

## Thesis:

-Een onderzoek naar de economische efficiëntie van een celgetalsensor op een automatisch melksysteem-

**Datum:** 27 Oktober 2008

**Periode:** Mei – Oktober 2008

**Onderzoeker:** Willem Klaasen

Emailadres: [willem.klaasen@wur.nl](mailto:willem.klaasen@wur.nl)

Telefoonnummer: 06-14326890

Opleiding: MME Master Management and Economics

Specialisatie: MLS Management Innovation and Life Science

**Begeleiding:** Claudia Kamphuis

Instantie Universiteit van Utrecht

Emailadres [C.Kamphuis@uu.nl](mailto:C.Kamphuis@uu.nl)

**Begeleiding:** Erwin Mollenhorst

Instantie: Universiteit van Utrecht

Emailadres: [H.Mollenhorst@uu.nl](mailto:H.Mollenhorst@uu.nl)

**Begeleiding:** Henk Hogeveen

Instantie: Wageningen universiteit

Emailadres: [H.Hogeveen@wur.nl](mailto:H.Hogeveen@wur.nl)

Deze opdracht wordt uitgevoerd in samenwerking met:

**Bedrijf:** Lely industries NV.

Contact persoon: Rik van der Tol

Emailadres: [RvanderTol@lely.com](mailto:RvanderTol@lely.com)



— innovators in agriculture —



**Universiteit Utrecht**



## Voorwoord

Het onderzoek, waarvan het rapport nu voor u ligt, is gedaan in opdracht van Lely Industries NV in samenwerking met de Universiteit van Utrecht en de universiteit van Wageningen. Dit is ook mijn afsluitende thesis van de studie; Master Management en Economie aan de Wageningen Universiteit.

Ik wil op deze plaats verschillende mensen bedanken die meegeholpen hebben aan het welslagen van dit onderzoek. Ten eerste wil ik Claudia Kamphuis bedanken voor haar begeleiding tijdens de start van het onderzoek en Erwin Mollenhorst tijdens het gehele proces als begeleider. Ook wil ik Kristen Huijps en Wilma Steeneveld bedanken die mij geholpen hebben bij het realiseren van het simulatiemodel. De functie @risk in Excel was volledig nieuw voor mij, maar zij hebben me in korte tijd veel geleerd en geholpen met de opzet van het model. Als laatste wil ik Henk Hogeveen bedanken voor de begeleiding vanuit de universiteit van Wageningen.

Met de afronding van deze thesis komt er ook een einde aan mijn schoolperiode. Ik ben in 1995 begonnen op de MAVO en na de MAS en de HAS ben ik nu klaar op de universiteit van Wageningen en daar ben ik heel trots op. Dit had ik niet alleen gekund en daarom wil ik graag mijn ouders bedanken voor de steun in de breedste zin van het woord en de aanmoediging om continu door te gaan. Als laatste wil ik mijn vriendin bedanken, voor haar steun en moeite die het gekost heeft om mij continu achterna te reizen.

Willem Klaasen

Oktober 2008



## Samenvatting

Detectie van abnormale melk bij een automatisch melksysteem (AMS) is erg belangrijk om de kwaliteit van de geleverde melk te garanderen. In dit onderzoek wordt abnormale melk gedefinieerd als melk met visueel klinische mastitis (Rasmussen, 2003). Momenteel meet het AMS de geleidbaarheid van de melk met onder andere een geleidbaarheidmeter (MQC). Een nieuwe ontwikkeling op een AMS is de automatische celgetalsensor (MQC-C), welke bij het nieuwe A3 systeem van Lely een schatting maakt van het celgetal op kwartierniveau tijdens het melkproces (www.lely.com, 2008). Deze MQC-C werkt beter dan de MQC, omdat de sensitiviteit (SN) hoger is. De SN geeft het percentage gedetecteerde mastitisgevallen van het totaal aantal mastitisgevallen. Een nadeel van de MQC-C is dat deze extra kosten met zich meebrengt. Het gaat hierbij zowel om de eenmalige aanschafkosten en onderhoudskosten als ook de kosten van reagens en melk, welke gebruikt worden tijdens de celgetalbepaling.

Als de wetgeving in de toekomst stelt dat abnormale melk automatisch moeten worden afgescheiden dan is de specificiteit (SP) van de MQC-C erg belangrijk. De SP geeft aan hoeveel procent van de echt gezonde kwartiermelkingen ook door de test als gezond wordt aangemerkt.

Tot op dit moment is er nog nooit onderzoek gedaan naar de financiële consequenties van het gebruik van de MQC-C op een AMS.

De doelstellingen van dit onderzoek zijn:

1. Op welke manier kan de MQC-C gericht worden ingezet zodat er zoveel mogelijk melk met klinische mastitis wordt gedetecteerd waarbij de economische schade zo laag mogelijk blijft.
2. Wat zijn de (on)mogelijkheden met betrekking tot het automatisch afscheiden van melk van koeien met klinische mastitis.

Voor dit onderzoek is een dynamisch stochastisch simulatiemodel ontwikkeld om de lactatie van een koe te simuleren. Daarbij is de gemiddelde kans dat een koe klinische mastitis krijgt 26,2%. Er is een detectiemodel gemaakt van zowel de MQC als de MQC-C, om zo de verschillen te kunnen waarnemen. In het model kan de MQC-C gericht worden ingezet door middel van verschillende scenario's. Deze scenario's verschillen van 12 metingen met de MQC-C per lactatie tot en met het continu gebruiken van de MQC-C in samenwerking met de MQC. In de standaard situatie, als alleen de MQC continu met een SN van 40,0% en een SP van 92,5% gebruikt wordt, zijn de kosten € 36,39 per koe per lactatie. Als de MQC-C met

een SN van 60% en een SP 84,2% continu wordt ingezet in samenwerking met de MQC-C dan zijn de kosten € 64,84 per koe per lactatie. Deze berekening is nogmaals uitgevoerd, maar dan met een SN van 80% en een SP van 99%. Bij deze berekening dalen de kosten per lactatie, omdat het verschil in performance tussen de MQC en MQC-C groter is. In dit onderzoek zijn ook de gevolgen van het automatisch afscheiden van melk van koeien met klinische mastitis bekeken. Omdat de specificiteit van zowel de MQC als de MQC-C hiervoor te laag zijn, zijn de kosten erg hoog, variërend van € 166,3 per koe per lactatie tot en met € 327,2 per koe per lactatie, afhankelijk van het scenario.

Tijdens dit onderzoek zijn twee gevoeligheidsanalyses uitgevoerd. De eerste betreft de kans dat een koe klinische mastitis krijgt en de andere analyse bekijkt de gevolgen bij een toename van de SN en de SP van zowel de MQC als de MQC-C. Beide gevoeligheidsanalyses brachten geen grote veranderingen in de resultaten, de kosten van het gebruik van alleen de MQC blijven namelijk een stuk lager dan die van de MQC-C. Er is wel enige verandering zichtbaar tussen de scenario's waarbij de MQC wordt gebruikt in samenwerking met de MQC-C.

# Inhoudsopgave

<b>VOORWOORD</b> .....	<b>3</b>
<b>SAMENVATTING</b> .....	<b>5</b>
<b>INHOUDSOPGAVE</b> .....	<b>7</b>
<b>INHOUDSOPGAVE</b> .....	<b>7</b>
<b>1. INLEIDING</b> .....	<b>9</b>
<b>2. MATERIAAL EN METHODE</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1. OMSCHRIJVING SIMULATIEMODEL</b> .....	<b>13</b>
2.1.1. SIMULATIE LACTATIE EN MASTITIS.....	13
2.1.2. SIMULATIE MQC EN MQC-C.....	14
2.1.3. KOSTEN MQC-C.....	14
2.1.4. KOSTEN TP'S, FN'S EN FP'S.....	15
<b>2.2. SCENARIO'S</b> .....	<b>17</b>
<b>2.3. GEVOELIGHEIDSANALYSE</b> .....	<b>18</b>
<b>2.4. STATISTISCHE ANALYSE</b> .....	<b>19</b>
<b>3. RESULTATEN</b> .....	<b>21</b>
<b>3.1. MASTITIS DETECTIE</b> .....	<b>21</b>
<b>3.2. AUTOMATISCH AFSCHIEDEN VAN MELK VAN KOEIEN MET KLINISCHE MASTITIS</b> .....	<b>24</b>
<b>3.3. RESULTATEN GEVOELIGHEIDSANALYSE</b> .....	<b>26</b>
3.3.1. GEVOELIGHEIDSANALYSE TYPE BEDRIJF.....	26
3.3.2. GEVOELIGHEIDSANALYSE SN EN SP.....	28
<b>4. DISCUSSIE</b> .....	<b>31</b>
<b>4.1. INTERPRETATIE RESULTATEN</b> .....	<b>31</b>
<b>4.2. BESPREKING AANNAMES</b> .....	<b>33</b>
<b>5. CONCLUSIES</b> .....	<b>35</b>
<b>LITERATUURLIJST</b> .....	<b>37</b>





## 1. Inleiding

Sinds de invoering van het automatische melksysteem (AMS) ongeveer 15 jaar geleden, is de machine steeds verder ontwikkeld op het gebied van aansluittechniek, software en de kwaliteitscontrole van de melk. Deze kwaliteitscontrole van de melk is zonder meer een belangrijk aspect: melkveehouders worden uitbetaald naar de geleverde melkwaliteit en consumenten verwachten een hoge kwaliteit van de melkproducten. Mede daarom is detectie van melk van koeien met klinische mastitis erg belangrijk. Ook is het voor de melkveehouder belangrijk om klinische mastitis snel op te sporen, omdat de kosten van klinische mastitis aanzienlijk zijn. Kosten van klinische mastitis zijn; productieverliezen, medicijnkosten, afgescheiden melk, arbeid en in het uiterste geval afvoer van een koe (Huijps et al., 2008).

