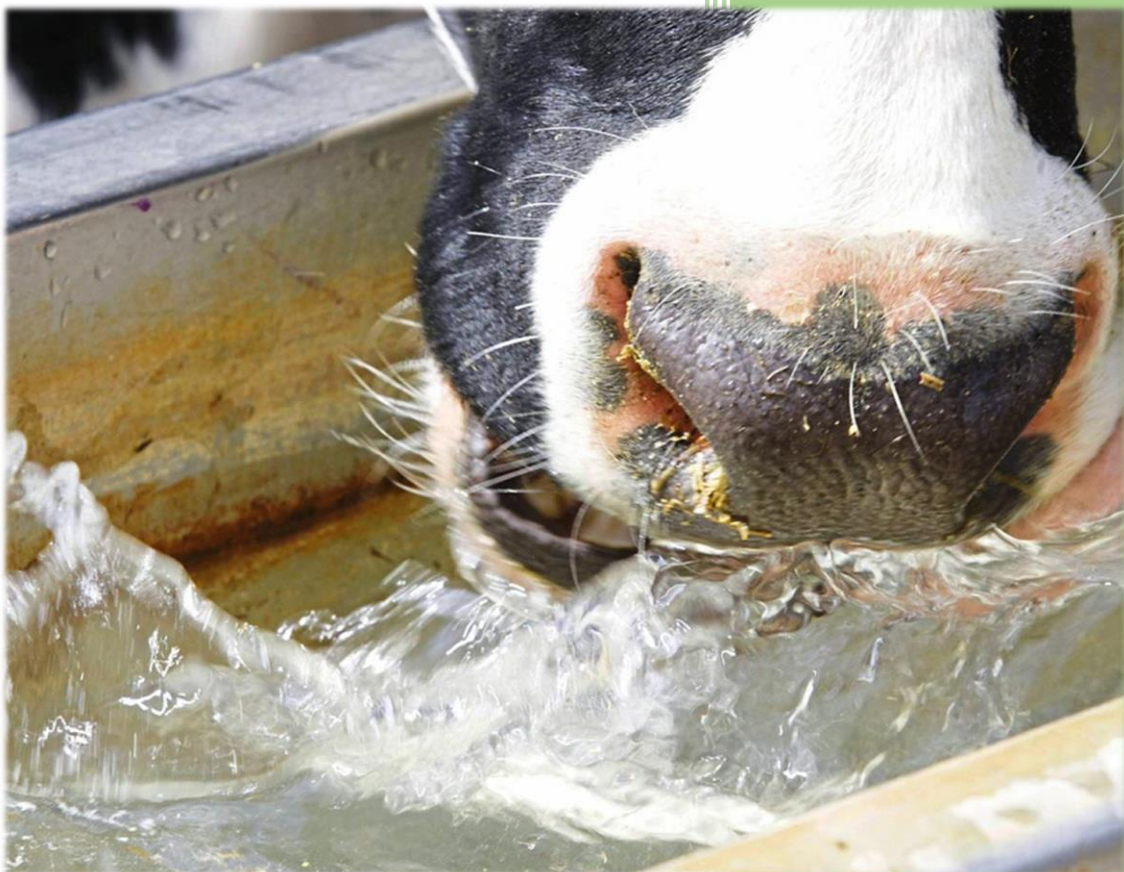


2021

Waarom investeren in drinkwaterbehandeling voor melkvee?



Titel: Waarom investeren in drinkwaterbehandeling voor melkvee?

Naam student: Joost Wieggers
Hogeschool: Aeres Hogeschool te Dronten, University of Applied Sciences
Opleiding: Dier- en veehouderij (Major)
Plaats en datum: Diepenheim, 7 juni 2021
Naam afstudeerdocent: Elvy Steenhuisen
Bron afbeelding voorpagina: <https://www.agrarheute.com/tier/rind/traenkewasser-gut-gut-genug-554649>

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

Beste lezer,

Ik ben inmiddels aanbeland in het laatste jaar van mijn opleiding Dier- en Veehouderij (Deeltijd) aan Aeres Hogeschool te Dronten. Als afronding van deze opleiding, is het aan mij als student, de taak om te laten zien dat ik de ontwikkelde competenties en opgedane kennis kan toepassen in de praktijk door het schrijven van het afstudeerwerkstuk. Het afstudeerwerkstuk is een individuele verdieping van de opleiding en is in feite de Proeve van Bekwaamheid van de afstudeerfase van de opleiding. Dit rapport ligt nu voor u.

Vanwege mijn achtergrond als boerenzoon en vanuit de ervaring die ik heb vanwege mijn technische werk rondom automatische melksystemen, heb ik een onderwerp gekozen dat goed past in mijn brede interesse in melkveehouderij en techniek. Ik heb in mijn werk dagelijks te maken met water. De melkkoeien drinken het, de melkmachine wordt er mee gespoeld, vaak wordt melk er mee voorgekoeld en ook voor de hygiëne is water onmisbaar. Dit afstudeerwerkstuk is een mooie kans om me verder te verdiepen in waterkwaliteit, om melkveehouders op dit vlak te kunnen bijstaan tijdens mijn werkzaamheden.

Graag wil ik van de gelegenheid gebruik maken om mijn afstudeerdocent Elvy Steenhuisen te bedanken voor haar begeleiding rondom het vooronderzoek en afstuderen.

Diepenheim, juni 2021

Joost Wieggers

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Inhoudsopgave	3
Samenvatting.....	5
Summary	6
Hoofdstuk 1: Inleiding	7
1.1. Wat is er mis met de waterkwaliteit op melkveebedrijven?	7
1.1.1. Toepassing van eigen bronnen op melkveebedrijven.....	7
1.1.2. Focus op biofilm	8
1.2. Wordt er voldoende onderzoek gedaan naar drinkwaterkwaliteit?.....	8
1.2.1. Biofilm in leidingsystemen	8
1.2.2. Biofilm heeft “voeding” nodig.....	9
1.2.3. Materiaalkeuze leidingsystemen.....	9
1.2.4. Biofilm verwijderen	9
1.2.5. Ervaring uit de humane drinkwatervoorziening.....	10
1.3. Hoe kan de huidige kennis goed toegepast worden in stallen?.....	10
1.4. Hoofdvraag en deelvragen	11
1.5. Doelstelling van het onderzoek.....	11
Hoofdstuk 2: Aanpak	12
2.1. Deelvraag 1: Wat zijn risicofactoren in waterleidingsystemen?	12
2.2. Deelvraag 2: Welke drinkwater-nabehandelingen zijn er mogelijk?	12
2.3. Deelvraag 3: Wat zijn wetenschappelijk bewezen resultaten van deze drinkwater-nabehandelingen?	13
2.4. Deelvraag 4: Hoeveel bewezen economisch voordeel heeft het gebruik van drinkwater-nabehandeling?	13
Hoofdstuk 3: Resultaten	14
3.1. Wat zijn risicofactoren in waterleidingsystemen op melkveebedrijven?	14
3.1.1. Opbouw en uitvoering waterleidingsystemen stallen	14
3.1.2. Monolaag en meerlagige biofilm	16
3.1.3. De rol van ijzer als essentiële bouwstof bacteriën.....	17
3.1.4. Invloed van glucose op biofilm.....	17
3.1.5. Rol van minerale afzetting.....	17
3.1.6. Beschikbaarheid van koolstof (C)	18
3.1.7. Leidingdiameter.....	18
3.1.8. Stilstaand water.....	19
3.1.9. Materiaalgebruik leidingen	19

3.2. Welke drinkwater-nabehandelingen zijn mogelijk?	19
3.3. Wat zijn wetenschappelijk bewezen resultaten van deze drinkwater-nabehandelingen? ..	21
3.4. Hoeveel bewezen economisch voordeel heeft het gebruik van drinkwater-nabehandeling?	22
Hoofdstuk 4: Discussie	24
4.1. Doelstelling van het onderzoek.....	24
4.2. Discussie van de resultaten	24
4.3. Reflectie van het onderzoek.....	25
Hoofdstuk 5: Conclusies	26
5.1. Antwoord op deelvragen.....	26
5.2. Antwoord op de hoofdvraag	27
6. Aanbevelingen	28
Bronnenlijst	29
Bijlagen	32
Bijlage 1: Beoordeling Vooronderzoek Afstudeerwerkstuk	32
Bijlage 2: Toestemmingsformulier tot opname en beschikbaarstelling afstudeerwerkstukken in repository.....	36
Bijlage 3: Checklist Schriftelijk Rapporteren	38

Samenvatting

In Nederland is rondom de drinkwaterkwaliteit van melkvee niet altijd voldoende bewustzijn. Melk bestaat voor een heel groot deel uit water, de drinkwateropname heeft dus een grote invloed op de melk. Niet alleen in productie maar ook in kwaliteit en samenstelling. Als het water bacteriën of ziekteverwekkers bevat, dan krijgt een melkkoe er waarschijnlijk ook veel van binnen door het drinken. De basiswaterkwaliteit van leidingwater is in Nederland overal op orde, echter zijn er ook veel veehouders die gebruik maken van installaties die grondwater oppompen en behandelen tot drinkwater. Voor de werking en het onderhoud zijn ondernemers zelf verantwoordelijk.

Er van uitgaande dat het water bij de bron van goede kwaliteit is, kan er onderweg in de leidingen nog van alles mis gaan. Aanwezige bacteriën en organismen kunnen een biofilm vormen op plekken waar water stilstaat of er minerale afzettingen in de leidingen aanwezig zijn. Als er dan ook nog voor leidingmaterialen gekozen is die de groei van biofilm stimuleren dan is de kans groot dat deze zich ook daadwerkelijk gaat vormen. Om biofilm te voorkomen of verwijderen zijn allerlei producten op de markt en beschikbaar voor melkveehouders. Bedrijven die deze producten leveren waarschuwen uitgebreid voor de problemen die biofilm kan veroorzaken en claimen dat hun producten zich terug verdienen. Potentiële klanten (melkveehouders) zitten met de vraag of het zin heeft om te investeren in deze producten.

In dit rapport is een literatuuronderzoek verricht naar de risicofactoren die er zijn in de drinkwatervoorziening op melkveebedrijven en welke methodes er aangeboden worden aan melkveehouders om biofilmproblemen op te lossen. Door middel van literatuuronderzoek is er gezocht naar bewezen werking en economische voordelen van de producten. De onderzoeksvraag is: *In hoeverre heeft het toegevoegde waarde voor melkveehouders die gebruik maken van bronwater, om te investeren in drinkwater-nabehandeling voor het melkvee?*

Uit het onderzoek blijkt dat de producten die aangeboden worden, op de juiste manier toegepast, goed werken om problematiek rondom biofilm aan te pakken. Echter horen melkveehouders eerst kritisch te kijken naar de werking van de broninstallatie (basiskwaliteit van het water) en hoe het drinkwatersysteem opgebouwd is. Financieel is het wellicht interessanter om risicovolle leidingsystemen aan te pakken, in plaats van te investeren in producten die niet de problemen in de basis aanpakken.

Summary

In the Netherlands, there is not always sufficient awareness of the drinking water quality of dairy cattle. Milk consists for a large part of water, so the drinking water intake has a major influence on milk. Not only in production but also in quality and composition. If the water contains bacteria or pathogens, it is likely that a dairy cow ingests a lot of them through drinking. The basic water quality of tap water is in order everywhere in the Netherlands, but there are also a lot of livestock farmers who use installations that pump up groundwater and treat it to drinking water. Farmers are responsible for their own operation and maintenance.

Assuming that the water quality is good, a lot can still go wrong in the pipes along the way. Bacteria and organisms can form a biofilm in places where water stands still or where there are mineral deposits in the pipes. If there are pipe materials chosen that stimulate the growth of biofilm, there is a good chance that it will actually form. To prevent or remove biofilm, all sorts of products are available for dairy farmers. Companies that supply these products warn extensively about the problems biofilm can cause and claim that farmers make more money using their products. Potential customers (dairy farmers) are left with the question whether it makes sense to invest in these products.

In this report, a literature study was carried out into the risk factors that exist in the drinking water supply on Dutch dairy farms and which methods are offered to dairy farmers to solve biofilm problems. By means of literature research, a search was made for proven effects and economic advantages of the products. The research question is: Does it have added value for dairy farmers who use their own spring water to invest in drinking water post-treatment for their cattle?

The research shows that the products that are offered, when applied correctly, work well to tackle the problems surrounding biofilm. However, dairy farmers should first critically examine the functioning of the water source (basic water quality) and the structure of the drinking water system. Financially, it may be more interesting to tackle high-risk piping systems, rather than investing in products that do not tackle the basic problems.

Hoofdstuk 1: Inleiding

1.1. Wat is er mis met de waterkwaliteit op melkveebedrijven?

In de melkveehouderij wordt veel aandacht besteed aan voeding van melkkoeien, het jongvee en de kalveren. Er is al jaren veel onderzoek gedaan naar welke voeding het best past bij de gewenste resultaten, maar voor drinkwater was minder aandacht. De laatste jaren is er steeds meer focus op de drinkwaterkwaliteit van het vee. Voeradviseurs houden zich er meer mee bezig en vanuit de Gezondheidsdienst voor Dieren is er veel informatie te vinden over drinkwaterkwaliteit (Gezondheidsdienst voor Dieren, 2021). Een slechte drinkwaterkwaliteit kan bij melkkoeien een productiedaling van 10-25% veroorzaken (Hietkamp, 2014). Een melkkoe heeft water nodig om nutriënten en voedingsbestanddelen op te kunnen lossen en te “transporteren”. Wateropname is ook van belang voor warmteregulatie in het lichaam van de melkkoe, daarom is er rechtstreeks verband met prestaties en gezondheid van koeien (Pittgens, 2019; Adams & Sharpe, 1995).

De vochtbehoefte van hoogproductieve melkkoeien kan variëren van 120 liter in de winter tot 180 liter in de zomer. De waterbehoefte hangt nauw samen met de drogestof opname van dieren. Een waterbehoefte van 6 liter per kg opgenomen drogestof is een reële maat. Als er niet voldoende goede kwaliteit drinkwater beschikbaar is, gaat een dier minder vreten en daalt hierdoor de melkproductie. Managementsignalen voor een slecht drinkwaterkwaliteit zijn onverklaarbare daling van melkproductie, hoog celgetal of vergiftigingsproblemen. In de stal wijzen signalen als urine van andere melkkoeien drinken, dikke mest of heel onregelmatig drinkgedrag, dat er iets mis is met de kwaliteit van het drinkwater. De kleur van de urine kan ook aangeven dat er te weinig vocht opgenomen wordt, donkere urine is een indicatie dat de concentratie stoffen die het lichaam afvoert met te weinig vocht verdund worden (Pittgens, 2019; Adams & Sharpe, 1995).

Het is lastig te zeggen wat de kwaliteit van het drinkwater binnen de sector is omdat het ontbreekt aan duidelijke cijfers. Wel blijkt bijvoorbeeld uit het project “Koeien en Kansen” dat in 2018, op een derde van de deelnemende bedrijven, het drinkwater niet geschikt is als drinkwater voor melkvee. Dit komt waarschijnlijk door de vorming van biofilm in leidingen (Koeien en Kansen, 2021). Ook blijkt uit cijfers van de Gezondheidsdienst voor Dieren dat van alle verzamelde watermonsters in 2014, 30 tot 50% minder of ongeschikt was als drinkwater voor melkkoeien (Hietkamp, 2014) om vergelijkbare redenen.

