



afstudeerwerkstuk

CELGETALMETING OP MELKROBOTS

Zinvolle tool of nodeloze gadget?

Tijs Achterstraat

Afstudeerwerkstuk

Celgetalmeting op melkrobots

Zinvolle tool of nodeloze gadget?

Naam: Tijs Achterstraat
Studentnummer: 3000107
Hogeschool: Aeres Hogeschool Dronten
Opleiding: Dier en Veehouderij
Afstudeerbegeleider: René François

Plaats: Bennekom
Datum: 9 Augustus 2021

DISCLAIMER

Dit rapport is gemaakt door een student van Aeres Hogeschool als onderdeel van zijn/haar opleiding. Het is géén officiële publicatie van Aeres Hogeschool. Dit rapport geeft niet de visie of mening van Aeres Hogeschool weer. Aeres Hogeschool aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade voortvloeiend uit het gebruik van de inhoud van dit rapport.

Voorwoord

Voor u ligt mijn scriptie over de toegevoegde waarde van celgetalmeting op melkrobots.

Deze scriptie is geschreven als afstudeeropdracht voor de opleiding Dier en Veehouderij aan de Aeres Hogeschool in Dronten.

Ik heb gekozen voor dit onderwerp omdat ik werkzaam ben binnen de agrarische sector, in zowel het gemengde melkvee- en vleeskalverenbedrijf van mijn ouders als bij Lely. Daarbij ben ik al lange tijd bezig met automatisering in de melkveehouderij en volg ik hierin graag de laatste ontwikkelingen.

Deze scriptie is in de eerste plaats geschreven voor melkveehouders die met een automatisch melksysteem melken of gaan melken, deze wil ik bereiken via de vertegenwoordigers van melkrobotfabrikanten zoals bijvoorbeeld Lely.

Ik wil de volgende mensen bedanken voor de totstandkoming van dit afstudeerwerkstuk; René François als afstudeerdocent, Jan van Diepen en later Erik Hassink als mentor binnen mijn opleiding aan de Aeres Hogeschool in Dronten.

Tijs Achterstraat

Bennekom, Augustus 2021

Samenvatting

Mastitis of een verhoogd celgetal is in de Nederlandse melkveehouderij met 18% procent van de gevallen, vruchtbaarheid (19%), de meest genoemde afvoerreden voor melkvee. In een land waar duurzaamheid een steeds grotere rol speelt, en het daardoor streven wordt om melkkoeien gezond ouder te laten worden op een bedrijf, is een oplossing die bijdraagt aan het beperken van mastitis meer dan welkom. Naast de standaard aanwezige geleidbaarheidssensoren zijn steeds meer melkrobots in de markt uit te rusten met een celgetalmeetsysteem. Hiermee kan het celgetal in de melk bij elke melking gemonitord worden. In dit onderzoek is onderzocht wat voor melkveehouders de toegevoegde waarde is van celgetalmeting op een automatisch melksysteem. Het onderzoek is uitgevoerd middels literatuuronderzoek.

Naast een snellere genezing en snellere daling van het celgetal bij klinische mastitis, is er ook bij de behandeling van subklinische mastitis in een vroeg stadium een hogere kans op genezing en een lager kwartiercelgetal. Daarnaast draagt de behandeling van mastitis bij in de beperking van verspreiding naar andere kwartieren en koeien, zodat nieuwe gevallen worden voorkomen.

Uit de literatuur is niet gebleken dat celgetalbepaling op een eerder moment een verhoogd celgetal laat zien dan geleidbaarheidsmeting op melkrobots. Daartegenover is wel gebleken dat de betrouwbaarheid van celgetalbepaling hoger ligt en er minder vals positieve attenties gemeld worden. Ook is met de informatie vanuit het celgetalmeetsysteem een veehouder in staat beter een betrouwbare inschatting te maken of hij het nodig vindt de koe te behandelen, een behandeling te verlengen danwel te veranderen.

Op de vraag of er economisch voordeel is bij een vroegtijdige signalering van mastitis is er geen exact antwoord in harde cijfers gevonden. Door de grote variatie in bedrijven verschillen de kosten van mastitis veel. Doordat de faalkosten per bedrijf of mastitisgeval verschillen is dit economische voordeel voor elke veehouder anders. Daar bovenop kan het zelfs een economisch nadeel zijn wanneer de veehouder niets met de extra gegevens doet.

De gevonden toegevoegde waarde van celgetalmeting op een automatisch melksysteem kan als volgt geformuleerd worden:

Wanneer de veehouder de extra meetgegevens van celgetalmeting op een melkrobot gebruikt krijgt hij:

- Betrouwbaardere mastitis indicaties.
- Duidelijke informatie over het al dan niet aanslaan van een behandeling.
- Beter inzicht in subklinische mastitis gevallen.
- Lagere faalkosten bij mastitis door beter inzicht voor het nemen van extra preventieve of correctieve handelingen.

Voor het bepalen van een specifiekere economische meerwaarde op bedrijfsniveau is vervolgonderzoek aanbevolen.

Summary

Mastitis or elevated somatic cell count is the most cited reason for culling dairy cattle in the Dutch dairy industry, after fertility (19%), with 18% of the cases. In this country sustainability is becoming increasingly important. The aim to let dairy cows age healthily on the farm is therefore a welcome solution that helps reduce mastitis. In addition to the standard conductivity sensors, more and more milking robots on the market can be equipped with a cell count measuring system. This allows the somatic cell count in the milk to be monitored at each milking.

This study investigated the added value for dairy farmers of cell counting on an automatic milking system.

The research was carried out by means of literature research.

Besides a faster healing and a faster drop in somatic cell count in clinical mastitis, there is also a higher chance of healing and a lower quarter somatic cell count in the treatment of sub-clinical mastitis at an early stage. In addition, the treatment of mastitis helps to limit the spread to other quarters and cows, thus preventing new cases.

The literature has not shown that somatic cell count measurement is earlier to show an increased somatic cell count than conductivity measurement on milking robots. On the other hand, the reliability of somatic cell counting has been found to be higher and fewer false positives are reported. Also, with the information from the somatic cell count measuring system, a cattle farmer is better able to make a reliable assessment of whether he considers it necessary to treat the cow, extend a treatment or change it.

As to the question of whether there is an economic benefit from early detection of mastitis, no exact answer or a specific value has been found. Due to the large variation in farms, the costs of mastitis differ a lot. Due to the fact that failure costs differ per farm or mastitis case, this economic advantage is different for each cattle farmer. On top of that, it can even be an economic disadvantage if the farmer does not do anything with the extra data.

The added value of cell counting on an automatic milking system can be formulated as follows: When the cattle farmer uses the additional measurement data from cell counting on a milking robot, he is provided with:

- More reliable mastitis indications.
- Clear information about whether a treatment is working or not.
- Better understanding of sub-clinical mastitis cases.
- Reduced failure costs for mastitis through better insight for taking additional preventive or corrective actions.

For a more specific economic added value at farm level, follow-up research is recommended.

Inhoud

Samenvatting.....	3
Summary	4
1 Inleiding.....	6
1.1 Celgetal als meetinstrument	8
1.2 Inzicht in gezondheid door regelmatige bepaling van het celgetal	9
1.3 Gevolgen bij het koppelen van celgetalmeting aan een melksysteem	10
2 Aanpak.....	11
3 Resultaten.....	12
3.1 Heeft vroegtijdige signalering en behandeling invloed op de prognose van mastitis?	12
3.2 Wordt een verhoging in het celgetal eerder waargenomen door een celgetalmeetsysteem dan met een geleidbaarheidsmeetsysteem?	14
3.3 Is er economisch voordeel bij een vroegtijdige signalering van mastitis?.....	16
4 Discussie.....	18
5 Conclusies en aanbevelingen.....	20
6 Bronnenlijst	22

1 Inleiding

De melkveehouderij in Nederland verandert de laatste jaren snel. Naast de invoering van het fosfaatrechtenstelsel (Rijksoverheid, 2019), steeds meer aandacht voor milieu, weidegang en dierenwelzijn, speelt duurzaamheid een steeds grotere rol binnen de melkveehouderij (Duurzame Zuivelketen, 2019). Als het gaat om duurzaamheid van een veestapel is het een vereiste dat de melkkoeien lang mee gaan en weinig gezondheidsproblemen hebben. Om een hoge levensduur te bereiken is het van belang om gezonde koeien te houden en ziektes of ontstekingen in een vroeg stadium te herkennen. Een vroege signalering zorgt bij behandeling namelijk voor een beter welzijn van het dier en een gemakkelijker slagen van een behandeling. Mastitis of verhoogd celgetal is met 18% procent van de gevallen, na vruchtbaarheid (19%), de meest genoemde afvoerreden voor melkvee (Boer et al., 2013). Er kan dus wel gesteld worden dat mastitis en een hoog celgetal grote problemen vormen binnen de melkveehouderij, waarbij oplossingen die bijdragen aan een uitkomst voor dit probleem meer dan welkom zijn.