Op het moment van dit onderzoek is er een wereldwijde discussie gaande betreffende de juiste definitie van abnormale melk. Elke definitie van abnormale melk, heeft verschillende gevolgen voor de melkveehouder.

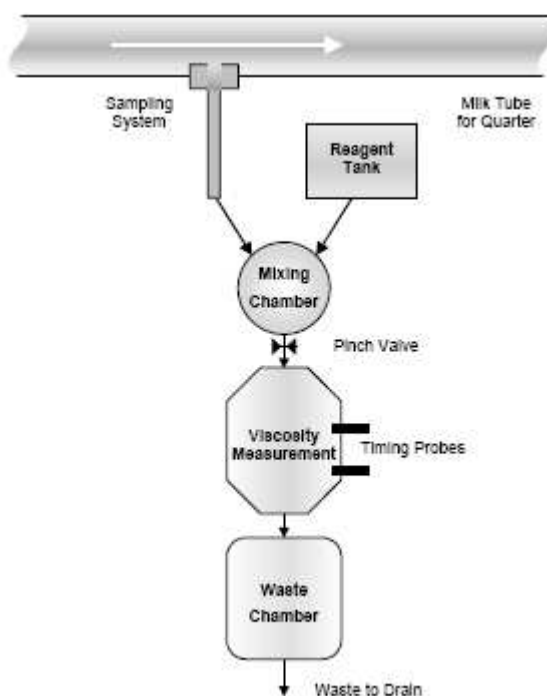
Een van de voorgestelde definities is: abnormale melk, veroorzaakt door klinische mastitis, is alleen gebaseerd op de homogeniteit van de melk. De kleur is hierbij niet opgenomen, omdat bekend is dat de kleur van de melk afhankelijk is van lactatiestadium, ras en voersoort (Rasmussen, 2003). In dit huidige onderzoek wordt abnormale melk gedefinieerd als melk met visueel klinische mastitis.

De huidige Europese wet- en regelgeving geeft aan dat de melk gecontroleerd moet worden op visuele afwijkingen door de melker, dan wel door een vergelijkbaar systeem met dezelfde resultaten en dat deze melk niet gebruikt mag worden voor humane consumptie (Regulation (EC) No. 853/2004, 2004). Momenteel geeft het AMS een waarschuwing als een kwartier klinische mastitis produceert en naar aanleiding van deze waarschuwing kan de melkveehouder verder actie ondernemen. In de toekomst zal het waarschijnlijk verplicht worden om abnormale melk ook automatisch af te scheiden (Pietersma en Hogeveen, 2004).

Sinds de invoering van het AMS worden er verschillende sensoren gebruikt om klinische mastitis te detecteren waarbij de geleidbaarheid van melk het meest gebruikt wordt (Reinemann en Helgren, 2004). De geleidbaarheid wordt bepaald door de concentratie van anionen en kationen in de melk. Als een koe mastitis heeft dan is de concentratie  $\text{Na}^+$  en  $\text{Cl}^-$  in de melk van het geïnfecteerde kwartier hoger. Bijna alle automatische melksystemen zijn uitgerust met een geleidbaarheidsmeter, welke continu de geleidbaarheid van de melk meet. De melkwaliteit bij een AMS ontwikkeld door Lely Industries N.V. (Maassluis, Nederland)

wordt gecontroleerd door een automatisch melkcontrole systeem (MQC) welke per kwartier informatie registreert over onder andere dode melktijden, geleidbaarheid, melksnelheid, -kleur, en -productie (www.lely.com, 2008).

Een nieuwe ontwikkeling op een AMS is de automatische celgetalsensor (MQC-C), welke bij het nieuwe A3 systeem van Lely een schatting maakt van het celgetal op kwartierniveau tijdens het melkproces (www.lely.com, 2008). Deze nieuwe sensor (CellSense<sup>®</sup>) is gebaseerd op de handmatige California Mastitis Test (CMT) en Sortec Ltd. (Hamilton, Nieuw Zeeland) heeft deze test geautomatiseerd. In Figuur 1 wordt schematisch de werking van deze MQC-C weergegeven (Whyte et al., 2004): bij de start van de melking neemt de sensor voor elk kwartier een melkmonster van 20 ml. Zestien ml van deze melk wordt gebruikt om de vorige meting weg te spoelen, en de resterende 4 ml wordt gebruikt om de meting te verrichten. Aan het melkmonster wordt een reagens toegevoegd en beide vloeistoffen worden gemixt in de mixkamer. Vervolgens stroomt het mengsel naar de kamer waar het celgetal bepaald wordt. Door de toevoeging van het reagens vormt zich een gel en de viscositeit van deze gel wordt gemeten door de doorstromingsnelheid te bepalen. Hoe langzamer de doorstromingsnelheid, des te hoger het celgetal wordt geschat.



Figuur 1: Blokdiagram van de MQC-C (Whyte et al., 2004)

Momenteel is de praktijk nog niet zo ver dat de melk automatisch wordt afgescheiden. Een belangrijke reden daarvoor is dat het AMS niet met 100% zekerheid kan bepalen wat normale en abnormale melk is. In hoeverre een AMS dit wel kan wordt sterk afhankelijk van de specificiteit en de sensitiviteit van de MQC-C. Er is inmiddels bekend dat de MQC-C op

een AMS een daling van het aantal vals positieve attenties weergeeft wanneer het celgetal gemeten wordt op koeniveau en in combinatie met de geleidbaarheid gebruikt wordt (Kamphuis et al., 2008).

De nieuwe MQC-C werkt technisch naar behoren, maar er zijn echter ook nadelen. Zo zijn de aanschaf- en onderhoudskosten van de sensor erg hoog en kost elke meting geld aan het reagens en de melk, welke gebruikt worden tijdens de celgetalbepaling. Ook is de gevoeligheid van de MQC-C nog geen 100%.

Dit onderzoek is gedaan omdat het niet duidelijk is wat nu de kosten zijn bij het gebruik van de MQC-C in vergelijking met de MQC. Om dit te onderzoeken is er een rekenmodel opgesteld om de verschillende systemen te vergelijken. In het model wordt de lactatie van een koe en de gevoeligheid van zowel de MQC als de MQC-C gesimuleerd. In het onderzoek wordt de MQC-C op verschillende manieren ingezet, om zo een beeld te vormen wat de (on)mogelijkheden zijn met de MQC-C.

De doelstellingen van dit onderzoek zijn:

1. Op welke manier kan de MQC-C gericht worden ingezet zodat er zoveel mogelijk melk met klinische mastitis wordt gedetecteerd waarbij de economische schade zo laag mogelijk blijft.
2. Wat zijn de (on)mogelijkheden met betrekking tot het automatisch afscheiden van melk met klinische mastitis.

In hoofdstuk 2 wordt het onderzoek beschreven. Als eerste wordt de opbouw en de inputwaarden van het model beschreven, daarna de verschillende scenario's, de gevoeligheidsanalyse en de statistische analyse. In hoofdstuk 3 worden de resultaten weergegeven van het simulatiemodel, als tweede de gevoeligheidsanalyse van het type bedrijf en de gevoeligheidsanalyse van de sensitiviteit en specificiteit van zowel de MQC als de MQC-C. In hoofdstuk 4 worden de resultaten en het simulatiemodel besproken. Als laatste worden bovenstaande doelstellingen beantwoord in hoofdstuk 5.



## 2. Materiaal en methode

Voor dit onderzoek is een dynamisch stochastisch simulatiemodel ontwikkeld om de lactatie van een koe te simuleren. Er is voor deze stochastische methode gekozen, omdat de kans op klinische mastitis niet voor elke koe gelijk is en ten tweede is de ernst van de klinische mastitis willekeurig bepaald wordt. Als laatste is de kans op spontane genezing willekeurig bepaald. Er is voor een dynamisch model gekozen, omdat het model continu inspeelt op veranderingen die gebeurd zijn. Als een koe eventueel klinische mastitis heeft, dan wordt de melk in een volgende meting automatisch afgescheiden. Er is voor deze methode gekozen, om zo dicht mogelijk de realiteit te benaderen.

