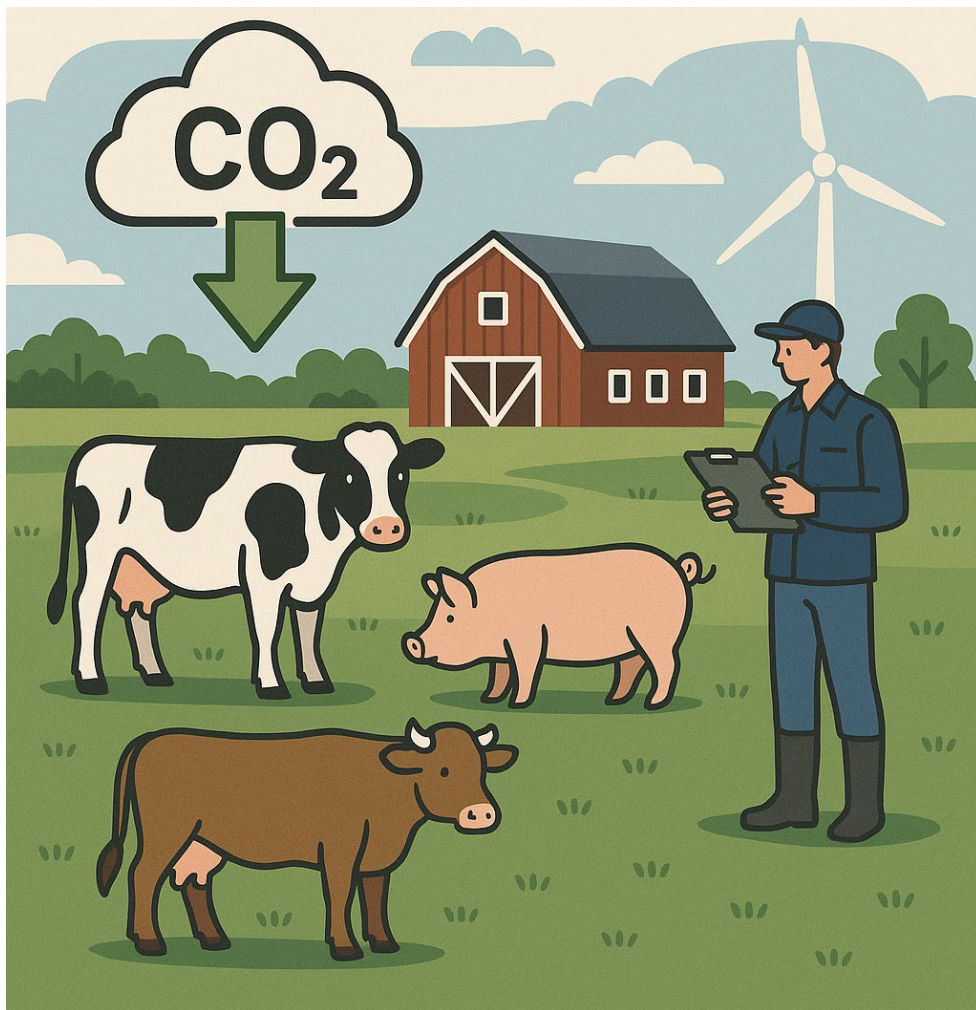


Innovatie Project 1
Eindrapport
Emissiereductie in de Duurzame
Veehouderij
Onderzoeksbureau A

Door: Tom Verweij, Derk van Kalken, Sep
Miltenburg, Jelmer Kommer en Casper Heidendaal



Woordenaantal: ~3000

Inhoudsopgave

1. Inleiding	2
2. Data	2
3. Methode	5
4. Resultaten	7
5. Robuustheidsanalyse	8
6. Conclusie & Advies	10
7. Bronnenlijst	13
8. Bijlagen	14

1. Inleiding

Zoals in de vorige twee deelanalyses (bijlage 1 & 2) is beschreven, is de uitstoot van broeikasgassen een groot probleem binnen Nederland. De veehouderij sector is een van de grootste veroorzakers hiervan, vooral door de uitstoot van methaan en lachgas (CBS, 2023). Door te investeren in nieuwe innovaties rondom deze sector kan deze uitstoot sterk verlaagd worden en kan klimaatverandering tegen worden gegaan.

Wij hebben een vergelijking gemaakt tussen drie innovaties die een sterke potentie hebben om emissiereductie in de veehouderij te realiseren; Spectrik, een start-up die een sensortechnologie ontwikkelt, Lely sphere, die een stal-installatie met mestrobots ontwikkelt, en Bovaer, een supplement dat toegevoegd wordt aan veevoer. Deze innovaties hebben alle drie betrekking op koeien(-stallen), maar proberen het probleem op een andere manier op te lossen. Spectrik realiseert emissiereductie op een indirecte manier door uitstoot in kaart te brengen, Lely sphere realiseert ammoniakreductie door mest en urine gelijk bij de bron te scheiden, en Bovaer realiseert methaanreductie doordat het voedingssupplement ervoor zorgt dat koeien minder methaan produceren in hun maag. Onze opdrachtgever, Regieorganisatie Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB), wil de resultaten van ons onderzoek gebruiken als input voor haar kernactiviteiten rondom het stimuleren van een duurzame en toekomstbestendige landbouw.

Er zijn drie analyses uitgevoerd: de technologische, financiële en sociaal-maatschappelijke analyse. Hierin zijn de drie innovaties beoordeeld. In dit eindrapport worden de resultaten van de vorige drie analyses met elkaar vergeleken, conclusies getrokken, en uiteindelijk wordt er een eindadvies gegeven.

Dit wordt gedaan door eerst alle resultaten overzichtelijk op een rij te zetten met behulp van een effectentabel. Daarna worden alle resultaten gestandaardiseerd; dit is nodig omdat niet alle waarden dezelfde schaal hebben. Verder worden er waarderingen gegeven aan alle resultaten, niet elke criteria weegt namelijk even zwaar. Door deze stappen uit te voeren kunnen er conclusies worden getrokken. Er wordt dan nog een robuustheidsanalyse uitgevoerd waarin gekeken wordt hoe gevoelig de uitkomsten van de analyses zijn voor veranderingen in aannames. Na alles grondig in acht te hebben genomen, wordt er een eindadvies gegeven over de drie innovaties. Tot slot wordt er gereflecteerd op verbeteringen aan het onderzoek en volgen eventuele aanbevelingen voor toekomstig vervolgonderzoek.

2.Data

Door de drie analyses is er veel kwantitatieve en kwalitatieve data verzameld en zijn deze ook op verschillende meetschalen weergegeven. In tabel 1 zijn alle criteria te zien die gebruikt zijn in de deelanalyses met een korte definitie. In tabel 2 zijn de waarden van de criteria per technologie te zien evenals de bijbehorende mate van onzekerheid.

<u>Criterium</u>	<u>Definitie</u>
Mate van emissiereductie	De hoeveelheid emissies die de innovatie reduceert.
Ontwikkelingsstadium	De ontwikkelingsfase waarin een technologie zich bevindt ten opzichte van de markt.
Praktische toepasbaarheid	Hoe goed de technologie kan worden toegepast in verschillende groten en typen stallen.
Levensduur	De tijd voor wanneer een technologie moet worden vervangen.
Technische inpasbaarheid in de bedrijfsvoering	Hoe eenvoudig de technologie kan worden toegepast binnen bedrijven.
NPV na 10 jaar	Hoeveel een investering vandaag waard is, rekening houdend met alle kosten en opbrengsten over 10 jaar, nadat deze zijn omgerekend naar de huidige waarde.
Terugverdiëntijd	Hoelang het duurt voordat de innovatie haar investering hebben terugverdiënt
Arbeids Impact / werkdruk	De impact op de arbeid binnen een bedrijf door de technologie.
Impact op diergezondheid / welzijn	De impact die de innovatie heeft op de diergezondheid en het dierenwelzijn.
Acceptatie en adoptie door veehouders	De bereidheid van veehouders om een technologie te accepteren en toe te passen.
Maatschappelijk draagvlak	De mate waarop de innovatie wordt geaccepteerd en ondersteund door de brede maatschappij.
Beleid en regelgeving	Beleid en regelgeving die invloed hebben op het gebruik, ontwikkeling en diffusie van de technologie.

tabel 1: Criteria omschrijving

Criteria	Meetschaal	Kosten/ Baten	Spectrik	Lely Sphere	Bovaer	Onzekerheid						
Mate van emissiereductie	1 - 10	Baten	4	9	6	4						
Ontwikkelingsstadium	TRL (1-9)	Baten	6	7	9	1						
Praktische toepasbaarheid	1 - 10	Baten	10	8	7	3						
Levensduur	1-10	Baten	7	8	9	2						
Technische inpasbaarheid in de bedrijfsvoering	--, -, 0 , +, ++	Baten	+	-	++	3						
NPV na 10 jaar	Euro's	Baten	-€ 1.000,00	€ 178.138,41	€ 18.419,59	4						
Terugverdientijd	Jaren	Baten	n.d.	3 jaar	0 jaar	2						
Arbeids Impact / werkdruk	--, -, 0, +, ++	Kosten	0	-	0	<table><tr><td>S</td><td>LS</td><td>B</td></tr><tr><td>5</td><td>3</td><td>1</td></tr></table>	S	LS	B	5	3	1
S	LS	B										
5	3	1										
Impact op diergezondheid / welzijn	1-10	Baten	8	5	6	<table><tr><td>S</td><td>LS</td><td>B</td></tr><tr><td>1</td><td>3</td><td>4</td></tr></table>	S	LS	B	1	3	4
S	LS	B										
1	3	4										
Acceptatie en adoptie door veehouders	1-10	Baten	4	9	10	<table><tr><td>S</td><td>LS</td><td>B</td></tr><tr><td>4</td><td>2</td><td>1</td></tr></table>	S	LS	B	4	2	1
S	LS	B										
4	2	1										
Maatschappelijk draagvlak	1-10	Baten	5	6	4	<table><tr><td>S</td><td>LS</td><td>B</td></tr><tr><td>3</td><td>2</td><td>1</td></tr></table>	S	LS	B	3	2	1
S	LS	B										
3	2	1										
Beleid en regelgeving	1-10	Baten	5	8	9	<table><tr><td>S</td><td>LS</td><td>B</td></tr><tr><td>3</td><td>2</td><td>1</td></tr></table>	S	LS	B	3	2	1
S	LS	B										
3	2	1										

Tabel 2: Effectentabel, bij de onzekerheid scores staat de S voor Spectrik, LS voor Lely Sphere en B voor Bovaer.

3. Methode

Het uitvoeren van een Multi-Criteria Analyse (MCA) bestaat uit een aantal stappen. Allereerst worden de scores uit tabel 2 gestandaardiseerd, waarna gewichten worden toegekend aan de criteria. Vervolgens wordt de methode van gewogen somming toegepast om tot een rangorde te komen en als laatste wordt het resultaat gecontroleerd aan de hand van een robuustheidsanalyse.

Door te standaardiseren zijn de criteria onderling vergelijkbaar, omdat de waarden op dezelfde schaal tussen 0 en 1 scoren. Standaardisatie in dit rapport vindt plaats aan de hand van twee methoden, namelijk maximum-standaardisatie en interval-standaardisatie.

Bij maximum-standaardisatie wordt de hoogste score als maatstaf genomen tegenover de andere criteria. Deze methode is toegepast wanneer:

- 1) De scores normaal verdeeld zijn (er geen abnormale scores zoals negatief of n.d. scores zijn)
- 2) Het belangrijk was om de scores relatief ten opzichte van elkaar te bekijken
- 3) Een lage score niet direct zou leiden tot een onevenredige beoordeling

Bij interval-standaardisatie wordt de score uitgedrukt in het verschil tussen de hoogste en laagste waarde. In twee gevallen hebben we deze methode gebruikt, de redenen hiervoor waren:

- 1) De scores bevatten unieke resultaten
- 2) Het nodig is voor een grote uiteenzetting van de scores.

De formules voor de standaardisaties staan hieronder in tabel 3 uitgewerkt.

	Kosten	Baten
Maximum-standaardisatie	$\frac{1 - \text{score criterium}}{\text{hoogste score}}$	$\frac{\text{score criterium}}{\text{hoogste score}}$
Interval-standaardisatie	$\frac{1 - \text{score criterium} - \text{laagste score}}{\text{hoogste score} - \text{laagste score}}$	$\frac{\text{score criterium} - \text{laagste score}}{\text{hoogste score} - \text{laagste score}}$

Tabel 3: Overzicht formules voor standaardisatie (Beumer, 2018)

Nadat de standaardisatie heeft plaatsgevonden worden gewichten toegekend aan de criteria. Niet elk criterium is even belangrijk voor de MCA, daarom wordt onderling onderscheid gemaakt en verschillende wegingen toegekend aan een criterium. Alle criteria moeten samen 100% wegen.