Het celgetal is een belangrijke meetwaarde bij het werken met uiergezondheid bij melkveebedrijven. Het geeft de maat van het aantal ontstekingscellen in de melk weer, en is een betrouwbare indicator voor de aanwezigheid van een infectie in het uier. Het celgetal kan gemeten worden op kwartier-, koe- en bedrijfsniveau. Omdat de hoogte van het celgetal veel informatie oplevert en op een relatief eenvoudige manier gemeten kan worden, heeft het in de loop der jaren een belangrijke plaats ingenomen in zowel de monitoring en advisering rond uiergezondheid, als in de beoordeling van de melkkwaliteit. (Lam & de Vliegher, 2017)

Een andere ontwikkeling in de Nederlandse melkveehouderij is de schaalvergroting die gestaag door blijft gaan. Tussen 2000 en 2018 is het gemiddeld aantal melkkoeien per bedrijf toegenomen van 57 tot ruim 103 stuks (Wageningen University & research, 2019). Grotere bedrijven hebben tot gevolg dat er meer arbeid verricht moet worden om alle werkzaamheden uit te voeren. Zo lang dit met eigen arbeid op te lossen is, vormt dit vaak geen probleem. Echter wanneer de arbeid binnen een melkveebedrijf ook door 'vreemde arbeid' ingevuld moet gaan worden, valt op dat er de laatste jaren steeds moeilijker aan personeel te komen is. Cijfers van het Centraal Bureau Statistiek laten zien dat het aantal vacatures in de landbouw, bosbouw en visserij voortdurend stijgt en sinds 2016 zelfs verdubbelde (CBS, 2019).

De moeilijkheid voor het vinden van personeel, zoals melkers, zorgt ervoor dat ondernemers hun arbeid op een andere manier gaan invullen door te kiezen voor automatisering als melkrobots. De laatste jaren zie je in Nederland dat het aantal bedrijven wat met een melkrobot melkt gestaag groeit, zo blijkt ook uit de gegevens van stichting Kwaliteitszorg Onderhoud Melkinstallaties (KOM). Ruim de helft van de nieuwe opleveringen, renovaties of uitbreidingen van melksystemen werd in 2018 gedaan met melkrobots (stichting KOM, 2019).

Met de komst van een automatisch melksysteem op een melkveebedrijf verandert er veel aan de dagelijkse werkzaamheden van de melkveehouder. Zo verplaatst de focus zich van het melken van alle dieren naar het verzorgen van attentiekoeien.

Bij het melken met een automatisch melksysteem heeft de veehouder niet meer het fysieke contact met de koe en het uier zoals hij dit in een melkstal wel heeft. Hierdoor is de melkveehouder dus afhankelijk van andere analyse methoden dan het zien van een afwijking, het voelen van een hard kwartier of andere opvallende zaken die waargenomen werden in de melkstal. De melkrobot doet dit met sensoren en kan afwijkingen doormiddel van analysesoftware vertalen naar een korte lijst met opvallende dieren. De veehouder is hierdoor extra afhankelijk van de techniek om de juiste dieren ook daadwerkelijk op tijd inzichtelijk te krijgen (Jacobs & Siegford, 2012).

Standaard wordt bij melkrobots gebruik gemaakt van geleidbaarheidsmetingen om te bepalen of er sprake is van afwijkingen die duiden op mastitis. Hiermee kunnen al veel afwijkingen in de melk die duiden op mastitis herkend worden maar een volledig betrouwbare analysemethode is dit nog niet (Kamphuis et al., 2008) (Kamphuis, et al., 2016). Het celgetal is naast geleidbaarheid ook een betrouwbare indicatie voor (sub)klinische mastitis. Gebruikelijk is het celgetal te meten tijdens de melkproductieregistratie (MPR) monsternamen wat op de meeste Nederlandse melkveebedrijven eens in de 4 of 6 weken plaats vindt.

Als optie is het mogelijk melkrobots uit te rusten met celgetalmeting, hiermee meet de robot naast geleidbaarheid ook het celgetal. Dit kan helpen bij een meer betrouwbare analyse en wellicht signalering van mastitis in een vroeger stadium.

Celgetalmeting wordt momenteel door verschillende grote melkrobotproducenten geleverd; DeLaval, GEA en Lely. DeLaval en Lely passen dit toe op uier niveau en meten doormiddel van een reagens vloeistof op basis van de California Mastitis Test. (DeLaval, 2019) (Lely, 2019) GEA meet op kwartier niveau met behulp van een sensor die het celgetal indeelt in 5 geschatte waarden (GEA, 2019). De kosten van deze systemen liggen volgens opgave van de fabrikanten inclusief middelen, onderhoud en afschrijving rond 12 tot 15 euro per koe per jaar. Deze celgetalmeetsystemen vragen een extra investering bij aanschaf van het systeem, in dit onderzoek zal worden onderzocht wat hiervan de toegevoegde waarde is.

De hoofdvraag van het onderzoek luidt als volgt:

“Wat is voor melkveehouders de toegevoegde waarde van celgetalmeting op een automatisch melksysteem?”.

1.1 Celgetal als meetinstrument

Het celgetal bestaat uit epitheelcellen en immuuncellen. In een gezond kwartier bestaat circa 80% van de cellen uit immuuncellen. Bij een infectie reageert het immuunsysteem en loopt het aantal immuuncellen op tot 99%. De hoogte van het celgetal kan door de toename van immuuncellen dus worden gezien als een maat voor een ontstekingsreactie. Met behulp van het celgetal kan een uierinfectie worden opgespoord wanneer de ontsteking het gevolg is van een infectie.

Een gezond dier heeft een redelijk constant laag celgetal variërend tussen de 50.000 tot 100.000 cellen/ml. Dit celgetal stijgt langzaam met een toenemende leeftijd, dalende melkgift en toenemend aantal lactatiedagen. Om na een celgetalmeting een gezond kwartier te onderscheiden van een geïnfecteerd kwartier, wordt er op kwartierniveau meestal een afkapwaarde van 200.000 cellen/ml gebruikt. Deze afkapwaarde is geen streefwaarde of harde grens tussen gezond en ongezond maar enkel een praktische afkapwaarde waarbij het aantal diagnostische fouten beperkt is (Lam & de Vliegher, 2017). Met een celgetalmeetsysteem is het dus zaak om de dieren met een celgetal boven de 200.000 cellen/ml in beeld te krijgen.

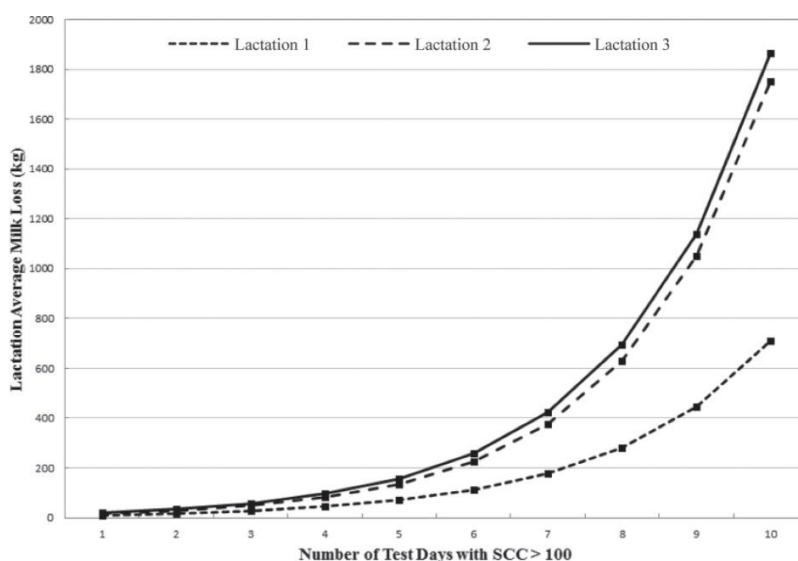
Een verhoogd celgetal, of een mastitis geval, brengt veel negatieve gevolgen met zich mee. Naast de extra zorg, behandelingen en negatieve invloed op het dierenwelzijn is er een direct verband tussen een verhoogd celgetal en de melkproductie.