Dit model is ontwikkeld in een add-in software voor microsoft excel, @Risk 5.0. Het model simuleert de werking van de geleidbaarheidsmeter welke op dit moment door een AMS van Lely gebruikt wordt (MQC), als ook de werking van de celgetalsensor (MQC-C), waarbij de MQC-C wordt ingezet in combinatie met het huidige MQC. Door middel van het simuleren van verschillende scenario's met betrekking tot de inzet van de MQC-C in combinatie met het huidige MQC wordt onderzocht hoe deze MQC-C economisch optimaal gebruikt kan worden. Daarbij is gekozen om het simulatiemodel te draaien voor een fictief melkveebedrijf met een AMS.

### 2.1. Omschrijving simulatiemodel

#### 2.1.1. Simulatie lactatie en mastitis

Op het bedrijf worden 65 koeien gemolken met een gemiddelde melkproductie van 9278 kg melk in 352 dagen (NRS, 2008). De koeien worden 2,5 keer per dag gemolken, daarom bestaat het model uit 880 metingen per lactatie. De melkgift per week wordt bepaald door middel van een lactatiecurve (Wood, 1967). Er is rekening gehouden met een piek na 5 weken van de lactatie en een periode van 27,5 week voor de afbouw van piek naar halverwege de lactatie.

In de standaard situatie van het simulatiemodel is de kans dat de koeien een melking hebben met klinische mastitis 26,2% per 365 dagen-at-risk (Barkema et al, 1998). De *'incident rate of clinical mastitis'* (IRCM) is dan 0,00028 per melking ( $((352/365)*26,2)/880$ ). Omdat klinische mastitis vaker voorkomt in het begin van de lactatie en minder voorkomt aan het einde van de lactatie is de IRCM verdeeld over 12 maanden. 27,0% van de gevallen komt voor in de eerste maand van de lactatie, 13,5% in maand 2, 11,7% in maand 3, 9% in maand 4, 8,1% in maand 5, 7,2% in maand 6, 5,4% in maand 7, 4,5% in maand 8, en 3,6% in maand 9, 10, 11 en 2,7% in maand 12 (Huijps et al, 2007).

Als een koe daadwerkelijk klinische mastitis heeft is er een kans van 40%, variërend van 20% tot 50%, dat deze spontaan genezen is bij de volgende melking (Nickerson, 1996; Huijps, 2007).

### 2.1.2. Simulatie MQC en MQC-C

Het AMS controleert continu alle koeien met de MQC, welke standaard op het AMS gemonteerd is, aan deze handeling zijn geen kosten verbonden. Daarnaast heeft de veehouder de mogelijkheid om de MQC-C te gebruiken om het celgetal van de koeien te bepalen.

Het vermogen van de MQC en de MQC-C om melk met klinische mastitis goed te detecteren zijn gebaseerd op de sensitiviteit(SN) en de specificiteit(SP). De SN en SP zijn berekend met als gouden standaard de visuele beoordeling van de melk. Daarbij zijn er vier mogelijkheden; de melk is normaal en wordt als normaal gedetecteerd (TN); de koe heeft klinische mastitis en wordt ook als zodanig gedetecteerd (TP); de melk is normaal, maar wordt als klinische mastitis gedetecteerd (FP) en als laatste de koe heeft klinische mastitis, maar wordt als normaal gedetecteerd (FN). In tabel 1 zijn bovenstaande begrippen weergegeven.

Tabel 1: Matrix voor twee- klasse indeling

		+	De gouden standaard	-
Test status koe	+	TP		FP
	-	FN		TN
		TP + FN		FP + TN

De SN geeft het percentage gedetecteerde mastitisgevallen van het totaal aantal mastitisgevallen volgens de gouden standaard (TP/(TP+FN)). De SP geeft aan hoeveel procent van de echt gezonde kwartiermelkingen ook door de test als gezond wordt aangemerkt (TN/(FP+TN); Pietersma & Hogeveen, 2004).

In dit onderzoek wordt gerekend met een SN van 40% en SP van 92.1% als standaard waarden voor de MQC. Voor de MQC-C wordt een SN van 60% gebruikt en een SP van 84,2% (Mollenhorst & Hogeveen, 2008).

### 2.1.3. Kosten MQC-C

De MQC-C heeft een aanschafwaarde van € 4000,- welke wordt afgeschreven in 10 jaar. Verder zijn de gemiddelde onderhoudskosten van de MQC-C € 920,- per jaar. De vaste jaarlijkse kosten voor deze MQC-C zijn daarom € 1320,- (pers comm. Veenstra, Lely industries NV). De variabele kosten van de MQC-C zijn de kosten van de meting. Dit is de melk die nodig is voor de meting en de kosten van het reagens. Voor een meting per kwartier

wordt 0,02 liter melk verbruikt, deze gebruikte melk kost € 0,17 per liter. De kosten van melk bestaan uit productieverliezen, de marginale kosten voor voer, water, mest en gezondheids- en fokkerijkosten. Deze kosten zijn gecorrigeerd voor extra ontvangsten voor kalveren en vlees vanwege het feit dat er meer koeien nodig zijn om het melkquotum vol te melken. Ook zijn er extra voerkosten meegerekend omdat deze melk daadwerkelijk geproduceerd is (Huijps et al., 2007). Er wordt tijdens een meting 0,004 liter reagens gebruikt tegen een prijs van € 0,422 per liter (pers. comm. Veenstra, Lely industries NV). Aangezien het onderzoek op koeniveau plaatsvindt, zijn de kosten per melking € 0,020.

#### **2.1.4. Kosten TP's, FN's en FP's**

Om de verschillen weer te geven tussen de MQC en de MQC-C heeft het simulatiemodel een functie om alle kosten van de TP's, FN's en de FP's op te tellen. De TN's zijn niet meegenomen in deze functie omdat deze koeien gezond zijn en ook als gezond worden gedetecteerd.

Bij een TP waarschuwing worden de kosten van klinische mastitis in rekening gebracht. Deze kosten zijn onderverdeeld in 3 gradaties: de eerste gradatie is een licht geval van klinische mastitis waarbij de melkveehouder de koeien 1 dag behandelt met antibiotica. De tweede gradatie is een gemiddeld geval waarbij de koeien 3 dagen behandeld worden met antibiotica en als laatste een zwaar geval waarbij de koeien 6 dagen behandeld worden met antibiotica. Bij elke behandeling is er een extra wachttijd van 3 dagen vanwege de behandeling met antibiotica (Huijps et al., 2007). Tijdens de periode van behandeling en wachttijd van melklevering kan de koe geen melding krijgen van een TP, FP of FN. De 3 gradaties kunnen zich afspelen in de eerste 3 maanden van de lactatie of in de resterende lactatie. Deze indeling is gemaakt omdat de melkproductiederving welke veroorzaakt wordt door klinische mastitis lager is aan het einde van de lactatie. Het zich voordoen van welke gradatie klinische mastitis is stochastisch bepaald met een kansverdeling van 20% - 40% - 40%.

In tabel 2 zijn de kosten weergegeven van melk met klinische mastitis in een bepaalde periode van de lactatie. De kosten zijn opgebouwd uit melkproductiederving, medicijnkosten, afgescheiden melk, arbeid en in het uiterste geval afvoer van een koe.

*Tabel 2: Kosten van verschillende gradaties van klinisch mastitis in twee lactatiestadia op basis van melkproductiederving, medicijnkosten, afvoerkosten, afgescheiden melk en arbeid uitgerekend op basis van het model van Huijps et al. (2007) met de daarbij behorende kansen in geval er klinische mastitis optreedt.*

<i>Gradatie</i>	<i>kans</i>	<i>3 maanden</i>	<i>Rest van lactatie</i>
Licht geval	0,2	€ 189,68	€ 180,04
Gemiddeld geval	0,4	€ 202,34	€ 192,69
Zwaar geval	0,4	€ 221,31	€ 212,67

Bij een FN waarschuwing kunnen twee dingen gebeuren: of de koe geneest spontaan, of de koe wordt zieker doordat de klinische mastitis te laat wordt gedetecteerd en de infectie zich verder kan uitbreiden. Bij een FN-melding wordt 5% van de dagproductie in rekening gebracht voor het verlies aan melkproductie. Als er bij de volgende melking weer een FN-melding zich voordoet, dan wordt er 10% van de dagproductie in rekening gebracht en als er daarna nog een FN-melding zich voordoet dan wordt er 20% van de dagproductie in rekening gebracht. Dit verlies aan melkproductie wordt gewaardeerd tegen de kosten van € 0,12 euro per kg melk (Huijps et al., 2007). Deze kosten zijn hetzelfde opgebouwd als de kosten van de geproduceerde melk, minus de extra voerkosten.

Een FP waarschuwing is van groot belang wanneer melk van koeien met klinische mastitis automatisch afgescheiden moet worden. In deze gevallen van waarschuwingen wordt er namelijk normale melk onterecht afgescheiden. Vanwege de lage specificiteit van de detectiemodellen, wordt de functie in het simulatiemodel van automatische melk afscheiden alleen aangezet om onderzoeksvraag twee te behandelen. Als er een FP-melding is dan wordt de dagproductie van die melking berekend en vermenigvuldigd met de kosten van afgescheiden melk. De kosten van een kilogram afgescheiden melk is € 0,17 euro (Huijps et al., 2007).