1.1.1. Toepassing van eigen bronnen op melkveebedrijven

In Nederland is kraanwater overal geschikt voor consumptie als het van een drinkwaterbedrijf afgenomen wordt. Het is dan ook logisch om te concluderen dat de waterkwaliteit dan bij de bron/aanvoer in orde is. Maar voor de melkveebedrijven die gebruik maken van een eigen broninstallatie is dit niet met zekerheid te zeggen. Dit gaat in Nederland om de helft van de bedrijven (Veeteelt, 2017). De filtering, eventuele ontsmetting en het onderhoud van de apparatuur hiervoor, is de verantwoordelijkheid van deze melkveehouders zelf. Bedrijven die gebruik maken van eigen bronwater om melk voor te koelen of om de melkinstallatie te spoelen moeten het water jaarlijks laten keuren voor Qlip (De Roode, Verwoerd & Meijerink, 2017). Dit geeft een indicatie van de kwaliteit van de bron. Veehouders die eigen bronwater, alleen als drinkwater voor vee gebruiken, hoeven dit niet. Los van de controle voor Qlip is er het risico dat een bron op een gegeven moment minder goed werkt of dat er te weinig onderhoud gedaan wordt.

Waterkwaliteit is te onderscheiden in verschillende aspecten. Er is sprake van fysische kwaliteit (temperatuur, helderheid, kleur of smaak), chemische kwaliteit (bijvoorbeeld zware metalen, fosfaat of kalk) en de microbiologische kwaliteit (bacteriën, virussen en algen) (Wageningen Livestock Research, 2016).

1.1.2. Focus op biofilm

Biofilm is een slijmerige laag aan micro-organismen die zich hechten aan de binnenkant van leidingen en waterbakken. Hier vermeerderen deze organismen zich en zijn zelfs in staat om een barrière op te bouwen tegen de stroming van het water en chemische ontsmettingsmiddelen. De gevaren van deze biofilm zijn de ziekteverwekkers en gifstoffen die het kan produceren en afgeeft aan het voorbij stromende water (Watter, 2018). Toxicoloog G. Counotte van de Gezondheidsdienst voor Dieren pleit voor een jaarlijks onderzoek, ook bij veehouders die dit niet verplicht zijn (Veeteelt, 2017).

Dat er tussen de bron en de waterbak bacteriegroei mogelijk is, of zelfs een biofilm kan ontstaan, is geen nieuws. Er zijn allerlei bedrijven die hiervoor oplossingen aanbieden voor de agrarisch sector. Deze lopen uiteen van toevoegen van chemische middelen, beluchten van water, elektrolyseren van water tot complexe techniek waarbij zoutoplossingen elektrochemisch geactiveerd worden om zo leidingen te ontsmetten. Melkveehouders worstelen met de vraag hoe groot het probleem is op hun bedrijf en wat ze eventueel nodig hebben als oplossing. Ook is het belangrijk om te weten of investeringen zich ook terugbetalen. De vaste en variabele kosten lopen nogal uiteen en aanschaf van apparatuur varieert van €1.000 tot €30.000.

1.2. Wordt er voldoende onderzoek gedaan naar drinkwaterkwaliteit?

Een veehouder staat er gelukkig niet alleen voor om te beoordelen of het drinkwater in de stal van voldoende kwaliteit is. De eisen die gesteld worden aan het drinkwater dat aangeboden wordt aan runderen op melkveebedrijven zijn wetenschappelijk onderzocht (Breede, 2008) en openlijk te raadplegen via het internet. Een melkveehouder of voeradviseur kan gemakkelijk aan informatie komen door bijvoorbeeld op de website van de Gezondheidsdienst voor Dieren (GD) te zoeken naar drinkwatereisen (Gezondheidsdienst voor Dieren, 2021). Ook begeleidt de GD veehouders en adviseurs met een stappenplan om de kwaliteit van het drinkwater te beoordelen. Uit gegevens van de GD en “Koeien en Kansen” blijkt dat er grof geschat op zo’n 35% van de melkveebedrijven die monsters insturen, een probleem is met de kwaliteit van het drinkwater. De watermonsters die de GD verwerkt voor Qlip zijn ook meegenomen in deze cijfers. De kans is groot dat het aandeel watermonsters met leidingwater als bron voornamelijk komt van bedrijven waar getwijfeld wordt over de waterkwaliteit en er aanleiding is tot een kwaliteitsonderzoek.

1.2.1. Biofilm in leidingsystemen

Zoals eerder genoemd wordt het ontstaan van biofilm gezien als grootste bron van vervuiling van het drinkwater in stallen. In *Biofilms: microbial cities of scientific significance* (Vasudevan, 2014) wordt uitgelegd dat een biofilm een zeer complexe samenwerking is tussen allerlei organismen (bacteriën, gisten en ziektekiemen) en de samenstelling kan heel erg variëren, afhankelijk van de bron van de biofilm. Deze verschillende organismen, met elk hun eigen specifieke eigenschappen, zijn in staat om zich te hechten aan oppervlakken en produceren met elkaar een barrière tegen externe factoren in de vorm van een slijmerige laag die de organismen beschermt. De biofilm is opgebouwd uit eiwitten, enzymen en plantaardige resten en geeft het geheel een veerkrachtige werking om weerstand te bieden tegen de kracht van stromend water in de leidingen. Door elektrostatische aantrekkingskracht van sommige “deelnemers” van de biofilm en waterstofbruggen tussen de organismen, blijken deze in staat om de biofilm bij elkaar te houden. De biofilm is niet alleen in staat de organismen die de biofilm vormen te beschermen maar binnen de biofilm ontstaat ook een perfect leefmilieu voor de organismen. Door de nauwe samenwerking tussen de organismen ontstaan er binnen de biofilm allerlei waterkanalen waardoor de organismen in staat zijn elkaar te voorzien van de juiste stoffen, het afvoeren van gifstoffen en de aanvoer van eiwitten en bouwstoffen voor de biofilm. Door deze waterkanalen is de biofilm ook in staat om zich uit te breiden of elders een nieuwe kolonie te stichten (Stoodley, Sauer, Davies & Costerton, 2002).

1.2.2. Biofilm heeft “voeding” nodig

Voor het ontstaan van biofilm zijn organismen nodig in het water, maar het groeipotentieel van biofilm is erg afhankelijk van de koolstofvoorziening voor de biofilm. Dit is de basis waarop de organismen zich kunnen vermeerderen en waarmee ze gevoed worden. Het blijkt dat plantaardige resten (humusstoffen) voor biofilm een bruikbare koolstofbron zijn (Camper, Burr, Ellis, Butterfield & Abernathy, 1999). Bij een goed functionerende watervoorziening en filtering is het logischerwijs niet mogelijk dat humusstoffen in het leidingsysteem terecht komen. Dit is echter wel mogelijk bij een drinkwatervoorziening met een communicerende-vaten systeem, dat in het verleden veel werd toegepast in stallen. Voerresten en faeces van dieren kunnen in de waterbak terecht komen en door variaties in waterdruk ook in de leidingen komen. In moderne stallen wordt deze drinkwatertechniek weinig toegepast.

Het blijkt dat het materiaal waarvan waterleidingen gemaakt zijn ook een invloed op de biofilm-groei kan hebben, omdat niet alle materialen eenzelfde dichtheid voor koolstof en stikstof (in gasvorm) hebben. Als koolstof in staat is door het materiaal van de waterleiding te gaan, is dit een voedingsbodem voor de biofilm. In *Biofilms in drinking water: problems and solutions* (Simões & Simões, 2013) wordt uitgebreid onderzoek verricht naar oplossingen tegen biofilm. De onderzoekers onderscheiden de oplossingen in het voorkomen van biofilm, te focussen op gebruik van materialen en hoe systemen aangelegd worden. Er wordt ook genoemd welke methodes in de humane drinkwaterbehandeling tegen biofilm gebruikt worden en wat hun risico's en werking zijn.

1.2.3. Materiaalkeuze leidingsystemen

Stallen zijn tegenwoordig vooral uitgevoerd met leidingsystemen van PE/Polyetheen. Dit is een goedkope kunststofsoort die zich makkelijk laat bewerken en flexibele eigenschappen heeft. In *The potential for biofilm growth in water distribution systems* (Hallam, West, Forster & Simms, 2001) wordt onderzocht welke leidingsystemen in meer of mindere mate de groei van biofilm voeden. Het blijkt dat bij gebruik van ijzeren leidingen biofilm in staat is om de meeste koolstof uit de omgeving op te nemen. Voor de huidige melkveehouderij is dit eigenlijk geen probleem omdat veel stallen niet meer met ijzeren leidingen zijn uitgevoerd. Uit het onderzoek is echter ook gebleken dat PE te veel koolstof door kan laten. Recent Zwitsers onderzoek bevestigt dat het gebruik van lage kwaliteit kunststofleidingen de waterkwaliteit verslechtert en groei van biofilm stimuleert. Deze materialen hebben te veel koolstofmigratie waardoor organismen gemakkelijk aan voldoende voeding komen om biofilm te vormen. Het wordt sterk aanbevolen om voor waterleidingsystemen in nieuwe gebouwen, gebruik te maken van hoogwaardige materialen als koper en rvs (Neu & Hammes, 2020).

1.2.4. Biofilm verwijderen

Om biofilm in waterleidingen te verwijderen zijn verschillende oplossingen in allerlei sectoren, want de agrarische sector is niet de enige sector waar dit probleem speelt. Een verschil tussen de melkveehouderij en andere sectoren is dat een melkveestall normaal gesproken geen langere periode van leegstand kent. Er is geen tijd om leidingen en systemen uit elkaar te halen, bijvoorbeeld mechanisch te reinigen en vervolgens het leidingsysteem weer op te bouwen, zoals bij pluimveestallen gebruikelijk is. Een ander nadeel van het mechanisch verwijderen van biofilm is dat er grote concentraties bacteriën en organismes loskomen en op een andere plek in het systeem verstoppingsproblemen kunnen veroorzaken. Ook kunnen er hoge concentraties los gekomen ziekteverwekkers in dieren terecht komen tijdens het drinken, als er niet grondig gewerkt wordt bij het reinigen. Het mechanisch verwijderen van biofilm blijkt in de praktijk bijna onmogelijk. De biofilm die zichtbaar is in leidingen heeft zich meestal te goed ingenesteld voor een succesvolle mechanische verwijdering en zal waarschijnlijk zonder veel moeite opnieuw ontstaan (Gomes, Lemos, Mathieu, Simões & Simões, 2018).

Naast mechanische verwijderen is het ook mogelijk om toevoegmiddelen in het water te gebruiken tegen biofilm. Biofilm bestaat weliswaar uit bacteriën en andere micro-organismen, maar door de slijmerige beschermlaag en de samenwerking tussen alle componenten is het grotendeels ongevoelig voor antibiotica. Het is natuurlijk niet van deze tijd om antibiotica in te zetten, maar het bleek ook dat het niet in staat is om de gehele biofilm aan te pakken (Schwartz, Kohnen, Jansen & Obst, 2003).

Bij het inzetten van chemische middelen tegen biofilm schuilen dezelfde gevaren als wanneer geprobeerd wordt de biofilm mechanisch te verwijderen. De biofilm kan slechts deels doorbroken worden waardoor grote hoeveelheden ziekteverwekkers loslaten en ophopen in waterbakken als er niet zorgvuldig gewerkt wordt (spoelen na reiniging). Sporen van chemische middelen kunnen negatief werken op het pensmilieu van de melkkoe. Deze zit ook vol met bacteriën die de koe nodig heeft voor het omzetten van voer, maar bij varkens en kippen zijn deze middelen wel te gebruiken (Gezondheidsdienst voor Dieren, 2021).

1.2.5. Ervaring uit de humane drinkwatervoorziening

In de drinkwaterbehandeling van water voor humane consumptie werd in het verleden veel chloor gebruikt om ziekteverwekkers te doden. Waterbedrijven hebben voorkeur voor deze methode. Omdat er steeds meer ziekteverwekkers bestand blijken tegen het gebruik van chloor, en sporen/afbraakproducten van chloor en beschadigde ziekteverwekkers nog steeds schadelijk kunnen zijn, is er vanuit de waterindustrie onderzocht of het mogelijk is om door middel van elektrochemische desinfectie biofilm te voorkomen en verwijderen. Installaties gebaseerd op deze techniek werken meestal met een apparaat dat, doormiddel van elektrolyse, een zoutoplossing omzet in natuurlijk afbreekbare vrije chloren en componenten met de eigenschap om organismen en bacteriën te doden. Uit onderzoek blijkt dat het goed mogelijk is om door middel van elektrochemische behandeling, ziekteverwekkers te doden. Het blijkt dat om voldoende capaciteit en doeltreffendheid te halen er meer onderzoek nodig is (Kerwick, Reddy, Chamerberlain & Holt, 2005).

1.3. Hoe kan de huidige kennis goed toegepast worden in stallen?

Uit bovenstaand literatuuronderzoek komt naar voren dat het ontstaan en bestaan van biofilm in waterleidingen, drinkbakken en randapparatuur een bedreiging is voor de drinkwater opname van melkkoeien. Dit heeft een directe invloed op de ruwvoeropname en de melkproductie en het heeft een negatieve invloed op de inkomsten van melkveehouders. Een ander risico bij het vormen van een biofilm is de verspreiding van ziekteverwekkers via het drinkwater, wat de gezondheid van de dieren kan aantasten. Gelukkig is de melkveehouderij niet de enige sector waar er problemen zijn met biofilm en is er al veel onderzoek gedaan naar mogelijkheden om biofilm en biofilmvorming aan te pakken. Helaas zijn niet alle technieken geschikt voor herkauwers en zijn er grote verschillen in effectiviteit, uitvoerbaarheid en is eventueel benodigde apparatuur vaak prijzig.

De meeste onderzoeken zijn van toepassing op water voor humane consumptie. Dit is geen probleem maar het is de vraag in hoeverre technieken toepasbaar zijn in drinkwatervoorziening voor melkvee. Het is ook nog niet bekend in hoeverre het voor individuele melkveehouders interessant is om in deze oplossingen en/of apparatuur te investeren. Als deze apparatuur niet direct hun probleem rondom drinkwateropname en drinkwaterkwaliteit oplost en er misschien andere onderdelen van watervoorziening van melkvee eerst nader bekeken moeten worden, is het geen goede investering op dat moment. Daarom is de hoofdvraag van dit onderzoek: *In hoeverre heeft het toegevoegde waarde voor melkveehouders die gebruik maken van bronwater om te investeren in drinkwater-nabehandeling voor het melkvee?*

1.4. Hoofdvraag en deelvragen

De hoofdvraag van het onderzoek luidt als volgt: *In hoeverre heeft het toegevoegde waarde voor melkveehouders die gebruik maken van bronwater om te investeren in drinkwater-nabehandeling voor het melkvee?*

Om deze hoofdvraag goed te kunnen beantwoorden, zijn er de volgende deelvragen geformuleerd:

Deelvraag 1: Wat zijn risicofactoren in waterleidingsystemen op melkveebedrijven?

Deelvraag 2: Welke drinkwater-nabehandelingen zijn er toepasbaar voor een melkveebedrijf?

Deelvraag 3: Wat zijn wetenschappelijk bewezen resultaten van deze drinkwater-nabehandelingen?