In deze casus worden vier hoofdcriteria gehanteerd die samen de basis vormen voor 75% van de beoordeling van de verschillende technologieën, dit zijn:

1. Mate van emissiereductie
2. NPV (netto contante waarde) na 10 jaar
3. Impact op diergezondheid en -welzijn
4. Acceptatie en adoptie door veehouders

Deze vier criteria worden beschouwd als de belangrijkste in onze analyses. Dit is omdat ze samen de drie hoofdonderdelen van onze beoordeling bevatten, namelijk de technische, financiële en sociaal-maatschappelijke aspecten. Maar de belangrijkste reden is dat deze criteria de prioriteiten van de opdrachtgever het best weerspiegelen, wat een duurzame en toekomstbestendige landbouw is (Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2025). Om deze reden hanteren we dat het acumen van de 4 gelijk zal staan aan 75% van de verdeelde gewichten. De overige 25 procent zal evenredig worden bij de overige criteria.

De mate van emissiereductie is het belangrijkste criterium binnen de beoordeling, omdat het uiteindelijke doel van de innovaties is om de emissies terug te dringen. Vanwege deze reden krijgt het een gewicht van 21%.

Ook is de financiële haalbaarheid erg belangrijk, vandaar dat de NPV na 10 jaar een 19,5% gewicht krijgt. Zo zijn innovaties niet alleen technisch, maar ook financieel effectief.

Ook de impact op diergezondheid en welzijn is cruciaal, dit aspect kwam als erg belangrijk naar voren tijdens het interview met de opdrachtgever en daarom krijgt dit criterium een gewicht van 18%.

Tot slot is ook de acceptatie en adoptie door veehouders cruciaal. Zoals McNicol et al. (2024) benadrukken, zullen innovaties pas succesvol zijn wanneer boeren begrijpen wat zij aanschaffen en er ook daadwerkelijk vertrouwen in hebben. Daarom krijgt dit criterium ook een gewicht van 16,5%.

Naast deze vier criteria, gebruiken we in de MCA ook nog vijf andere criteria. Dit zijn:

- Ontwikkelingsstadium
- Praktische toepasbaarheid
- Arbeids impact
- Beleid en regelgeving
- Maatschappelijk draagvlak

Deze criteria worden allen even sterk geacht. Daarom krijgen ze allemaal een gewicht van 5 %.

Deze gewichtsverdeling sluit aan bij de visie van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB), tevens onze opdrachtgever. GLB streeft naar een toekomstbestendige landbouw met ondernemende boeren.

De overige criteria worden niet meegenomen in de MCA, dit betekent niet dat ze niet belangrijk zijn, maar dat ze in deze context niet als doorslaggevend worden gezien. Dit is besloten naar aanleiding van het gesprek met de opdrachtgever. Ze kunnen wel in een later stadium kwalitatief worden meegenomen.

Verdeling Criteria Gewichten

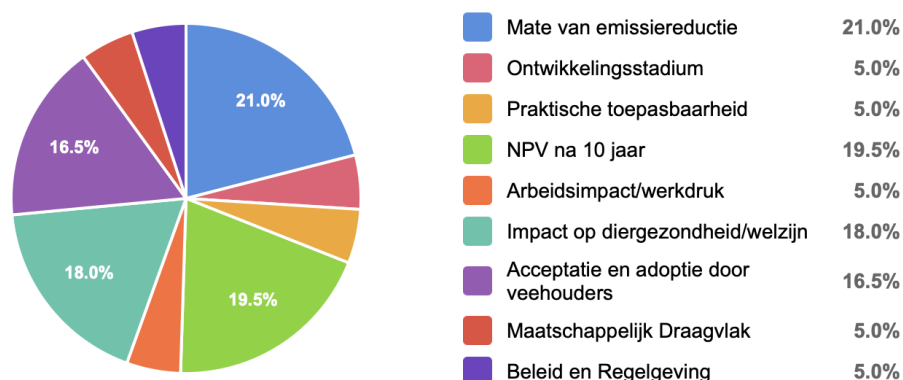


Diagram 1: Verdeling van de gewichten.

4. Resultaten

In deze sectie worden de gestandaardiseerde scores (tabel 4) samengevoegd en geanalyseerd. De resultaten (diagram 2) geven inzicht in de relatieve prestaties van Spectrik, Lely Sphere en Bovaer per analyse en over alle criteria heen.

Criteria	Kosten / baten	standaardisatie methode	Spectrik	Lely Sphere	Bovaer	Weging (0 tot 1)
Mate van emissiereductie	Baten	Maximum	0,44	1,00	0,67	0,21
Ontwikkelingsstadium	Baten	Maximum	0,67	0,78	1,00	0,05
Praktische toepasbaarheid	Baten	Maximum	1,00	0,80	0,70	0,05
NPV na 10 jaar	Baten	Interval	0,00	1,00	0,11	0,195
Arbeidsimpact/werkdruk	Kosten	Maximum	0,75	1,00	0,75	0,05
Impact op diergezondheid/welzijn	Baten	Maximum	1,00	0,63	0,75	0,180

Acceptatie en adoptie door veehouders	Baten	Maximum	0,40	0,90	1,00	0,165
Maatschappelijk Draagvlak	Baten	Maximum	0,83	1,00	0,67	0,05
Beleid en Regelgeving	Baten	Maximum	0,56	0,89	1,00	0,05

Tabel 4: Gestandaardiseerde waarden en weging per criteria

Resultaten MCA

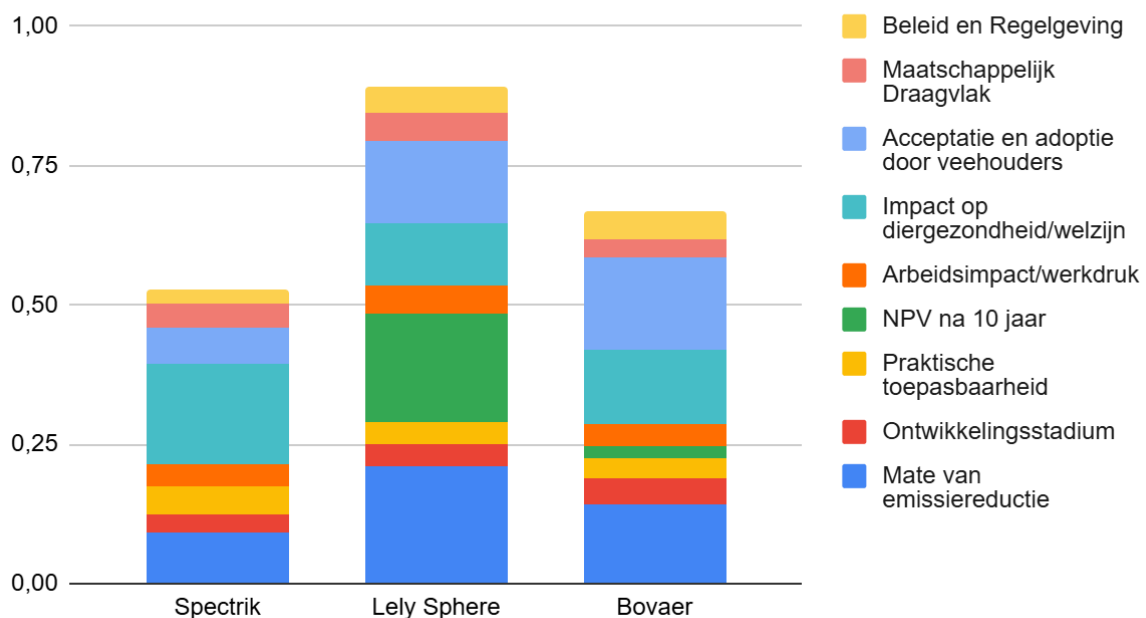


Diagram 2: Resultaten MCA

Zoals te zien is in diagram 2, komt Lely Sphere het best uit de analyse. Het opvallende aan de score van Lely Sphere is dat ze voornamelijk goed scoren op de mate van emissiereductie, de NPV na 10 jaar en de acceptatie en adoptie van veehouders. Hoewel de scores in diagram 2 uit elkaar liggen, kan het nog steeds betekenen dat de twee innovaties naast elkaar geïmplementeerd kunnen worden.

5. Robuustheidsanalyse

Een robuustheidsanalyse binnen een MCA helpt om beter inzicht te krijgen in hoe gevoelig de uitkomsten zijn voor aannames en variaties in de gevonden data. Dit geeft een realistischer beeld van mogelijke toekomst en maakt duidelijk welke keuzes robuust blijven onder verschillende scenario's.

Voor de robuustheidsanalyse wordt gebruikgemaakt van een verschilanalyse. Een verschilanalyse laat de verschillen van einduitkomst zien van de verschillende analyses. Deze verschillen zijn het gevolg van verschillen in wegen, standaardiseren of gekozen methode. (Beumer, 2018) Er worden gekeken naar twee verschillende scenario's:

Scenario 1

In het eerste scenario wordt ervan uitgegaan dat er strengere regels komen voor veehouders met betrekking tot emissiereductie. Veehouders zullen genoodzaakt zijn tot het adopteren van een of meerdere van de technologieën.

Doordat het criterium acceptatie en adoptie door veehouders niet langer zo belangrijk is in dit scenario, daalt het gewicht van 16,5% naar 4,5%. De andere 12% wordt verdeeld onder de andere 8 criteria. In tabel 5 zijn de nieuwe gewichten te zien.

Criterium	Gewicht
Mate van emissiereductie	22,5%
Ontwikkelingsstadium	6,5%
Praktische toepasbaarheid	6,5%
NPV na 10 jaar	21%
Arbeidsimpact/werkdruk	6,5%
Impact op diergezondheid/welzijn	19,5%
Acceptatie en adoptie door veehouders	4,5%
Maatschappelijk Draagvlak	6,5%
Beleid en Regelgeving	6,5%

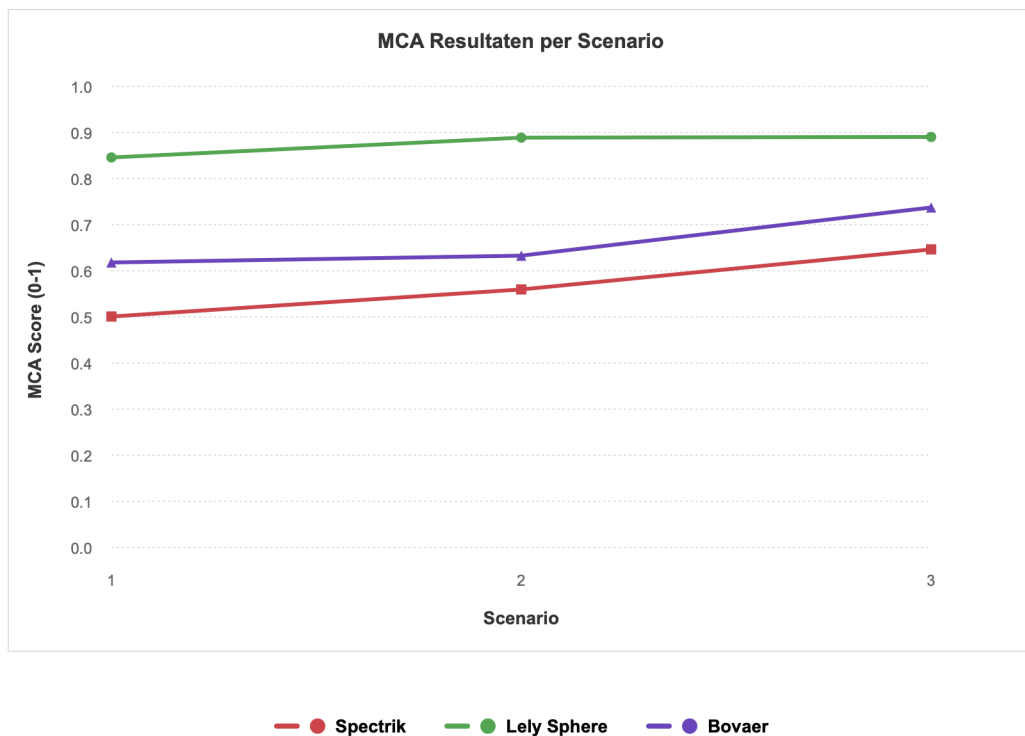
Tabel 5: Gewichten per criteria in eerste scenario

Het resultaat van deze verandering is klein. Spectrik zou het meest profiteren van deze verandering. De score stijgt namelijk van 52,9 naar 56,0. Zowel Lely Sphere als Bovaer dalen allebei in respectievelijk -1 en -3 punt. Wel scoren deze alternatieven nog steeds een stuk hoger dan Spectrik, wat laat zien dat deze verandering niet veel impact gaat hebben op de uitkomst van het onderzoek.

Scenario 2

In het tweede scenario wordt gekeken wat er verandert als data van de emissiereductie verandert. Dit is het criterium dat het zwaarst weegt, maar ook een hoge onzekerheid heeft. Door de grote onzekerheid over dit zwaarwegende criterium wordt voor dit scenario uitgegaan van evenveel emissiereductie per technologie. Hierdoor zullen de gestandaardiseerde waarden gelijk worden gezet op 1.