## 2.2. Scenario's

Om verschillende scenario's te kunnen invoeren is er een functie gemaakt in het model om naast de MQC ook de MQC-C in te zetten. In het model is het mogelijk om de MQC-C per koe in te zetten. In tabel 3 zijn de scenario's weergegeven die gebruikt zijn in dit onderzoek, inclusief het aantal metingen van de MQC-C per lactatie. Als de MQC-C wordt ingezet in een bepaald scenario, dan is dit altijd in combinatie met de MQC.

*Tabel 3: Verschillende scenario's welke gebruikt zijn tijdens het onderzoek inclusief het aantal metingen per lactatie met de MQC-C.*

<i>Scenario's</i>	<i>Aantal metingen MQC-C</i>
1. Alleen de MQC gebruiken gedurende de lactatie	0
2. MQC-C 1 maal per maand 1 melking gebruiken	12
3. MQC-C 1 maal per 2 weken 1 melking gebruiken	26
4. MQC-C 1 maal per week 1 melking gebruiken	51
5. MQC-C 2 maal per week 1 melking gebruiken	102
6. MQC-C 1 maal per week 3 melkingen na elkaar gebruiken	150
7. MQC-C 1 maal per dag 1 melking gebruiken	352
8. Bij een attentie van de MQC, de volgende melking de MQC-C inzetten	var <sup>1</sup>
9. MQC-C de eerste maand van de lactatie continu daarna 2 maal / week	165
10. MQC-C de eerste 2 maanden van de lactatie continu daarna 2 maal / week	231
11. De MQC-C continu inzetten gedurende de lactatie	880

*1) variërend per lactatie*

### 2.3. Gevoeligheidsanalyse

Om de invloed van de diverse invoerparameters op de modeluitkomsten te onderzoeken, is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Deze analyse geeft inzicht in de gevoeligheid van het model voor de betreffende parameters. Daarnaast kan de analyse eenvoudige verbanden tussen parameters en onvolkomenheden van het model aan het licht brengen. De eerste gevoeligheidsanalyse heeft betrekking op het type bedrijf en de andere heeft betrekking op de performance van de MQC-C.

De gevoeligheidsanalyse met betrekking tot het type bedrijf heeft te maken met de IRCM. In deze analyse worden er verschillende melkveebedrijven geanalyseerd met elk een andere kans dat er klinische mastitis kan ontstaan. De volgende waardes zijn meegenomen in de analyse; de gemiddelde IRCM van 26,2% en melkveebedrijven met een IRCM variërend van 10% tot en met 60% met tussenstappen van 10%.

De gevoeligheidsanalyses met betrekking tot de SN en SP van zowel de MQC als de MQC-C zijn als volgt uitgevoerd. De volgende waardes zijn aangenomen voor de gevoeligheidsanalyse van de MQC-C; SN van 60% met een SP van 84,2%, daarna een SN van 70% en een SP van 91,6% en als laatste de ISO-norm (Annex C, ISO/FDIS 20966:2006E) met een SN van 80% en een SP van 99%. Deze ISO-norm is gebaseerd op veldstudies beschreven door Dodd et al. (1969). Ook is er een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor de MQC, om de effecten te bepalen als de MQC verbeterd wordt in de toekomst. De volgende waardes zijn gebruikt in deze gevoeligheidsanalyse; SN van 40% met een SP van 92,5%, daarna een SN van 50% en een SP 94,6% en laatste een SN van 60% met een SP van 97%.

## 2.4. Statistische analyse

Om de gemiddelde kosten van een koe per lactatie te verkrijgen zijn telkens 10.000 iteraties gerund. Dit is 10 keer herhaald, omdat de gemiddelde kosten van elk scenario nauwelijks van elkaar verschillen en het model na 10.000 iteraties niet geheel stabiel was.

Door middel van de Bonferroni-Dunn test in SPSS, zijn de verschillende scenario's getest op significante verschillen. De Bonferroni-Dunn test zorgt ervoor dat de kans op een foutieve verwerping van de nulhypothese van gelijke gemiddelden bij twee groepen onder alle gemaakte vergelijkingen niet groter is dan 5%. De Bonferroni-Dunn test corrigeert door de overschrijdingskans te delen door het aantal vergelijkingen (Huizingh, 2002).

Tijdens de gevoeligheidsanalyse worden telkens 5000 iteraties gerund.



### 3. Resultaten

#### 3.1. Mastitis detectie

De resultaten van het simulatiemodel in de standaard situatie zijn weergegeven in Tabel 4. In deze tabel is een verdeling gemaakt van de kosten, zo zijn de kosten van de MQC-C en de kosten van mastitis apart weergegeven. De MQC-C werkt altijd in combinatie met de MQC, maar wordt in de tekst weergegeven als MQC-C.

Tabel 4: Kosten per koe per lactatie bij inzet van MQC-C volgens de verschillende scenario's. MQC-C met een sensitiviteit van 60% en een specificiteit en 84,2 % en de MQC met een sensitiviteit van 40% en een specificiteit 84,2%.

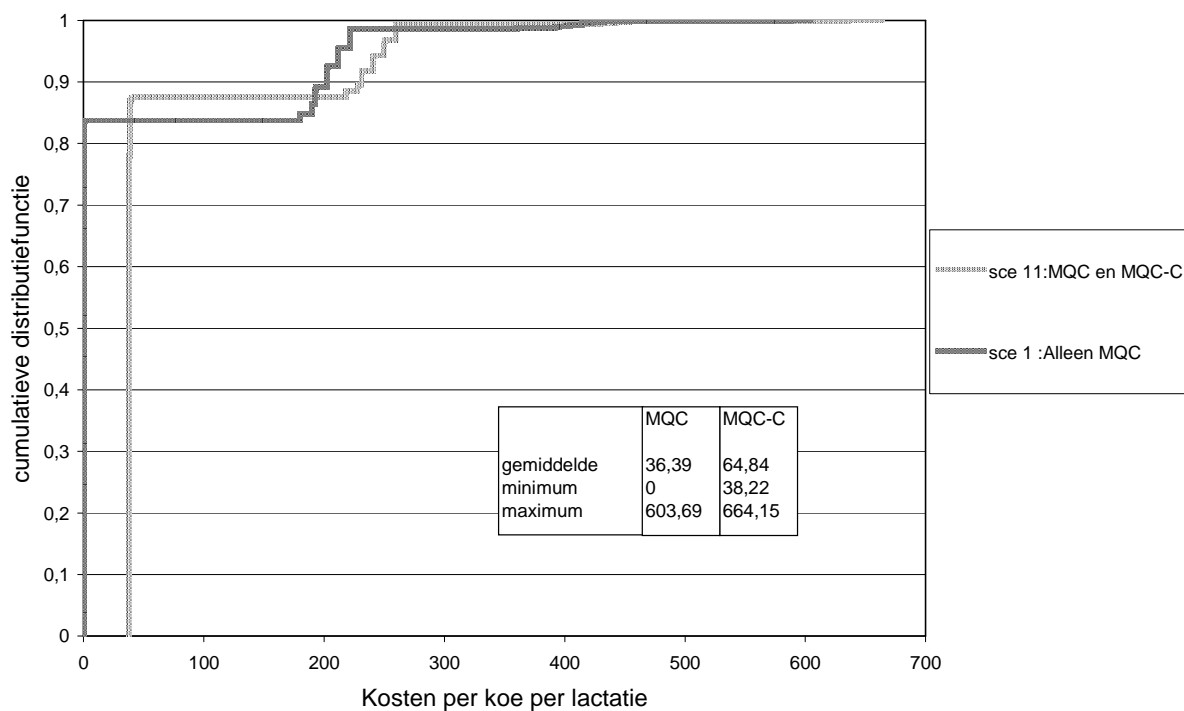
Scenario's	Kosten MQC-C	Kosten klinische mastitis	Kosten per koe per lactatie <sup>1)2)</sup>
1. Alleen de MQC gebruiken gedurende de lactatie	0,00	36,39	36,39 <sup>A</sup>
9. MQC-C de eerste maand van de lactatie continu daarna 2 maal / week	23,67	32,70	56,37 <sup>B</sup>
10. MQC-C de eerste 2 maanden van de lactatie continu daarna 2 maal / week	25,01	31,59	56,60 <sup>BC</sup>
2. MQC-C 1 maal per maand 1 melking gebruiken	20,45	36,18	56,63 <sup>BC</sup>
3. MQC-C 1 maal per 2 weken 1 melking gebruiken	20,84	35,87	56,71 <sup>BC</sup>
4. MQC-C 1 maal per week 1 melking gebruiken	21,35	35,64	56,99 <sup>BCD</sup>
5. MQC-C 2 maal per week 1 melking gebruiken	22,39	34,78	57,17 <sup>CD</sup>
8. Bij een attentie van de MQC, de volgende melking de MQC-C inzetten	Var <sup>3</sup>	Var <sup>3</sup>	57,50 <sup>DE</sup>
6. MQC-C 1 maal per week 3 melkingen na elkaar gebruiken	23,36	34,58	57,94 <sup>E</sup>
7. MQC-C 1 maal per dag 1 melking gebruiken	27,47	32,43	59,90 <sup>F</sup>
11. De MQC-C continu inzetten gedurende de lactatie	38,22	26,62	64,84 <sup>G</sup>