Er is bekend dat het celgetal van een gezond uier onder de 100.000 cellen/ml ligt. Wanneer een uierinfectie niet tot een geval van mastitis leidt, is het belangrijkste gevolg van een uierinfectie ofwel subklinische mastitis het productieverlies.

Opvallend is dat het productieverlies door een verhoogd celgetal bij vaarzen zo'n 50% lager is dan bij dieren in lactatie 2 of hoger. Dit blijkt uit een 3 jaar durend onderzoek bij 34 melkveestapels. (Jones, Pearson, Clabaugh, & Heald, 1984)

Uit een onderzoek in 2012 is gebleken wat de afname in lactatieproductie is bij een verhoogd celgetal, gedurende 1 of meerdere dagen. Dit is weergegeven in figuur 1.

Deze grafiek laat zien dat met name bij een verhoogd celgetal gedurende 5 of meerdere dagen, dit aanzienlijke gevolgen kan hebben op de gemiddelde lactatie productie. Hieruit kan geconcludeerd worden dat het totale verlies in lactatieproductie bij een celgetal boven de 100.000 cellen/ml op kan lopen tot meer dan 1800 kg melk en op deze manier een grote opbrengstderving met zich mee brengt. (Hand, Godkin, & Kelton, 2012)



Figuur 1. Gemiddeld verlies van lactatieproductie bij verhoogd celgetal (Hand et al., 2012)

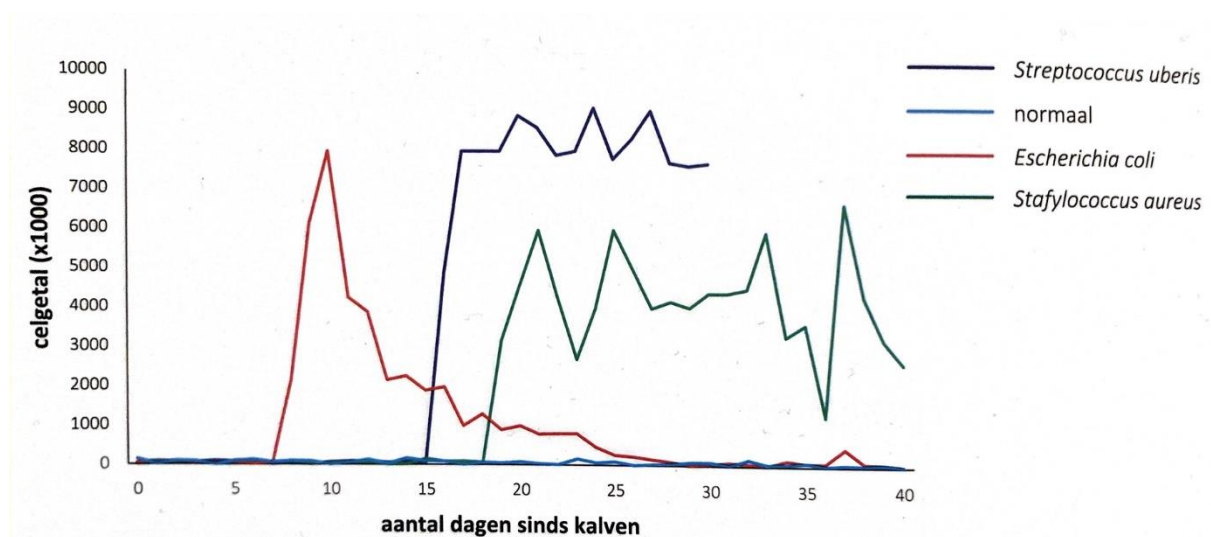
1.2 Inzicht in gezondheid door regelmatige bepaling van het celgetal

Een celgetalmeetsysteem is in hoofdzaak ontwikkeld voor een betere gezondheidsmonitoring en daarmee een gezondere veestapel.

Een belangrijke reden van aanschaf kan een betere genezingskans of sneller herstel van het geïnfecteerde kwartier zijn. In aanvulling op de geleidbaarheidsmetingen die standaard uitgevoerd worden op de melkrobot wordt verwacht dat er met een celgetalmeetsysteem een eerdere signalering van mastitis mogelijk is. Deze signalering kan afhangen van het celgetalpatroon gedurende de infectie.

Uit een onderzoek onder 274 Nederlandse veestapels blijkt dat er duidelijk verschillende celgetal patronen waargenomen kunnen worden voor de verschillende verwekkers van klinische mastitis. Bij een besmetting met de verwekker *Escherichia coli* is een duidelijke korte piek in het celgetal waarneembaar. Bij een besmetting met stafylokokken aureus wordt een langdurig hoog celgetal gemeten, welke na verloop van tijd afzakt en weer terugkeert op willekeurige momenten. Voor de verwekkers *Streptococcus dysgalactiae* en *Streptococcus uberis* kon binnen dit onderzoek geen duidelijk patroon van celgetalverloop gevonden worden. Wel is bekend dat bij een besmetting met de verwekker *Streptococcus uberis* het celgetal hoog oploopt (de Haas et al., 2004).

Ook in het Handboek Uiergezondheid Rund (Lam & de Vliegheer, 2017) wordt het verloop van de hoogte van het celgetal bij verschillende belangrijke verwekkers van klinische mastitis aangeduid. In Figuur 2 zijn deze patronen weergegeven.



Figuur 2. Celgetal patronen van kwartieren geïnfecteerd met *Escherichia coli*, staf. aureus, staf. *Uberis* (Lam & de Vliegheer, 2017)

Dit betekent dat celgetalmeting kan helpen een snelle diagnose te stellen bij infecties met *Escherichia coli*. Daarnaast kan een celgetalmeetsysteem extra inzicht geven bij een met *Staphylococcus aureus* geïnfecteerd kwartier door vertonen van een sterk wisselend celgetalpatroon. Ten opzichte van een periodieke celgetaluitslag tijdens de MPR-monsternamen kan dit de veehouder helpen een snellere en betere beslissing te nemen om bijvoorbeeld een met *Staphylococcus aureus* geïnfecteerd dier af te voeren.

Hierbij kan ook de gesloten vraag gesteld worden: "Wordt met behulp van een celgetalmeetsysteem een mastitisinfectie of verhoogd celgetal ook daadwerkelijk eerder gesignaleerd?". Het antwoord op deze vraag kan leiden naar een grotere toegevoegde waarde van het systeem.

1.3 Gevolgen bij het koppelen van celgetalmeting aan een melksysteem

Om de toegevoegde waarde van een celgetalmeetsysteem uit te kunnen drukken is het van belang om inzichtelijk te krijgen wat de voordelen kunnen zijn bij het gebruik.

Naast een positieve invloed op het economische vlak, zijn er andere voordelen te behalen zoals minder benodigde arbeidstijd en een beter dierenwelzijn.

Er kan verband worden gelegd tussen de melkproductie en het celgetal. In de literatuur is te vinden hoeveel deze opbrengstderving daadwerkelijk is (Hand et al., 2012).

Zoals hierboven aangegeven is er in de literatuur veel bekend over mastitis, een verhoogd celgetal en de negatieve gevolgen hiervan. Ook is bekend hoeveel de investering bedraagt om een celgetalmeetsysteem op te bouwen en te onderhouden. Niet bekend is het verband tussen de harde cijfers en de gevolgen van een hoog celgetal en mastitis, tegenover de investering van een celgetalmeetsysteem.