MCA Resultaten: Hoofdscenario en Robuustheidsanalyse



Scenario	Hoofdscenario	Scenario 1	Scenario 2
Spectrik	0.5009	0.5597	0.6465
Lely Sphere	0.8459	0.8889	0.8904
Bovaer	0.6181	0.6329	0.7375

Diagram 3: grafiek robuustheidsanalyse (origineel scenario: 1, alternatief 1: 2 en alternatief 2: 3)

6. Conclusie & Advies

Conclusie

Op basis van de MCA analyse, de robuustheidsanalyse en de verschillende data kan er een duidelijk advies worden opgesteld aan de opdrachtgever. Lely Sphere is momenteel de meest geschikte innovatie om emissiereductie in de duurzame veehouderij te realiseren. Dit met de kanttekening dat ook Bovaer sterke punten heeft en dat Spectrik veel toekomstpotentieel heeft als ondersteunende technologie.

De hoge score van Lely Sphere valt af te leiden uit de MCA. Lely Sphere scoort namelijk hoog op zwaarwegende criteria:

- Emissiereductie (score 1, gewicht van 21%)
- NPV na 10 jaar (score 1, gewicht 19%)
- Acceptatie en adoptie door veehouders (score 1, gewicht 16,5%)

Dit laat zien dat Lely Sphere niet alleen de beste techniek is om emissie mee te reduceren maar dat dit ook financieel haalbaar is en dat boeren de technologie adopteren. Ook op andere punten als beleid en regelgeving en maatschappelijk draagvlak scoort Lely Sphere hoog, wat duidt op een goede omgeving voor implementatie.

Bovaer is de eenvoudigere, maar ook minder hoog scorende oplossing. Deze oplossing kan de methaanemissie bij koeien verminderen. Het scoort hoog op acceptatie en adoptie door veehouders (score 1). Ook is de terugverdiëntijd 0 jaar, deze is niet meegenomen in de MCA maar nog steeds economisch aantrekkelijk voor de veehouder. Bovaer scoort echter een stuk lager op de NPV na 10 jaar en maatschappelijk draagvlak, twee belangrijke criteria in onze analyse. Dit laat zien dat het zijn beperkingen kent in toegevoegde economische waarde en maatschappelijke steun.

Spectrik scoort het laagst van de drie alternatieven. De technologie scoort het laagst op belangrijke criteria als emissiereductie (score 0,44) en NPV na 10 jaar (score 0). Ook zit de technologie nog in een eerder ontwikkelingsstadium als de andere twee technologieën. Dit maakt het lastig om te concurreren. Spectrik scoort goed op praktische toepasbaarheid en impact op dierenwelzijn (beide score 1). Dit laat goed zien dat de technologie ondersteunend is en goed voor het stal milieu. Het is echter nog onvoldoende ontwikkeld om echt van toegevoegde waarde te zijn voor veehouders, maar dit kan in de toekomst zeker veranderen.

Deze rangorde wordt bevestigd door de robuustheidsanalyse. De analyse laat zien dat de resultaten van de MCA redelijk stabiel zijn, en er geen grote veranderingen optreden bij de 2 scenario's.

In scenario 1 wordt de score van acceptatie en adoptie door veehouders verminderd door strengere regelgeving. Lely Sphere blijft het beste scoren, ondanks een kleine daling, deze daling geldt ook voor Bovaer. Spectrik stijgt hierdoor, maar blijft nog steeds het minst goed.

In scenario 2 wordt de mate van emissiereductie gelijkgesteld voor alle drie de innovaties, dit is gedaan vanuit onzekerheid over de data. Ook hier blijft Lely Sphere het beste scoren. Wat duidt op een sterke positie bovenaan de rangorde.

Eindadvies aan GLB

Stap 1. Subsidies richten op Lely Sphere

Uit de conclusie is gebleken dat Lely Sphere de hoogst behaalde score heeft. Daarom geven wij het advies om subsidies te verstrekken voor Lely Sphere. Het gebruik van Lely Sphere is zeer nuttig omdat het een goed ontwikkelde technologie is, die veruit de meeste emissiereductie biedt. Eveneens is het financieel gunstig voor de veehouders, hetgeen positief is voor verdere adoptie. Het zal gunstig zijn om een subsidieregelgeving op te stellen die naast de bestaande subsidiëring meer mogelijk maakt, zoals extra kostenverlaging van installatiekosten of het toevoegen van extra technologieën (zoals stap 2 & 3). Ook is het

slim om deze regelgeving toegankelijk te maken voor verschillende soorten en typen bedrijven, zodat deze duurzame bedrijven ook makkelijk kunnen opschalen naar grotere veehouderijen.

Stap 2. Bovaer ondersteunen door samenwerking

Het is ook verstandig om de implementatie van Bovaer te stimuleren. Bovaer is makkelijk en snel inzetbaar en is effectief bij de methaanreductie bij koeien. Dit kan gedaan worden door een subsidie te leveren die wordt gekoppeld aan hoeveelheden melk. Boeren kunnen een bijdrage krijgen per geleverd aantal liters melk die gemaakt zijn met Bovaer. Dit zorgt ervoor dat boeren de technologie sneller gaan gebruiken omdat het economisch rendabeler wordt. Dit zal gedaan moeten worden in combinatie met de voederbedrijven en in combinatie met de ammoniak reducerende techniek van Spectrik.

Stap 3. Spectrik gebruiken in combinatie met Lely Sphere

Spectrik biedt geen directe reductie, maar maakt de emissies wel meetbaar en kunnen veehouders zo stimuleren tot specifiek emissiemanagement. Vanuit het oogpunt van de veehouder is dit nog lastig door verschillende factoren die besproken zijn in de analyse. Wel kan het gestimuleerd worden vanuit GLB, dit kan gedaan worden door bijvoorbeeld Spectrik verplicht te maken bij bedrijven die subsidie ontvangen voor Lely Sphere. De veehouder zal hier geen nadeel van ondervinden en door deze regelgeving zal de technologie van Spectrik verder ontwikkelen waardoor het in de toekomst effectiever zal zijn.

In het kort

Wij stellen voor om Lely Sphere als speerpunt te nemen voor het subsidiesysteem, Met als ondersteunend ecosysteem van technologieën zoals Spectrik en Bovaer. Hierdoor creëer je een instrument dat versatiel is voor boeren en nieuwe technologieën monetair ondersteunt.

Aanvullend onderzoek

Om dit onderzoek verder te onderbouwen en uit te breiden, is het belangrijk om aanvullend onderzoek uit te voeren. Hierdoor worden onzekerheden verminderd en zal er specifiek beleid mogelijk zijn.

Het zal nuttig zijn om onderzoek uit te voeren naar het gebruik van de combinatie Spectrik en Lely Sphere. Als deze combinatie gunstig blijkt, kunnen hier verdere subsidies doorgevoerd worden. Het zal dus nuttig zijn om onderzoek uit te voeren in de praktijk, waarin beide technologieën tegelijkertijd worden ingezet op verschillende soorten veehouderijen. Uit deze metingen kan de efficiëntie en effectiviteit van deze combinatie worden afgeleid.

Ook zal het nodig zijn om een MKBA analyse uit te voeren op veehouderijen. De huidige Lely Sphere berekeningen zijn namelijk vrij breed en het zal nuttig zijn om deze per veehouderij in kaart te brengen. Daarnaast is het belangrijk om deze analyse uit te voeren op verschillende groottes en typen veehouderijen, zo wordt het duidelijk voor welke soort veehouderijen een installatie het meeste kost of oplevert.

7. Bronnenlijst

CBS. (2023.). *Welke sectoren stoten broeikasgassen uit?* Centraal Bureau Voor de Statistiek. <https://www.cbs.nl/nl-nl/dossier/dossier-broeikasgassen/welke-sectoren-stoten-broeikasgassen-uit->

McNicol, L. C., Bowen, J. M., Ferguson, H. J., Bell, J., Dewhurst, R. J., & Duthie, C. (2024). Adoption of precision livestock farming technologies has the potential to mitigate greenhouse gas emissions from beef production. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1414858>

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. (2024, 13 september).

Werkplan Regieorganisatie GLB 2024. Publicatie | Netwerk Platteland.

<https://www.netwerkplatteland.nl/regieorganisatie-glb/documenten/werkplannen/2024/09/10/werkplan-2024>

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. (2025, 18 februari).

Regieorganisatie GLB. Netwerk Platteland.

<https://www.netwerkplatteland.nl/regieorganisatie-glb>

8. Bijlagen

[Two Pager IP1](#)

Bijlage 2: Deelanalyse 1

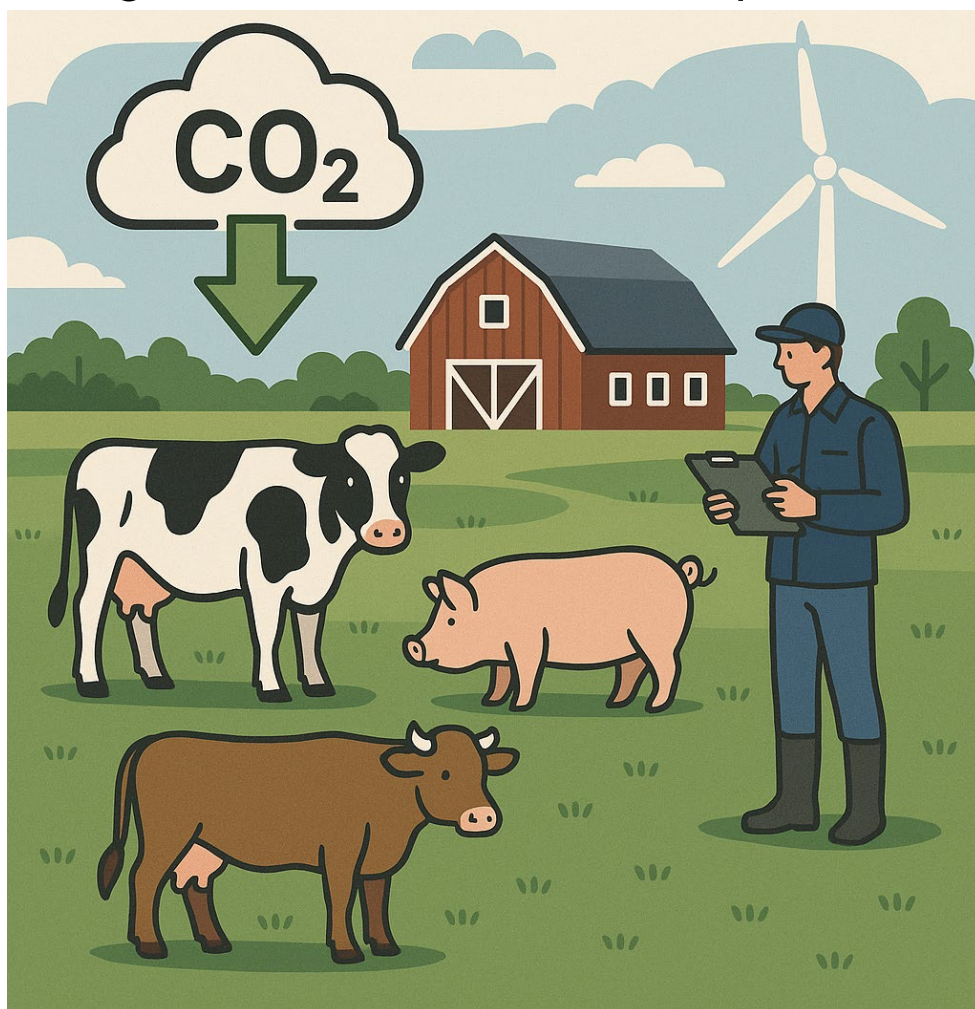
Innovatie Project 1

Deelanalyse 1

Emissiereductie in de Duurzame Veehouderij

Onderzoeksbureau A

Door: Tom Verweij, Derk van Kalken, Sep
Miltenburg, Jelmer Kommer en Casper Heidendaal



Woordenaantal: 2984

Inhoudsopgave

1. Inleiding	2
2. Technologie-analyse	3
2.1 Selectiecriteria	3
2.2 Scores en onzekerheden	4
2.3 Toelichting scores	5
2.3.1 Mate van emissiereductie	5
2.3.2 Ontwikkelingsstadium	5
2.3.3 Praktische toepasbaarheid	6
2.3.4 Levensduur	6
2.3.5 Technische inpasbaarheid in de bedrijfsvoering	6
2.4 Toelichting onzekerheden	7
2.4.1 Mate van emissie reductie	7
2.4.2 Ontwikkelingsstadium	7
2.4.3 Praktische toepasbaarheid	7
2.4.4 Levensduur	7
2.4.5 Technische inpasbaarheid in de bedrijfsvoering	8
2.5 Effectentabel	8
3. Financiële analyse	9
3.1 Selectiecriteria	9
3.2 Toelichting scores	10
3.2.0 Uniformiteit beoordelingen	10
3.2.1 Spectrik	10
3.2.2 Lely Sphere	11
3.2.3 Bovaer	11
3.3 Toelichting onzekerheden	11
3.3.0 uitleg	11
3.3.1 NPV	12
3.3.2 Terugverdiëntijd	12
3.4 Effectentabel	12
4. Vooruitblik	13
5. Bronnen	14

1. Inleiding

Nederland staat voor grote uitdagingen op het gebied van emissiereductie, waarbij de veeteelt een belangrijke bron van uitstoot is. De belangrijkste emissies in deze sector zijn broeikasgassen zoals methaan, lachgas en ammoniak.