1) Rijen met verschillende letters verschillen significant ( $\alpha=0.05$ , Bonferroni-Dunn test)

2) Aantal iteraties 10 x 10.000

3) Variërend per lactatie

De kosten per koe per lactatie zijn duidelijk het kleinst als alleen de MQC wordt ingezet en de kosten zijn het hoogst als de MQC-C continu worden ingezet. Daartussen zitten alle scenario's welke zijn gebruikt met de MQC in combinatie met de MQC-C. Scenario 2 tot en met scenario 10, waren nauwelijks tot niet significant verschillend van elkaar. Het verschil tussen de MQC continu en de MQC-C continu is door middel van de kosten te verklaren. De aanschaf en de gebruikskosten van de MQC-C zijn meegenomen in deze berekeningen. Als een koe geen klinische mastitis krijgt tijdens een lactatie zijn de kosten voor het gebruik van de MQC, € 0,00, terwijl de kosten van de MQC-C dan € 38,22 bedragen. Deze kosten zijn opgebouwd uit gebruikskosten (reagens + melk voor de test) € 17,91 en de kosten per koe per lactatie voor de aanschaf en onderhoud van de MQC-C bedragen € 20,31. De kosten voor alle scenario's waarbij de MQC-C gebruikt wordt zijn duidelijk hoger dan zonder MQC door het standaardbedrag van € 20,31 voor de aanschaf en onderhoud. Als de MQC-C gebruikt wordt, dan dalen de kosten voor mastitis, vanwege de betere performance van de MQC-C.



figuur 2: Cumulatieve distributiefunctie van de kosten per koe per lactatie bij gebruik van de MQC en MQC-C

In figuur 2 is de cumulatieve distributiefunctie weergegeven, deze geeft het verschil aan tussen de MQC en de MQC-C. Er is een hogere kans van +/- 88% voor de MQC-C in plaats van 84% voor de MQC dat er geen problemen zijn met klinische mastitis door de betere detectie van de MQC-C.

Als eenmaal een geval van klinische mastitis wordt gedetecteerd, dan stijgen de kosten van de MQC eerder dan de kosten voor de MQC-C.

Stel dat de MQC-C in de toekomst verbeterd wordt en de ISO-norm met een SN van 80% en een SP van 99% kan halen, dan gelden de resultaten zoals weergegeven in tabel 5. Voor het MQC zijn de huidige waardes van een SN van 40% en een SP van 92,5% aangenomen.

*Tabel 5: Kosten per koe per lactatie bij inzet van MQC-C volgens de verschillende scenario's. MQC-C met een sensitiviteit van 80% en een specificiteit en 99 % en de MQC met een sensitiviteit van 40% en een specificiteit 84,2%.*

Scenario's	Kosten per koe per lactatie <sup>1)2)</sup>
1. Alleen de MQC gebruiken gedurende de lactatie	36,12 <sup>A</sup>
10. MQC-C de eerste 2 maanden van de lactatie continu daarna 2 maal / week	51,16 <sup>B</sup>
9. MQC-C de eerste maand van de lactatie continu daarna 2 maal / week	52,91 <sup>C</sup>
11. De MQC-C continu inzetten gedurende de lactatie	53,14 <sup>C</sup>
4. MQC-C 1 maal per week 1 melking gebruiken	56,23 <sup>D</sup>
6. MQC-C 1 maal per week 3 melkingen na elkaar gebruiken	56,24 <sup>D</sup>
2. MQC-C 1 maal per maand 1 melking gebruiken	56,28 <sup>D</sup>
3. MQC-C 1 maal per 2 weken 1 melking gebruiken	56,38 <sup>D</sup>
7. MQC-C 1 maal per dag 1 melking gebruiken	56,44 <sup>D</sup>
8. Bij een attentie van de MQC, de volgende melking de MQC-C inzetten	56,50 <sup>D</sup>
5. MQC-C 2 maal per week 1 melking gebruiken	56,56 <sup>D</sup>

1) Rijen met verschillende letters verschillen significant ( $\alpha=0.05$ , Bonferroni-Dunn test)

2) Aantal iteraties 10 x 10.000

Alleen de MQC inzetten is nog steeds het meest optimale scenario. Daarna komt scenario 10, de eerste twee maanden van de lactatie de MQC-C gebruiken en daarna 2 maal per week de MQC-C inzetten. Hierna komt scenario 9, de MQC-C alleen de eerste maand inzetten en daarna 2 maal per week, dit scenario verschilt niet significant met het scenario dat de MQC-C continu wordt ingezet. Na deze vier scenario's komen de overige 8 scenario's die niet significant van elkaar verschillen.

### 3.2. Automatisch afscheiden van melk van koeien met klinische mastitis

In tabel 6 is weergegeven wat het gevolg is als de melkveebedrijven met een automatisch melksysteem ook daadwerkelijk melk van koeien met klinische mastitis automatisch moeten afscheiden, in deze situatie wordt bij een FP-melding goede melk afgescheiden. Omdat een dergelijk kostenplaatje onacceptabel is, is er geen significantietest uitgevoerd en worden deze resultaten alleen getoond om een indruk te geven van de gevolgen.

*Tabel 6: Kosten per koe per lactatie bij inzet van MQC-C volgens de verschillende scenario's. MQC-C met een sensitiviteit van 60% en een specificiteit en 84,2 % en de MQC met een sensitiviteit van 40% en een specificiteit 84,2%, inclusief het automatisch afscheiden van melk met klinische mastitis.*

Scenario's	Kosten per koe per lactatie <sup>1)</sup>
1. Alleen de MQC gebruiken gedurende de lactatie	166,30
2. MQC-C 1 maal per maand 1 melking gebruiken	189,70
3. MQC-C 1 maal per 2 weken 1 melking gebruiken	191,00
4. MQC-C 1 maal per week 1 melking gebruiken	195,20
8. Bij een attentie van de MQC, de volgende melking de MQC-C inzetten	199,90
5. MQC-C 2 maal per week 1 melking gebruiken	203,00
6. MQC-C 1 maal per week 3 melkingen na elkaar gebruiken	209,80
9. MQC-C de eerste maand van de lactatie continu daarna 2 maal / week	217,40
10. MQC-C de eerste 2 maanden van de lactatie continu daarna 2 maal / week	233,50
7. MQC-C 1 maal per dag 1 melking gebruiken	242,90
11. De MQC-C continu inzetten gedurende de lactatie	327,20

<sup>1)</sup> Aantal iteraties; 10.000

Als melkveebedrijven op dit moment automatisch melk van koeien met klinische mastitis moeten afscheiden, dan zijn de kosten het laagst, als alleen de MQC wordt ingezet. De kosten zijn het hoogst als de MQC-C continu wordt ingezet. De hoge bedragen zijn af te leiden van de lage specificiteit. De SP van de MQC is 92,5%, dat wil dus zeggen dat 7,5% van de normale melk wordt afgescheiden. De SP van de MQC-C is nog lager en daarom zijn hier de kosten nog hoger.



Als de werking MQC-C in de toekomst verbeterd tot een SN van 80% en een SP van 99% veranderd de volgorde van scenario's. In tabel 7 zijn de resultaten weergegeven van de simulatie met de ISO-norm inclusief de FP meldingen.

*Tabel 7: Kosten per koe per lactatie bij inzet van MQC-C volgens de verschillende scenario's. MQC-C met een sensitiviteit van 80% en een specificiteit en 99% en de MQC met een sensitiviteit van 40% en een specificiteit 84,2%, inclusief het automatisch afscheiden van melk met klinische mastitis.*

Scenario's	Kosten per koe Per lactatie <sup>1)</sup>
11. De MQC-C continu inzetten gedurende de lactatie	68,50
7. MQC-C 1 maal per dag 1 melking gebruiken	141,40
10. MQC-C de eerste 2 maanden van de lactatie continu daarna 2 maal / week	141,80
9. MQC-C de eerste maand van de lactatie continu daarna 2 maal / week	157,40
1. Alleen de MQC gebruiken gedurende de lactatie	165,70
6. MQC-C 1 maal per week 3 melkingen na elkaar gebruiken	167,70
5. MQC-C 2 maal per week 1 melking gebruiken	174,60
8. Bij een attentie van de MQC, de volgende melking de MQC-C inzetten	178,30
4. MQC-C 1 maal per week 1 melking gebruiken	181,40
3. MQC-C 1 maal per 2 weken 1 melking gebruiken	183,70
2. MQC-C 1 maal per maand 1 melking gebruiken	185,60