De vraag bij celgetalmeting op een automatisch melk systeem is of deze daadwerkelijk de investering die het met zich mee brengt oplevert, oftewel; is de toegevoegde waarde van een celgetalmeetsysteem groot genoeg om de investering te dekken?

Deze vraag kan gesteld worden door leveranciers van melkrobots, die als leverancier van zowel de robot als het celgetalmeetsysteem direct baat hebben bij een financiële meerwaarde. Uiteindelijk is dit onderzoek geschreven voor de eindgebruiker, de melkveehouder, die door dit onderzoek een antwoord kan krijgen op de vraag of hij al dan niet dagelijks meerwaarde gaat ondervinden wanneer hij in een celgetalmeetsysteem investeert. Deze melkveehouders binnen de doelgroep, zijn met name Nederlandse melkveehouders die met een melkrobot werken of van plan zijn hiermee te gaan werken.

Binnen het onderzoek wordt onderzocht welke waarde een celgetalmeetsysteem kan hebben bovenop een geleidbaarheidsmeetsysteem wanneer deze aan een automatisch melksysteem (AMS) wordt gekoppeld.

Zoals beschreven in de inleiding is celgetalmeting bij verschillende melkrobotleveranciers als optie verkrijgbaar op hun melkrobots.

Binnen dit onderzoek zal gekeken worden naar de toegevoegde waarde van een celgetalmeetsysteem ten opzichte van de geleidbaarheidsmeting, wat standaard op vrijwel alle automatische melksystemen aanwezig is.

Delaval heeft als enige in de markt naast celgetalmeting ook de optie om lactaatdehydrogenase (LDH) te meten middels een LDH-meetsysteem.

Als gevolg van een ontstekingsreactie en de weefselschade die optreedt bij mastitis kan het LDH gehalte sterk toenemen. De stijging van de aanwezigheid van het enzym LDH treedt al in een vroeg stadium van de ontsteking op en vertoont een sterke correlatie met het celgetal. De LDH bepaling lijkt minder gevoelig voor factoren zoals verschil in pariteit, leeftijd en lactatiestadium. (Chagunda et al., 2006)

Ondanks dat dit een veelbelovende techniek lijkt wordt LDH meting niet in dit onderzoek meegenomen. Enerzijds omdat de literatuur hierover niet voldoende toereikend is, daarnaast is deze techniek erg kostbaar.

De hoofdvraag van dit rapport luidt als volgt:

“Wat is voor melkveehouders de toegevoegde waarde van celgetalmeting op een automatisch melksysteem?”

Om deze hoofdvraag te kunnen beantwoorden zijn de volgende deelvragen opgesteld:

1. Heeft vroegtijdige signalering en behandeling invloed op de prognose van mastitis?
2. Wordt een verhoging in het celgetal eerder waargenomen door een celgetalmeetsysteem dan met een geleidbaarheidsmeetsysteem?
3. Is er economisch voordeel bij een vroegtijdige signalering van mastitis?

2 Aanpak

Om binnen dit onderzoek de hoofd-, en deelvragen te kunnen beantwoorden zijn verschillende methoden gebruikt. De deelvragen zijn beantwoord middels literatuuronderzoek. Er is gezocht naar betrouwbare peer-reviewed bronnen, door deze beschrijvend te verwerken is er geprobeerd een zo betrouwbaar mogelijk antwoord te vinden op de deelvragen. Bij de beoordeling van de bronnen is bekeken of het noodzakelijk is voor de betrouwbaarheid van het onderzoek om de informatie uit nationale of internationale bronnen te halen aangezien het onderzoek van toepassing is op de Nederlandse markt. Veel informatie over het onderwerp is te vinden in de online bibliotheken Green-i en ScienceDirect. Specifieker is er met name gezocht binnen de artikelen van Journal of Dairy Science, Dit is een wetenschappelijk tijdschrift toegespitst op de melkveehouderij met peer-reviewed artikelen.

Binnen het literatuuronderzoek is onderscheid gemaakt tussen kwalitatief en kwantitatief onderzoek. Kwantitatief onderzoek is gebruikt om de bekende cijfers binnen het onderzoeksgebied te achterhalen. (Baarda, 2014)

Binnen dit onderzoek gaat het om de bekende aspecten van mastitis die verband houden met de hoogte van het celgetal.

Kwalitatief onderzoek is gebruikt om eerder voorgekomen situaties binnen de sector te onderzoeken waar bepaalde resultaten uit zijn voortgekomen.

Hieronder is per onderzoeksvraag de methode gespecificeerd.

Deelvraag	Methode & toelichting
1	Heeft vroegtijdige signalering en behandeling invloed op de prognose van mastitis? Deskresearch kwantitatief/kwalitatief- internationale peer-reviewed bronnen Zoektermen: Mastitis, cell count, treatment, early, cure. Uit de kwantitatieve onderzoekbronnen is opgemaakt of er verband gelegd kon worden tussen vroegtijdige signalering en de prognose van zowel subklinische als klinische mastitis. Daarbij geeft kwalitatief onderzoek inzicht in de mogelijke behandeling in de verschillende stadia. Wanneer hier een eenduidig antwoord op gegeven kan worden kan hiermee een belangrijk deel van de meerwaarde van een celgetalmeetsysteem aangetoond worden.
2	Wordt een verhoging in het celgetal eerder waargenomen door een celgetalmeetsysteem dan met een geleidbaarheidsmeetsysteem? Deskresearch kwantitatief - internationale peer-reviewed bronnen, vakliteratuur Zoektermen: Mastitis, cell count, detection, conductivity, EC, relation Uit de onderzochte kwantitatieve bronnen moeten de kenmerken van celgetalmeting en geleidbaarheidsmeting en de overeenkomsten/verschillen tussen deze analysemethoden blijken. Vervolgens is herleid of er een toegevoegde waarde bestaat om het celgetal te meten in plaats van de geleidbaarheid. De verwachting was dat doormiddel van de celgetal metingen een mastitis geval eerder gesignaleerd wordt, wanneer verschillende geverifieerde bronnen dit kunnen bevestigen zal dit bijdragen aan een grotere toegevoegde waarde van een celgetalmeetsysteem.
3	Is er economisch voordeel bij een vroegtijdige signalering van mastitis? Deskresearch kwalitatief – peer-reviewed bronnen (met onderzoeken in Nederland uitgevoerd), Nederlandse vakliteratuur Zoektermen: Mastitis, costs, dutch, dairy, economic Vanuit de gevonden bronnen is de volgende vraag beantwoord : "Wat is er binnen de bronnen bekend over de economische kosten/voordelen van mastitis en kan vroegtijdige signalering verschil maken?". Met een antwoord op deze vraag kan de toegevoegde waarde vertaald worden richting de economische waarde. Het betreft hier kwalitatief onderzoek omdat het gaat om de interpretatie van verschillende stakeholders.

3 Resultaten

3.1 Heeft vroegtijdige signalering en behandeling invloed op de prognose van mastitis?

Er zijn verschillende onderzoeken gedaan naar de prognose van mastitis bij inzet van de behandeling in verschillende stadia.

Bij een onderzoek uit 1997 (Milner et al., 1997) zijn twee groepen koeien gekozen welke midden in de lactatie zaten, geen bacteriële uierinfecties hadden en bij welke een celgetal onder de 100.000 cellen gemeten werd. Bij elke koe binnen deze groep is er één kwartier geïnfecteerd doormiddel van injectie met *Streptococcus uberis* of *Staphylococcus aureus*. Na besmetting werd een deel van de dieren behandeld wanneer de geleidbaarheid in de melk opliep (early), en het andere deel van de dieren pas wanneer de dieren klinische mastitis vertoonden (vlokken in de melk of een hard kwartier)(conventional). In tabel 1 is te zien dat de dieren vroegtijdig behandeld zijn gemiddeld een lager celgetal hebben tijdens en 14 dagen na de behandeling. Daarnaast is het herstel van een geïnfecteerd kwartier bij een vroegtijdige behandeling bijna tweemaal zo snel dan in de conventionele groep, zie kolom 4 van tabel 1. In een onderzoek uit 2014 wordt de betere prognose bij vroegtijdige signalering en behandeling bevestigd (Ferrero et al., 2014).