De landbouw in Nederland is verantwoordelijk voor een groot deel van de uitstoot van broeikasgassen en stikstof. Een van de grootste vervuilers binnen deze sector is de veeteelt, de veeteelt is de grootste bron van emissies binnen de landbouw, wat met name komt door de uitstoot van methaan en lachgas (CBS, 2023).

Herkauwers als koeien stoten methaan uit via fermentatie in hun spijsvertering. Daarnaast komt methaan vrij uit mestproductie en -opslag. In 2021 leidt dit in de landbouw tot 15,3 megaton uitstoot (CBS, 2023).

Op het gebied van stikstofemissies speelt veeteelt een grote rol. In 2017 stootte de veestapel in Nederland 95 miljoen kilo ammoniak uit, wat 72% van de totale landelijke uitstoot was (TNO, 2019). Een van de oorzaken hiervoor is het gebruik van krachtvoer, wat rijk is aan stikstof. Dit belandt vervolgens in de mest van de dieren, waarna het uiteindelijk in het milieu terechtkomt. Door de hoge concentratie van veeteelt in Nederland zijn de stikstofemissies per hectare bijna vier keer het Europese gemiddelde, wat negatief is voor biodiversiteit en luchtkwaliteit (Milieu Centraal, z.d.).

De hoge emissies zijn het gevolg van de intensieve veehouderij. Wat samenhangt met de vraag naar goedkoop vlees en zuivel. Diverse maatregelen als strengere regelgeving en innovaties zijn genomen, maar deze zijn tot nu toe nog niet genoeg. Voor een hogere reductie van emissies zijn meer ingrijpendere maatregelen nodig zoals een verdere verkleining van de veestapel en ingrijpendere innovaties.

2. Technologie-analyse

In de technologie-analyse beoordelen wij drie alternatieven. Deze drie alternatieven zijn: Spectrik, dat gebruik maakt van een fotonensensor; Lely Sphere, dat circulaire stalsystemen gebruikt om emissies te reduceren; en Bovaer, dat de methaanuitstoot bij koeien reduceert door een voederadditief.

Deze drie alternatieven worden beoordeeld aan de hand van vijf technologische criteria, dit zijn: emissiereductie, ontwikkelingsstadium, praktische toepasbaarheid, levensduur en de technische inpasbaarheid in de bedrijfsvoering. Deze criteria zijn gekozen omdat ze belangrijk zijn voor de effectiviteit van de toepassing binnen bedrijven.

2.1 Selectiecriteria

Voor onze technologie-analyse zijn we op de volgende criteria gekomen:

- **Mate van emissiereductie**

De mate van emissiereductie is de maatstaf in hoeverre een innovatie kan bijdragen aan het reduceren van emissies als ammoniak, lachgas en methaan.

- **Ontwikkelingsstadium**

Dit is belangrijk omdat sommige innovaties nog getest moeten worden op veiligheid en werking. Een vroeg ontwikkelingsstadium kan leiden tot vertraging, wat van negatieve invloed is op de toepasbaarheid. Ook kunnen veelbelovende innovaties in de praktijk moeilijk op de markt te krijgen zijn. De score wordt uitgedrukt in Technological Readiness Level (TRL), dat varieert tussen 0 en 9.

- **Praktische toepasbaarheid**

Sommige innovaties kunnen relatief eenvoudig worden toegepast in verschillende soorten stallen. Andere vereisen juist veel meer plek, specifieke omstandigheden of zijn lastiger aan te leggen. Ook zijn er innovaties die niet bij alle soorten vee werken.

- **Levensduur**

Hoe langer een innovatie meegaat, hoe langer het kan bijdragen aan emissiereductie. Ook is het belangrijk dat er moet worden gekeken of de effectiviteit van de innovatie hetzelfde blijft door de jaren heen, of dat deze na verloop van tijd afzwakt.

- **Technische inpasbaarheid in de bedrijfsvoering**

Niet elke innovatie kan meteen even efficiënt worden ingezet binnen bestaande stallen en bedrijfsstructuren. Sommige innovaties vereisen veel aanpassingen in infrastructuur, werkwijze en bedrijfsvoering. Innovaties die technisch beter in te passen zijn worden daarom doorgaans ook sneller en breder geaccepteerd.

Criterium	Meeteenheid	Kosten / Baten	Uitleg
Mate van emissiereductie	Schaal 1 - 10, waarbij rekening wordt gehouden met % reductie en emissiebeheersing.	Baten	Wat is de hoeveelheid emissies die wordt gereduceerd?
Ontwikkelingsstadium	TRL (1-9)	Baten	Geeft aan in hoeverre een technologie al ontwikkeld is en toepasbaar is op een schaal van 1 tot 9 (Ministerie van economische zaken, 2022).
Praktische toepasbaarheid	Schaal 1 - 10	Baten	Hoe goed is het mogelijk om de innovatie toe te passen op veehouderijen van verschillende grootte en typen?
Levensduur	Schaal 1-10	Baten	Hoe lang kan de technologie meegaan voordat deze vervangen moet worden?
Technische inpasbaarheid in de bedrijfsvoering	--, -, 0, +, ++	Baten	Hoe eenvoudig kan de technologie worden toegepast binnen bedrijven?

2.2 Scores en onzekerheden

Criteria	Spectrik	Lely Sphere	Bovaer	Onzekerheid
Mate van emissiereductie	4	9	6	3
Ontwikkelingsstadium	6	7	9	1
Praktische toepasbaarheid	10	8	5	3
Levensduur	7	8	10	2
Technische inpasbaarheid in de bedrijfsvoering	+	-	++	2

2.3 Toelichting scores

2.3.1 Mate van emissiereductie

De emissiereductie kan op verschillende manieren worden gemeten, afhankelijk van de soort emissies. De belangrijkste emissies binnen de veehouderij zijn methaan (CH_4), ammoniak (NH_3) en lachgas (N_2O).

Spectrik ontwikkelt fotonensensoren om ammoniak te meten. Daardoor worden de emissies beter in kaart gebracht en kunnen ze uiteindelijk gereduceerd worden (Bokhoven, 2023). De technologie van Spectrik verlaagt niet direct emissies, maar ondersteunt de emissiebeheersing. Daarom krijgt Spectrik een score van 4.

Lely Sphere reduceert ammoniakuitstoot via circulaire stalsystemen. Volgens Lely daalt de “normale” ammoniakemissie van 13 naar 3,6 kg ammoniak per dierplaats per jaar. wat neerkomt op een reductie van $((13 - 3.6) / 13) \times 100 \% = 72.3 \%$ (Lely, 2024). Omdat Lely Sphere veel bijdraagt aan de emissiereductie van de belangrijkste uitstoot ammoniak, krijgt deze innovatie een cijfer van 9 op dit criterium.

Bovaer is een voederadditief dat zich richt op het reduceren van de methaanuitstoot bij koeien. Per melkkoe resulteert dit in een gemiddelde verlaging van 30% (Bovaer, 2025). Hoewel Bovaer de methaanreductie significant verlaagt, heeft het geen invloed op de ammoniakemissies. Hierdoor krijgt deze innovatie een score van 6.

2.3.2 Ontwikkelingsstadium

De fotonische sensortechnologie van Spectrik, gebaseerd op fothermische spectrometrie, wordt getest in relevante omgevingen zoals proefboerderijen. Een werkend prototype is aanwezig, maar grootschalige toepassing ontbreekt nog. In 2023 heeft PhotonDelta geïnvesteerd in Spectrik met het doel hen te ondersteunen om hun product op de markt te krijgen (HighTechXL, 2023). Op basis daarvan bevindt de technologie zich in TRL 6. Dit is het niveau waarop een werkend product is getest in relevante, maar niet operationele omgevingen (Ministerie van economische zaken, 2022).

Afgelopen jaar heeft de onderzoekspilot ‘Reinventing Circular Dairy Farming’ van Lely plaatsgevonden bij meerdere melkveebedrijven (Lely, 2025). Omdat het systeem als werkend prototype in de praktijk werd getest, maar nog niet grootschalig wordt gebruikt, wordt de technologie geclassificeerd als TRL 7. Dit betekent dat het getest is in een gebruikersomgeving (Ministerie van economische zaken, 2022).

Bovaer is momenteel in 65 landen grootschalig beschikbaar, na meer dan 130 praktijktests op verschillende typen en maten boerderijen. DSM-Firmenich is van plan om hun fabriek in 2025 uit te breiden om aan de vraag te blijven voldoen (Bovaer, 2024). De technologie zit in TRL 9, op dit niveau is het product volledig geïntegreerd in de markt en succesvol in de praktijk (Ministerie van economische zaken, 2022).

2.3.3 Praktische toepasbaarheid

De sensortechnologie van Spectrik is nog groot (formaat magnetron), maar wel compact genoeg voor eenvoudige plaatsing in stallen, ongeacht de bedrijfsgrootte. Eventueel zijn er meer sensoren nodig bij grotere boerderijen, maar dit is niet lastig te installeren.

Spectrik's innovatie is toepasbaar in melkvee-, pluimvee- en varkensstallen, deels omdat het niet veel plek inneemt en deels omdat het detecteren van de broeikasgassen niet bepaald wordt door het type vee. Er zijn dus geen praktische beperkingen, waardoor Spectrik een score van 10 krijgt (Use Cases, Spectrik).

Voor de toepassing van de Lely Sphere is aanpassing aan de stalvloer nodig, zodat het scheidingssysteem in de vloer kan worden geïmplementeerd. Het systeem is modulair en geschikt voor verschillende formaten. De mestrobot en de N-capture afzuiging werken op alle maten stallen, mits de stallen afgesloten zijn. Lely Sphere heeft al meerdere succesvolle tests gedaan bij verschillende bedrijfsgroottes. Het is dus gemakkelijk toe te passen op allerlei verschillende soorten stallen, met de kanttekening dat de stallen wel verbouwd moeten worden. Vanwege deze redenen krijgt Lely Sphere een score van 8 uit de 10 (*Circulair Mestverwerkingssysteem | Lely Sphere*, n.d.).

Bovaer is eenvoudig toe te passen omdat het slechts een toevoeging is aan het bestaande voer. In de praktijk is dit vaak al gedaan door de leverancier, waardoor de boer geen extra werk heeft. Het is wel belangrijk dat de dosering per koe gelijk blijft, wat problemen kan opleveren bij veranderingen in de bedrijfsgroottes. Hierdoor krijgt Bovaer een score van 7 (*Runveeloket*, n.d.).

2.3.4 Levensduur

Optische ammoniaksensoren, zoals die van Spectrik, gaan lang mee en vergen weinig onderhoud. In de praktijk zou een goed onderhouden systeem 8 tot 10 jaar moeten functioneren voordat vervanging nodig is, met de kanttekening dat de onderdelen goed worden onderhouden (Huiden, 2024). Dit leidt tot een score van 7 voor Spectrik.

Het Lely sphere-systeem bestaat uit mestrobots, afzuigkappen en wasinstallaties. Deze zijn ontworpen voor langdurig gebruik met een verwachte levensduur tussen de 10 en 15 jaar. Regelmatig onderhoud en versleten onderdelen vervangen is noodzakelijk, maar de kerncomponenten zijn robuust en bedoeld voor dagelijks gebruik (Rougoor et al., 2022). Daarom scoort Lely Sphere een 8.

Bovaer is een voedingsadditief en slijt dus niet. Zolang het product wordt toegevoegd aan het voer zal het zijn effect behouden. Op basis hiervan krijgt Bovaer een score van 10.

2.3.5 Technische inpasbaarheid in de bedrijfsvoering

De technologie van Spectrik bestaat uit kleine apparaten die gemakkelijk in de stal kunnen worden neergezet. Deze apparaten staan vaak op kleine tafels, zodat ze niet worden aangetast door dieren of ander afval. Ook is het gemakkelijk te installeren, waarbij alleen

dataverbinding soms lastig kan zijn. Buiten data-analyse is er weinig onderhoud nodig. Daarom krijgt Spectrik een score van +.

Voor de toepassing van Lely Sphere zijn er aanpassing nodig aan de stalvloer, waarbij separatiestrips moeten worden geïnstalleerd. Daarnaast moeten er mestrobots, afzuigunits en een mestsilo komen. Al deze componenten zorgen voor veel dagelijks onderhoud. Vanaf 1 juli mag Lely Sphere ook in stallen met rubberen vloeren worden gebruikt, wat positief is voor de integratie (LelySphere, 2025). Door deze factoren komt Lely Sphere uit op een score van -.

Bovaer vereist geen aanpassingen aan de infrastructuur. Het voederadditief wordt meestal al door de voerleverancier toegevoegd. Door deze gemakkelijke toepassing scoort Bovaer een ++.

2.4 Toelichting onzekerheden

Er worden onzekerheden toegekend aan de criteria van onze technologische analyse. De onzekerheid wordt aangegeven op een ordinale schaal van 1 tot 5, waarbij 1 geen onzekerheid is en 5 veel onzekerheid is.