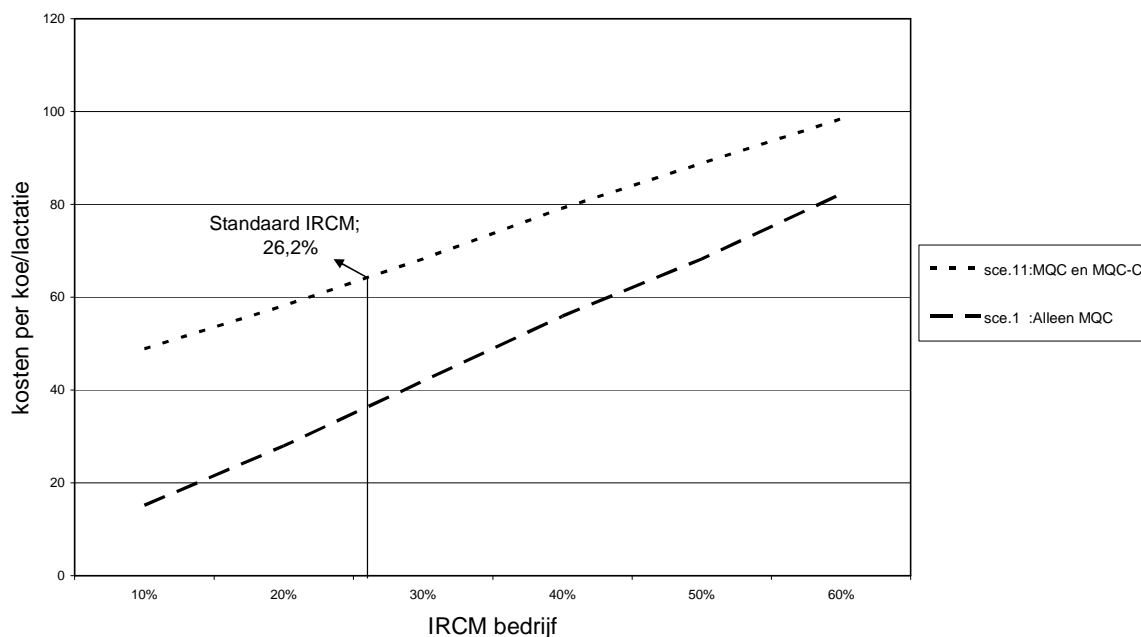
*1) Aantal iteraties; 10.000*

Uit tabel 7 blijkt dat de laagste kosten worden behaald door scenario 11 te gebruiken, bij dat scenario wordt de MQC-C continu gebruikt. De SP is 99%, daarom wordt er maar 1% van de normale melk afgescheiden. Er is ook een duidelijke trend waar te nemen, dat als de MQC-C veel wordt ingezet de kosten het laagst zijn.

### 3.3. Resultaten gevoeligheidsanalyse.

#### 3.3.1. Gevoeligheidsanalyse type bedrijf

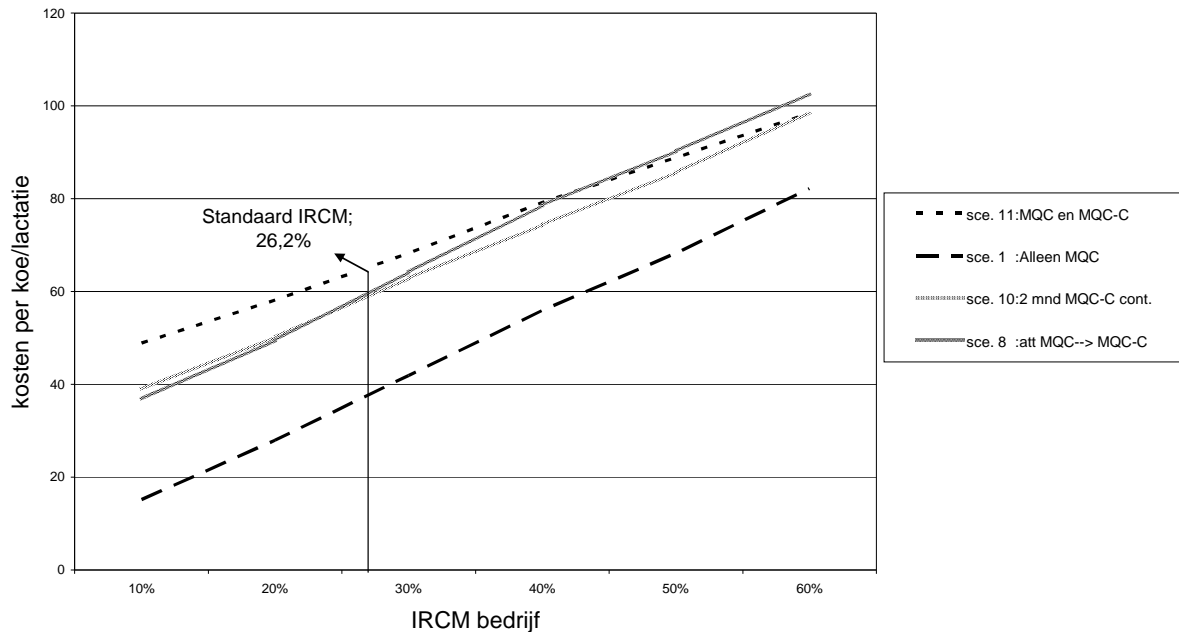
In figuur 3 is de invloed weergegeven van het type bedrijf. Er is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd met steeds een andere IRCM. De IRCM loopt van 10% tot en met 60% met elke keer een tussenstap van 10%.



figuur 3: gevoeligheidsanalyse bij een toename van de IRCM van een bedrijf met alleen de MQC en de MQC in samenwerking de MQC-C.

De kosten bij gebruik van alleen de MQC zijn bij een IRCM van 10% € 15,13 per koe per lactatie en loopt op tot € 82,20 per koe per lactatie bij een IRCM van 60%. De kosten bij gebruik van de MQC-C zijn bij een IRCM van 10% € 48,87 per koe per lactatie en loopt op tot € 98,39 per koe per lactatie bij een IRCM van 60%. Met een 10% toename van de IRCM nemen de kosten van de MQC toe met € 11,20 en nemen de kosten van MQC-C toe met € 8,30. Daarom stijgt de MQC-C minder snel met een toename van de IRCM.

In figuur 4 is de invloed weergegeven van de IRCM op de verschillende scenario's. Niet alle scenario's zijn meegenomen in deze grafiek, omdat alle scenario's bijna dezelfde trend weergeven.

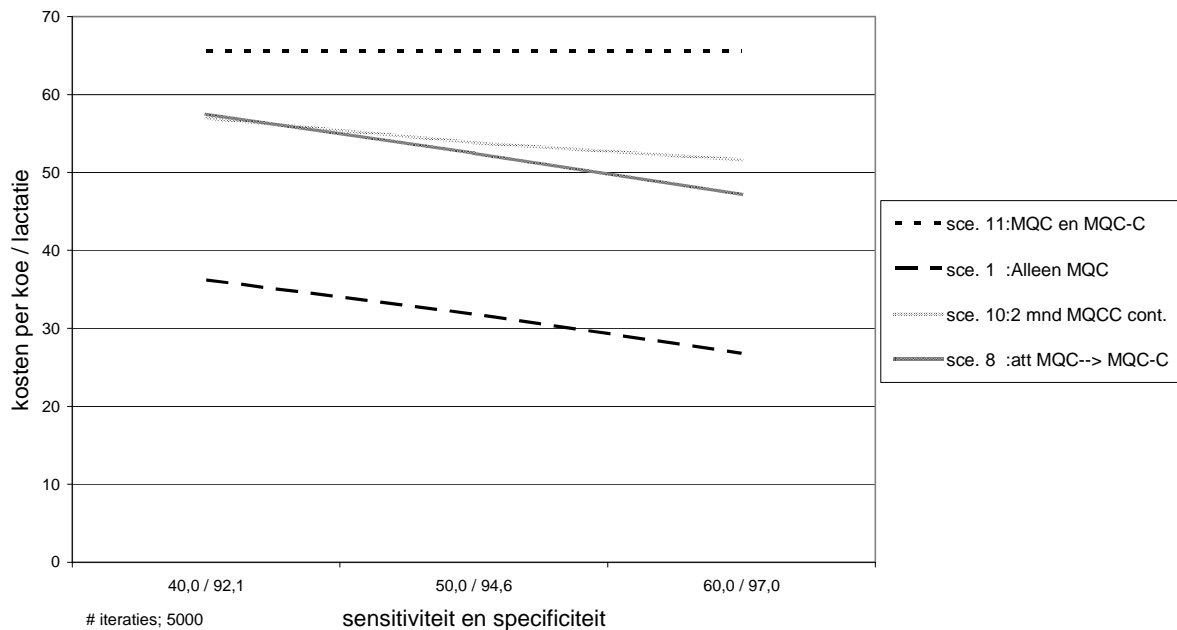


figuur 4: gevoeligheidsanalyse bij een toename van de IRCM van een bedrijf met 4 verschillende scenario's

In figuur 4 zijn twee scenario's bijgevoegd om de trend van de scenario's aan te geven. De kosten bij gebruik van scenario 10 zijn bij een IRCM van 10% € 38,93 per koe per lactatie en loopt op tot € 98,54 per koe per lactatie bij een IRCM van 60%. De kosten bij gebruik van scenario 8 zijn bij een IRCM van 10% € 36,79 per koe per lactatie en loopt op tot € 102,58 per koe per lactatie bij een IRCM van 60%. Met een 10% toename van de IRCM nemen de kosten van de scenario's toe met € 10,70. De scenario's trekken bij een toename van de IRCM naar de lijn van het maximaal gebruik van de MQC-C en sommige scenario's gaan zelfs over de lijn heen.