Tabel 1. Effect of early and conventional treatment regimens on infected quarter mils SCC (geometric means) and length of SCC convalescence (mean number of milkings until SCC was <400.000 cells/ml) (Milner, et al., 1997)

Pathogen and treatment	Mean SCC			Convalescence (no. of milkings)
	Preexposure	At treatment	14 d Posttreatment	
	(×10 ³ /ml)			
<i>Streptococcus uberis</i>				
Early	48	2072 ^a	198 ¹	17 ^{1,a}
Conventional	55	≥11,964 ²	392	31
<i>Staphylococcus aureus</i>				
Early	88	2059	125	14 ^a
Conventional	83	4278	238	>35 ³

^aDifferent from conventional value ($P \leq 0.013$).

¹Data from one cow were omitted because no clinical cure was achieved.

²The SCC was ≥20,000,000 cells/ml for four quarters and was too high for determination.

³The SCC for two quarters fluctuated to >500,000 cells/ml every 2 to 3 d, although the quarters were bacteriologically negative.

Uit een recenter onderzoek is ook gebleken dat behandeling van acute subklinische mastitis tot een hoger genezingspercentage leidt dan de behandeling van chronische subklinische mastitis (Barkema et al., 2006). Daarbij zouden ook de verschillende stammen van de ziekteverwekker een grote invloed hebben op het genezingspercentage.

Ook uit andere onderzoeken blijkt dat het behandelen van kwartieren met subklinische mastitis positief bijdraagt aan een goede genezing. Behandeling resulteert in een significant lager celgetal op kwartier niveau, het voorkomt het ontstaan van klinische mastitis en de kwartieren bleken in 59% van de gevallen bacteriologisch genezen tegenover 0% bij de onbehandelde kwartieren. Daarbij draagt de behandeling bij in de beperking van verspreiding naar andere kwartieren en koeien. (Rose et al., 2003)

3.2 Wordt een verhoging in het celgetal eerder waargenomen door een celgetalmeetsysteem dan met een geleidbaarheidsmeetsysteem?

Een verhoogd celgetal geeft een hogere kans op het optreden van klinische mastitis (Green, et al., 2004) (Steenefeld et al., 2008).

Uit een onderzoek uit 2002 blijkt dat een gezond kwartier een celgetal laat zien van gemiddeld 68.000 cellen/ml. Bij een besmetting met lichte pathogenen steeg het celgetal naar 110.000 cellen/ml tot 150.000 cellen/ml. Bij kwartieren geïnfecteerd met gangbare mastitisverwekkers liep het celgetal op naar boven de 350.000 cellen/ml. De hoogste gemiddelde waarde werd gevonden in mastitis veroorzaakt door coliformen en *Streptococcus uberis* (meer dan 1 miljoen cellen/ml). (Djabri et al., 2002)

Uit onderzoek uit 2013 blijkt dat het gebruik van de California Mastitis Test (CMT) een hogere betrouwbaarheid geeft voor het opsporen van een kwartier dan het meten van de geleidbaarheid per kwartier (Fosgate et al., 2013). Aangezien de CMT test een methode is om een celgetal hoger dan 200.000 cellen op te sporen heeft dit direct verband met celgetalmeting.

Uit verschillende onderzoeken blijkt dat het celgetal als indicator van mastitis vooral direct na of binnen een aantal uren of dagen na de infectie een hoge piek in het celgetal vertoont, afhankelijk van het soort ziekteverwekker. Na deze piek stabiliseert het celgetal vaak enigszins maar blijft vrijwel altijd boven de 200.000 cellen/ml en zijn er meer fluctuaties in het celgetal te zien (Harmon, 1994).

Wanneer gekeken wordt naar de meting van de elektrische geleidbaarheid van melk in relatie tot celgetal blijken de correlatie tussen deze waarden significant te zijn (Kamal et al., 2014). Daarnaast blijkt dat de betrouwbaarheid van geleidbaarheidsmeting, vooral door het aantal vals positieve resultaten, vrij laag ligt. Met name bij oudere dieren of dieren in het eind van de lactatie komen vals positieve meldingen vaak voor. Een celgetalanalyse of CMT test laat bij deze dieren wel duidelijk zien of deze mastitis heeft. Daarbij is voornamelijk het verloop in geleidbaarheid tussen de verschillende kwartieren en melkbeurten een belangrijke variabele om een mastitis geval door middel van geleidbaarheidsmeting te kunnen waarnemen. Ook in combinatie met de gemeten dagproductie neemt de betrouwbaarheid van indicatie van mastitis door geleidbaarheidssensoren toe (Pyörälä, 2003).

Waar celgetal een belangrijke indicatie is met een enkele meting, is geleidbaarheid dat niet en alleen betrouwbaar wanneer de meting gedurende meerdere melkingen en tussen de verschillende kwartieren uitgevoerd wordt (Hamann & Zecconi, 1998).

Ook is een (sterk) verhoogd celgetal een duidelijke aanwijzing voor subklinische mastitis. De verhoging wordt veroorzaakt door een ontstekingsreactie. Het lichaam stuurt dan continu ontstekingscellen (witte bloedcellen) naar het ontstoken uierweefsel en de melk, hierdoor loopt het celgetal dus direct op.

Er zijn ook andere testen om een subklinische mastitis aan te tonen, zoals de geleidbaarheid van de melk of bacteriologisch onderzoek. Bij bacteriologisch onderzoek van de melk toon je echt de verwekker aan. Dit lukt helaas niet in alle gevallen, omdat soms heel weinig bacteriën aanwezig zijn, of de bacterie zich heeft ingekapseld in het weefsel (bijvoorbeeld *Staphylococcus aureus*).

Door symptomen te combineren (celgetal, verloop van celgetal, geleidbaarheid) is met behoorlijke zekerheid aan te geven welke kwartieren subklinisch geïnfecteerd zijn (GD diergezondheid, 2021).

Zeker het celgetalverloop kan een belangrijke indicator zijn bij subklinische mastitis. Bijvoorbeeld bij een besmetting met *Staphylococcus aureus* zal er een verhoging in celgetal zichtbaar zijn alvorens de bacterie zich heeft ingekapseld in het weefsel en zal het celgetal daarna zo nu en dan verhoogde uitschieters vertonen.

Onderzoek uit 2019 laat zien dat met celgetalbepaling op melkrobots zowel klinische als subklinische mastitis in veel gevallen duidelijk in beeld gebracht kan worden met een vrij hoge betrouwbaarheid (Dalen et al., 2019). Met name door het verloop in celgetal te monitoren gedurende elke melking is de betrouwbaarheid van de signalering van subklinische mastitis veel hoger dan bijvoorbeeld bij maandelijkse celgetalcontrole tijdens de MPR monsternamen.

3.3 Is er economisch voordeel bij een vroegtijdige signalering van mastitis?

Om te bepalen of er economisch voordeel te behalen is bij vroegtijdige signalering van mastitis is het van belang de kosten van mastitis in beeld te krijgen.

De kosten van mastitis zijn onder te verdelen in 'directe' (bijv. behandelingen) en 'indirecte' kosten (bijv. verminderde melkproductie). De totale gemaakte kosten bij het optreden van een mastitis geval worden 'faalkosten' genoemd. Daarnaast zijn er de 'preventieve kosten' die gemaakt worden voor de preventie van mastitis.

De faalkosten worden vaak ingedeeld in de volgende categorieën: verminderde melkproductie, diagnostiek, behandeling, weggegooid melk, dierenarts, arbeid, melkqualiteit, verhoogd risico op nieuwe gevallen en verhoogd risico op afvoer. De faalkosten geven in verschillende publicaties eigenlijk altijd een gemiddelde waarde, omdat deze voor elk bedrijf verschillen. Dit wordt veroorzaakt door de verschillen in factoren als productieniveau, melkprijs, arbeidskosten enzovoort.