2.4.1 Mate van emissie reductie

De gegevens voor Spectrik zijn onzeker, omdat de technologie nog in ontwikkeling is en geen directe reductie met zich meebrengt. Lely Sphere heeft wel emissie reducerende data, maar er is discussie over de meetbetrouwbaarheid. Bovaer is het meest zeker, met meer dan 130 praktijkvoorbeelden in 65 verschillende landen. De gemiddelde onzekerheid is ingeschat op 4.

2.4.2 Ontwikkelingsstadium

De scores van de alternatieven op basis van TRL zijn gebaseerd op recente bronnen die beschrijven hoe ver de technologieën momenteel zijn. De TRL scores zijn objectief en dus is de onzekerheid 1.

2.4.3 Praktische toepasbaarheid

De onderbouwing van dit criterium is grotendeels afkomstig van de bedrijven zelf. Spectrik baseert zich op algemene studies rondom sensortechnologie, maar niet expliciet over eigen ervaring (Kaledio & Oloyede, 2023). Lely Sphere heeft voor alle functies een uitgebreide onderbouwing, maar is nieuw en dus weinig extern geëvalueerd. Bovaer is breed getest, maar de negatieve effecten zijn grotendeels op interpretatie gedaan en dus subjectief. Door deze mix van aannames en feiten komt de score uit op 3.

2.4.4 Levensduur

Voor Spectrik en Lely Sphere is er onzekerheid in de levensduur. Beide zijn nieuw en er is weinig data beschikbaar. Wel zijn het nieuwe systemen waarbij technologisch vergelijkbare alternatieven goed scoren in de levensduur. Bovaer scoort ook hoog op zekerheid, omdat

het product constant geproduceerd kan worden. Door deze concepten komt de onzekerheid voor levensduur uit op 2.

2.4.5 Technische inpasbaarheid in de bedrijfsvoering

De onzekerheid rondom de technische inpasbaarheid is overzichtelijk. Bij spectrik is hun technologie makkelijk te installeren, Hoewel het nog weinig toegepast wordt. Wat voor een kleine hoeveelheid onzekerheid zorgt bij translatie naar andere bedrijfstypes. De integratie van lely sphere wordt complexer door verschillende stallen. De technologie is al bewezen op stallen van een specifiek formaat, maar nog op een bredere selectie van stallen. Voor Bovaer is onzekerheid laag, het wordt al mondiaal gebruikt en kan in elk systeem ingezet worden. Hierdoor is de gemiddelde onzekerheid 3.

2.5 Effectentabel

Criteria	Meetschaal	Kosten/ Baten	Spectrik	Lely Sphere	Bovaer	Onzekerheid
Mate van emissiereductie	1 - 10	Baten	4	9	6	4
Ontwikkelingsstadium	TRL (1-9)	Baten	6 (1)	7 (1)	9 (1)	1
Praktische toepasbaarheid	1 - 10	Baten	10	8	7	3
Levensduur	1-10	Baten	7	8	9	2
Technische inpasbaarheid in de bedrijfsvoering	--, -, 0 , +, ++	Baten	+	-	++	3

3. Financiële analyse

In de financiële analyse worden de drie alternatieven beoordeeld aan de hand van twee hoofdcriteria: de netto contante waarde (NPV) na 10 jaar en de terugverdientijd. Voor deze beoordeling onderzoeken we investeringskosten en operationele kosten (kostenposten), plus kostenbesparingen en beschikbare subsidies (batenposten).

Deze factoren zijn onderling verbonden. Investeringskosten vormen de eerste financiële drempel. Operationele kosten kunnen over tijd de initiële investering overtreffen. Kostenbesparingen en subsidies verbeteren de financiële aantrekkelijkheid door een gunstig effect op zowel NPV als terugverdientijd.

3.1 Selectiecriteria

- NPV na 10 jaar

Netto contante waarde (NPV) is een maatstaf die de daadwerkelijke opbrengst berekent van toekomstige kasstromen over een periode van 10 jaar. Met NPV krijg je meer inzicht in wat een investering in de toekomst waard is. Dit helpt veehouders te bepalen welke technologie financieel het beste is over een lange periode

- Terugverdientijd

terugverdientijd laat zien hoelang het duurt voordat de initiële investering is terugverdiend. Des te korter de terugverdientijd, des te groter de baten. Dit biedt inzicht in wanneer een investering rendabel wordt, wat belangrijk is voor de financiële planning van veehouderijen die vaak met beperkte middelen moeten werken.

- Investeringskosten

De investeringskosten zijn de kosten die gemaakt worden voordat de technologie in gebruik is. Voor de terugverdientijd wordt gekeken naar hoe lang het duurt om deze kosten terug te verdienen.

- Operationele kosten

De operationele kosten zijn alle kosten die worden gemaakt om de technologie in werking te houden. Door dit criterium krijg je inzicht in de jaarlijkse kosten die de technologie zal bedragen.

- Kostenbesparing

Onder kostenbesparing vallen alle kosten die door het gebruik van de technologie worden bespaard. Zo krijg je een beeld in de opbrengsten van de technologie.

- Bestaande subsidies

Subsidies zijn financiële bijdragen van overheden of andere instanties voor stimulering van duurzame technologie. Dit criterium toont hoeveel de kosten voor veehouders worden gereduceerd door additionele financiering.

Criteria	Meeteenheid	Kosten / Baten	Uitleg
NPV na 10 jaar	€	Baten	De huidige waarde die de technologie in de toekomst waard is.
Terugverdientijd	jaren	Kosten	Des te korter de terugverdientijd des te beter voor de veehouder
Investeringskosten	€	Kosten	Eenmalige kosten voor het systeem en de installatie.
Operationele kosten	€ / jaar	Kosten	Jaarlijkse kosten aan het systeem zoals energie, arbeid en onderhoud.
Kostenbesparing	€ / jaar	Baten	Bespaarde kosten door het systeem.
Bestaande subsidies	€ ,€ / jaar	Baten	Door overheid of NGO verstrekte subsidies voor kostenreductie

3.2 Toelichting scores

[Cashflow Spectrik, Lelysphere & Bovaer](#)

3.2.0 Uniformiteit beoordelingen

Voor de toelichtingen gebruiken wij een stalgrootte van 120 koeien.

3.2.1 Spectrik

De kosten voor een Spectrik-gassensor bedragen €1000 per stuk(nieuwe oogst 2024). De technologie levert zelf geen monetaire waarde op, maar wel op andere vlakken. Spectrik biedt betrouwbare gegevens over de uitstoot van ammoniak, waardoor emissiereductie beter kan worden gemeten en worden onderhouden. De ROI wordt dus niet uitgedrukt in geld, maar in informatie. Het gebruik van deze sensoren kan belangrijk zijn bij het verzamelen van emissie-informatie. Wat uiteindelijk leidt tot emissiereductie.

3.2.2 Lely Sphere

Voor installatie en aanschaf van een all-in Lely Sphere systeem is een investering van circa €150.000 tot €170.000 nodig (nieuwe oogst, 2020). De overheid vergoed maximaal 80% van

deze investeringskosten (nieuwe oogst, 2020). Wat uiteindelijk neerkomt op een netto investering van €30.000 tot €34.000 voor de veehouder.

De jaarlijkse operationele kosten bedragen €1000 voor stroomverbruik (inzaken, n.a.). Daartegenover staan minder kosten voor het ontmesten van de stallen, wat uiteindelijk arbeidskosten bespaart. Het salaris van een werknemer is bruto €37.500 per jaar (nationale vacaturebank, n.d.). Wanneer deze arbeidsuren gedrukt kunnen worden zullen er al snel duizenden euro's per jaar worden bespaard. Bovendien is er nog een jaarlijkse mest besparing van €5.000 (nieuwe oogst, 2020).

De initiële investeringskosten bedragen €160.000, wat leidt tot een negatieve NPV. Na het ontvangen van de 80 % subsidie zijn de netto investeringskosten echter nog maar €32.000. De operationele kosten bedragen €1000 aan jaarlijkse elektriciteitskosten. Daartegenover staat dat de netto jaarlijkse kostenbesparing ongeveer €26.500 is, waarbij ook rekening is gehouden met de afschrijving van de mestrobots. Op basis hiervan heeft men na ongeveer 3 jaar de investering terugverdiend met een uiteindelijke NPV van €178.138,41.

3.2.3 Bovaer

Voor het gebruik van Bovaer zijn geen aanpassingen aan de bestaande infrastructuur nodig, wat betekent dat er geen investeringskosten zijn. De kosten om één koe één dag te voorzien van Bovaer bedragen €0,26 (\$0,30) (Cooley, 2023), per jaar is dat €11.563,20. Door gebruik te maken van Bovaer wordt jaarlijks €17,63 (\$20) per koe bespaard door subsidies van overheden en overige instellingen zoals Athian (Watson, 2024). Jaarlijks is dat € 2.112. De prijs van Bovaer kan worden opgenomen in een prijsstijging van melk waardoor de kosten afnemen. Per liter melk kost Bovaer ongeveer €0,01 (Varol, 2024). Per jaar produceert een koe ongeveer 8000 liter melk. Voor de gehele boerderij levert dit € 9.600 per jaar op.

Omdat Bovaer geen initiële investeringskosten met zich meebrengt en de operationele kosten volledig gedekt worden door de subsidiëring en kostenreductie, is de terugverdientijd 0 jaar. Na 10 jaar is de NPV € 18.419,59.

3.3 Toelichting onzekerheden

3.3.0 uitleg

Er worden onzekerheden toegekend aan de criteria van onze financiële analyse. De onzekerheid wordt aangegeven op een ordinale schaal van 1 tot 5, waarbij 1 geen onzekerheid is en 5 veel onzekerheid is.

3.3.1 NPV

De NPV na 10 jaar is erg onzeker, in 10 jaar tijd kan veel veranderen wat invloed heeft op de NPV. Een verandering in de discontovoet, prijsstijgingen van onderhoud en eventuele subsidies die wegvallen zorgen allemaal voor veel onzekerheid. Dit criterium scoort daarom op de schaal van onzekerheid een 4.

3.3.2 Terugverdientijd

De terugverdientijd is vrij zeker. Bij twee van de drie technologieën wordt de investering vrijwel direct terugverdiend waardoor weinig onzeker is.

de innovatie van spectrik krijgt waarde uit de informatie die het geeft, in tegenstelling tot de andere twee, de enige manier om dit te monetariseren is door het verhandelen van informatie. Aangezien dit niet gebruikelijk is gaan wij er van uit dat de innovatie zich niet terug betaald, dus geven wij de onzekerheids score van twee

3.4 Effectentabel

Financiële analyse	Spectrik	Lely Sphere	Bovaer	Onzekerheid
NPV na 10 jaar	-€ 1.000,00	€ 178.138,41	€ 18.419,59	4
Terugverdientijd	n.d.	3 jaar	0 jaar	2

4. Vooruitblik

Boeren verschillen sterk in hun economische positie, persoonlijke overtuigingen en vertrouwen in beleidsmaatregelen. Deze variatie beïnvloedt hun bereidheid en vermogen om nieuwe technologieën te omarmen. Wanneer beleid geen rekening houdt met deze sociale diversiteit, kunnen ongelijkheden toenemen en stuit implementatie mogelijk op weerstand.

Tegelijkertijd speelt de publieke opinie een rol. Burgers, consumenten en maatschappelijke organisaties hebben uiteenlopende verwachtingen ten aanzien van duurzaamheid,

dierenwelzijn en landschapskwaliteit. Deze perspectieven beïnvloeden niet alleen het politieke draagvlak, maar ook de maatschappelijke legitimiteit van beleidskeuzes.

Een sociaal-maatschappelijke analyse brengt dergelijke factoren systematisch in kaart. Ze biedt inzicht in de haalbaarheid van beleid op lokaal niveau, de verdeling van kosten en baten, en in mogelijke knelpunten zoals communicatie, regelgeving en subsidiëring. Dit maakt het mogelijk om tijdig bij te sturen en maatregelen zo vorm te geven dat ze niet alleen technisch en economisch uitvoerbaar zijn, maar ook sociaal rechtvaardig en bestuurlijk haalbaar.