Deelvraag 4: Hoeveel bewezen economisch voordeel heeft het gebruik van drinkwater-nabehandeling

1.5. Doelstelling van het onderzoek

De doelstelling van dit onderzoek is om melkveehouders een antwoord te kunnen geven op de vraag of het zin heeft om te investeren in technieken die het water schoner maken na de broninstallatie. Het aanbod van deze oplossingen is breed en melkveehouders zijn bereid om te investeren in techniek waar het bedrijf baat bij heeft. Maar er zijn veel vragen rondom het nut en economische voordeel van deze technieken. Middels dit onderzoek wordt er geprobeerd een antwoord te geven op deze vragen.

Dit onderzoek is niet alleen interessant voor melkveehouders, maar ook voor bedrijven in de toeleverende sector. Hopelijk kan men met de gevonden informatie een betere strategie bepalen rondom het combineren van systemen en toepassingen. Als een melkveehouder bijvoorbeeld al geïnvesteerd heeft in een automatisch melksysteem en daarnaast een dure waterbehandelingsinstallatie koopt, is het van groot belang dat deze systemen optimaal met elkaar kunnen werken.

Hoofdstuk 2: Aanpak

In dit hoofdstuk wordt per deelvraag omschreven naar welke informatie er gezocht is om de deelvragen te beantwoorden en hoe deze informatie verzameld is.

2.1. Deelvraag 1: Wat zijn risicofactoren in waterleidingsystemen?

Om deze vraag te beantwoorden is er door middel van een viertal bedrijfsbezoeken bij verschillende melkveehouders, binnen het eigen netwerk, gekeken hoe waterleidingsystemen opgebouwd zijn en water verstrekt wordt aan de melkkoeien. Er is tevens telefonisch contact geweest met personen die door hun werk, op onderzoeks-niveau te maken hebben met drinkwaterkwaliteit van melkvee en biofilm problematiek. Doormiddel van literatuuronderzoek is er gezocht naar wetenschappelijke informatie over waterleidingsystemen, materialen waarvan waterleidingsystemen opgebouwd zijn en welke eigenschappen er bij deze materialen horen op het gebied van koolstof-doorlatendheid en het risico op biofilmvorming.

Relevante Engelstalige zoektermen zijn: biofilm formation risks, biofilm drinking water problems, biofilm drinking water risks, drinking water lines materials, plumbing materials en carbon migration in drinking water. De informatie die gevonden is, mocht ouder zijn dan tien jaren omdat de ontwikkelingen in bouwmaterialen snel zijn gaan, maar het niet wil zeggen dat moderne leidingmaterialen beter zijn dan oudere. Er is wel kritisch beoordeeld of een onderzoek ouder dan tien jaren, uitgevoerd is rondom materialen en situaties die relevant zijn voor de huidige dagelijkse praktijk.

Gebruikte websites zijn <https://scholar.google.nl>, <https://www.sciencedirect.com>, <https://www.greeni.nl/> en <https://www.google.nl>. Ook zal er gezocht worden naar informatie over risico's in de technische opbouw van leidingsystemen in de civiele of agrarische techniek. Relevante tijdschriften zijn Veeteelt, Boerderij, Nieuwe Oogst, Veehouderijtechniek, TopAgrar en Agrarheute (twee Duitse equivalenten van Nederlandse vakliteratuur).

2.2. Deelvraag 2: Welke drinkwater-nabehandelingen zijn er toepasbaar voor een melkveebedrijf?

Om deze vraag te beantwoorden is er doormiddel van literatuuronderzoek gezocht naar wetenschappelijke informatie over technieken en methodes, met als doel verwijdering van biofilm in waterleidingsystemen. Er is ook gezocht naar bedrijven die producten aanbieden aan melkveehouders om biofilm te verwijderen of voorkomen. Er is tijdens de bedrijfsbezoeken (zie aanpak deelvraag 1) met veehouders gesproken over hun bewustzijn rondom biofilm, hun kennis en ervaring op dit gebied en hoe men actie zou ondernemen als blijkt dat de waterkwaliteit onvoldoende is. Na het evalueren van deze informatie is er voor gekozen om te gaan zoeken naar informatie rondom biofilm in drinkwater, op de manier waarop de melkveehouders hun informatie zouden opzoeken, via het internet maar ook door artikelen en reclame in vakbladen.

Gebruikte Engelstalige zoektermen voor wetenschappelijke informatie: biofilm removal methodes, biofilm removal techniques, biofilm removal risks, citric acid biofilm, chlorine dioxide biofilm, hydrogen peroxide biofilm, sodium hypochlorite biofilm, ozonisation biofilm, uv-light biofilm, APU biofilm, eca water biofilm, copper-silver ionisation biofilm.

Gebruikte Nederlands- en Duitstalige zoektermen voor aangeboden producten en oplossingen voor de melkveehouderij: oplossingen tegen biofilm, biofilm melkvee, drinkwater melkvee biofilm, waterkwaliteit melkvee, water desinfecteren, wasserqualität milchvieh, biofilme wasserleitung milchvieh en Wasser desinfizieren.

De gevonden informatie mocht niet ouder zijn dan twintig jaar omdat er in deze periode inzichten veranderd zijn rondom het gebruik van chemische middelen en omdat de sector rondom biologisch afbreekbare producten zich sterk ontwikkeld heeft. Gebruikte sites zijn: <https://scholar.google.nl>, <https://www.sciencedirect.com>, <https://www.greeni.nl/> en <https://www.google.nl>. Relevante tijdschriften waarin gezocht is naar informatie, door middel van het bezoeken van hun online varianten, zijn: Veeteelt, Boerderij, Nieuwe Oogst, Veehouderijtechniek, TopAgrar en Agrarheute (twee Duitse equivalenten van Nederlandse vakliteratuur).

2.3. Deelvraag 3: Wat zijn wetenschappelijk bewezen resultaten van deze drinkwater-nabehandelingen?

Om deze deelvraag te beantwoorden is eerst besloten om de gevonden methodes in twee groepen te verdelen. Namelijk de producten die dieren niet mogen drinken vanwege een gezondheidsrisico, en de producten die aan drinkwater toegevoegd kunnen worden. Dit zijn wezenlijke verschillen in de methode en risico's. De verzamelde informatie voor deelvraag 2, is gebruikt om deze producten in te kunnen delen in twee groepen en deze deelvraag te beantwoorden. Omdat er aanvullende informatie benodigd was om de werking van deze middelen te kunnen beoordelen is er vervolgens door middel van literatuuronderzoek gezocht naar wetenschappelijke rapporten over de werking van deze middelen. Wetenschappelijke onderzoeken zijn meestal heel specifiek gericht op een bepaald middel/methode en onder diverse omstandigheden uitgevoerd. Om toch een reëel beeld te kunnen geven over de werking zijn er meerdere onderzoeken per middel/methode gezocht en is er aangegeven welke bijzonderheden er voor de lezer van dit rapport belangrijk zijn om te weten.

Gebruikte Engelstalige zoektermen voor wetenschappelijke informatie: citric acid biofilm, chlorine dioxide biofilm, hydrogen peroxide biofilm, sodium hypochlorite biofilm, ozonisation biofilm, uv-light biofilm, APU biofilm, eca water biofilm, copper-silver ionisation biofilm.

De gevonden informatie mocht niet ouder zijn dan twintig jaar omdat er in deze periode een grote technische ontwikkeling heeft plaatsgevonden en er door focus op biofilm meer relevant onderzoek verricht is. Gebruikte sites zijn: <https://scholar.google.nl>, <https://www.sciencedirect.com> en <https://www.greeni.nl/>

2.4. Deelvraag 4: Hoeveel bewezen economisch voordeel heeft het gebruik van drinkwater-nabehandeling?

Om deze deelvraag te beantwoorden is er door middel van literatuuronderzoek gezocht naar rapporten en wetenschappelijke onderzoeken die gericht zijn op de economische voordelen van drinkwater-nabehandeling in de melkveehouderij. Er is voor gekozen om het onderzoek te richten op onafhankelijk onderzoek om een reëel beeld te kunnen geven of beweringen en commerciële informatie van aanbieders lijken te kloppen en deze vergelijkbaar zijn.

Gebruikte Engelstalige zoektermen voor wetenschappelijke informatie: economical benefit biofilm removal, economic results biofilm en results biofilm problems dairy.

Gebruikte Nederlands- en Duitstalige zoektermen: biofilm hogere opbrengst, biofilm kost opbrengst, succes biofilm melkveehouderij, nachweislich wirtschaftliche Ergebnisse Biofilm, Ergebnisse Biofilm Milchvieh en Entfernung Biofilms erfolgreich Milchvieh.

Gebruikte sites zijn: <https://scholar.google.nl>, <https://www.sciencedirect.com>, <https://www.greeni.nl/> en <https://www.google.nl>

Hoofdstuk 3: Resultaten

Dit hoofdstuk geeft een schematisch overzicht van de gevonden informatie om de deelvragen te kunnen beantwoorden. Per deelvraag is de gevonden informatie omschreven en samengevat.

3.1. Wat zijn risicofactoren in waterleidingsystemen op melkveebedrijven?

Om in beeld te kunnen brengen waar en hoe biofilm zich ontwikkelt in waterleidingen, is het van belang om de opbouw van drinkwatersystemen op melkveebedrijven te omschrijven. Ook is het van belang om algemene risicofactoren voor biofilm in kaart te brengen.

3.1.1. Opbouw en uitvoering waterleidingsystemen stallen

De drinkwatervoorziening op melkveebedrijven is vaak uitgevoerd met een drinkbak van gegalvaniseerd staal of rvs met een ruime voorraad aan water doormiddel van een vlottersysteem. Er zijn ook (oudere) stallen waar er een centrale bak met een vlotter is, en de overige drinkbakken d.m.v. een “communicerende vaten systeem” aan elkaar gekoppeld zijn. In Figuur 1: Betonnen waterbak met centrale aanvoer is te zien dat de bak geen eigen vlotter heeft, de aanvoer komt van onderaf en het water niveau wordt elders bepaald.

Melkveehouders kiezen in ruimtes voor droogstaande dieren, zieke dieren en jongvee ook regelmatig voor zogenaamde “sneldrinkers” waarbij er maar één of twee dieren tegelijk kunnen drinken en er geen (of een hele kleine) watervoorraad in de bak is. Sinds een jaar of 10 zijn de grote voorraad bakken ook in kunststof uitvoeringen te verkrijgen en is de inhoud van de bakken vaak verkleind om de watervoorraad kleiner te houden, hierdoor is de kans op verspilling van water kleiner geworden. De kans dat dieren in een waterbak mesten is in een stal relatief groot en er hoeft zo minder water geloosd te worden bij het schoonmaken van de



Figuur 1: Betonnen waterbak met centrale aanvoer

vervuilde bak. Op deze wijze worden eigenlijk alle melkkoeien in stallen van drinkwater voorzien. Opvallend is dat deze drinkwaterbakken met een grote watervoorraad en een vlottersysteem dat

steeds een kleine hoeveel water bijgemengd, 60 jaar geleden al, als mogelijk gezondheidsrisico werden genoemd en alleen als noodoplossing geadviseerd (Berghoef & Poelma, 1958).

Maar om aan de drinkwaterbehoefte van lacterende melkkoeien te kunnen voldoen is dit eigenlijk de beste methode van water verstrekken. In Figuur 2: Voorraaddrinkbakken met eigen vlotter is te zien hoe de drinkwaterverstrekking in moderne stallen toegepast wordt.



Figuur 2: Voorraaddrinkbakken met een eigen vlotter

De waterleidingen in de stallen zijn vrijwel overal uitgevoerd in PE (Polyetheen, in de volksmond Tyleen/Thyleen). Dit heeft te maken met de prijs van het materiaal, PE is vaak goedkoper dan andere leidingmaterialen. Ook is het gemakkelijk te verwerken door de buigzaamheid en eenvoudig uitgevoerde koppelingen. Voor veehouders en installateurs werkt het gemakkelijk dat de koppelingen met eenvoudig gereedschap aan zijn te sluiten en installaties eenvoudig aan te passen zijn naderhand. PE wordt voornamelijk gekozen vanwege de lage kosten en de eenvoudige installatie (Neu & Hammes, 2020). De plekken waar dieren bij de leidingen kunnen met bijvoorbeeld tong, horens, poten of de kop zijn vaak in rvs of gegalvaniseerde stalen leiding uitgevoerd. Dit blijft met juiste montage goed op zijn plek zitten, zo is de kans op lekkage of “vandalisme” door het vee kleiner. Een voorbeeld hiervan is te zien in Figuur 3 Montage PE-waterleiding.



Figuur 3: Montage PE-waterleiding

De leidingen zijn tegenwoordig steeds vaker op een meter of 3 tot 4 boven de dieren gemonteerd aan bijvoorbeeld spanten en gordingen of kort onder het dak. In het verleden (tot ca 10 jaar terug) kwam het ook veelvuldig voor dat de PE-leidingen vóór het storten van de boxdekken/voergangen aan de staalmatten gemonteerd werd en zo beschermd in het beton verzonken liggen. Of de leidingen werden onder de boxdekken gemonteerd, voordat er vee in de stal liep en er mest in de kelder kwam. Dit gebeurt echter steeds minder omdat reparaties/aanpassingen van de waterleiding in een mestkelder lastig zijn. Ook is de montageplek van de waterbak naderhand niet eenvoudig te wijzigen als leidingen in het beton gestort zijn. Omdat stallen steeds opener zijn en er meer geventileerd wordt, komt het veel voor dat een waterleidingnet met een rondpompsysteem (tegen bevriezing) wordt uitgerust. De leidingen lopen als een lus langs alle drinkwaterpunten en stilstaand water wordt zoveel mogelijk vermeden om bevriezing te voorkomen in de winter.

Melkkoeien hebben na het melken en bij warm weer een piek in hun waterbehoefte. Hiervoor wordt soms ook gebruik gemaakt van voorraad tanks (breektank) met een eigen pomp om in een korte tijd de stal snel van water te kunnen voorzien. De snelheid van de bron is dan geen beperkende factor bij een hoge water vraag. Zoals in de inleiding omschreven wordt op circa de helft van de bedrijven het water opgepompt uit een eigen bron. Bij de aanleg van een dergelijke bron wordt het water getest en er een passende installatie bij geadviseerd. De meeste installaties zijn gericht op een ontijzering en een ontharding van het water voordat het in het leidingsysteem gaat. Ook is de bronwaterinstallatie vaak de plek waar het water met een pomp op druk gehouden wordt. In Figuur 4: Bronwaterinstallatie is een voorbeeld te zien van een ontijzering-techniek die veel op melkveebedrijven toegepast wordt.