### 3.3.2. Gevoeligheidsanalyse SN en SP

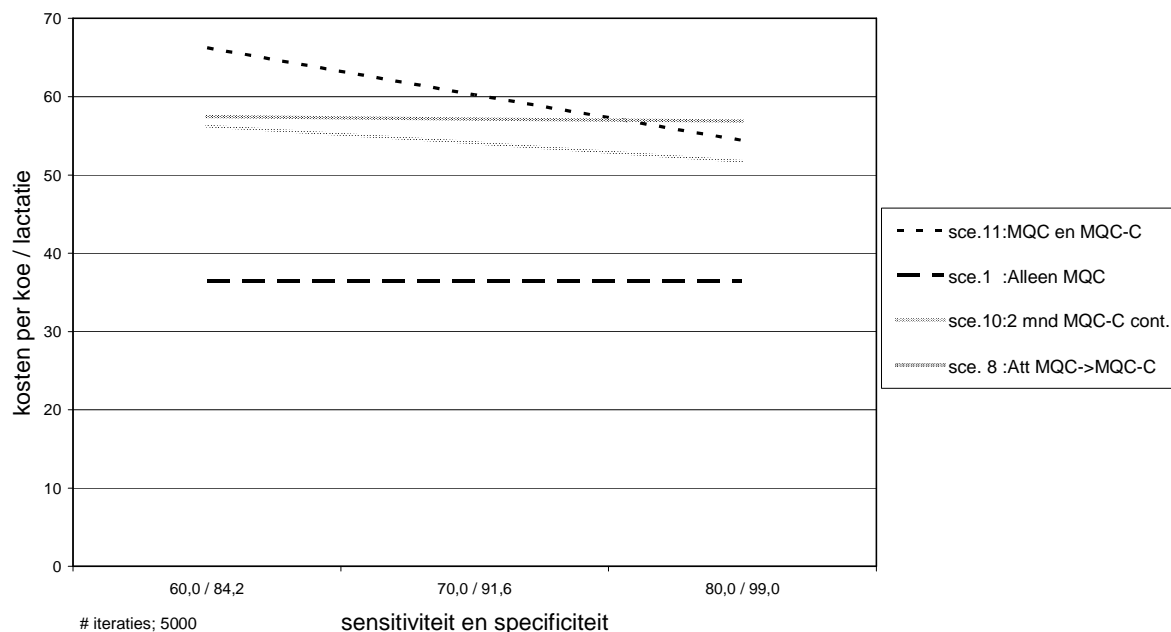
In figuur 5 is de gevoeligheidsanalyse weergegeven van de SN en SP van de MQC met gelijkblijvende SN van 60% en SP van 84,2% voor de MQC-C. De gevoeligheidsanalyse begint met een SN van 40% en een SP van 92,1%, wat de standaardwaarde is, daarna lopen deze op tot een SN van 60% en een SP 97%. Deze waarden zijn in hoofdstuk 2.3 beschreven.



figuur 5: gevoeligheidsanalyse van de sensitiviteit en de specificiteit van de MQC met gelijkblijvende sensitiviteit van 60% en een specificiteit van 84,2% voor de MQC-C.

In figuur 5 is een daling te zien van de kosten bij een toename van de SN en SP van de MQC, behalve scenario 11, het continu inzetten van de MQC-C. Alle andere scenario's geven een daling aan van de kosten. Als de MQC in de toekomst een SN van 60% en SP van 97% behaalt, dan dalen de kosten van de MQC met € 9,39 per koe per lactatie. Bij Scenario 10, twee maanden de MQC-C gebruiken en daarna twee maal per week dalen de kosten met € 5,33 per koe per lactatie. Scenario 8, bij een attentie van de MQC de MQC-C gebruiken dalen de kosten even snel als alleen de MQC wordt ingezet. In eerste instantie zijn de attenties gebruikt van alleen de MQC en dus vooral gevoelig voor de performance van de MQC en veel minder van de MQC-C.

In figuur 6 is de gevoeligheidsanalyse weergegeven van de SN en SP van de MQC-C met gelijkblijvende SN van 40% en SP van 92,1% voor de MQC. De gevoeligheidsanalyse begint met een SN van 60% en een SP van 84,2%, wat de standaardwaarde is, daarna lopen deze op tot een SN van 80% en een SP 99%.



figuur 6: gevoeligheidsanalyse van de sensitiviteit en de specificiteit van de MQC-C met gelijkblijvende sensitiviteit van 40% en een specificiteit van 92,5% voor de MQC..

In figuur 6 is een daling te zien van de kosten bij een toename van de SN en SP van de MQC-C, behalve scenario 1, het continu inzetten van de MQC. Alle andere scenario's geven een daling van de kosten. Als de MQC-C in de toekomst een SN van 80% en SP van 99% behaalt, dan dalen de kosten van de MQC-C met € 11,87 per koe per lactatie. Bij Scenario 10, twee maanden de MQC-C gebruiken en daarna twee maal per week dalen de kosten met € 4,54.

Scenario 8, bij een attentie van de MQC de MQC-C gebruiken dalen de kosten minimaal. In eerste instantie zijn de attenties gebruikt van alleen de MQC en dus vooral gevoelig voor de performance van de MQC en veel minder van de MQC-C.

Uit figuur 6 blijkt dat als de MQC-C een SN van 80% en een SP van 99% heeft nog steeds niet uit kan ten opzichte van de MQC.



## 4. Discussie

### 4.1. Interpretatie resultaten

Bij het beoordelen van de resultaten van de mastitis detectie in Tabel 4, valt meteen op dat de kosten per koe veruit het laagst zijn wanneer de MQC-C niet gebruikt wordt, namelijk € 36,39 per koe per lactatie. De SN van de MQC-C is beter dan de SN van de MQC, maar dit weegt niet op tegen de jaarlijkse vaste kosten van € 1320,- per robot en de kosten per meting van € 0,020.

De meeste scenario's verschillen niet significant van elkaar, omdat de SN en SP van de twee detectiemodellen ook weinig van elkaar verschillen. Het aantal metingen met de MQC-C per lactatie varieert van 12 metingen tot en met 880 metingen per lactatie. In Tabel 4 staan de meeste scenario's op volgorde van weinig tot veel metingen met de MQC-C, de enige afwijking zijn scenario 9 en 10. Bij deze twee scenario's wordt de MQC-C de eerste maand en respectievelijk de eerste twee maanden van de lactatie ingezet en daarna 2 maal per week. Hier kan voor gekozen worden, omdat de kans op klinische mastitis in het begin van de lactatie hoger is (Huijps et al., 2007). Het scenario waarbij de MQC-C continu wordt ingezet is het duurst. De gemiddelde kosten bedragen € 64,84 per koe per lactatie.

Als de sensitiviteit van de MQC-C verbeterd wordt, dan verandert de volgorde van de verschillende scenario's. De kosten van het eerste scenario, waarbij alleen de MQC wordt gebruikt, blijft het laagste, namelijk € 36,12 per koe per lactatie (Tabel 5). Het scenario dat de MQC-C de eerste twee maanden continu wordt gebruikt wordt dan significant beter dan de andere scenario's. Daarna komen scenario 9 en 11, waarbij scenario 11, het continu inzetten van de MQC-C, flink gestegen is ten opzichte van de standaard situatie. De andere scenario's zijn niet significant verschillend van elkaar.

Een van de belangrijkste oorzaken voor de gunstige resultaten van de MQC-C is dat het verschil in performance ten aanzien van de MQC sterk is toegenomen, maar nog steeds nadelig.

Tijdens het onderzoek is er niet veel aandacht besteed aan de FP-meldingen, omdat deze een grote invloed hebben op het resultaat. Het is momenteel ook niet reëel om automatisch melk van koeien met klinische mastitis af te scheiden, omdat de specificiteit van zowel de MQC als de MQC-C te laag is. Pas als de ISO-norm met een SN van 80% en een SP 99% behaald wordt, dan zijn de kosten per koe per lactatie terug te brengen tot € 68,50 (Tabel 7), als de MQC-C continu wordt ingezet. In de standaardsituatie variëren de kosten van €166,30 per koe per lactatie als alleen de MQC wordt ingezet en € 327,20 per koe per lactatie als ook de MQC-C wordt gebruikt (Tabel 6). Dit laatste bedrag is zo hoog, omdat de specificiteit van de MQC-C aan de lage kant is met 84,2%.

Bovenstaande bedragen zijn dusdanig hoog, dat eerst de specificiteit van de MQC en MQC-C sterk moet worden verbeterd, om automatisch afscheiden van melk van koeien met klinische mastitis mogelijk te maken.