5. Bronnen

Ammoniak afzuigen met Lely Sphere/ nieuwe oogst(2020)

<https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2020/10/10/ammoniak-afzuigen-met-lely-sphere>

Bokhoven, J. (2023, 27 september). *Startup Spectrik ontwikkelt fotonische ammoniaksensor voor de stal*. AgriFoodInnovation. <https://agrifoodinnovation.nl/startup-spectrik-ontwikkelt-fotonische-ammoniaksensor-voor-de-stal/>

Bovaer. (2024). How cows can help us fight climate change. In [www.dsm-firmenich.com](https://www.dsm-firmenich.com/content/dam/dsm-firmenich/corporate/documents/our-company/bovaer/boaver-brochure-en.pdf).
<https://www.dsm-firmenich.com/content/dam/dsm-firmenich/corporate/documents/our-company/bovaer/boaver-brochure-en.pdf>

Bovaer. (2025.). <https://www.dsm-firmenich.com/anh/products-and-services/products/methane-inhibitors/bovaer-nl.html>

bruto uurloon knecht | nationale vacature bank (n.d.)
<https://myprivacy.dpgmedia.nl/consent?siteKey=n9me8qnyvhvs83su&callbackUrl=https%3a%2f%2fwww.nationalevacaturebank.nl%2fprivacygate-confirm%3fredirectUri%3d%252fsalaris%252fboerenknecht>

CBS. (2023, 1 maart). 3. *Emissies door de landbouw*. Centraal Bureau Voor de Statistiek.
<https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/statistische-trends/2023/de-verduurzaming-van-de-landbouw-deel-ii-emissies/3-emissies-door-de-landbouw>

Circulair mestverwerkingssysteem | Lely Sphere. (2025).
<https://www.ley.com/nl/oplossingen/mest/sphere/>

Cooley, W. (2023, 7 juli). Methane-reducing feed additives: Who will pay for them? *The Cow Tech Report*. <https://cowtechreport.substack.com/p/methane-reducing-feed-additives-who>

Dit systeem brengt weer toekomst voor ons melk-veebedrijf/ inzaken(n.d.)
<https://www.inzaken.nl/dit-systeem-brengt-weer-toekomst-voor-ons-melkveebedrijf/>

Huiden, F. (2024). *Stallucht beter meten met fotonische chip*. Nieuwe Oogst.
<https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2024/01/10/stallucht-beter-meten-met-fotonische-chip>

Kaledio, P & Oloyede, J. O. (2023). Advancements in sensor technologies for precision livestock farming. *OSF Preprints*. <https://doi.org/10.31219/osf.io/av68m>

Melkveehouderij - Dierenbescherming.nl. (z.d.-b). Dierenbescherming.
<https://www.dierenbescherming.nl/werkzaamheden/dierenbeleid-beinvloeden/dossiers/melkveehouderij>

Milieu Centraal. (z.d.). *Stikstof - alles wat je moet weten*.
<https://www.milieucentraal.nl/klimaat-en-aarde/milieuproblemen/stikstof-in-de-lucht-en-bodem/>

Ministerie van economische zaken, *Technology Readiness Levels (TRL)*. (2022). RVO.nl.
<https://www.rvo.nl/onderwerpen/trl>

New circular barn system for livestock reduces nitrogen emissions by more than 70%. (2024, 1 oktober). Lely.com Geraadpleegd op 8 mei 2025, van <https://www.ley.com/about-ley/news/new-circular-barn-system-livestock-reduces-nitroge/>

Onderzoek naar methaanuitstoot op een melkveebedrijf | RUNDVEELOKET. (n.d.). https://www.rundveeloket.be/kenniscentrum/milieu_energie/methaan/Bovaer

Opening tweede inschrijftermijn onderzoekspilot “Reinventing Circular Dairy Farming”. (2025, 2 maart). *Lely.com*. <https://www.lely.com/nl/over-lely/nieuws/opening-tweede-inschrijftermijn-onderzoekspilot/>

PhotonDelta invests in Spectrik, an integrated photonics venture addressing nitrogen crisis. (2023). *Hightechxl.com*. <https://hightechxl.com/venture-building/photondelta-invests-in-spectrik-an-integrated-photonics-venture-addressing-nitrogen-crisis/>

Rougoor, C., Van Der Schans, F., & CLM Onderzoek en Advies. (2022). Kosteneffectiviteit van ammoniakmaatregelen. In ABN AMRO, *Rapport* (CLM–1123). CLM Onderzoek en Advies. <https://www.clm.nl/wp-content/uploads/2022/11/1123-CLM-Rapportage-Kosten-van-ammoniak.pdf>

Stallucht beter meten met fotonische chip nieuwe oogst (2024)

subsidie Lelysphere melkveebedrijf(2024)
<https://www.melkveebedrijf.nl/wet-en-regelgeving/subsidies-melkveehouderij/investeringssubsidie-voor-verduurzamen-met-lely-sphere-41078/>

TNO. (2019). *EMISSIONS EN DEPOSITIE VAN STIKSTOF IN NEDERLAND*. https://parlementenwetenschap.nl/wp-content/uploads/2021/02/2019_Wetenschappelijke_factsheet_TNO_Stikstofproblematiek.pdf

Toepassingen Lely Sphere uitgebreid.
Use cases | Spectrik. (n.d.). Spectrik. <https://www.spectrik.eu/use-cases>

Varol, B. (2024, juli 10). *Saving 1 ton of CO2e per cow per year with Bovaer®.* Feed & Additive Magazine. <https://www.feedandadditive.com/saving-1-ton-of-co2e-per-cow-per-year-with-bovaer/#:~:text=Economically%2C%20Bovaer%C2%AE%20costs%20about,fluctuations%20of%20the%20milk%20price.>

Watson, E. (2024, 8 juli). *Bovaer is ‘creating a self-sustaining carbon inset market for American agriculture’ says Elanco.* AgFunderNews. <https://agfundernews.com/bovaer-is-creating-a-self-sustaining-carbon-inset-market-for-american-agriculture-says-elanco>

CBS. (2023). *Welke sectoren stoten broeikasgassen uit?* Centraal Bureau Voor de Statistiek. <https://www.cbs.nl/nl-nl/dossier/dossier-broeikasgassen/welke-sectoren-stoten-broeikasgassen-uit>

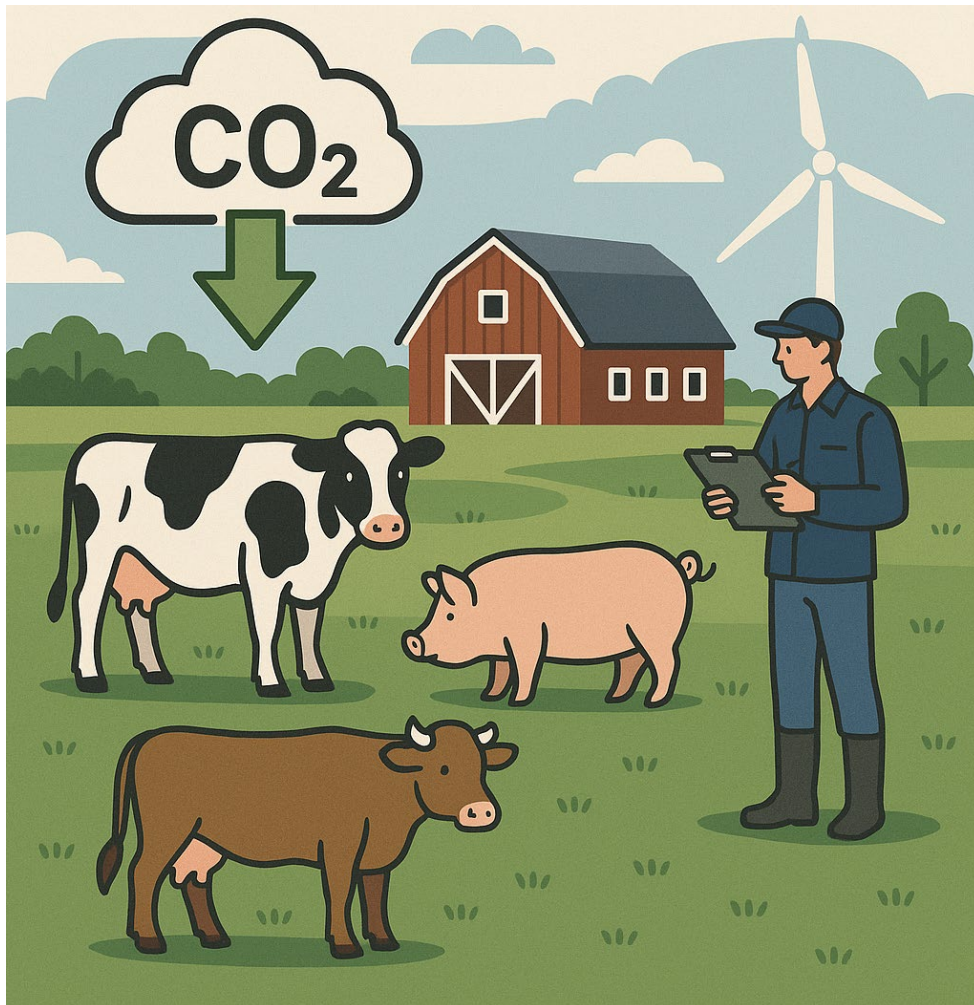
Innovatie Project 1

Deelanalyse 2

Emissiereductie in de Duurzame Veehouderij

Onderzoeksbureau A

Door: Tom Verweij, Derk van Kalken, Sep
Miltenburg, Jelmer Kommer en Casper Heidendaal



Woordenaantal: 3045

1. Inleiding	2
2. Criteria	2
2.1 Theoretisch kader	2
2.2 Criteria selectie	3
2.2.1 Impact op diergezondheid en dierenwelzijn	3
2.2.2 Acceptatie en adoptie door veehouders	4
2.2.3 Arbeids impact / werkdruk	4
2.2.4 Maatschappelijk draagvlak	4
2.2.5 Beleid en regelgeving	4
3. Analyse	5
3.1 Toelichting scores	5
3.1.1 Arbeids impact / Werkdruk	5
3.1.2 Impact op diergezondheid en dierenwelzijn	6
3.1.3 Acceptatie en adoptie door veehouders	6
3.1.4 Maatschappelijk draagvlak	7
3.1.5 Beleid en regelgeving	8
3.2 Toelichting onzekerheden	9
3.2.1 Arbeids impact / Werkdruk	9
3.2.2 Impact op diergezondheid en dierenwelzijn	9
3.2.3 Acceptatie en adoptie door veehouders	10
3.2.4 Maatschappelijk draagvlak	10
3.2.5 Beleid en regelgeving	11
4. Reflectie en Conclusie	11
Bronnen	12

1. Inleiding

Zoals in de vorige deelanalyse is beschreven, is de uitstoot van broeikasgassen een groot probleem binnen Nederland. De veehouderij sector is een van de grootste veroorzakers hiervan, vooral door de uitstoot van methaan en lachgas (CBS, 2023).

In deelanalyse 1 is de focus gelegd op de technologische werking en de financiële haalbaarheid van drie innovaties op het gebied van emissiereductie: Spectrik, Lely Sphere en Bovaer. Echter zijn dit niet de enige manieren om naar een innovatie te kijken en in te schatten of de innovatie succesvol is, want ook de sociaal-maatschappelijke kant van de innovaties is essentieel. Emissiereductie heeft impact op mens, dier en maatschappij: Boeren moeten hun stallen ombouwen, minder vee houden of ander voer gaan gebruiken, maar ook dierenwelzijn en het maatschappelijk draagvlak moeten niet onderschat worden. Vandaar dat dit deel van de analyse dus erg belangrijk is.

In deze analyse is dus op de sociaal-maatschappelijke kant van de drie alternatieven gericht. Hiervoor wordt gebruikgemaakt van de TIS (Technological Innovation System) theorie, uitgewerkt door Hekkert et al (2007). Door deze theorie valt te begrijpen hoe innovaties ontstaan, ontwikkelen en geaccepteerd worden binnen het maatschappelijk systeem. Het TIS framework kijkt niet alleen maar naar de technologie, maar ook naar het bredere systeem van actoren, instituties en processen die nodig zijn om een innovatie te laten slagen. Deze wordt verder uitgewerkt in hoofdstuk 2.1.

Aan de hand van dit kader zijn er in het eerstvolgende hoofdstuk vijf beoordelingscriteria bepaald. Deze vormen de basis voor het beoordelen van de verschillende innovaties in hoofdstuk 3, waarbij voor elke innovatie één score per criteria gegeven wordt en dit ook uitgebreid beargumenteerd wordt. Verder worden in hoofdstuk 4 de onzekerheden van deze scores geanalyseerd en besproken. Zo krijgen we uiteindelijk een compleet beeld van de maatschappelijke impact van de verschillende innovaties.

2. Criteria

2.1 Theoretisch kader

Om de sociaal-maatschappelijke kant van deze technologische innovaties te begrijpen, maken we gebruik van het Technological Innovation System (TIS) framework, ontwikkeld door Hekkert et al. (2007). Binnen dit systeem zijn er zeven kernfuncties gedefinieerd die samen het functioneren van een innovatie bepalen (Hekkert et al., 2007), deze functies zijn:

Functie	Uitleg
F1. Entrepreneurial activities	De mate van ondernemersactiviteit rondom de innovatie
F2. Knowledge development	De mate waarin kennis rond de technologie wordt ontwikkeld

F3. Knowledge diffusion	Hoe goed deze kennis verspreid wordt binnen het systeem
F4. Guidance of the search	De mate waarin er richting wordt gegeven aan technologische ontwikkeling en beleid
F5. Market formation	Het ontstaan van een markt voor een technologie
F6. Resource mobilization	De beschikbaarheid van financiële, menselijke en materiële middelen
F7. Creation of legitimacy	De mate waarin de innovatie maatschappelijk wordt geaccepteerd

Tabel 1: Uitleg van de zeven TIS-functies

Door deze functies per innovatie te onderzoeken, wordt het duidelijk waar knelpunten liggen en waar eventueel beleid en investeringen nodig zijn om de innovatie te laten slagen. In deze analyse worden vijf criteria bepaald aan de hand van de zeven TIS-functies. Elk criterium is direct afgeleid van één of meer TIS-functies en sluiten aan bij het vergelijken van de drie alternatieven vanuit de sociaal-maatschappelijke kant. Sommige functies keren terug in meerdere criteria, omdat ze verschillende dimensies van sociaal-maatschappelijke impact raken. Per criterium wordt uitgelegd waarom het gekozen is en welke TIS-functies hier de oorzaak van zijn.