Figuur 4: Bronwaterinstallatie

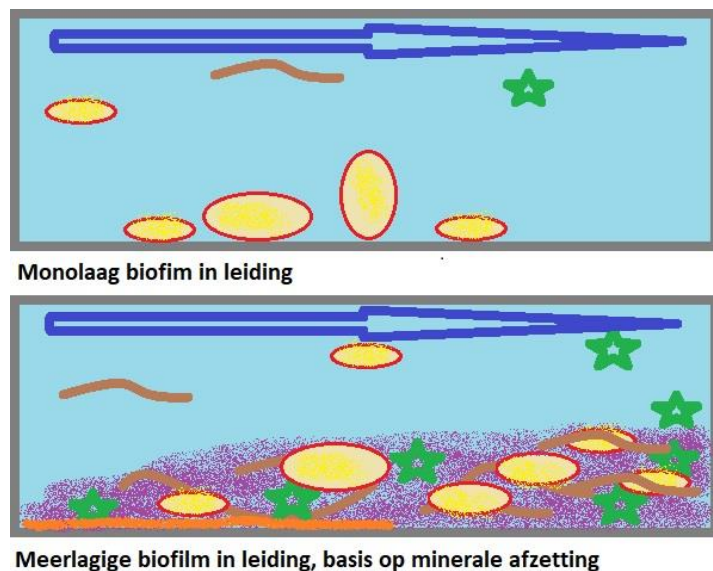
3.1.2. Monolaag en meerlagige biofilm

Bacteriën en organismen in water kunnen zich aan de leiding en leidingmaterialen hechten, maar laten deze meestal ook weer los als er mechanische krachten of temperatuurswisselingen plaats vinden. Als deze organismen zich verplaatsen krijgen ze niet de kans zich te vermeerderen (groeien), of nog erger, om het begin van een schadelijke biofilm te vormen. Biofilm komt overal voor in de natuur bij de mens is deze te vinden op de huid en in de darmen bijvoorbeeld. Deze is voor de mens niet schadelijk maar zelfs een noodzakelijk hulpmiddel voor bescherming tegen schadelijke bacteriën en ziekteverwekkers. Er wordt in de biologie onderscheid gemaakt in monolaag biofilm en meerlagige biofilm. Er is sprake van monolaag biofilm als een laag van afzonderlijke organismen zich hecht aan een oppervlakte. Vaak zijn deze organismen al in het water aanwezig en hechten ze zich aan een oppervlakte bij stilstand van het water, echter als het water begint te stromen laten de meesten zich weer los door de wrijving. De laag reproduceert zich in mindere mate en heeft een laag aandeel in vermindering van kwaliteit van voorbij stromend water omdat het al in het water aanwezig is.

Meerlagige biofilm heeft een samenstelling die bestaat uit verschillende organismen en bacteriën. Deze leven normaal gesproken als individu maar als de condities goed genoeg zijn om een meerlagige biofilm te vormen veranderen deze “individuen” in een complexe samenleving waarbij ze in staat zijn elkaar bescherming te bieden en door het uitwisselen van stoffen van voeding te voorzien. Op deze wijze kunnen de organismen en bacteriën zich goed vermeerderen en giftige afvalstoffen verspreiden. De vorming van meerlagige biofilm komt vooral voor op oppervlaktes die door hun vorm of basismateriaal perfecte leefomstandigheden voor deze biofilm bieden. Dit zijn in de praktijk veelal natuurlijk gevormde oppervlaktes (Karatan & Watnick, 2009). In Figuur 5: Schematische weergave biofilm in leiding

is de opbouw biofilm in waterleiding te zien.

De ontwikkeling van een biofilm kent vijf stappen. De eerste stap is dat bacteriën of organismen zich hechten aan de oppervlakte van de leiding. Als de eerste stap voldoende tijd krijgt om zich verder te ontwikkelen ontstaat er een milieu waar deze bacteriën of organismen zich zo vast hechten aan de leiding dat ze niet meer wegspoelen, stap (monolaag biofilm) twee. Vervolgens ontstaat er in het proces het begin van de meerlagige biofilm waarbij de samenwerking en hechting met andere bacteriën en organismen in het water plaats vindt, stap drie. De vierde stap is een dusdanige groei van de biofilm dat deze als volwassen beschouwd kan worden. Er is een complexe samenwerking tussen meerdere vormen van organismen en de waterkanalen in de biofilm ontstaan. Van de vijfde stap is sprake wanneer de biofilm in staat is om zich te verspreiden door het water en zich door het systeem uitbreidt (Stoodley, Sauer, Davies & Costerton, 2002).



Figuur 5: Schematische weergave biofilm in leiding

3.1.3. De rol van ijzer als essentiële bouwstof bacteriën

Uit onderzoek van Banin, Vasil & Greenberg (2005), blijkt ook dat ijzer een onmisbare bouwstof voor veel bacteriën is. Biologisch gezien is ijzer (bovengronds) een zeldzaam goed en de aanwezigheid van ijzer stimuleert bacteriën tot groei en vermeerdering. Het grondwater in Nederland bevat over het algemeen veel ijzer, dit ijzer is alleen in alle vormen beschikbaar voor bacteriën. In het onderzoek wordt ook omschreven dat bepaalde bacteriesoorten (*P. aeruginosa* “ziekenhuisbacterie”) in staat zijn om ruwe varianten van het in water aanwezige ijzer om te zetten en door te geven in vormen die andere bacteriën wel op kunnen nemen. Omdat ijzer zo’n belangrijke bouwstof is voor veel bacteriën is de aanwezigheid van ijzer juist een signaal richting bacteriën om zich in de omgeving waar ze zich op dat moment bevinden, proberen te hechten in een biofilm en zich te gaan vermeerderen. *P. aeruginosa* is een bacterie die tevens resistent is voor antibiotica en lastig te bestrijden is.

3.1.4. Invloed van glucose op biofilm

De aanwezigheid en beschikbaarheid van glucose heeft niet alleen invloed op de groei van biofilm maar ook op de samenstelling (Karatan & Watnick, 2009). Een voorbeeld hiervan is *B. subtilis*, een bacterie die overal in de bodem, maar ook in ons darmstelsel, voorkomt en de eigenschap heeft natuurlijke antibiotica te vormen tegen schadelijke organismen (Artis Microbia, 2021). Als glucose in lage hoeveelheden beschikbaar is dan stimuleert dit de groei van een biofilm waarin *B. subtilis* een groot aandeel heeft. Deze biofilm zal van nature minder schadelijke stoffen voort brengen omdat de meeste schadelijke organismen gedood worden. Is er echter een milieu zonder glucose, of met veel beschikbaar glucose, dan wordt de groei van *B. subtilis* afgeremd.

Glucose komt niet in grote mate voor in grondwater en heeft op deze wijze geen negatieve invloed op gevaarlijke biofilm vorming, echter is glucose wel te vinden in veel hedendaagse weekmakers die in PVC en PE gebruikt worden. Vanwege milieudoelstellingen die het gebruik van chemische verbindingen en bestanddelen van kunststoffen beperken wordt er veelal gekozen voor bestanddelen die een biologische herkomst hebben. Veel moderne weekmakers worden tegenwoordig op basis van glucose geproduceerd, de aanwezigheid van deze weekmakers creëert een groter groeipotentieel voor meerlagige biofilm (Molenveld & Bos, 2019).

3.1.5. Rol van minerale afzetting

Bacteriën of organismen hechten zich niet zonder reden aan een oppervlak. Er is een goed milieu nodig om te overleven, er moet voldoende voeding zijn en als het kan ook nog de nodige bouwstoffen om te vermeerderen/groeien. De bacteriën en organismen hechten zich dus niet zonder reden aan de wand van de waterleidingen, de PE/PVC/koperen of RVS-leidingen zijn geen natuurlijke materialen waaraan de organismen zich hechten. Op het moment dat er zich in een waterleiding minerale afzetting bevindt in de vorm van ijzer, kalk, mangaan of overige stoffen die veelvuldig in het water voorkomen dan hebben de organismen en bacteriën wel een mogelijkheid om hun functie te vervullen en zullen ze bij een goed milieu zich op deze plaatsen proberen aan te hechten en een (meerlagige) biofilm te vormen, dit is te zien in Figuur 5: Schematische weergave biofilm in leiding (Karatan & Watnick, 2009). Mineralen in het water zetten zich vooral af op plaatsen waar het water stilstaat in de leidingen of waar leidingen doorhangen. Hier is er een kans dat het hogere water over het lagere heen stroomt en zich vervuiling, mineralen of bezinksel af gaat zetten (De Baere, 2011; Van Harn, Neijenhuis & Ellen, 2014). Op de volgende pagina, in Figuur 6: Risico minerale afzetting in PE is geïllustreerd waar mineralen zich mogelijk het eerst af zetten in waterleidingen.



Figuur 6: Risico minerale afzetting in PE

3.1.6. Beschikbaarheid van koolstof (C)

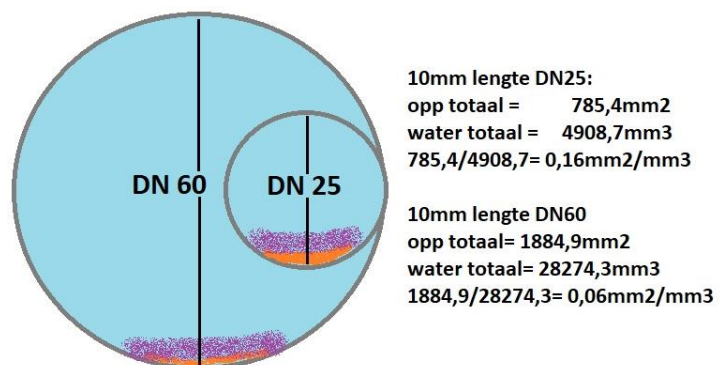
Koolstof (C) is tevens van belang voor de organismen in een biofilm om zich te voeden (Camper, Burr, Ellis, Butterfield & Abernathy, 1999). Het water bevat meestal niet veel koolstof maar de biofilm kan ook prima leven van de koolstof die beschikbaar komt wanneer dieren voerresten of mest in de drinkbak achterlaten. De koolstofbeschikbaarheid in waterleidingen zelf kan door het gekozen leidingmateriaal hoger zijn dan gewenst. Er zijn PE-soorten die door de weekmakers niet volledig gasdicht zijn en waarbij het mogelijk is dat de koolstofvraag van de biofilm vanuit de wand van de leiding komt. Weekmakers van biologische oorsprong worden er ook van verdacht makkelijk oplosbaar te zijn in water, waardoor koolstofbestanddelen (net als glucose) in het water opgelost worden. Door deze waterleidingmaterialen is de groeipotentie voor biofilm groter dan gewenst. Er is een verband tussen de flexibiliteit van de gekozen kunststoffen en de doorlaatbaarheid voor koolstof (Neu & Hammes, 2020).

3.1.7. Leidingdiameter

De diameter van leidingen heeft een invloed op het aanhechtspotentieel van de biofilm omdat er bij een leiding met een kleinere diameter meer wandoppervlakte is ten opzichte van de inhoud waar het water zich bevindt. Stel je zou in een stal de leidingen met 25mm leidingen uitvoeren, of dezelfde stal met leidingen die een diameter van 60mm hebben, dan staat in de eerste uitvoering verhoudingsgewijs elke liter water met een groter oppervlak in verbinding.

Dit is uitgewerkt in Figuur 7:

Verhouding leiding-oppervlakte tot inhoud. Te zien is dat de verhouding oppervlakte tot inhoud fors groter is in de 25mm leiding. Dit betekent dat elke liter water in contact staat met meer oppervlakte van de leidingwand. Dit is van belang omdat meer oppervlakte ook betekent dat de kans groter is dat er zich stoffen of organismen in



Figuur 7: Verhouding leiding-oppervlakte tot inhoud

het water hechten aan de wand (Neu & Hammes, 2020). Tevens stroomt het water veel harder door een kleinere leiding (ten opzichte van een grotere leiding) als er eenzelfde hoeveelheid water verplaatst wordt. Bij een hogere stroomsnelheid zetten zich meer bacteriën en bestanddelen van de biofilm af in het water. Dit betekent dat de kans dat gevormde biofilm zich weer afzet in het water en op andere plaatsen in het leidingsysteem terecht komt, ook groter is (Melo, 2003).

3.1.8. Stilstaand water

Uit onderzoek blijkt dat in stilstaand water, gedurende één nacht, de aanwezige bacteriën en organismen zich kunnen verdubbelen of zelfs in drievoudige hoeveelheid aanwezig kunnen zijn in waterleidingen, ten opzichte van de dag ervoor. Dit geeft aan dat stilstaand water in waterleidingen een groot risico is op vermeerdering van aanwezige organismen. Niet alleen “dode” einden kunnen deze problemen geven maar ook delen van een leidingnetwerk waar minder water afgenomen wordt gedurende langere periodes (Lautschlager, Boon, Wang, Egli & Hammes, 2010). In een gesprek met een veehouder over dit onderwerp kwam ook weidegang ter sprake. Omdat steeds meer melkveebedrijven het beweiden weer oppakken, staat het water ook voor langere tijd stil in de leiding gedurende de dag, wanneer de dieren buiten zijn. Dit is voor bedrijven waar zich een biofilm ontwikkeling afspeelt in de leiding een risicofactor, omdat de biofilm zo meer kans krijgt om zich te “koloniseren” en te groeien.

3.1.9. Materiaalgebruik leidingen

In voorgaande paragrafen is al gesproken over de beschikbaarheid van de bouwstoffen die de organismen die deelnemen aan biofilm nodig hebben. Deze kunnen aanwezig zijn vanuit de bron van het water, door vervuiling van buitenaf terecht komen in het water maar sommige stoffen (in gasvorm) kunnen ook door de wand van leidingmateriaal heen. De kans op het ontstaan van biofilm in PE-leidingen is fors groter dan in leidingen van koper of RVS (De Baere, 2011). Ook wordt er in de literatuur genoemd, dat weekmakers in kunststoffen van een biologische oorsprong de biofilm kunnen voeden, als deze oplossen in het water. De flexibiliteit van leidingen hangt samen met de doorlaatbaarheid voor gassen, daarom wordt het gebruik van stevige leidingen aanbevolen. Als een veehouder kiest voor het gebruik van PE wordt er geadviseerd om HDPE (Hoge Dichtheid-PE) te gebruiken en zeer kritisch naar de installatie hiervan te kijken, omdat PE vaak door gaat hangen bij onvoldoende ondersteuning (Van Harn, Neijenhuis & Ellen, 2014).

3.2. Welke drinkwater-nabehandelingen zijn er toepasbaar voor een melkveebedrijf?

De drinkwaterbehandelingen die aangeboden worden aan melkveehouders variëren niet allen sterk in prijs en methode van gebruik, ook de werking is heel verschillend. Om het risico van positieve of negatieve reclame voor individuele bedrijven of ondernemingen uit te sluiten wordt slechts in gegaan op de methode of de werkzame bestanddelen die de aangeboden water-nabehandelingen hebben. Bij leveranciers is op te vragen op welke wijze hun product werkt.

Bij gebruik van middelen dient er goed gelet te worden op de toelating en eigenschappen, niet alle middelen die aangeboden worden voor de water-nabehandeling zijn geschikt voor herkauwers vanwege hun spijsverteringsstelsel. Als een product aangeboden wordt als een ontsmettingsmiddel/biocide voor continu gebruik in waterleidingen moet het een PT05-toelating hebben (Ontsmettingsmiddelen voor drinkwater mens en dier). Dit is te raadplegen via CTGB.nl. Anders valt het product onder reinigingsmiddelen en mag het alleen gebruikt worden voor reiniging als er niet van het water gedronken kan worden. Dit heeft echter geen betrekking op geschiktheid van het middel, in combinatie tot het spijsverteringsstelsel van herkauwers (CTBG, 2021). Bij het aanboren van een nieuwe bron wordt er een monster genomen van de bronkwaliteit en wordt er een passende methode geadviseerd/geïnstalleerd om het water van drinkwaterkwaliteit voor melkvee te verkrijgen (Remon, 2021).

In Tabel 1: Drinkwater-nabehandelingen is een schematisch overzicht van verschillende drinkwater-nabehandelingen en hun eigenschappen. Het blijkt dat middelen verschillen in effectiviteit en dat er rekening gehouden dient te worden met de voorwaarden waaraan voldaan moet worden voor een goede werking. Vooral contacttijd tussen water en het middel/methode is een kritische factor.

