeten nieuwe energiezuinige ontwikkelingen meer omarmd en ondersteund worden. Af en toe een publicatie over een vooruitstrevende boer is niet voldoende. Er zijn diverse technieken die energetisch eigenlijk standaard zouden moeten worden toegepast, maar dit is nog steeds niet het geval.

d) Welke oplossingen zijn er om die barrières te slechten?

- i. Het opstellen en in de praktijk doorontwikkelen van een gericht communicatieplan.
- ii. Daarnaast moeten nieuwe energiezuinige ontwikkelingen 'beter, sneller en veelvuldiger aan de man' gebracht worden. Van uitvinding naar innovatie. Dat vergt een mentaliteitsverandering. De heersende gedachte moet van 'we doen het al 40 jaar zo', naar 'als er een aantoonbaar betere toepassing is, dan moeten we daarvoor kiezen'. Hierbij ondersteunt ook het communicatieplan;
- iii. Er moeten afspraken of richtlijnen komen voor de leveranciers.

e) Welke analyses en/of onderzoeken zijn hiervoor noodzakelijk?

- i. De belangrijkste onderzoeken en analyses zijn uitgevoerd. Er is nog onderzoek nodig, maar er is al voldoende kennis aanwezig om stappen te zetten.
- ii. Daarnaast kunnen de gegevens uit de energiescan uitstekend gebruikt worden voor monitoring en inventarisatie van knelpunten. Daarbij staat de vraag centraal waarom de maatregel niet wordt toegepast terwijl dit voor de melkveehouder ook financieel voordeel oplevert.
- iii. Ten slotte verplicht de overheid bedrijven die meer dan 50.000 kWh verbruiken om energiebesparende maatregelen uit te voeren. Deze lijst is zo algemeen dat melkveehouders financieel onrendabele maatregelen verplicht moeten nemen en andere rendabele maatregelen niet. Een onderzoek of test i.s.m. RVO zal aantonen het voor deze sector beter is om de energiescan te gebruiken als leidraad waarbij de melkveehouder zijn energetisch juiste beslissingen neemt. Er is geen sector die zoveel energetische bedrijfsgetallen beschikbaar heeft.

f) Een advies over te nemen acties vanuit de Duurzame Zuivelketen om energieneutrale melkveehouderij mogelijk te maken.

- i. De belangrijkste actie voor de sector is om meer zelfsturend te worden. Nu heeft de zuivel geen actief (mede)zeggenschap heeft bij de energetische beslissingen van de MDV-maatlat en de SDE+ subsidie. Een voorbeeld is de warmte/koude opslag en warmte(energie) levering aan de privéwoning. De enige techniek die het stroomnetwerk ontlast krijgt 0 ct./kWh subsidie, terwijl wind 4 ct. en zon 9 ct. per kWh krijgen en ook nog het netwerk 'opblazen'.
- ii. Daarnaast heeft de sector een unieke energiescan met database die door de (eigen) adviseurs veel beter ingezet zou kunnen worden om melkveehouders te helpen bij het energetisch verbeteren van hun bedrijven. Privacywetgeving is hierbij wel randvoorwaardelijk. De plannen voor een actief gebruik van de energiescan zijn al jaren geleden opgezet en nog steeds actueel.
- iii. Verder zal de sector het verbeteringstraject zelf helder in beeld moeten krijgen en vervolgens overdragen naar de afzonderlijke melkveehouders.
- iv. Vervolgens ontwikkelen melkveehouders zelf ook energiebesparende technieken die voor de sector interessant kunnen zijn. Deze kennis zou beschikbaar moeten worden gesteld aan andere melkveehouders dan wel derden partijen die dit verder ontwikkelen voor andere melkveehouders
- v. Tenslotte zijn er maatregelen die zeer rendabel zijn en morgen uitgevoerd kunnen worden, enkele mooie voorbeelden zijn het beperken van warmteverlies via warmtapwater en appendages door het toepassen van leidingisolatie. Het plaatsen van een leidingisolatie is een van de erkende maatregelen op de maatregelenlijst van de agrarische sector (zie bijlage; Hoofdstuk 2.6 Energiebesparing, artikel 2.15, paragraaf 9 maatregel 15). Een ander simpel voorbeeld is het aftimmeren van de koelmachine en het schoonhouden van de koelribben. Het plaatsen van een afscheiding tussen aangezogen en afgegeven lucht is een van de erkende maatregelen op de maatregelenlijst van de agrarische sector (zie bijlage; idem, maatregel 18).

5. Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

a. Transformatoren / verwarmingselementen in besturingsboxen

In het verleden was elektronica veel duurder dan uurloon. Daarom werden verschillende melkmeters, voerboxen e.d. aangestuurd vanuit 1 besturingsbox. Deze werd 24/7 verwarmd met 80 tot 130 watt (jaarlijks 700 tot 1.100 kWh). Tegenwoordig is de elektronica veel goedkoper dan uurloon. Daarom worden de melkmeters, voerboxen e.d. aangestuurd door meerdere besturingsboxen. In de stal in Hellum zien we dat het jaarverbruik van alle boxen gezamenlijk gestegen is naar 3.000 kWh per jaar, een factor 3 hoger dan voorheen. Omgerekend in geld gaat het om € 250 per jaar. Daarnaast is het onderhoud van 1 besturingsbox ook veel goedkoper. Vrijwel alle besturingsboxen worden door 1 fabrikant gemaakt. De volgende punten zouden uitgezocht kunnen worden:

- 1) Hoe kan de 'oude gezamenlijke besturingsbox' zo aangepast worden zodat het voordeel van de uren geminimaliseerd wordt?
- 2) Het verwarmingselement beschermt de elektronica tegen vocht. Echter, de elektronica kan slechts circa 50 dagen per jaar vochtig worden, dat zijn 315 dagen minder. Door een luchtvochtigheidssensor (kosten € 10) kan het verwarmen geminimaliseerd worden. Uitgezocht zou moeten worden of deze techniek werkt.

b. Boilers (elektrisch en gas)

Metingen laten zien dat boilers regelmatig aan/uit gaan om het water op temperatuur te houden. Het energieverbruik dat hierbij nodig is noemen we stilstandsverliezen. Deze zijn fors; bij gasboilers 400 - 800 m³ aardgas (omgerekend 4.000 - 8.000 kWh) per jaar en bij elektrische boilers 1.000 - 3.000 kWh (afhankelijk van grootte, temperatuur en plaats). De stilstandsverliezen zijn bij elektrische boilers beter in beeld dan bij gas.

Gasboilers zijn per 1 januari 2019 verboden vanwege hun slechte rendement, mede vanwege de hoge stilstandsverliezen. Daarom moet onderzoek zich richten op elektrische boilers.

Ook op dit terrein is er een aantal fabrikanten die 95% van de markt bedienen. De volgende punten zouden uitgezocht moeten worden:

- 1) Boilers hebben een stilstandsverlies per dag. Dit is het verlies bij een watertemperatuur van 60 of 65 °C en een omgevingstemperatuur van circa 20 °C in een luchtdichte ruimte. Echter in de melkveehouderij hangen de boilers in tochtige ruimten die in de winter zakken tot net boven het vriespunt. Onderzoeksvraag: hoe groot zijn de stilstandsverliezen in de melkveehouderij in verschillende situaties;
- 2) Grote elektrische boilers, noodzakelijk voor het spoelen van de melktank en melkinstallatie hebben een C- of D- energielabel. Alleen kleine elektrische boilers tot 25 liter (1 merk) hebben een A-label. Onderzoeksvraag: hoe kan dit beter;
- 3) De leidingen die uit de boiler komen zijn ongeïsoleerd en blijven dat ook in de praktijk. Samen met de fabrikanten moet worden onderzocht hoe dit geoptimaliseerd kan worden.

c. Water

Waterinstallaties verbruiken heel veel energie, maar de verschillen zijn erg groot. Verschillen met een factor 5 tot 8 bij dezelfde toegepaste techniek zijn niet uitzonderlijk. Ondanks heel veel metingen bestaan op dit gebied nog een groot aantal vragen om deze installaties te verbeteren. We zien vaak dat water meermaals op druk wordt gebracht en vervolgens weer drukloos gemaakt wordt. Dit heeft niet alleen energetische nadelen, maar ook kwalitatieve nadelen. Deze installaties zijn vaak 'in de tijd ontstaan', m.a.w. er is steeds een stukje bijgebouwd waardoor het totale systeem voor verbetering vatbaar is. Ook wordt er nauwelijks gebruik gemaakt van de zwaartekracht, drukloos water stroomt vanzelf naar beneden zonder het op druk te brengen met een pomp.