2.2 Criteria selectie

Op basis van de zeven functies uit de TIS-theorie (Hekkert et al., 2007) zijn vijf sociaal-maatschappelijke criteria geselecteerd die relevant zijn voor de implementatie van emissiereducerende innovaties in de veehouderij. De selectie is beredeneerd vanuit het perspectief van de opdrachtgever, die behoefte heeft aan maatschappelijke integratie en haalbaarheid van de innovaties. Uiteindelijk zullen 4 van deze 5 kwalitatieve criteria in hoofdstuk 3 beoordeeld worden op een genormaliseerde schaal van 1-10. Dit is gedaan omdat het een duidelijke schaal is waarbij er specifiek op scores kan worden ingegaan. Bij één criteria (arbeids impact) is de ordinale schaal van ‘--, -, 0, +, ++’ gekozen, omdat het een beter beeld geeft over de mate van arbeids impact.

2.2.1 Impact op diergezondheid en dierenwelzijn

Dit criterium gaat over het ontwikkelen en toepassen van innovaties die bijdragen aan betere diergezondheid en welzijn. Het is afgeleid van de noodzaak om gerichte kennis te ontwikkelen over de effecten van technologie op dieren (F2), en ook om innovaties te sturen richting maatschappelijk gewenste doelen (F4). Er wordt dus gekeken naar in hoeverre de innovatie positieve of negatieve effecten heeft voor de fysieke gezondheid van het vee.

2.2.2 Acceptatie en adoptie door veehouders

Dit criterium wordt gedefinieerd als de bereidheid van veehouders om een innovatie te accepteren en toe te passen. Zonder de kennis over de werking en effecten is de acceptatie laag (F2). Ook is het belangrijk dat de kennis breed wordt gedeeld binnen de veehouderijsector, wat de drempel tot adoptie verlaagt, het vertrouwen versterkt en het leereffect versnelt (F3).

2.2.3 Arbeids impact / werkdruk

Bij deze functie gaat het om de hoeveelheid extra arbeid of werkdruk die een innovatie met zich meebrengt. Arbeid is een menselijk middel, wat in beperkte mate aanwezig is (F6). Ook kunnen innovaties die veel tijd kosten weerstand opleveren bij boeren (F7). Daarnaast bepaalt de arbeids impact of een boer de innovatie makkelijk kan integreren in het bedrijf zelf (F1). In dit criterium wordt dus gekeken naar de invloed van de innovatie op de hoeveelheid en intensiteit van het werk van de veehouders en bijbehorend personeel. Dit kan soms extra werk opleveren, maar ook werk besparen.

2.2.4 Maatschappelijk draagvlak

Maatschappelijk draagvlak draait om het verkrijgen van sociale acceptatie en het verminderen van weerstand tegen verandering voor de innovatie, dit moet verkregen worden door de brede maatschappij, waaronder burgers en media vallen. Dit valt direct onder het creëren van legitimiteit voor nieuwe technologieën en praktijken (F7). Het gaat dus om de mate waarop de innovatie wordt geaccepteerd en ondersteund door de brede maatschappij.

2.2.5 Beleid en regelgeving

Beleid en regelgeving sturen de richting van innovatie (F4) door kaders te stellen en prioriteiten aan te geven. Daarnaast creëren overheden via subsidies en belastingvoordelen een toekomstige markt voor de innovaties (F5). Zonder een gesubsidieerde markt is het vaak lastig om te investeren in nieuwe alternatieven. Ook draagt regelgeving bij aan de legitimiteit van innovaties (F7), doordat subsidies vanuit de overheid zorgen voor meer vertrouwen vanuit de maatschappij. Dit criterium wordt gedefinieerd als de mate waarin wet- en regelgeving de marktomstandigheden en toepassing van de innovaties stimuleren.

Criterium	Functie 1	Functie 2	Functie 3
Impact op diergezondheid en dierenwelzijn	Knowledge development	Guidance of the search	
Acceptatie en adoptie door veehouders	Knowledge development	Knowledge diffusion	

Score	Betekenis
--	Zeer positieve invloed op arbeids impact
-	Positieve invloed op arbeids impact
0	Geen verschil in arbeids impact
+	Negatieve invloed op arbeids impact
++	Zeer negatieve invloed op arbeids impact

Arbeids Impact / werkdruk	Entrepreneurial activities	Resource mobilization	Creation of legitimacy
Maatschappelijk draagvlak	Creation of legitimacy		
Beleid en regelgeving	Guidance of the source	Market formation	Creation of legitimacy

Tabel 2: Criteria en bijbehorende functies

3. Analyse

3.1 Toelichting scores

3.1.1 Arbeids impact / Werkdruk

Tabel 3: Uitleg scores, kosten criterium

Spectrik's sensortechnologie vereist weinig onderhoud en is na de plaatsing erg makkelijk te bedienen (Ellen et al., 2018). Hierdoor is de directe arbeids impact laag. Omdat de technologie niet direct emissies vermindert, kan er extra arbeid nodig zijn om op basis van

metingen in te grijpen. Bij stroomuitval is de herkalibratie van de sensoren erg lastig waardoor dit meer arbeids impact kan opleveren (Ellen et al., 2018). Hierdoor krijgt Spectrik een score van '0' uit bij werkdruk.

Lely Sphere is een innovatie die al erg geautomatiseerd is, maar desondanks nog steeds dagelijkse arbeid kost om het te onderhouden. De machines moeten worden bijgevuld, schoongemaakt en geleeqd. Echter hebben de meeste apparaten ook een reinigingsprogramma, waardoor het de werkdruk vermindert. (*Stalreiniger Voor Massieve Vloeren | Schonere Hoeven | Lely Discovery Collector*, n.d.) Ook vergemakkelijkt het de mest opruiming doordat de robot mest verzamelt en urine via het vloersysteem wordt afgevoerd (*Circulair Mestverwerkingssysteem | Lely Sphere*, n.d.-b). Ondanks de extra handelingen door de apparatuur, bespaart het systeem arbeid aan het eind (zoals genoemd bij de financiële analyse) dus krijgt Lely Sphere een score van '-' bij deze criteria.

Het voedingssupplement Bovaer wordt bij het voedsel van de koeien toegevoegd en vereist daarna geen extra werk meer. De boer moet alleen het voedsel zelf nog afwegen per koe, echter is dit iets wat sowieso al gedaan moet worden. Hierdoor vereist het buiten het contact met Bovaer geen extra werk voor de boer. Bovaer scoort daardoor een '0' voor arbeids impact.

3.1.2 Impact op diergezondheid en dierenwelzijn

Score	Betekenis
1 - 3	Slechte impact op diergezondheid en dierenwelzijn
4 - 6	Geen impact op diergezondheid en dierenwelzijn
7 - 8	Lichte verbetering diergezondheid en dierenwelzijn
9 - 10	Grote verbetering diergezondheid en dierenwelzijn

Tabel 4: Uitleg scores, baten criterium

Spectrik richt zich op het monitoren en daarmee verminderen van ammoniakemissies. Hierdoor kunnen veehouders direct ventileren of andere maatregelen treffen (*Wouters, 2025*). Een beter stalklimaat vermindert stress en luchtwegproblemen bij dieren, wat direct het welzijn en de gezondheid verbetert. Deze innovatie is in lijn met de maatschappelijke wens om niet alleen emissies te reduceren, maar ook het dierenwelzijn te verbeteren (F4). Hierdoor scoort Spectrik een 8.

Lely sphere zorgt ervoor dat het stalklimaat gezonder en schoner wordt door het afzuigen van de mestgassen. Mede hierdoor verminderen ze ammoniakemissies tot wel 70% van de officiële norm (*De Jong, 2024*). Dit is goed voor het welzijn van de koeien zoals hierboven beschreven. Echter zou het systeem zijn gemaakt voor stalvloeren die niet goed zouden zijn voor het loopcomfort en de klauwgezondheid van de koeien (*Nieuwe Oogst, <https://www.nieuweoogst.nl>, 2025*). Het lijkt erop dat de focus bij deze innovatie vooral ligt bij het in lijn liggen met de maatschappelijke en politieke wens voor emissiereductie en dat de innovatie niet veel wordt gestuurd richting dierenwelzijn. Hierdoor scoort Lelysphere een 5.

Het gebruik van Bovaer in het voer van koeien vermindert methaanemissies. Bij de toegestane dosering zou het geen effect hebben op diergezondheid, vruchtbaarheid of melkproductie (Nederhoff, 2024). Echter lijken koeien minder te eten van het voer als er Bovaer aan is toegevoegd en dit kan als slecht worden beschouwd (Aarhus University, 2025). Er zal een vervolgonderzoek worden uitgevoerd door Aarhus University in de komende jaren om deze effecten in kaart te brengen. Hierdoor scoort Bovaer een 6.

3.1.3 Acceptatie en adoptie door veehouders

Score	Betekenis
1 - 3	Nauwelijks kennis en geen adoptie
4 - 6	Weinig kennis en vroege adoptie
7 - 8	Brede kennis en groeiende adoptie
9 - 10	Volledig ontwikkelde kennis en brede adoptie

Tabel 5: Uitleg scores, baten criterium

De sensortechnologie van Spectrik bevindt zich in een vroege ontwikkelingsfase (zie deelanalyse 1). Er is dus kennisontwikkeling, maar grootschalige praktijkervaring onder veehouders ontbreekt nog (Spectrik, z.d.). Dit komt vooral door de ontwikkelingsfase waar het product in zit, en niet door geen interesse vanuit veehouders. Ook is de kennisverspreiding nog beperkt. Er is weliswaar interesse vanuit innovatieprogramma's, maar het ontbreekt nog aan grotere stimulansen om het product echt bekend te laten worden binnen de veehouderij-sector (Laskey, 2024). Hierdoor krijgt Spectrik een score van 4.

Lely Sphere is een goed onderzochte technologie, met veel tests op diverse bedrijfstypen, wat een goed beeld geeft van de acceptatie onder veehouders. Het bedrijf heeft zelf patenten op de technologie (Van Wijmen, 2025). Dankzij partnerschappen met bedrijven als FrieslandCampina en Rabobank verloopt de kennisverspreiding en -ontwikkeling in Nederland goed en groeit het netwerk van gebruikers (FrieslandCampina, 2022). Hierdoor krijgt de Lely Sphere technologie een score van 9.

Bovaer is op grote schaal getest in verschillende landen, waardoor er dus veel kennis beschikbaar is over de toepassing en impact (Agrifirm, 2022). Dankzij internationale samenwerkingen met grote zuivelbedrijven als Arla, is de technologie wereldwijd verspreid (Flanagan, 2024). Bovendien is Bovaer goedgekeurd in diverse landen. Door de sterke acceptatie en verspreiding krijgt Bovaer een score van 10.

3.1.4 Maatschappelijk draagvlak

Score	Betekenis
1 - 3	Nauwelijks maatschappelijk draagvlak

4 - 6	Gemiddeld maatschappelijk draagvlak
7 - 8	Goed maatschappelijk draagvlak
9 - 10	Uitstekend maatschappelijk draagvlak

Tabel 6: Uitleg scores, baten criterium

Spectrik bevindt zich nog in een vroege ontwikkelingsfase waardoor maatschappelijk draagvlak beperkt is. Omdat deze technologie nog nieuw is, is er ook nauwelijks een publieke opinie over. De keerzijde hiervan is dat Spectrik ook nul controverse heeft. Hier kan dus moeilijk een oordeel over geveld worden. Tot nu toe zijn er maar enkele artikelen gepubliceerd zoals het artikel Nieuwe Oogst(, <https://www.nieuweoogst.nl>, 2024). Dit bestempelt het als een belovende innovatie. Vanwege het gebrekkige maar wel positieve media impressie krijgt het een score van 5/10

Lely Sphere ontvangt brede steun vanuit de Nederlandse politiek, wat de technologie in een positief daglicht plaatst(Melkvee, 2025). Tegelijkertijd zijn er ook kritische geluiden vanuit andere partijen. Zo uitte de Vlaamse regering zorgen over het hoge waterverbruik van het systeem (Lageschaar, B. 2024, 20 december). Deze kritiek is ook relevant voor Nederland, dat in de zomer steeds vaker kampt met watertekorten (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2025). Door deze gemengde beeldvorming is het maatschappelijk draagvlak voor Lely Sphere te typeren als gematigd. Op basis daarvan krijgt het een 6/10

Bovaer staat onder grote maatschappelijke druk vanwege desinformatie-campagnes door Bovaer kankerverwekkend te noemen. In zowel het VK als in Nederland roept men op via sociale media tot boycotten van zuivelproducten van koeien die Bovaer. Wetenschappers reageren op deze berichten en spreken van “complottheorieën” en “nepnieuws” (Nederhoff, T. ,2024, 5 december), mede ondersteund door Emmery, R. (2025, January 8). Producent dsm-firmenich benadrukt dat Bovaer is goedgekeurd door autoriteiten vanuit de EFSA en de Britse FSA (Verkeerde Informatie Over Bovaer®, 2025). Ondanks dat de wetenschap terugvecht tegen de misinformatie blijft de negatieve publieke perceptie de dominante mening, om deze reden scoort Bovaer 4/10

3.1.5 Beleid en regelgeving

Score	Betekenis
1 - 2	Beleid werkt actief tegen of is geheel afwezig
3 - 5	Beleid is aanwezig, maar nog niet volledig
6 - 8	Beleid stuurt ontwikkeling, o.a. via regelkaders en financiële steun
9 - 10	Beleid bevordert en jaagt adoptie proactief aan

Tabel 7: Uitleg scores, baten criterium

Spectrik ontvangt veel steun voor de ontwikkeling van haar fotonische ammoniaksensor. Dit gebeurt onder meer via het AMBER-project, waarin ze samenwerken met InnoFlex en VTEC. Dit project wordt gesubsidieerd door de EU, het Rijk en de provincie Noord-Brabant (AMBER, 2025). Hoewel er beleidsmatige steun is voor de ontwikkeling van sensortechnologieën, ontbreekt specifieke regelgeving die het gebruik van real-time ammoniakmetingen verplicht stelt of stimuleert. De huidige wetgeving accepteert nog geen meetgegevens van boeren zelf; metingen gebeuren door het RIVM via meetpalen en omgeving observaties (Bokhoven, 2023). Daarom krijgt Spectrik een score van 5.