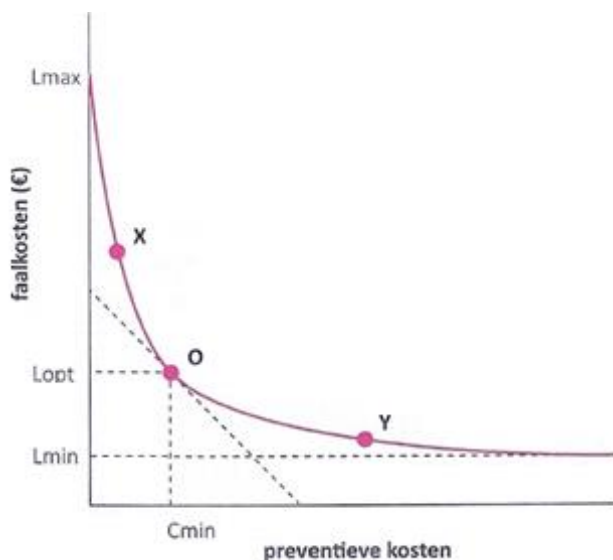
De preventieve kosten kunnen als investering gezien worden om de faalkosten te beperken.

In figuur 3 is te zien dat de faalkosten en de preventieve kosten een substitutie-relatie met elkaar hebben en dus niet onafhankelijk van elkaar zijn. Dit laat zien dat hoe meer geld er uitgegeven wordt aan de preventie van mastitis de verliezen, ofwel de faalkosten, gemiddeld lager uit zullen vallen.

Wanneer er geen preventieve maatregelen tegen mastitis genomen worden zullen de faalkosten maximaal zijn (L_{max}). Bij maximale investering in preventie van mastitis zullen de faalkosten minimaal zijn (L_{min}). Helemaal op 0 zullen de faalkosten nooit komen omdat er ook bij maximale preventieve inzet er altijd mastitis kan ontstaan. Omdat de relatie tussen verliezen en preventieve kosten niet lineair is, is er een economisch optimum voor de preventieve uitgaven, zie punt O in figuur 3.

Zo kan er gezegd worden dat op punt X de faalkosten onnodig hoog zijn en op punt Y worden juist de gemaakte preventieve kosten niet gecompenseerd door de lagere faalkosten.

Een preventieve maatregel die minder kost dan de hiermee vermeden faalkosten is dus rendabel te noemen.



Figuur 3. Schematische weergave van de relatie tussen faalkosten en preventieve kosten van mastitis (overgenomen uit Handboek uiergezondheid rund 2017, gebaseerd op McInerney et al., 1992)

Door deze verscheidenheid aan gegevens die nodig zijn om de kosten van mastitis te bepalen is hier een grote variatie in totale kosten mogelijk, dat blijkt ook uit de verschillende onderzoeken die hiernaar gedaan zijn.

In onderstaande tabel (tabel 2) zijn een aantal vrij recente Nederlandse onderzoeken gebruikt om een zo goed mogelijke inschatting te maken van de kosten per koe per jaar ten gevolge van mastitis.

Tabel 2. Geschatte kosten per koe per jaar ten gevolge van mastitis op een gemiddeld melkveebedrijf met 100 koeien, een klinische mastitis incidentie van 30 gevallen per 100 koeien per jaar en een gemiddeld tankcelgetal (Lam & de Vliegheer, 2017).

Categorie	Waarde ¹	
Faalkosten		
Verminderde melkproductie ten gevolge:		
Klinische mastitis	28,59	a,b
Subklinische mastitis	37,-	a,c
Diagnostiek	0,-	
Behandeling	10,50	d
Weggegooide melk	17,78	b
Dierenarts	0,86	a
Arbeid	4,05	
Melkqualiteit	0,-	
Afvoer	14,40	
Totaal faalkosten	113,18	
Preventieve kosten		
Middelen etc.	82,-	c
Arbeid	34,-	c
Investeringen	4,-	c
Totaal preventieve kosten	120,-	
Totale kosten	233,18	

¹ Alle berekeningen zijn gebaseerd op (Huijps et al., 2008). Aanpassingen zijn gedaan op basis van ^aproductieniveau: CRV, 2016, ^b (Scherpenzeel et al., 2018), ^c (van Soest et al., 2016), ^d (Lam, et al., 2013)

Te zien is dat een belangrijk deel van de faalkosten, gemiddeld 37 euro per koe per jaar, ingevuld wordt door de verminderde melkproductie bij subklinische mastitis. Wordt het gemiddelde (tank)celgetal hoger, dan lopen deze kosten zeer snel verder op.

Deze subklinische mastitis gevallen komen juist met celgetalbepaling eerder aan het licht, of de attentie is in ieder geval betrouwbaarder.

Aan de hand van een betrouwbare diagnose kan een veehouder preciezer bepalen in welke gevallen hij er voor kiest een koe te behandelen of andere preventieve maatregelen te nemen. Op deze manier kan er op bedrijfsniveau en op koe niveau getracht worden om het economisch optimum te bereiken, door preventieve kosten beter af te stemmen op de faalkosten van met name subklinische mastitis.

4 Discussie

De doelstelling van dit onderzoek is via literatuuronderzoek antwoord vinden op de hoofdvraag 'wat is voor melkveehouders de toegevoegde waarde van celgetalmeting op een automatisch melksysteem?'. Via de 3 opgestelde deelvragen dient hier een antwoord op gegeven te worden.

Bij het eerder signaleren en behandelen van klinische mastitis piekt het celgetal minder hoog en is het celgetal sneller op een gezond niveau. Daarnaast is het geïnfecteerde kwartier bijna twee keer zo snel genezen dan wanneer er pas behandeld wordt op het moment dat er duidelijke gevolgen van klinische mastitis waar te nemen zijn (vlokken in de melk of een hard kwartier).

Ook bij subklinische mastitis leid het behandelen van acute subklinische mastitis tot een hoger genezingspercentage dan de behandeling van chronische subklinische mastitis. Door het op tijd behandelen van subklinische mastitis kan een klinische mastitis voorkomen worden en wordt de kans op verspreiding naar andere kwartieren of koeien verkleind.

De resultaten komen overeen met wat er verwacht werd bij het opstellen van de deelvraag 'heeft vroegtijdige signalering en behandeling invloed op de prognose van mastitis'. Omdat er gewerkt is middels een kwantitatief literatuuronderzoek, om het antwoord op deze deelvraag te beantwoorden, is er veel aandacht besteed aan de betrouwbaarheid en validiteit van de bronnen. Ondanks dat het onderzoek van Milner et al. (1997) uit 1997 stamt en dit dus echt een wat ouder onderzoek betreft, is dit wel een belangrijke bron voor het beantwoorden van de deelvraag. Verschillende nieuwere bronnen bevestigen de uitkomst maar doordat in dit onderzoek uit 1997 de kwartieren geïnfecteerd zijn op een bekend moment is er goed onderscheid te maken tussen de groep dieren die vroeg behandeld zijn en de groep die later behandeld is. Doordat in veel andere onderzoeken gewerkt is met natuurlijke infecties is dit moment vaak minder nauwkeurig te bepalen. Hierdoor kan het antwoord op deze deelvraag met een grote zekerheid en betrouwbaarheid vastgesteld worden.

Wanneer gekeken wordt naar de meting van de elektrische geleidbaarheid van melk in relatie tot celgetal blijken de correlatie tussen deze waarden significant te zijn (Kamal et al., 2014). Wel is duidelijk dat de betrouwbaarheid van celgetalbepaling hoger ligt en er minder vals positieve attenties gemeld worden.

Geleidbaarheidsmeting van specifiek de voormelk voor het melken geeft een hogere betrouwbaarheid voor het voorspellen van subklinische of klinische mastitis dan de meting van de melk tijdens of na de melking. Celgetalbepaling geeft daarentegen van zowel de voormelk als de latere melk een duidelijkere en betrouwbaardere indicatie van subklinische of klinische mastitis. (Bruckmaier et al., 2004) (Khatun et al., 2019)

Wellicht geeft dit ook een verklaring voor de lagere betrouwbaarheid van signalering van mastitis met geleidbaarheidsmetingen in melkrobots. Maar hier is binnen dit onderzoek niet verder naar gekeken.

Ook is met celgetalbepaling veel informatie te halen uit het verloop van het celgetal. Hierdoor kan de veehouder beter een betrouwbare inschatting maken of hij het nodig vindt de koe te behandelen. Ook tijdens en na behandeling kan het verloop van het celgetal gebruikt worden om te bepalen of de behandeling aanslaat of eventueel veranderd of verlengt moet worden.