Tabel 1: Drinkwater-nabehandelingen

Methode	Voor/nadelen	Voorwaarden	Handelingen	Gezondheidsrisico's
Citroenzuur	+ Verwijdert biofilm + Doodt bacteriën en organismen in biofilm	Geen specifieke voorwaarden water	Leidingen half uur doorspoelen met 2% oplossing, daarna spoelen	Dieren mogen dit water niet drinken, bakken afsluiten tijdens gebruik
Chloordioxide	+ Werkt goed tegen biofilm + Verwijdert ook ijzer en mangaan aanslag + Geen resistentie opbouw - Vluchtig (houdbaarheid)	Ph tussen 5 en 10	2 componenten mengen en leiding bepaalde tijd spoelen	Dieren mogen dit niet drinken en het is gevaarlijk voor mensen. Onder druk explosief en instabiel
Waterstofperoxide/ Perazijnzuur	+ Werkt zeer goed tegen biofilm - Kan leidingen oxideren	Ph > 7 Betere werking bij hogere temperatuur Hoge dosering vereist	Leiding handmatig spoelen met kant en klare producten/oplossingen	Dieren mogen dit water niet drinken, bakken afsluiten tijdens gebruik. Lage dosering werkt negatief op vertering
Natriumhypochloriet/ Chloor	+ Goedkoop + Doodt organismen + Vrij verkrijgbaar - Verwijdert geen bestaande biofilm	Ph water 6-7, Geen organisch materiaal, laag ijzer en nitraat Werkt minder bij kou	Lange contacttijd, handmatig toevoegen	Kans op chloorresistentie Hoge concentraties residu/nevenproduct in drinkwater
Ozon	+ Zeer goede werking tegen biofilm + Verwijdert ook ijzer en mangaan (na filtratie) + Niet chemisch + Breekt organische bestanddelen af	Geen specifieke voorwaarden water	Leiding handmatig spoelen met kant en klare producten/oplossingen	Dieren mogen dit niet water niet drinken, bakken afsluiten tijdens gebruik. Ozon toevoegen aan drinkwater is alleen voor één-magigen
Ultrasonische golven (APU)	+ Goedkoop, "eenmalige" kosten + Effectief tegen organismen en bacteriën - Nog weinig betrouwbare informatie over werking - Werkt niet tegen minerale afzetting	Geen voorwaarden, let op capaciteit apparatuur en watervraag	Eenmalige installatie apparatuur	Geen, hoewel residu eindigt in drinkwaterbakken van vee
Uv-licht	+ Goedkoop, "eenmalige" kosten + Effectief tegen organismen en bacteriën + Niet chemisch - Werkt alleen op de plek van installatie, geen nawerking in leidingen - Werkt niet tegen virussen	Geen voorwaarden, let op doorstroomdebiet van apparatuur i.v.m. capaciteit	Eenmalige installatie apparatuur, lamp dient wel af en toe vervangen te worden i.v.m. afnemende straling	Geen, hoewel residu eindigt in drinkwaterbakken van vee
Elektrolyse zoutoplossing (ECA)	+ Werkt zeer goed tegen het ontstaan van biofilm en organismen in water, niet tegen minerale afzetting + Betrouwbare werking + Langdurige werking - Prijzige installaties - Hoge onderhoudskosten	Heeft zeer specifieke eisen aan water, goede afstemming/afstelling nodig door leverancier	Eenmalige installatie apparatuur, onderhoud en controle uitvoeren. Zoutvoorraad in apparatuur controleren/ vullen	Veilig voor mens en dier in het drinkwater. De werking van apparatuur wel goed controleren en borgen
Koper-zilver ionisatie	+ Werkt zeer goed tegen het ontstaan van biofilm en organismen in water, niet tegen minerale afzetting + Betrouwbare werking + Langdurige werking - Prijzige installaties - Hoge onderhoudskosten	Heeft zeer specifieke eisen aan water, goede afstemming/afstelling nodig door leverancier	Eenmalige installatie apparatuur, onderhoud en controle uitvoeren. Elementen tijdig vervangen (lossen op tijdens proces)	Veilig voor mens en dier in het drinkwater. De werking van apparatuur wel goed controleren en borgen

Bronnenlijst: Biokennis (2011); De Baere (2011); Vitalve (2021); Harsonic (2021)

3.3. Wat zijn wetenschappelijk bewezen resultaten van deze drinkwater-nabehandelingen?

Om veehouders te kunnen informeren over de bewezen werking van drinkwater-nabehandeling is het belangrijk om deze eerst onder te verdelen in categorieën. De werking is niet alleen heel verschillend, de toepassingsmethodes ook. Eigenlijk zijn er twee grote overeenkomsten tussen de oplossingen tegen biofilm. Namelijk dat oplossingen/middelen een schadelijk effect op dieren hebben die het drinken, deze middelen zijn vooral gericht op verwijdering van biofilm. Er is ook een groep oplossingen/middelen die voornamelijk een preventieve oplossing bieden tegen de vorming van biofilm. In Tabel 2: Verdeling oplossingen biofilm in is dit uitgewerkt.

Tabel 2: Verdeling oplossingen biofilm in categorieën

Categorie 1: Methodes niet mogelijk tijdens bereikbaarheid van water, voor aanwezig melkvee	Categorie 2: Methodes wel mogelijk tijdens aanbieden van drinkwater aan melkvee
Citroenzuur	Ultrasone golven
Chloordioxide	Uv-licht
Waterstofperoxide/ Perazijnzuur	Elektrolyse zoutoplossing (ECA)
Natriumhypochloriet/ Chloor	Koper-zilver ionisatie
Ozon	

Over de werking van producten binnen Categorie 1 (zie Tabel 2: Verdeling oplossingen biofilm in categorieën) is eigenlijk geen discussie. Deze methodes en middelen worden al langere tijd toegepast in allerlei sectoren om leidingen en oppervlakten te reinigen, ontdoen van biofilm en hygiëne te waarborgen. Het zijn bijna allemaal chemische middelen die een goede werking hebben tegen bacteriën en organismen en vaak ook nog de minerale bestanddelen van biofilm los krijgen van leidingen of oplossen. Er is daarom gekozen om voor deze categorie geen wetenschappelijke resultaten te verzamelen rondom bewezen resultaten. Een groot nadeel van deze middelen is echter wel dat ze gevaarlijk kunnen zijn als vee het binnenkrijgt, daarom is het zaak om zeer zorgvuldig te werken en de nodige veiligheidsmaatregelen en adviezen op te volgen die fabrikanten bij hun producten verstrekken.

Over de middelen in Categorie 2 (zie Tabel 2: Verdeling oplossingen biofilm in categorieën) is het belangrijk om te onderzoeken of het bekend is hoe de werking van deze producten is. Deze zijn minder lang op de markt, maar nog belangrijker, er is ook minder informatie rondom de resultaten te vinden. Fabrikanten en dealers hebben meestal referenties op hun website staan maar deze worden door de aanbieders zelf aangedragen. Op de volgende pagina, in Tabel 3: Onderzoeksresultaten naar methodes Categorie 2, is een overzicht van de verschillende resultaten rondom de werking.

Tabel 3: Onderzoekresultaten naar methodes Categorie 2

Methode	Uitkomst onderzoek	Bijzonderheden	PT-05
Ultrasone golven	[6] Effectief tegen biofilm, diverse frequenties nodig voor een goede werking. Werkt ook tegen minerale afzettingen. [5] Niet instaat alle cellen te doden, of hardnekkige biofilm te doorbreken, wel verdere groei voorkomen	[6] Test in laboratorium met rechte buizen [5] Test in rondpompsysteem en platenkoeler, ook positieve remming op kalkafzetting ontdekt	N.V.T.
Uv-licht	[1] 90-99% micro-organismen gedood (E-coli) [2] Biofilm vorming kon slechts 24h geremd worden door Uv-licht	[1] 2-5 minuten contact nodig (stilstand) [2] In combinatie met chloor of waterstofperoxide effectiviteit zeer hoog	N.V.T.
Elektrolyse zoutoplossing (ECA)	[8] Verwijderen van biofilm lukt alleen bij hoge dosering en langere contacttijd, voorkomen biofilm groei en bestrijden organismen in water succesvol [4] Meeste bacteriën en organismen na een dag gedood en biofilm na 5 weken gebruik volledig verwijderd	[8] Kant en klare ECA-oplossing gebruikt, niet op locatie geproduceerd door apparatuur [4] Proef in 13 Zuid-Afrikaanse tandartspraktijken met een serieus biofilm probleem. Matige begin kwaliteit van het water en veel stilstand.	Ja
Koper-zilver ionisatie	[7] Erg succesvol tegen diverse bacteriën en organismen, volledige doding organismen gedurende 72uur [4] Aanwezig biofilm niet weg, ook niet gegroeid. Op korte termijn snelle doding losse organismen	[7] Onderzoek t.b.v. ziekenhuis hygiëne [7] IJzer in water heeft negatief effect op Werking [4] Na langere periode leven resistente bacteriën weer op	Ja

Bronnenlijst: [1] Hirota, Yumoto, Matsuo, Miyake & Ichikawa (2010); [2] Lakretz, Ron & Mamane (2011); [3] Loret et al. (2005); [4] Marais & Brözel (1999); [5] Mathieu, Declercq & Block (2019); [6] Mott, Stickler, Coakley & Bott (1998); [7] Shih & Lin (2010); [8] Thantsha & Cloete (2006).

In algemene zin werken alle oplossingen in meer of mindere mate tegen de organismen en bacteriën in het water. Er zit wel degelijk verschil in de effectiviteit tegen een bestaande biofilm en het valt op dat alle middelen een tijdelijke werking hebben. Het zijn dus oplossingen die in hun toepassing een constante werking in het water moeten hebben om echt de verspreiding/groei van biofilm tegen te gaan of deze te kunnen verwijderen.

3.4. Hoeveel bewezen economisch voordeel heeft het gebruik van drinkwater-nabehandeling?

Het is ook van belang om informatie te verzamelen met betrekking tot economische cijfers rondom drinkwater behandeling om veehouders te kunnen adviseren. Het blijkt echter dat er weinig onafhankelijk onderzoek verricht is naar de financiële voordelen van investeren in drinkwater-nabehandeling in de melkveehouderij. Tijdens een zoektocht naar informatie op internet wordt er regelmatig een hoog rendement en een korte terugverdientijd genoemd in artikelen rondom drinkwater-nabehandeling, hierbij zijn echter geen onderbouwingen met cijfers of onderzoeken als bronvermelding te vinden. Dit geeft niet aan of een product wel/ niet werkt of dat er een economisch voordeel bij gebruik is. Er is alleen weinig tot geen wetenschappelijke informatie over gepubliceerd om in dit rapport te kunnen gebruiken.

Op de Hooibeekhoeve, een Belgisch proefbedrijf, is een ECA-installatie aanwezig waar onderzoek wordt gedaan naar het opwaarderen van regenwater naar drinkwater met deze techniek. Het blijkt dat de apparatuur een jaarlijks voordeel van enkele duizenden euro's heeft, als de bron van het behandelde water "gratis" is. De wateropname van het vee is licht gestegen sinds de apparatuur geïnstalleerd is. Als de ECA ingezet wordt om een goedkope waterbron als drinkwater in te kunnen zetten is de terugverdientijd 10,6 jaar volgens de resultaten op de Hooibeekhoeve. Dit is gebaseerd op waterinname en melkproductie, niet op mogelijke verbeterde gezondheidsaspecten. Voor jaarlijkse verbruikskosten en onderhoud wordt €750 gerekend (Van Looveren, 2019). Verder wordt er

aangegeven dat de positieve ervaring vooral een besparing op drinkwaterkosten is, op basis van het gebruik van regenwater. Als negatieve punten worden op economisch vlak vooral aanschafprijs en onderhoudskosten aangegeven (Stevens, 2020).

In het Duitse agrarisch vakblad “Top Agrar” (uitgave september 2020) is een artikel gewijd aan drinkwater-nabehandeling waar ook over cijfers gesproken wordt. Daar wordt gesteld dat een ECA-water installatie voor een melkveebedrijf met 80 tot 150 dieren circa €34.000 kost (Hufelschulte, 2020). In hetzelfde artikel is een veehouder geïnterviewd die een installatie gebruikt waarbij chloordioxide aan het water toegevoegd wordt en waarvan de kosten €3000 bedragen. Deze techniek is echter voor drinkwaterbehandeling in varkensstallen bedoeld. Het is onduidelijk of er een PT05 toelating voor is en hoe geschikt het middel voor herkauwers is.

Hoofdstuk 4: Discussie

In dit hoofdstuk vindt een discussie plaats op de gekozen aanpak om tot beantwoording van de deelvragen te komen en de resultaten die bij de deelvragen gevonden zijn. Dit geeft een kritische reflectie op het uitgevoerde onderzoek.

4.1. Doelstelling van het onderzoek

De doelstelling van dit onderzoek is om veehouders een antwoord te kunnen geven op de vraag, of het nut heeft om te investeren in drinkwater nabehandeling. Er worden allerlei producten aangeboden om de waterkwaliteit te verbeteren en zo betere technische resultaten te behalen waardoor de investering zich terug verdient. Om een conclusie te kunnen formuleren is er ook gekeken naar risicofactoren in drinkwatervoorziening voor melkvee. Wellicht is het beter om eerst kritisch naar andere zaken binnen de drinkwatervoorziening te kijken, dan te investeren in producten tegen biofilm.

4.2. Discussie van de resultaten

Bij deelvraag 1: Wat zijn risicofactoren in waterleidingsystemen op melkveebedrijven? blijkt dat er in een waterleidingsysteem op een melkveebedrijf veel risico's zijn die de groei en voorkoming van biofilm mogelijk maken of stimuleren. De gekozen drinkwatervoorziening, systeemopbouw, leidingmaterialen en leidingmontage kunnen een grote invloed hebben op de mate waarin biofilm voorkomt. Ook de bronwaterinstallatie moet goed functioneren om de samenstelling en biologische kwaliteit van het water op een niveau te krijgen waarbij biofilm niet gestimuleerd wordt. Het lijkt er vooral op dat de bacteriën en organismen die verantwoordelijk zijn voor biofilm, gretig gebruik maken van menselijke fouten en bewustzijn rondom werking van apparatuur en installatie van leidingensystemen. Minerale afzetting in leidingen, biologische samenstelling van het water, te veel ijzer en vervuiling in het water zijn grote risico's op het gebied van biofilm. Als deze factoren niet in orde zijn is er wellicht op een betere manier biofilm te verwijderen en te voorkomen dan te investeren in (dure) apparatuur en middelen tegen biofilm.

Uit de resultaten van deelvraag 2: Welke drinkwater-nabehandelingen zijn er toepasbaar voor een melkveebedrijf? blijkt dat er allerlei methodes zijn die biofilm verwijderen, voorkomen of allebei doen. Er zijn echter twee wezenlijke verschillen tussen deze methodes, gerelateerd aan het risico rondom diergezondheid. Veel oplossingen bestaan uit agressieve, vaak chemische, oplossingen die bacteriën, organismen en biofilm vernietigen. Andere methodes bestaan uit mechanische methodes (Uv-licht en ultrasone geluidsgolven) of oplossingen die toegepast kunnen worden, waarbij de dieren het water gewoon kunnen drinken. Uit de gegevens in Tabel 1: Drinkwater-nabehandelingen op pagina 20 blijkt dat de middelen allemaal een bewezen goede werking tegen biofilm-vormende organismen hebben, maar dat er wel voorwaarden aan verbonden zijn als zuurtegraad van het water, contacttijd, dosering, controle of veiligheid. Hierdoor is een succesvolle toepassing niet altijd eenvoudig.