De gevoeligheidsanalyse van de IRCM in figuur 3 geeft duidelijk een lineair verband aan. Als de IRCM stijgt dan stijgen ook de kosten per koe per lactatie. Het is duidelijk zichtbaar, dat de kosten per koe per lactatie met de MQC sneller stijgen dan de MQC-C, maar de kosten van de MQC blijven duidelijk lager bij een toename van de IRCM. Alle andere scenario's liggen dicht bij elkaar en trekken met een toename van de IRCM naar de lijn van de MQC-C toe, zie figuur 4. Sommige scenario's passeren zelfs de lijn van de MQC-C als de IRCM oploopt naar +/- 50% en hoger. Dit komt omdat de SN van de MQC lager is en zo kan het zijn dat een scenario waarbij de MQC-C niet continu wordt ingezet een slechter resultaat geeft. Het is daarom beter om bij een hoge IRCM de MQC-C continu in te zetten, als de MQC-C eenmaal in bezit is van de melkveehouder.

Om een gevoeligheidsanalyse uit te voeren met betrekking tot de SN en SP van de MQC en de MQC-C is er goede data nodig. Ten eerste om de hoogte van de SN en SP te weten en als tweede de balans tussen de SN en SP van zowel de MQC als de MQC-C. Helaas is deze data niet beschikbaar, omdat de experts niet weten wat de toekomstperspectieven zijn van de MQC en MQC-C. In figuur 5 is de gevoeligheid van de MQC geanalyseerd en in figuur 6 is de gevoeligheid van de MQC-C geanalyseerd. In beide gevallen nemen de kosten per koe per lactatie af met een toename van de SN en SP. Zowel de SN en SP van de MQC als de MQC-C zullen in de toekomst nog moeten worden verbeterd om klinische mastitis beter op te sporen en normale melk niet onnodig af te scheiden.



## 4.2. Bespreking aannames

Tijdens de opbouw van het simulatiemodel zijn er verschillende keuzes gemaakt, zoals de opzet van het model en de verschillende inputwaardes.

Toen het model klaar was bleek dat het model niet stabiel was, dit wil zeggen dat het gemiddelde continu schommelde. Dit model ging uit van 880 metingen per lactatie, als een koe dan geen klinische mastitis krijgt, zijn er 880 metingen met als output € 0,00. Daarom is het beter om het aantal klinische mastitis gevallen te berekenen en dit te vermenigvuldigen met de inputwaardes. Er is tijdens het onderzoek sprake van geweest om een andere methode te gebruiken, maar door tijdgebrek is dit niet gedaan.

Verder zijn de inputwaardes in het model van grote invloed op de resultaten. De standaardwaardes van de SN en SP van zowel de MQC als de MQC-C zijn gebaseerd op een studie van Mollenhorst en Hogeveen (2008). Alleen de SP van de MQC-C is lager dan de SP van de MQC, ondanks dat er inmiddels bekend is dat de MQC-C op een AMS een daling van het aantal vals positieve attenties weergeeft wanneer het celgetal gemeten wordt op koeniveau en in combinatie met de geleidbaarheid gebruikt wordt (Kamphuis et al., 2008). Maar omdat de precieze data niet bekend is, zijn deze gegevens niet meegenomen in het onderzoek. De aanschaf- en de gebruikskosten zijn van grote invloed op de resultaten, deze zijn namelijk € 20,31 per koe per lactatie, zie tabel 4. De onderhoudskosten zijn € 920,- per jaar per robot. In het model is geen rekening gehouden met de intensiviteit van de metingen met de MQC-C, dat als deze lager zijn ook de onderhoudskosten lager zijn.

De gevallen van klinische mastitis zijn berekend door het model van Huijps, welke de economische verliezen berekend van klinische mastitis (Huijps et al, 2007). De klinische mastitis die wordt gemist door de MQC en MQC-C, heeft waarschijnlijk een grotere invloed dan berekend in het model. Het model neemt de melkproductiederving mee als een koe te laat wordt gedetecteerd, maar het model neemt niet mee dat deze koe niet meer zijn verwachte melkproductie zal behalen in de rest van de lactatie en in het uiterste geval kan de koe worden afgevoerd. Al is dat laatste niet een direct gevolg van de te late detectie van zowel de MQC als de MQC-C. Ook is in het model niet de hogere kans dat een koe een tweede keer klinische mastitis binnen een lactatie krijgt meegenomen. De TP-meldingen zijn gewaardeerd tegen de kosten van € 0.17 per kg weggegooid melk. Als het melkquotum in de toekomst eraf gaat, dan zullen de kosten van een kg weggegooid melk stijgen, omdat de kosten van een kg melk niet meer gecorrigeerd hoeft te worden voor het melkquotum. Dit heeft dan invloed op de MQC en de MQC-C, dus geen invloed op de verschillen tussen deze twee detectiemethoden.

De verschillende scenario's welke gebruikt zijn in het onderzoek zijn heel divers. Van het continu gebruiken van de MQC-C tot en met het niet gebruiken van de MQC-C. Als de MQC-C gebruikt wordt, dan gebeurt dit een gehele dag, in dit onderzoek wordt de MQC-C maar één maal per dag, week of maand ingezet. In de praktijk wordt de MQC-C momenteel een bepaalde periode ingezet, om zo van alle koeien minimaal één keer het celgetal te bepalen. Momenteel is het technisch niet mogelijk om de MQC-C gericht in te zetten, om zo de verschillende scenario's toe te passen, maar in de toekomst kan dit wel (pers. comm. Van der Tol, Lely industries NV).

## 5. Conclusies

Op dit moment is de aanschaf van een MQC-C op een automatisch melksysteem niet rendabel. De hoge aanschafwaarde en onderhoud- en gebruikskosten wegen niet op tegen de hogere sensitiviteit van de MQC-C. Als een melkveehouder toch besluit om een MQC-C aan te schaffen en te gebruiken, dan is het aan te raden om de MQC-C de eerste 2 maanden van de lactatie in te zetten, vanwege de hogere kans op klinische mastitis in het begin van de lactatie.

Mocht de sensitiviteit en specificiteit van de MQC-C in de toekomst verbeteren, dan kan de aanschaf in overweging genomen worden, maar het inzetten van alleen de MQC blijft het voordeligst. Als de performance van de MQC in de toekomst toeneemt, dan wordt het verschil tussen de performance van de MQC en MQC-C kleiner en wordt het gebruik van de MQC-C nog minder rendabel.

Het automatisch afscheiden van melk van koeien met klinische mastitis is economisch gezien zeer onrendabel, vanwege de lage specificiteit van de MQC en MQC-C. Dit is pas mogelijk als de specificiteit 99% of hoger is.



## Literatuurlijst

1. Barkema, H.W., Y.H. Schukken, T.J.G.M. Lam, M.L. Beiboer, H. Wilmink, G. Benedictus & A. Brand. 1998. *Incidence of clinical mastitis in dairy herds grouped in three categories by bulk milk somatic cell counts*. Journal of dairy Science (1998) 81:411-419
2. Dodd, F.H., D.R. Westgarth, F.K. Neave & R.G. Kingwill. 1969. *Mastitis – the strategy of control*. Journal of dairy science 52:689-695.
3. Huijps, K., Lam, TJGM., H. Hogeveen, 2007. *Cost of mastitis: facts and perception*. Journal of dairy research (2008) 75:113-120.
4. Huizingh, E. 2002. *Inleiding SPSS 9.0 voor Windows en data Entry*. Pp. 305.
5. Kamphuis, C., D. Pietersma, R. Tol van der, M. Wiedemann & H. Hogeveen. 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 62:169-181.
6. Mollenhorst, H., H. Hogeveen. 2008. *Detection of changes in homogeneity of milk*.
7. Nickerson, S. H. 1996. *Clinical mastitis: To treat or not to treat*. Western Canadian dairy Seminar, <http://www.wcds.afns.ualberta.ca/Proceedings/1996/wcd96355.htm>
8. Pietersma, D., H. Hogeveen. 2004. *Cost of discarding milk with automatic separation of abnormal milk*. In: Automatic milking – a better understanding, Eds: A. Meijering, H. Hogeveen & C. de Koning. Wageningen academic Publishers, Nederland. pp. 217-219.
9. Rasmussen, M.D. 2003. *Definition of normal and abnormal milk at time of milking; consequences of definitions of acceptable milk quality for the practical use of automatic milking systems*. [www.automaticmilking.eu](http://www.automaticmilking.eu). (QLK5-2000-31006)
10. Reinemann, D.J., J.M. Helgren. 2004. *Online milk sensing issues for automatic milking*. The Canadian Society for engineering in Agricultural, food, and biological systems. Paper number: 04-4191
11. Whyte, D.S., R.G. Orchard, P.S. Cross, R.W. Claycomb & G.A. Mein. 2004. *An online somatic cell count sensor*. In: Automatic milking – a better understanding, Eds: A. Meijering, H. Hogeveen & C. de Koning. Wageningen academic Publishers, Nederland. pp. 235-240.
12. Wood, P.D.P. 1967. *Algebraic model of the lactation curve in cattle*. Nature (London) 216:164–165.

### **Websites**

1. [www.lely.com](http://www.lely.com), 2008 *'informatie robot melken'*
2. [www.nrs.nl](http://www.nrs.nl), 2008 *'gemiddelde melkproductie'*