Dit zijn andere resultaten dan verwacht bij het opstellen van de deelvraag 'Wordt een verhoging in het celgetal eerder waargenomen door een celgetalmeetsysteem dan met een geleidbaarheidsmeetsysteem'. Verwacht werd dat dit inderdaad het geval zou zijn. Door de correlatie tussen het celgetal en de elektronische geleidbaarheid in melk bleek dit niet het geval. Hier had bij het opstellen van de deelvraag vooraf wellicht wat meer vooronderzoek naar gedaan kunnen worden. Echter, door de hogere betrouwbaarheid van de mastitisindicatie met celgetalmeting op een melkrobot is de kans aannemelijk dat een mastitis geval door de veehouder eerder en met meer zekerheid gesignaleerd wordt. Ook is de meting van een verhoogd celgetal voor een veehouder een duidelijke attentie voor subklinische mastitis, zo

kan hij beter beslissen een koe al dan niet te behandelen zonder dat deze ook daadwerkelijk al klinische verschijnselen heeft.

Om de vraag 'is er economisch voordeel bij een vroegtijdige signalering van mastitis?' te beantwoorden is het van belang eerst in beeld te krijgen wat de kosten van mastitis bedragen. Dit is aan de hand van de gevonden literatuur deels gelukt.

Duidelijk is geworden dat de kosten van mastitis opgebouwd zijn uit preventieve kosten, waar celgetalmeting op melkrobots een onderdeel van kan zijn, en faalkosten. Door de vele variabelen die betrekking hebben op de kosten van klinische en subklinische mastitis is dit voor elk specifiek bedrijf of geval anders. Omdat de relatie tussen de verliezen en preventieve kosten niet lineair is, is er een economisch optimum voor de preventieve uitgaven. Wanneer de preventieve kosten per koe per jaar zo'n 12 tot 15 euro stijgen bij het gebruik van celgetalmeting op melkrobots, zal dit dus aan de kant van de faalkosten bespaard moeten worden. Uiteindelijk is het afhankelijk van het handelen van de veehouder wat hij met de gegevens vanuit het celgetalmeetsysteem doet en of de extra gemaakte preventieve kosten zich terugverdienen of extra rendement opleveren.

Ook bij deze deelvraag was wellicht meer vooronderzoek gewenst geweest. Door de grote variatie in kosten op de vele verschillende melkveebedrijven is er geen duidelijk bedrag of waarde uit het onderzoek gekomen. De verwachting kan duidelijk geschept worden dat er een economische toegevoegde waarde is bij vroegtijdige signalering van mastitis. Grootste voorwaarde hierbij is echter dat dit alleen het geval is wanneer de veehouder ook iets met de attenties doet en mastitis op het bedrijf een dermate grote kostenpost is dat de vermindering in faalkosten opweegt tegen de stijging in preventieve kosten.

Tot slot is er binnen dit onderzoek geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende merken celgetalmeetsystemen op melkrobots. Hier kan onderling natuurlijk ook verschil in betrouwbaarheid of nauwkeurigheid zitten wat nu niet meegenomen is in het beoordelen van de toegevoegde waarde.

5 Conclusies en aanbevelingen

Het doel van dit onderzoek is een duidelijk antwoord te vinden op de vraag: 'wat is voor melkveehouders de toegevoegde waarde van celgetalmeting op een automatisch melksysteem?'. Doormiddel van de resultaten op de deelvragen is hier een antwoord op gevonden.

Op de vraag of vroegtijdige signalering en behandeling invloed heeft op de prognose van mastitis is uit verschillende bronnen gebleken dat dit inderdaad het geval is. Naast een snellere genezing en snellere daling van het celgetal bij klinische mastitis, is er ook bij de behandeling van subklinische mastitis in een vroeg stadium een hogere kans op genezing en een lager kwartiercelgetal. Daarnaast draagt de behandeling van mastitis bij in de beperking van verspreiding naar andere kwartieren en koeien en worden zo nieuwe gevallen voorkomen.

Uit de literatuur is niet gebleken dat celgetalbepaling op een eerder moment een verhoogd celgetal laat zien dan geleidbaarheidsmeting op melkrobots. Dit wordt veroorzaakt doordat er een significante correlatie is tussen de waarden van de elektrische geleidbaarheid van melk in relatie tot het celgetal van de melk. Daartegenover is wel gebleken dat de betrouwbaarheid van celgetalbepaling hoger ligt en er minder vals positieve attenties gemeld worden. Ook is met celgetalbepaling veel informatie te halen uit het verloop van het celgetal. Hierdoor is een veehouder in staat beter een betrouwbare inschatting te maken of hij het nodig vindt de koe te behandelen. Ook tijdens en na behandeling kan het verloop van het celgetal gebruikt worden om te bepalen of de behandeling aanslaat of eventueel veranderd of verlengt moet worden.

Op de vraag of er economisch voordeel is bij een vroegtijdige signalering van mastitis is er geen exact antwoord in harde cijfers gevonden. Door de grote variatie in bedrijven, producties, gemiddeld celgetal en nog talloze factoren als bijvoorbeeld beschikbaarheid en de prijs van arbeid, liggen de kosten per mastitis geval ver uiteen. Wel is uit de literatuur duidelijk geworden dat er een optimum gevonden kan worden voor de balans tussen de preventieve kosten en de faalkosten van mastitis.

Er vanuit gaande dat celgetalmeting op een melkrobot inclusief middelen, onderhoud en afschrijving zo'n 12 tot 15 euro per koe per jaar kost (Gea, Lely, DeLaval) zal dit bedrag tenminste in faalkosten bespaard moeten worden om een economisch voordeel toe te kunnen schrijven aan de vroegtijdige signalering. Doordat de faalkosten per bedrijf of mastitisgeval verschillen is dit economische voordeel voor elke veehouder anders. Daarnaast kan het zelfs een economisch nadeel zijn wanneer de veehouder niets met de extra gegevens doet.

De gevonden toegevoegde waarde van celgetalmeting op een automatisch melksysteem kan als volgt geformuleerd worden vanuit de gevonden resultaten op de deelvragen:

Wanneer de veehouder de extra meetgegevens van celgetalmeting op een melkrobot gebruikt krijgt hij:

- Betrouwbaardere mastitis indicaties.
- Duidelijke informatie over het al dan niet aanslaan van een behandeling.
- Beter inzicht in subklinische mastitis gevallen.
- Lagere faalkosten bij mastitis door beter inzicht voor het nemen van extra preventieve of correctieve handelingen.

Uit dit onderzoek komt wel degelijk een duidelijke meerwaarde voor celgetalmeting op melkrobots naar voren. Deze is wel afhankelijk van de veehouder en de faalkosten op het betreffende melkveebedrijf. Om de toegevoegde waarde specifieker uit te drukken is vervolgonderzoek nodig. Gedacht kan worden aan een economische rekentool waarin verschillende variabele kengetallen van een melkveebedrijf ingevuld kunnen worden zoals bijvoorbeeld: gemiddeld tankcelgetal, de incidentie van mastitis, gemiddelde melkproductie, melkprijs, uurloon en behandelkosten. Door specifiek de faalkosten per bedrijf uit te rekenen kan een inschatting gemaakt worden van de besparing hierop wanneer er voor celgetalmeting op melkrobots gekozen wordt.

Ook dan blijft het zaak dat de veehouder werkt met de gegevens die hij vanuit de celgetalmeting krijgt, hij is uiteindelijk degene die de toegevoegde waarde ten gelde kan maken.