De resultaten van deelvraag 3: Wat zijn wetenschappelijk bewezen resultaten van deze drinkwater-nabehandelingen? laten wederom zien dat de methodes en toepassingen goed werken. Hierover hoeft niet getwijfeld te worden. Als apparatuur en installaties goed opgebouwd zijn is er in algemene zin een goede werking tegen de organismen die biofilm veroorzaken. Om een bestaande biofilm te kunnen doorbreken of op te lossen zit er wel verschil tussen de producten. Hierin lijken vooral ultrasone geluidsgolven en elektrolyse van een zoutoplossing (ECA) een goede werking tegen een reeds bestaande biofilm vervuiling te kunnen bieden.

De resultaten van deelvraag 4: Hoeveel bewezen economisch voordeel heeft het gebruik van drinkwater-nabehandeling? heeft weinig concrete/meetbare resultaten opgeleverd. Er is bijna geen informatie te vinden over onderzochte voordelen van deze biofilm behandeling voor melkveebedrijven. Aanbieders van diverse oplossingen geven vaak wel aan dat het enorme voordelen heeft hun producten in te zetten, en dat deze ook terugverdient worden. Er zijn alleen geen onderzoeken gevonden die dit ook bevestigen. In proeven en onderzoeken is wel bewezen dat de producten werken, een logisch gevolg is dan ook dat ze problemen oplossen en zo resultaten verbeteren, waarop deze problemen een negatieve invloed hadden.

4.3. Reflectie van het onderzoek

Er is gekozen om de hoofd- en deelvragen, voornamelijk te beantwoorden middels een literatuurstudie, vanwege de huidige situatie rondom de wereldwijde crisis veroorzaakt door het SARS-CoV-2 (Covid19) virus. De start van dit afstudeerwerkstuk heeft plaatsgevonden in de tijd dat duidelijk werd hoe besmettelijk het virus is en welke grote impact dit virus op de samenleving zou gaan hebben.

Er is veel informatie via internet, vanuit huis te raadplegen, over problemen die biofilm kan veroorzaken en mogelijke oplossingen. Begeleidend docenten, medewerkers van de mediatheek van Aeres Hogeschool en overige personen waar contact mee is geweest, hebben altijd hun best gedaan via de digitale middelen zo snel en duidelijk mogelijk antwoord op gestelde vragen te geven. Hierdoor is het literatuuronderzoek dan ook verlopen zoals gepland.

In eerste instantie was het de bedoeling om een rapport te schrijven waarin meer informatie uit de praktijk gebruikt zou worden. Bijvoorbeeld ervaringen van veehouders, veeartsen en adviseurs om dit te koppelen aan het literatuuronderzoek. Dit is echter anders gelopen omdat het lastig bleek om zoveel informatie via digitale media (videobellen), mailcontact en telefonisch contact te verzamelen. Een aanbeveling voor een volgende keer is wel om de gevonden resultaten beter te kunnen koppelen aan praktijksituaties door voorbeelden en ervaringen uit de praktijk.

De werking van de middelen en de risicofactoren in de drinkwatervoorziening zijn wel voldoende betrouwbare gegevens verzameld. Over de economische voordelen is niet genoeg informatie te vinden middels een literatuur onderzoek. Dit kan beter waarschijnlijk beter onderzocht worden op een bedrijf waar problemen zijn rondom biofilm en een installatie geplaatst wordt. Door voor- en na de plaatsing/toepassing van een product, resultaten te meten en deze te koppelen aan economische berekeningen, is er wel een oordeel te geven over economische voor- of na delen. Maar dan zal het nog de specifieke situatie van het specifieke bedrijf betreffen.

Dit rapport is wellicht een aanleiding om aanvullend onderzoek te verrichten naar de meetbare voordelen van drinkwater-nabehandeling en de manier waarop de drinkwatervoorziening op melkveebedrijven geregeld is.

Bedrijven die producten verkopen tegen biofilm(vorming) stellen dat er hoge risico's zijn in drinkwater, waaruit problemen voortkomen die de gezondheid van dieren aantast en er zo mindere economische resultaten behaald worden. Deze bewering is niet onwaar, maar het is echter wel belangrijk om dit te nuanceren. Problemen rondom biofilmvorming hebben wellicht een oorzaak die de producten van deze bedrijven niet oplossen.

Zodra er problemen zijn die veroorzaakt worden door biofilm, en deze opgelost worden, is er sprake van een mogelijk economisch voordeel bij het investeren in deze producten. Dit is natuurlijk afhankelijk van de kosten van het product, en de omvang van de problemen. Anders is het meer een verzekering, om te voorkomen dat, in de toekomst mogelijke biofilm problemen veroorzaakt.

Hoofdstuk 5: Conclusies

Dit rapport heeft als doel om melkveehouders een antwoord te kunnen geven op de vraag, of het zin heeft om te investeren in drinkwater-nabehandeling voor het melkvee. Door te onderzoeken hoe biofilm ontstaat, welke oplossingen er zijn en hoe goed ze werken wordt hierop een antwoord gegeven.

Hoofdvraag onderzoek: *In hoeverre heeft het toegevoegde waarde voor melkveehouders die gebruik maken van bronwater, om te investeren in drinkwater-nabehandeling voor het melkvee?*

Deelvragen onderzoek:

Deelvraag 1: Wat zijn risicofactoren in waterleidingsystemen op melkveebedrijven?

Deelvraag 2: Welke drinkwater-nabehandelingen zijn er toepasbaar voor een melkveebedrijf?

Deelvraag 3: Wat zijn wetenschappelijk bewezen resultaten van deze drinkwater-nabehandelingen?

Deelvraag 4: Hoeveel bewezen economisch voordeel heeft het gebruik van drinkwater-nabehandeling?

5.1. Antwoord op deelvragen

Deelvraag 1: Wat zijn risicofactoren in waterleidingsystemen op melkveebedrijven?

Risico's in waterleidingsystemen voor melkveehouders liggen deels bij de basis van het water. Een bronwaterinstallatie hoort zijn werk goed te doen en te passen bij het water dat opgepompt wordt. Het is dus belangrijk dat er een passende installatie staat, die goed onderhouden wordt, waardoor het water altijd van een goede begin kwaliteit is. Als er te veel organismen, mineralen of organische resten in het water zitten, dan is de beginvoorwaarde voor biofilmvorming aanwezig. Als er ook nog gekozen is voor ongunstige leidingmaterialen als te dunne of goedkope PE (ethyleen/tyleen) en dit wellicht verkeerd gemonteerd is, dan worden de organismen ook nog gestimuleerd om biofilm te gaan vormen en is er grote kans dat er problemen rondom waterkwaliteit ontstaan. Dode punten in leidingen en leidingen die niet vlak liggen of doorhangen zijn vaak de plekken waar biofilm zich begint te ontwikkelen.

Deelvraag 2: Welke drinkwater-nabehandelingen zijn er toepasbaar voor een melkveebedrijf?

Er worden allerlei producten aangeboden om biofilm tegen te gaan of te verwijderen. Deze verschillen in agressieve (chemische) middelen die vaak giftig zijn, of giftige residuen veroorzaken voor melkvee. Ook is het mogelijk om apparatuur te installeren die middels mechanische werking of door het toevoegen van ontsmettende middelen biofilm voorkomen. De middelen hebben elk hun eigen voor- en nadelen en kunnen in kosten enorm verschillen. Als een veehouder problemen heeft met biofilm zijn hiervoor gelukkig voldoende oplossingen beschikbaar en legio bedrijven die hierin wat kunnen betekenen.

Deelvraag 3: Wat zijn wetenschappelijk bewezen resultaten van deze drinkwater-nabehandelingen?

Het is van alle producten die aangeboden worden tegen biofilm bewezen dat ze in meer of mindere mate werken om biofilm te verwijderen en in elk geval te voorkomen. Als de toepassing van producten die aangeboden worden door commerciële bedrijven, op de juiste manier plaats vindt, dan werken deze producten om biofilm te voorkomen. Ook het verwijderen van biofilm is mogelijk met de middelen die leidingen kunnen spoelen. Dit is echter een oplossing als er van biofilm al sprake is, door bijvoorbeeld fouten in de drinkwater voorziening.

Deelvraag 4: Hoeveel bewezen economisch voordeel heeft het gebruik van drinkwater-nabehandeling?

Op deze vraag is geen helder antwoord gevonden. Dit komt wellicht omdat er te weinig (onafhankelijk) onderzoek naar gedaan is. Er is wel gevonden dat er economische voordelen waren op een Vlaams proefbedrijf waar regenwater, met een slechte biologische kwaliteit, opgewaardeerd werd naar veilig drinkwater. De dure installatie bleek hierdoor rendabel, maar dit is mede door de “goedkope” bron van het drinkwater ten opzichte van leidingwater. In een Duits vakblad werd een melkveehouder geïnterviewd die €35000 voor een dergelijk systeem had betaald, maar de ondernemer zag het meer als een verzekering dan een noodzakelijke investering.

5.2. Antwoord op de hoofdvraag

Hoofdvraag: In hoeverre heeft het toegevoegde waarde voor melkveehouders die gebruik maken van bronwater, om te investeren in drinkwater-nabehandeling voor het melkvee?

Allereerst is er een onderscheid in veehouders die problemen hebben die veroorzaakt worden door de vorming van biofilm, en bedrijven waar dit probleem zich niet afspeelt. Onder welke groep een bedrijf te scharen is, kan alleen blijken door onderzoek. Dit betekent het uitvoeren van kwaliteitsonderzoeken van het water of het inwendig bekijken van delen van drinkwatersystemen.

Als een veehouder geen problemen heeft die voort kunnen komen uit biofilmvorming, of er geen biofilm aanwezig is, dan moet de toegevoegde waarde van de aanschaf van producten tegen biofilm gezien worden als een verzekering tegen het risico om problemen rondom biofilm te krijgen. Dit is een keuze die alleen de ondernemer zelf kan maken, zoals met alle acties die men neemt om zich te “verzekeren” voor bepaalde risico’s.

Als een veehouder wel problemen heeft met biofilm dan is het belangrijk om eens kritisch te kijken naar de beginnende kwaliteit van het water. Een bronwaterinstallatie die niet functioneert kan het risico op biofilmvorming aanzienlijk vergroten. Als dit op orde is of blijkt te zijn, dan zal de complete leidinginstallatie goed bekeken moeten worden. Zijn er verkeerde leidingen gebruikt, hangen leidingen door, zijn er dode punten in leidingen of is er veel stilstaand water, dan zou dit eerst aangepakt moeten worden. Als de voorgaande punten niet op orde zijn, dan is investeren in producten die biofilm voorkomen of verwijderen, meer een vorm van symptoombestrijding dan de oplossing van het probleem.

Het antwoord op de hoofdvraag is dan ook: Het heeft alleen toegevoegde waarde om te investeren in drinkwater-nabehandeling als er zich problemen met waterkwaliteit voordoen, die niet terug te voeren zijn op een foute werking van de bron, en deze kwaliteit niet door fouten in het leidingsysteem aangetast wordt. Anders is er meer sprake van een vorm van verzekering voor mogelijke problemen.

6. Aanbevelingen

Het onderzoek heeft een aantal conclusies opgeleverd die te vinden zijn in de beantwoording van de hoofd- en deelvragen. Aan de hand van deze conclusies zijn er voor melkveehouders die zich afvragen of het zinvol is om te investeren in producten om biofilm te verwijderen of te voorkomen de volgende aanbevelingen geformuleerd. Ook voor bedrijfsadviseurs die door veehouders om advies gevraagd worden zijn deze aanbevelingen goed om te gebruiken.

Aanbevelingen voor melkveehouders en bedrijfsadviseurs:

- Controleer geregeld de kwaliteit van het drinkwater en maak drinkbakken geregeld schoon.
- Controleer regelmatig het water bij de broninstallatie, in de leiding en bij de drinkbak op kwaliteit en laat dit ook bacteriologisch onderzoeken (jaarlijks).
- Ga met medewerkers, meewerkende familieleden, bedrijfsadviseurs of servicepersoneel voor bijvoorbeeld de melkinstallatie of broninstallatie, tijdens de koffie, eens in gesprek over de waterkwaliteit en drinkwater opname van het vee. Wellicht blijken er signalen rondom verminderde drinkwaterkwaliteit die iemand anders beter oppikt. Dit kan bijvoorbeeld voortkomen uit verschillende handelingen die men uitvoert op het bedrijf maar ook persoonlijke ervaring en focus op verschillende bedrijfsaspecten. Dit onderwerp op een ongedwongen manier bespreken, doorbreekt mogelijke bedrijfsblindheid of verwerpt mogelijk onjuiste veronderstellingen.
- Als drinkbakken snel vervuild raken of er getwijfeld wordt aan de kwaliteit van het water dat uit de leiding komt, laat dan ook de kwaliteit van dit water op de voorgaande punten controleren.
- Kijk kritisch naar de opbouw van de leidingensystemen en materiaalkeuze van deze leidingen. Een leiding netjes recht monteren en een overmaat aan bochten/koppelingen voorkomen is niet alleen bedoeld omdat het netjes te laten lijken, het heeft ook een technische functie.
- Leidingen die vaak dicht gaan zitten door biofilm vervangen en wellicht voor ander materiaal of diameter kiezen. Blijkbaar heeft het deel waar de problemen zich regelmatig voordoen een factor die de groei van biofilm stimuleert. Het verwijderen van biofilm is mogelijk, maar het is vaak niet zeker of de behandeling volledig slaagt. Door het vervangen van een leiding is uit te sluiten dat er zich nog delen van biofilm bevinden of dat er nog minerale afzetting aanwezig waar is nieuwe biofilm-vormende organismen gaan koloniseren.

Algemene aanbevelingen

- Er is weinig informatie te vinden rondom de economische voordelen van drinkwater-nabehandeling. Niet voor bedrijven waar geen problemen zijn rondom biofilm (risico indekking) maar ook niet voor bedrijven die wel problemen hebben. Het is aan te bevelen dat er op dit vlak vervolgonderzoek plaats vindt. Door bijvoorbeeld bij bedrijven de verbeterde resultaten op te volgen, na het toepassen van producten tegen biofilm, is er voor veehouders een duidelijker beeld te vormen of het voor hun bedrijf een economisch voordeel op kan leveren.

Bronnenlijst

- Adams, R. S., & Sharpe, W. E. (1995). Water intake and quality for dairy cattle. Penn State Extension Publication DAS, 95-8. Geraadpleegd op 1 Maart 2021, van <https://sempub.epa.gov/work/03/139975.pdf>
- Artis Micropia. (2021, 29 Mei). *Bacillus subtilis: Best onderzochte bacterie*. Geraadpleegd op 29 Mei 2021, van <https://www.micropia.nl/nl/ontdek/microbiologie/bacillus-subtilis/>
- Baere, K. (2011). *Goede waterkwaliteit: Basis voor optimale bedrijfsresultaten*. Proefbedrijf Pluimveehouderij Mededeling 59,2011, 1-8
- Banin, E., Vasil, M. L., & Greenberg, E. P. (2005). Iron and *Pseudomonas aeruginosa* biofilm formation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(31), 11076-11081. doi.org/10.1073/pnas.0504266102
- Berghoef, H., & Poelma, H. R. (1958). Stalverbetering (No. 43). ILR.
- Breede, D. K. (2006). Evaluation of water quality and nutrition for dairy cattle. In High Plains Dairy conference. Geraadpleegd op 27 Februari 2021, van <https://puroxi.com/wp-content/uploads/2012/-03/Water-Quality-and-Nutrition-for-Dairy-Cattle.pdf>
- Camper, A., Burr, M., Ellis, B., Butterfield, P., & Abernathy, C. (1998). Development and structure of drinking water biofilms and techniques for their study. *Journal of applied microbiology*, 85(S1), 1S-12S. <https://doi-org.aeres.idm.oclc.org/10.1111/j.1365-2672.1998.tb05277.x>
- CTGB. (2021, 3 Juni). *In Situ gemaakte biociden*. Geraadpleegd op 3 Juni 2021, van <https://www.ctgb.nl/biociden/aanvraag-indienen/afwijkende-producten/in-situ>
- De Roode, H., Verwoerd, M., & Meijerink, A. (2017). *Bronwateronderzoek KKM/Foqus Hoe werkt het?*. Herkauwer, 2017(90), 20-21.
- Gezondheidsdienst voor Dieren (2021, 28 Februari). *Aandachtspunten waterkwaliteit bij opstallen*. Geraadpleegd op 28 Februari 2021, van <https://www.gddiergezondheid.nl/actueel/nieuws/2014/-09/aandachtspunten-waterkwaliteit-bij-opstallen>
- Gezondheidsdienst voor Dieren. (2021, 26 Februari). *Grenswaarden veedrinkwater*. Geraadpleegd op 26 Februari 2021, van <https://www.gddiergezondheid.nl/grenswaardenveedrinkwater>
- Gezondheidsdienst voor Dieren. (z.d.). *Rundveedrinkwater*. Geraadpleegd op 27 Februari 2021, van <https://www.gddiergezondheid.nl/rundveedrinkwater>
- Gomes, I. B., Lemos, M., Mathieu, L., Simões, M., & Simões, L. C. (2018). The action of chemical and mechanical stresses on single and dual species biofilm removal of drinking water bacteria. *Science of the Total Environment*, 631, 987-993. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.042
- Groot, M., Kleijer-Ligtenberg, G., Van Asseldonk, T., & Hansma, H. (2011). *Stalboekje melkvee: Natuurlijk gezond met kruiden en andere natuurproducten*. Herziene uitgave, (2011), 1-134.
- Hallam, N. B., West, J. R., Forster, C. F., & Simms, J. (2001). The potential for biofilm growth in water distribution systems. *Water Research*, 35(17), 4063-4071. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(01\)00248-2](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(01)00248-2)
- Harsonic. (2021, 28 Mei). *Agriculture*. Geraadpleegd op 28 Mei 2021, van <http://www.harsonic.com/-agriculture/>

- Hietkamp, D. (2014). *Water als probleemveroorzaker*. De Molenaar, 2014(5), 10-11.
- Hufelschulte, J. (2020). Wasserqualität bei Kühen im Blick. *Top Agrar*, 2020 (9), r14-r17.
- Karatan, E., & Watnick, P. (2009). Signals, regulatory networks, and materials that build and break bacterial biofilms. *Microbiology and molecular biology reviews: MMBR*, 73(2), 310. doi:10.1128/MMBR.00041-08
- Kerwick, M. I., Reddy, S. M., Chamberlain, A. H. L., & Holt, D. M. (2005). Electrochemical disinfection, an environmentally acceptable method of drinking water disinfection?. *Electrochimica Acta*, 50(25-26), 5270-5277. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2005.02.074>
- Lakretz, A., Ron, E. Z., & Mamane, H. (2011). Biofilm control in water by a UV-based advanced oxidation process. *Biofouling*, 27(3), 295-307. <https://doi.org/10.1080/08927014.2011.561923>
- Lautenschlager, K., Boon, N., Wang, Y., Egli, T., & Hammes, F. (2010). Overnight stagnation of drinking water in household taps induces microbial growth and changes in community composition. *Water research*, 44(17), 4868-4877. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.07.032>
- Li, J., Hirota, K., Yumoto, H., Matsuo, T., Miyake, Y., & Ichikawa, T. (2010). Enhanced germicidal effects of pulsed UV-LED irradiation on biofilms. *Journal of applied microbiology*, 109(6), 2183-2190. doi:10.1111/j.1365-2672.2010.04850.x
- Loret, J. F., Robert, S., Thomas, V., Levi, Y., Cooper, A. J., & McCoy, W. F. (2005). Comparison of disinfectants for biofilm, protozoa and Legionella control. *Journal of water and health*, 3(4), 423-433. <https://doi.org/10.2166/wh.2005.047>
- Marais, J. T., & Brözel, V. S. (1999). Electro-chemically activated water in dental unit water line. *British Dental Journal*, 187(3), 154-158. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4800228>
- Mathieu, L., Keraval, A., Declercq, N. F., & Block, J. C. (2019). Assessment of a low-frequency ultrasound device on prevention of biofilm formation and carbonate deposition in drinking water systems. *Ultrasonics sonochemistry*, 52, 41-49. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.10.029>
- Melo, L. F. (2003). Biofilm formation and its role in fixed film processes. *The Handbook of Water and Wastewater Microbiology*, Academic Press, Duncan Mara, London, 337-349.
- Molenveld, K., & Bos, H. (2019). Biobased plastics 2019 (No. 21). Wageningen Food & Biobased Research. doi.org/10.18174/464407
- Mott, I. E. C., Stickler, D. J., Coakley, W. T., & Bott, T. R. (1998). The removal of bacterial biofilm from water-filled tubes using axially propagated ultrasound. *Journal of Applied Microbiology*, 84(4), 509-514. <https://doi-org.aeres.idm.oclc.org/10.1046/j.1365-2672.1998.00373.x>
- Neu, L., & Hammes, F. (2020). Feeding the Building Plumbing Microbiome: The Importance of Synthetic Polymeric Materials for Biofilm Formation and Management. *Water*, 12(6), 1774. <https://doi.org/10.3390/w12061774>
- Pittgens, S. (2019, 20 Juni) *Tränkewasser: Gut ist nicht gut genug*. Geraadpleegd op 1 Maart 2021, van <https://www.agrarheute.com/tier/rind/traenkewasser-gut-gut-genug-554649>
- Remon. (2021, 28 Mei). *Ontijzeringsinstallatie*. Geraadpleegd op 28 Mei 2021, van <https://www.remon.com/waterzuivering/ontijzeringsinstallatie>

- Schwartz, T., Kohnen, W., Jansen, B., & Obst, U. (2003). Detection of antibiotic-resistant bacteria and their resistance genes in wastewater, surface water, and drinking water biofilms. *FEMS microbiology ecology*, 43(3), 325-335. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2003.tb01073.x>
- Shih, H. Y., & Lin, Y. E. (2010). Efficacy of copper-silver ionization in controlling biofilm-and plankton-associated waterborne pathogens. *Applied and environmental microbiology*, 76(6), 2032. doi:10.1128/AEM.02174-09
- Simões, L. C., & Simões, M. (2013). Biofilms in drinking water: problems and solutions. *Rsc Advances*, 3(8), 2520-2533. doi:10.1039/c2ra22243d
- Stevens, E. (13 Februari 2020). *Water op het melkveebedrijf. Waterbelevingsdag veehouderij* [Presentatie]. Geel: Provincie Antwerpen Hooibeekhoeve.
- Stoodley, P., Sauer, K., Davies, D. G., & Costerton, J. W. (2002). Biofilms as complex differentiated communities. *Annual Reviews in Microbiology*, 56(1), 187-209. <https://doi.org/10.1146/annurev.micro.56.012302.160705>
- Thantsha, M. S., & Cloete, T. E. (2006). The effect of sodium chloride and sodium bicarbonate derived anolytes, and anolyte-catholyte combination on biofilms. *Water Sa*, 32(2), 237-242. doi:10.4314/wsa.v32i2.5248
- Van Harn, J., Neijenhuis, F., & Ellen, H. H. (2014). *Vleeskuikenhouders: controleer regelmatig uw drinkwaterkwaliteit!*.
- Van Looveren, L. (2019) *Drinkwater op een melk-veebedrijf* (Proefschrift). KU Leuven, Geel.
- Vasudevan, R. (2014). Biofilms: microbial cities of scientific significance. *J Microbiol Exp*, 1(3), 00014. doi:10.15406/jmen.2014.01.00014
- Veeteelt. (2017, 24 April). *Toxicoloog pleit voor jaarlijks onderzoek bronwater*. Geraadpleegd op 26 Februari 2021, van <https://veeteelt.nl/nieuws/toxicoloog-pleit-voor-jaarlijks-onderzoek-bronwater>
- Veeteelt. (2017, 25 April). *Helpt melkveehouders heeft eigen bron*. Geraadpleegd op 26 Februari 2021, van <https://veeteelt.nl/nieuws/helpt-melkveehouders-heeft-eigen-waterbron>
- Vitalve. (2021, 28 Mei). *Laat waterkwaliteit regelmatig onderzoeken*. Geraadpleegd op 28 Mei 2021, van <https://vitalve.nl/nieuws/waterkwaliteit-onderzoeken/>
- Wageningen Livestock Research. (2016). *Handboek Melkveehouderij 2016/17*. Wageningen: Wageningen Livestock Research.
- Wageningen Livestock Research. (2019, 3 Juni). *Heerlijk, helder en schoon drinkwater voor melkvee*. Geraadpleegd op 19 Februari 2021, van <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksinstituten/livestock-research/show-wlr/Heerlijk-helder-en-schoon-drinkwater-voor-melkvee.htm>
- Wageningen University & Research. (2021, 29 Mei). *Dossier Fosfaat*. Geraadpleegd op 29 Mei 2021, van <https://www.wur.nl/nl/Dossiers/dossier/Fosfaat-1.htm>
- Watter. (2018, 27 Maart). *Biofilm: een klein bos in de waterleiding*. Geraadpleegd op 26 Februari 2021, van <https://www.watter.nl/blog/posts/2018/march/biofilm-een-klein-bos-in-de-waterleiding>

Alle overige afbeeldingen eigen werk

Bijlagen

Bijlage 1: Beoordeling Vooronderzoek Afstudeerwerkstuk

Beoordeling Vooronderzoek Afstudeerwerkstuk				versie aug. 2018	
Naam student :		Naam beoordeelaar :		Datum:	
Versie :		Functie beoordeelaar : 1e beoordeelaar / 2e beoordeelaar		handtekening	
Indicator	Beoordelingscriteria		Beoordeling	Feedback	
2. Inleiding	Goed (voldoet aan alle bolletjes) • De inleiding beschrijft het breder kader van het onderwerp, trends en ontwikkelingen: waarom en voor wie het onderwerp belangrijk is (= relevantie). • In de inleiding wordt beschreven wat bekend is (theoretisch kader) en wat niet (=knowledge gap). • De hoofdvraag maakt duidelijk welk antwoord wordt gezocht. • De deelvragen dragen systematisch bij aan de beantwoording van de hoofdvraag. • Het is duidelijk wat met het beantwoorden van de hoofdvraag wordt bereikt in de beroepspraktijk (doelstelling). • Alle niet-eigen beweringen zijn onderbouwd met referenties.		Voldoende		
3. Aanpak (Materiaal en Methode)	Voldoende (voldoet aan alle bolletjes) • De inleiding beschrijft het breder kader van het onderwerp, trends en ontwikkelingen: waarom en voor wie het onderwerp belangrijk is (= relevantie). • In de inleiding wordt beschreven wat bekend is (theoretisch kader) en wat niet (=knowledge gap). • De hoofdvraag maakt duidelijk welk antwoord wordt gezocht. • De deelvragen dragen systematisch bij aan de beantwoording van de hoofdvraag. • Het is duidelijk wat met het beantwoorden van de hoofdvraag wordt bereikt in de beroepspraktijk (doelstelling). • Alle niet-eigen beweringen zijn onderbouwd met referenties. • De onderzoeksoptzet past bij de onderzoeksvragen. • De methodologie van de onderzoeksoptzet is verantwoord. • De methode van data-analyse sluit aan bij de thematiek van het onderzoek en bij de manier van gegevensverzameling (n.v.t. bij literatuuronderzoek). • Bij literatuuronderzoek is het volledige zoekplan beschreven. • Alle onderzoeks-eenheden en variabelen zijn genoemd (niet bij literatuuronderzoek). • Beschrijft bij literatuuronderzoek de criteria waarop literatuur wel of niet gebruikt wordt. • Indien van toepassing: Enquête(s) of interviewsstructuur zijn als bijlage toegevoegd.		Voldoende		
7. Bronnen	• Minstens 10 referenties komen uit peer-reviewed bronnen. • De literatuurlijst is opgesteld conform de geldende APA-normen. • Er zijn wetenschappelijke en niet-wetenschappelijke, nationale en internationale bronnen gebruikt (diepgang). • Alle gekozen bronnen zijn relevant. • Minstens 10 referenties zijn actueel (< 10 jaar oud).		Voldoende		
8. Het hele Vooronderzoek Rapporteren	• Het rapport voldoet aan alle punten van de 'checklist schriftelijk rapporteren'. • De omvang van het Vooronderzoek is maximaal 20 pagina's (excl. bijlagen).		Voldoende		
			Cijfer	Voldoende	

Beoordeling Afstudeerwerkstuk (AFW)

versie aug. 2018

Naam student :	Naam beoordelaar :		Datum:	
Versie :	Functie beoordelaar : 1e beoordelaar / 2e beoordelaar		handtekening	

Indicator	Beoordelingscriteria	Beoordeling	Feedback
1. Samenvattingen	Goed (voldoet aan alle bolletjes) - Gaan over hele AFW. - Zijn gestructureerd. - Kunnen zelfstandig gelezen worden. - Hebben maximaal 400 woorden (1 A4). - Zijn gericht op de doelgroep. - Bevatten geen persoonlijke mening. - De samenvatting in een andere taal heeft niet meer dan 10 taalfouten.	Voldoende	
2. Inleiding	- De inleiding beschrijft het breder kader van het onderwerp, trends en ontwikkelingen: waarom en voor wie het onderwerp belangrijk is (= relevantie). - In de inleiding wordt beschreven wat bekend is (theoretisch kader) en wat niet (=knowledge gap). - De hoofdvraag maakt duidelijk welk antwoord wordt gezocht. - De deelvragen dragen systematisch bij aan de beantwoording van de hoofdvraag. - Het is duidelijk wat met het beantwoorden van de hoofdvraag wordt bereikt in de beroepspraktijk (doelstelling). - Alle niet-eigen beweringen zijn onderbouwd met referenties.	Voldoende	
3. Aanpak (Materiaal en Methode)	- De onderzoekopzet past bij de onderzoeksvragen. - De methodologie van de onderzoekopzet is verantwoord. - De methode van data-analyse sluit aan bij de thematiek van het onderzoek en bij de manier van gegevensverzameling (n.v.t. bij literatuuronderzoek). - Bij literatuuronderzoek is het volledige zoekplan beschreven. - Alle onderzoekseenheden en variabelen zijn genoemd (niet bij literatuuronderzoek). - Beschrijft bij literatuuronderzoek de criteria waarop literatuur wel of niet gebruikt wordt. - Indien van toepassing: Enquête(s) of interviewstructuur zijn als bijlage toegevoegd.	Voldoende	