6 Bronnenlijst

- Baarda, B. (2014). *Dit is onderzoek! Handleiding voor kwantitatief en kwalitatief onderzoek*. Groningen/Houten: Noordhoff uitgevers
- Barkema, H. W., Schukken, Y. H., & Zadoks, R. N. (2006). Invited review: The role of cow, pathogen, and treatment regimen in the therapeutic success of bovine *Staphylococcus aureus* mastitis. *Journal of Dairy Science*, 89(6), 1877-1895
- Boer, M., Zijlstra, J., Buiting, J., Colombijn-van der Wende, K., & Andringa, E. A. (2013). *Routekaart Levensduur; eindrapport van het project "Verlenging levensduur melkvee"* (No. 668). Wageningen UR Livestock Research
- Bruckmaier, R. M., Weiss, D., Wiedemann, M., Schmitz, S., & Wendl, G. (2004). Changes of physicochemical indicators during mastitis and the effects of milk ejection on their sensitivity. *Journal of Dairy Research*, 71(3), 316-321
- CBS. (2019). *Vacatures; seizoengecorrigeerd, SBI2008*. Geraadpleegd op 11 januari 2019, van <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/80474ned/table?ts=1510820884977>
- Chagunda, M. G., Friggens, N. C., Rasmussen, M. D., & Larsen, T. (2006). A model for detection of individual cow mastitis based on an indicator measured in milk. *Journal of Dairy Science*, 89(8), 2980-2998
- Dalen, G., Rachah, A., Nørstebø, H., Schukken, Y. H., & Reksen, O. (2019). Dynamics of somatic cell count patterns as a proxy for transmission of mastitis pathogens. *Journal of Dairy Science*, 102, 11349-11358
- de Haas, Y., Veerkamp, R. F., Barkema, H. W., Gröhn, Y. T., & Schukken, Y. H. (2004). Associations between pathogen-specific cases of clinical mastitis and somatic cell count patterns. *Journal of Dairy Science*, 87(1), 95-105
- Delaval Groep. *DeLaval online celgetalrometer OCC*. Geraadpleegd op 17 mei 2019, van www3.delaval.com/ImageVaultFiles/id_3722/cf_5/Online_celgetalrometer_OCC.PDF
- Djabri, B., Bareille, N., Beaudeau, F., & Seegers, H. (2002). Quarter milk somatic cell count in infected dairy cows: a meta-analysis. *Veterinary Research*, 33(4), 335-357
- Duurzame Zuivelketen. *Continu verbeteren dierenwelzijn*. Geraadpleegd op 12 januari 2019, van <https://www.duurzamezuivelketen.nl/themas/continuu-verbeteren-dierenwelzijn/>
- Ferrero, F. J., Villedor, M., & Campo, J. C. (2014). Screening method for early detection of mastitis in cows. *Measurement*, 47, 855-860
- Fosgate, G. T., Petzer, I. M., & Karzis, J. (2013). Sensitivity and specificity of a hand-held milk electrical conductivity meter compared to the California mastitis test for mastitis in dairy cattle. *The Veterinary Journal*, 196(1), 98-102
- GD diergezondheid. *Subklinische mastitis*. Geraadpleegd op 1 juli 2021, van <https://www.gddiergezondheid.nl/nl/Diergezondheid/Management/Uiergezondheid/Behandelen/Subklinische-mastitis>
- GEA Group. *GEA DairyMilk M6850 celgetalmonitoring*. Geraadpleegd op 17 mei 2019, van <https://www.gea.com/nl/products/dairymilk-m6850-cell-count-sensor.jsp>
- Green, M. J., Burton, P. R., Green, L. E., Schukken, Y. H., Bradley, A. J., Peeler, E. J., & Medley, G. F. (2004). The use of Markov chain Monte Carlo for analysis of correlated binary data: Patterns of somatic cells in milk and the risk of clinical mastitis in dairy cows. *Preventive Veterinary Medicine*, 64(2-4), 157-174
- Hamann, J., & Zecconi, A. (1998). Evaluation of the electrical conductivity of milk as a mastitis indicator. *Bulletin of the international Dairy Federation*, 334, 5-22
- Hand, K. J., Godkin, A., & Kelton, D. F. (2012). Milk production and somatic cell counts: A cow-level analysis. *Journal of Dairy Science*, 95(3), 1358-1362
- Harmon, R. J. (1994). Physiology of mastitis and factors affecting somatic cell counts. *Journal of Dairy Science*, 77(7), 2103-2112
- Huijps, K., Lam, T. J., & Hogeveen, H. (2008). Costs of mastitis: facts and perception. *Journal of Dairy Research*, 75(1), 113-120
- Jacobs, J. A., & Siegford, J. M. (2012). Invited review: The impact of automatic milking systems on dairy cow management, behavior, health, and welfare. *Journal of Dairy Science*, 95(5), 2227-2247

- Jones, G. M., Pearson, R. E., Clabaugh, G. H., & Heald, C. W. (1984). Relationships between somatic cell counts and milk production. *Journal of Dairy Science*, 67(8), 1823-1831
- Kamal, R. M., Bayoumi, M. A., & Abd El Aal, S. F. (2014). Correlation between some direct and indirect tests for screen detection of subclinical mastitis. *Int Food Res J*, 21(3), 1213-1218
- Kamphuis, C., Pietersma, D., van der Tol, R., Wiedemann, M., & Hogeveen, H. (2008). Using sensor data patterns from an automatic milking system to develop predictive variables for classifying clinical mastitis and abnormal milk. *Computers and Electronics in Agriculture*, 62(2), 169-181
- Kamphuis, C., Rue, B. D., & Eastwood, C. R. (2016). Field validation of protocols developed to evaluate in-line mastitis detection systems. *Journal of Dairy Science*, 99(2), 1619-1631
- Khatun, M., Bruckmaier, R. M., Thomson, P. C., House, J., & Garcia, S. C. (2019). Suitability of somatic cell count, electrical conductivity, and lactate dehydrogenase activity in foremilk before versus after alveolar milk ejection for mastitis detection. *Journal of Dairy Science*, 102(10), 9200-9212
- Lam, T. J., van den Borne, B. H., Jansen, J., Huijps, K., van Veersen, J. C., van Schaik, G., & Hogeveen, H. (2013). Improving bovine udder health: A national mastitis control program in the Netherlands. *Journal of Dairy Science*, 96(2), 1301-1311
- Lam, T., & de Vliegheer, S. (2017). *Handboek Uiergezondheid Rund*. Nijmegen: Communication in Practice
- Lely. *Lely Mqc-c2 celgetalbepaling*. Geraadpleegd op 17 mei 2019, van <https://www.lely.com/nl/techdocs/astronaut/mqc-c/>
- McInerney, J. P., Howe, K. S., & Schepers, J. A. (1992). A framework for the economic analysis of disease in farm livestock. *Preventive Veterinary Medicine*, 13(2), 137-154
- Milner, P., Page, K., & Hillerton, J. (1997). The effects of early antibiotic treatment following diagnosis of mastitis detected by a change in the electrical conductivity of milk. *Journal of Dairy Science*, 80(5), 859-863
- Pyörälä, S. (2003). Indicators of inflammation in the diagnosis of mastitis. *Veterinary Research*, 34(5), 565-578
- Rijksoverheid. *Hoe is het stelsel van fosfaatrechten tot stand gekomen?* Geraadpleegd op 11 januari 2019, van <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/fosfaatrechten/totstandkoming-fosfaatrechtenstelsel>
- Rose, S. G., Swinkels, J. M., Kremer, W. D., Kruitwagen, C. L., & Zadoks, R. (2003). Effect of penethamate hydriodide treatment on bacteriological cure, somatic cell count and milk production of cows and quarters with chronic subclinical *Streptococcus uberis* or *Streptococcus dysgalactiae* infection. *Journal of Dairy Research*, 70(4), 387-394
- Scherpenzeel, C. G., Hogeveen, H., Maas, L., & Lam, T. J. (2018). Economic optimization of selective dry cow treatment. *Journal of Dairy Science*, 101(2), 1530-1539
- Steenekveld, W., Hogeveen, H., Barkema, H. W., van den Broek, J., & Huirne, R. B. (2008). The influence of cow factors on the incidence of clinical mastitis in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 91(4), 1391-1402
- stichting KOM. *Statistiek*. Geraadpleegd op 11 januari 2019, van http://www.stichtingkom.nl/index.php/stichting_kom/category/statistiek
- van Soest, F. J., Santman-Berends, I. M., Lam, T. J., & Hogeveen, H. (2016). Failure and preventive costs of mastitis on Dutch dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 99(10), 8365-8374
- Wageningen University & research. (17 december 2018). *Gemiddeld 103 melkkoeien per bedrijf*. Geraadpleegd op 17 mei 2019, van <https://www.agrimatie.nl/themaresultaat.aspx?subpubid=2291&thema=2272&indicator=2100§orid=2245>