4. Resultaten	- De resultaten zijn gestructureerd (volgens de deelvragen) weergegeven. - Tabellen, figuren, grafieken zijn toegelicht in de tekst. - Tabellen, figuren, grafieken geven informatie voor het beantwoorden van de deelvragen. - De resultaten bevatten geen discussie en geen interpretatie. - De resultaten zijn correct geanalyseerd (waar nodig is analyserende statistiek gebruikt). - Verschillende factoren zijn met elkaar in verband gebracht. - Alleen de resultaten die nodig zijn voor het beantwoorden van de deelvragen zijn beschreven.	- De resultaten zijn gestructureerd (volgens de deelvragen) weergegeven. - Tabellen, figuren, grafieken zijn toegelicht in de tekst. - Tabellen, figuren, grafieken geven informatie voor het beantwoorden van de deelvragen. - De resultaten bevatten geen discussie en geen interpretatie.	Voldoende	
5. Discussie	- Er is een kritische reflectie op de gebruikte onderzoeksmethode(n). - De resultaten zijn correct geïnterpreteerd. - De reikwijdte van de resultaten (wat kan doelgroep er mee) is beschreven. - De discussie is gestructureerd weergegeven. - De resultaten zijn vergeleken met literatuur, normen, verwachtingen. - Er worden geen conclusies getrokken. - Nieuwe bronnen zijn alleen gebruikt bij niet verwachte resultaten of nieuwe ontwikkelingen in de beroepspraktijk. - De omvang van de discussie is proportioneel met de omvang van het AFW.	- Er is een kritische reflectie op de gebruikte onderzoeksmethode(n). - De resultaten zijn correct geïnterpreteerd. - De reikwijdte van de resultaten (wat kan doelgroep er mee) is beschreven. - De discussie is gestructureerd weergegeven.	Voldoende	
6. Conclusie(s) en aanbevelingen	- Onderzoek en doel van het rapport worden genoemd. - Elke deelvraag wordt beantwoord. - De hoofdvraag wordt beantwoord. - De conclusies zijn gebaseerd op de resultaten en discussie. - Aanbevelingen zijn praktisch toepasbaar voor de doelgroep. - De relevantie van de resultaten wordt gegeven ('cirkel sluiten'). - Alle aanbevelingen passen bij de discussie en/of conclusie(s). - Aanbevelingen zijn ingedeeld naar korte en lange termijn.	- Onderzoek en doel van het rapport worden genoemd. - Elke deelvraag wordt beantwoord. - De hoofdvraag wordt beantwoord. - De conclusies zijn gebaseerd op de resultaten en discussie. - Aanbevelingen zijn praktisch toepasbaar voor de doelgroep.	Voldoende	

7. Bronnen	• Minstens 10 referenties komen uit peer reviewed bronnen. • De literatuurlijst is opgesteld conform de geldende APA-normen. • Er zijn wetenschappelijke en niet-wetenschappelijke, nationale en internationale bronnen gebruikt (diepgang). • Alle gekozen bronnen zijn relevant. • Minstens 10 referenties zijn actueel (< 10 jaar oud).	• Minstens 10 referenties komen uit peer reviewed bronnen. • De literatuurlijst is opgesteld conform de geldende APA-normen.	Voldoende	
8. Het hele AFW: Rapporteren	• Het rapport voldoet aan alle punten van de 'checklist schriftelijk rapporteren'. • De omvang van het Afstudeerwerkstuk is maximaal 50 pagina's (excl. bijlagen).	• Het rapport bevat geen 'killing points' van de 'checklist schriftelijk rapporteren'.	Voldoende	
9. Het hele AFW: hbo-niveau	• Het rapport heeft vakinhoudelijke diepgang. • In het rapport worden wetenschap en (beroeps)praktijk met elkaar in verband gebracht (past theorie toe / praktijkgericht). • Meerdere kennisgebieden worden geïntegreerd. • Een complex vraagstuk is in praktisch bruikbare delen gesplitst.	• Het rapport heeft vakinhoudelijke diepgang. • In het rapport worden wetenschap en (beroeps)praktijk met elkaar in verband gebracht (past theorie toe / praktijkgericht).	Voldoende	
10. Het hele AFW: Proces Alleen te beoordelen door coach 2e beoordelaar neemt beoordeling over	• De student heeft feedback gebruikt om verbeteringen aan te brengen. • De student heeft gericht gezocht naar nieuwe informatie voor het beantwoorden van de vraag/ oplossen van het probleem/ innovatie. • De student heeft zelfstandig gewerkt. • De student heeft volgens een zelf gemaakte planning gewerkt. • De student heeft zelf het initiatief genomen om verbeteringen aan te brengen.	• De student heeft feedback gebruikt om verbeteringen aan te brengen. • De student heeft gericht gezocht naar nieuwe informatie voor het beantwoorden van de vraag/ oplossen van het probleem/ innovatie.	Voldoende	
Cijfer			5,5	

Bijlage 2: Toestemmingsformulier tot opname en beschikbaarstelling afstudeerwerkstukken in repository

Je staat op het punt je afstudeerwerkstuk in te leveren. Je hebt daarbij misschien wel dankbaar gebruik gemaakt van afstudeerwerkstukken van je voorgangers. Ook jouw afstudeerwerkstuk kan van belang zijn voor volgende afstudeerders of misschien wel voor jouw (inter)nationale vakgebied. Daarom willen we jouw product opnemen in een databank die full tekst toegang biedt aan derden. Daarvoor hebben we wel jouw toestemming als auteur nodig.

Aeres Hogeschool Dronten en Almere heeft een digitale kennisbank (repository) waarin Aeres Hogeschool Dronten en Almere afstudeerwerkstukken die door studenten in het kader van hun studie aan de Hogeschool hebben geschreven, toegankelijk worden gemaakt voor derden. Hierdoor wordt het proces van creatie, verwerving en deling van kennis binnen het onderwijs mogelijk gemaakt en ondersteund.

De in de kennisbank opgenomen afstudeerwerkstukken zullen gedurende minimaal zeven jaar in de kennisbank worden opgenomen en toegankelijk worden gemaakt voor potentiële gebruikers binnen en buiten Aeres Hogeschool Dronten en Almere. Om opname en beschikbaarstelling mogelijk te maken dient dit Toestemmingsformulier.

Door opname en beschikbaarstelling in de digitale kennisbank wordt het auteursrecht niet overgedragen. Daarom kan de student zijn of haar toestemming tot het beschikbaar stellen van zijn afstudeerwerkstuk intrekken.

Rechten en plichten student

De student verleent aan Aeres Hogeschool Dronten en Almere kosteloos de niet-exclusieve toestemming om zijn afstudeerwerkstuk op te nemen in de digitale kennisbank en om dit afstudeerwerkstuk beschikbaar te stellen aan gebruikers binnen en buiten Aeres Hogeschool Dronten en Almere. Hierdoor mogen gebruikers het afstudeerwerkstuk geheel of gedeeltelijk kopiëren en bewerken. Gebruikers mogen dit alleen doen en de resultaten publiceren indien dit gebeurt voor eigen studie en/of onderwijs- en onderzoeksdoeleinden en onder de vermelding van de naam van de student en de vindplaats van het afstudeerwerkstuk.

Afstudeerwerkstukken die als vertrouwelijk moeten worden beschouwd, worden niet opgenomen in de repository.

De toestemming om het afstudeerwerkstuk aan derden beschikbaar te stellen, gaat in per onderstaande datum.

De student geeft Aeres Hogeschool Dronten en Almere het recht de toegankelijkheid van het afstudeerwerkstuk te wijzigen en te beperken indien daar zwaarwegende redenen voor bestaan.

De student verklaart dat de stage-biedende organisatie dan wel de opdrachtgever van het afstudeerwerkstuk geen bezwaar heeft tegen opname en beschikbaarstelling van het afstudeerwerkstuk in de repository.

Verder verklaart de student dat hij of zij toestemming heeft van de rechthebbende van materiaal dat de student niet zelf gemaakt heeft om dit materiaal als onderdeel van het afstudeerwerkstuk op te nemen in de digitale kennisbank en aan derden binnen en buiten Aeres Hogeschool Dronten en Almere beschikbaar te stellen.

De student geeft Aeres Hogeschool Dronten en Almere het recht het afstudeerwerkstuk op te nemen in de digitale kennisbank en ter beschikking te stellen voor een periode van minimaal zeven jaar.

Rechten en plichten Hogeschool

De door de student verleende niet-exclusieve toestemming geeft Aeres Hogeschool Dronten en Almere het recht het afstudeerwerkstuk aan gebruikers binnen en buiten Aeres Hogeschool Dronten en Almere beschikbaar te stellen.

Aeres Hogeschool Dronten en Almere mag verder het afstudeerwerkstuk voor gebruikers binnen en buiten Aeres Hogeschool Dronten en Almere vrij toegankelijk maken voor een gebruiker van de digitale kennisbank en mag deze gebruiker toestemming geven om het afstudeerwerkstuk te kopiëren en te bewerken. Gebruikers mogen dit alleen doen en de resultaten publiceren indien dit gebeurt voor eigen studie en/of onderwijs- en onderzoeksdoeleinden en onder de vermelding van de naam van de student en de vindplaats van het afstudeerwerkstuk.

Aeres Hogeschool Dronten en Almere zal ervoor zorgen dat vermeld wordt wie de schrijver is van het afstudeerwerkstuk waarbij zij tevens aangeeft dat bij gebruik van het afstudeerwerkstuk de herkomst hiervan duidelijk vermeld moet worden. Aeres Hogeschool Dronten en Almere zal duidelijk maken dat voor ieder commercieel gebruik van het afstudeerwerkstuk toestemming van de student nodig is.

Aeres Hogeschool Dronten en Almere heeft het recht de toegankelijkheid van het afstudeerwerkstuk te wijzigen en te beperken indien daar zwaarwegende redenen voor bestaan.

Rechten en plichten gebruiker

Door dit Toestemmingsformulier mag een gebruiker van de digitale kennisbank het afstudeerwerkstuk geheel of gedeeltelijk kopiëren en/of geheel of gedeeltelijk bewerken. Gebruikers mogen dit alleen doen en de resultaten publiceren indien dit gebeurt voor eigen studie en/of onderwijs- en onderzoeksdoeleinden en onder de vermelding van de naam van de student en de vindplaats van het afstudeerwerkstuk.

Toestemming:

Ik: Joost Wieggers.....

- geef toestemming voor opname van mijn afstudeerwerkstuk in repository
- geef geen toestemming voor opname in repository. In dit geval wordt alleen intern gearchiveerd voor accreditatie doeleinden

Datum 6 Juni 2021.....

Opleiding: Aeres Hogeschool te Dronten.....

Major: Dier- & Veehouderij

Meer informatie over het auteursrecht is te lezen op <https://auteursrechten.nl/>

Bijlage 3: Checklist Schriftelijk Rapporteren

Checklist Schriftelijk Rapporteren

Naam:

Klas:

Datum:

Titel verslag:

Nadat je je verslag/rapport hebt gecontroleerd met behulp van deze checklist, voeg je deze toe als bijlage. Zonder de checklist vindt geen beoordeling plaats. De beoordelingscriteria die met een * zijn aangegeven, zijn de zogenaamde *'killing points'*. Indien de assessor meer dan vijf *'killing points'* heeft aangekruist, dien je het rapport/verslag op alle onvoldoende onderdelen te verbeteren. Voor de herbeoordeling moet je ook de oude versie inleveren. In het afstudeerwerkstuk zijn geen *'killing points'* toegestaan! AANVINKEN WAT NIET IN ORDE IS!

1. Het taalgebruik:
 - ☐ Bevat niet meer dan drie grammaticale, spel- en typefouten per duizend woorden*
 - Bij meer dan drie fouten per duizend woorden is het rapport/verslag afgekeurd!**
 - ☐ Heeft een adequate interpunctie*
 - ☐ Is afgestemd op de gekozen doelgroep (juiste stijl)*
 - ☐ Laat een zakelijke en actieve schrijfstijl zien*
 - ☐ Bevat geen persoonlijke voornaamwoorden*
2. Het rapport/verslag:
 - ☐ Is ingebonden (hard copy)*
 - ☐ Is vrij van plagiaat* (zie examenreglement)
3. De omslag:
 - ☐ Bevat de titel
 - ☐ Vermeldt de auteur(s)
4. De titelpagina/het titelblad:
 - ☐ Heeft een specifieke titel*
 - ☐ Vermeldt de auteur(s)*
 - ☐ Vermeldt de plaats en de datum*
 - ☐ Vermeldt de opdrachtgever(s)*
5. Het voorwoord:
 - ☐ Bevat de persoonlijke aanleiding tot het schrijven van het rapport/verslag
 - ☐ Bevat persoonlijke bedankjes (persoonlijke voornaamwoorden toegestaan)
6. De inhoudsopgave:
 - ☐ Vermeldt alle genummerde onderdelen van het rapport/verslag*
 - ☐ Vermeldt de samenvatting en de bijlage(n)
 - ☐ Is overzichtelijk
 - ☐ Heeft een correcte paginaverwijzing
7. De samenvatting:
 - ☐ Is een verkorte versie van het gehele rapport/verslag
 - ☐ Bevat conclusies
 - ☐ Bevat geen persoonlijke mening
 - ☐ Is gestructureerd
 - ☐ Is zakelijk geschreven
 - ☐ Staat direct na de inhoudsopgave
8. De inleiding:
 - ☐ Is hoofdstuk 1*
 - ☐ Nodigt uit tot lezen
 - ☐ Beschrijft het onderzoekskader*
 - ☐ Beschrijft de probleemstelling*
 - ☐ Vermeldt het doel*
- ☐ Geeft informatie over de gevolgde onderzoeksmethode*
 - ☐ Geeft kort de inhoud per hoofdstuk van het rapport/verslag weer*
9. De (opmaak van de) kern:
 - ☐ Bestaat uit genummerde hoofdstukken, paragrafen en sub paragrafen (maximaal drie niveaus)*
 - ☐ Deze zijn verschillend in opmaak*
 - ☐ De hoofdstukken en (sub)paragrafen hebben een passende titel
 - ☐ Een hoofdstuk beslaat ten minste één pagina
 - ☐ Een nieuw hoofdstuk begint op een nieuwe pagina
 - ☐ De zinnen lopen door (geen 'enter' binnen een alinea gebruiken)
 - ☐ De figuren zijn (door)genummerd en hebben een passende titel*
 - ☐ De tabellen zijn (door) genummerd en hebben een passende titel*
 - ☐ In de tekst zijn er verwijzingen naar figuren en/of tabellen*
 - ☐ De tekst bevat verwijzing naar de desbetreffende bijlage(n)
 - ☐ De pagina's zijn genummerd*
 - ☐ De pagina's hebben een aantrekkelijke opmaak
10. De discussie:
 - ☐ Bevat een vergelijking met relevante literatuur
 - ☐ Geeft de valide argumentatie weer
 - ☐ Bevat een kritische reflectie op de eigen bevindingen
11. De conclusies en aanbevelingen:
 - ☐ De conclusies zijn gebaseerd op relevante feiten
 - ☐ De aanbevelingen zijn gebaseerd op relevante feiten
 - ☐ Bevatten geen nieuwe informatie*
12. De bronvermelding:
 - ☐ In de tekst is conform de geldende APA-normen* (zie intranet)
13. De literatuurlijst:
 - ☐ Is opgesteld conform de geldende APA-normen* (zie intranet)
14. De bijlagen:
 - ☐ Zijn genummerd
 - ☐ Zijn voorzien van een passende titel
 - ☐ Bevatten geen eigen analyse