Lely Sphere is sinds maart 2023 opgenomen in de Regeling Ammoniak en Veehouderij (RAV) met een emissiefactor van 3 kg ammoniak per dierplaats per jaar, hierdoor is het officieel geschikt voor emissiearme huisvesting en vergunningsaanvragen (Mestverwaarding.nl, z.d.). De mestrobot komt ook in aanmerking voor de Maatlat Duurzame Veehouderij (MDV) - subsidie, waarvoor bedrijven punten moeten halen op meerdere duurzaamheids vlakken (Subsidies Voor Lely Producten, z.d.). Door deze erkenning en bijbehorende subsidiemogelijkheden krijgt Lely Sphere een score van 8.

Bovaer heeft sterke beleidsmatige steun. Sinds 2022 is het middel goedgekeurd door de EU en opgenomen in nationale duurzaamheidsprogramma's zoals de KringloopWijzer (Nieuwe Oogst, 2022). Grote zuivelcoöperaties zoals FrieslandCampina vergoeden het gebruik onder melkveehouders, en grootschalige pilots laten positieve resultaten zien (Veeteelt, 2024). Op basis hiervan krijgt Bovaer een score van 9.

3.2 Toelichting onzekerheden

De scores van de onzekerheden liggen tussen de 1 en 5. Hierbij is 1 helemaal niet onzeker en 5 heel erg onzeker.

3.2.1 Arbeids impact / Werkdruk

De onzekerheid van de werkdruk is verschillend voor alle drie de innovaties. Spectrik is erg onzeker omdat er na dat de innovatie is geïmplementeerd pas bekend wordt hoe de emissie daadwerkelijk omlaag kan. Hierdoor zal bij de ene stal een stuk meer arbeid verricht worden dan bij de andere stal. Bij Lely Sphere is het al een stuk meer zeker. Dit komt doordat het lastig te berekenen is hoe lang het precies duurt om de apparatuur te onderhouden en hoeveel werk de mestrobot per boer bespaart. Bij Bovaer is de impact goed voorspelbaar: Het supplement vereist nauwelijks extra handeling. Hierdoor zijn de volgende onzekerheden aangehouden:

- Spectrik → Onzekerheid score van 5/5
- Lely Sphere → Onzekerheid score van 3/5
- Bovaer → Onzekerheid score van 1/5

3.2.2 Impact op diergezondheid en dierenwelzijn

De zekerheid bij Spectrik is vrij hoog omdat het zelf niet direct, maar indirect kan bijdragen aan diergezondheid en dierenwelzijn. Bij Lely Sphere is dit redelijk onzeker omdat het nog veel in ontwikkeling is waardoor toekomstige verbeteringen de effecten kunnen veranderen. Bij Bovaer is er nog onderzoek bezig voor bijwerkingen, echter beweren experts dat dit niet zo is (Emmery, R, 2025).

- Spectrik → Onzekerheid score van 1/5
- Lely Sphere → Onzekerheid score van 3/5
- Bovaer → Onzekerheid score van 3/5

3.2.3 Acceptatie en adoptie door veehouders

Bij Spectrik is deze onzekerheid hoog, wat wederom komt door de vroege fase van technologie waardoor het niet bekend is bij veehouders. De onzekerheid voor Lely Sphere is lager, dit komt doordat het al op veehouderijen is toegepast en de kennis breed verspreid is. Wel is de toepassing nog niet volledig, want niet alle staltypes zijn even geschikt voor gebruik, dit geeft enige onzekerheid over de score. Bovaer kent de minste onzekerheid. Het is al veel getest, en het is al lang in de roulering, veehouders hebben hun mening al gevormd. Op basis van deze informatie zijn de volgende onzekerheid scores toegekend:

- Spectrik → onzekerheid van 4 uit 5
- Lely Sphere → onzekerheid van 2 uit 5
- Bovaer → onzekerheid van 1 uit 5

3.2.4 Maatschappelijk draagvlak

De onzekerheid rondom het maatschappelijk draagvlak voor Spectrik is hoog vanwege de beperkte bekendheid van deze sensortechnologie. Er is geen duidelijk beeld van hoe de samenleving zal reageren op deze innovatie, waardoor zowel een zeer positieve als zeer negatieve ontvangst mogelijk blijft. De onzekerheid voor Lely Sphere is lager omdat de technologie al bekend is en er duidelijke politieke steun is. Hoewel er kritiek is, is het draagvlak grotendeels hetzelfde. Voor Bovaer is de onzekerheid het laagst omdat de publieke opinie zich al heeft vastgeroest door negatieve artikelen en andere media. De negatieve reacties zijn enorm. waardoor toekomstig draagvlak goed voorspelbaar is. Hieruit zijn uiteindelijk de volgende onzekerheden gekomen:

- Spectrik → onzekerheid van 3 uit 5
- Lely Sphere → onzekerheid van 2 uit 5
- Bovaer → onzekerheid van 1 uit 5

3.2.5 Beleid en regelgeving

De toekomstige rol van sensortechnologieën zoals die van Spectrik in het beleid is nog onduidelijk. Er zijn aanwijzingen dat het meten van emissies belangrijker wordt in het kader van het stikstof- en klimaatbeleid, maar concrete regelgeving die het gebruik van dergelijke

sensoren verplicht stelt of stimuleert, ontbreekt momenteel (Bokhoven, 2024). Hoewel er voor Lely Sphere belangstelling is vanuit de sector en het past binnen de doelstellingen van het Nederlandse stikstofbeleid, is de beleidsmatige ondersteuning nog in ontwikkeling. Er zijn subsidies beschikbaar voor emissiearme stalsystemen, maar blijft beperkt. Bovaer is goedgekeurd door EU-lidstaten en wordt in de praktijk al gebruikt, ook hebben ruim 600 boeren van FrieslandCampina een subsidie ontvangen voor het gebruik. Hieruit zijn de volgende onzekerheden gekomen:

- Spectrik → onzekerheid van 3 uit 5
- Lely Sphere → onzekerheid van 2 uit 5
- Bovaer → onzekerheid van 1 uit 5

4. Reflectie en Conclusie

Uit de hierboven beschreven criteria en onzekerheden zijn de volgende scores gekomen die hieronder worden gepresenteerd in de effectentabel. Er is een overzicht van de criteria, alle scores, de meetschaal, of het kosten of baten zijn en de onzekerheden per innovatie zijn ook te zien.

Criteria	Meetschaal	Kosten/ Baten	Spectrik	Lely Sphere	Bovaer	Onzekerheid (1/5) Respectievelijk
Arbeidsimpact/werkdruk	--,-,0,+,++	Kosten	0	-	0	5/3/1
Impact op diergezondheid/welzijn	1-10	Baten	8	5	6	1/3/3
Acceptatie en adoptie door veehouders	1-10	Baten	4	9	10	4/2/1
Maatschappelijk Draagvlak	1-10	Baten	3	6	2	3/2/1
Beleid en Regelgeving	1-10	Baten	5	8	9	3/2/1

Tabel 8: Effectentabel Sociaal-Maatschappelijke Analyse

In de effectentabel is een duidelijk overzicht te zien van alle belangrijke feiten uit de sociaal-maatschappelijke analyse. Alle functies van de TIS-theorie zijn duidelijk behandeld en alle criteria hebben duidelijke relaties met deze functies. Er zijn een aantal zeer lage cijfers uitgekomen, maar ook erg hoge. Hierdoor zijn de wegingen die in het volgende deel van de MCA besproken worden dus nog belangrijker, omdat deze scores per criteria zo verschillend zijn.

Verder zijn de onzekerheden van Spectrik vaak erg hoog, en van bovaer vaak erg laag. Dit komt omdat Spectrik nog in de ontwikkelingsfase zit, terwijl bovaer al wereldwijd gebruikt

wordt waardoor hier al veel meer bewezen is. Er moet dus een uitgebreide onzekerheidsanalyse worden gedaan in het laatste deel van de MCA om dit verschil zo veel mogelijk te verwerken.

Al met al is het dus erg lastig om nu al een eindconclusie te geven op de sociaal-maatschappelijke analyse door deze grote verschillen per categorie, en grote onzekerheden. Hierdoor is het advies om het eindrapport af te wachten waaruit duidelijkere conclusies getrokken kunnen worden.

Bronnen

Aarhus University. (2025, 4 februari). *New project to investigate whether Bovaer impacts cows' welfare*. <https://anivet.au.dk/en/current-news/news/show/artikel/new-project-to-investigate-whether-bovaer-impacts-cows-welfare>

AMBER - ontwikkelen stikstofmitigatiesysteem - OPZuid 2021-2027. (2025, 8 april). OPZuid 2021-2027. https://www.stimulus.nl/opzuid-2021-2027/avada_portfolio/amber-ontwikkelen-stikstofmitigatiesysteem/

Bokhoven, J. (2023, 27 september). *Startup Spectrik ontwikkelt fotonische ammoniaksensor voor de stal*. AgriFoodInnovation. <https://agrifoodinnovation.nl/startup-spectrik-ontwikkelt-fotonische-ammoniaksensor-voor-de-stal/>

Bokhoven, J. (2024, 10 maart). *Ontwikkeling fotonische ammoniaksensor verloopt voorspoedig*. AgriFoodInnovation. <https://agrifoodinnovation.nl/ontwikkeling-fotonische-ammoniaksensor-verloopt-voorspoedig/>

CBS. (2023.). *Welke sectoren stoten broeikasgassen uit?* Centraal Bureau Voor de Statistiek. <https://www.cbs.nl/nl-nl/dossier/dossier-broeikasgassen/welke-sectoren-stoten-broeikasgassen-uit->

Circulair mestverwerkingssysteem | Lely Sphere. (n.d.-b). <https://www.lely.com/nl/oplossingen/mest/sphere/>

Dairy farm research into the Bovaer methane inhibitor. (2022). Agrifirm.com. <https://www.agrifirm.com/press-media/dairy-farm-research-into-the-bovaer-methane-inhibitor>

De Jong, I. D. (2024, 12 december). *Innovatief stalsysteem Lely Sphere scheidt urine van de mest en zuigt mestgassen af*. WUR. <https://www.wur.nl/nl/nieuws/innovatief-stalsysteem-lely-sphere-scheidt-urine-van-de-mest-en-zuigt-mestgassen-af.htm>

Duurzaamheid in de Melkveehouderij: Een Stijgende Trend. (2024, December 13).

RMV Nederland. <https://www.rmv-nederland.nl/duurzaamheid-in-de-melkveehouderij-een-stijgende-trend/>

Ellen, H., Van Dinther, D., Dilse, R., Mosquera, J., Ploegaert, J., & Vonk, J. (2018). *StalSens-Oren: meetsystemen voor bedrijfs-monitoring van emissies in de*

veehouderij. In *Wageningen Livestock Research*. Wageningen University.
<https://www.rvo.nl/sites/default/files/2021/03/Stalsensoren%20meetsystemen%20voor%20bedrijfsmonitoring%20-%20WUR.pdf>

Emmery, R. (2025, January 8). *Het gevaar van Bovaer? Hoe 'klimaatmelk' leidt tot paniek en complottheorieën*. Knack. <https://www.knack.be/nieuws/belgie/het-gevaar-van-bovaer-hoe-klimaatmelk-leidt-tot-paniek-en-complottheorieen/>

Flanagan, P. (2024). *Bovaer debate highlights evidence is key in tackling emissions challenge*. ADHB. <https://ahdb.org.uk/news/bovaer-debate-highlights-evidence-is-key-in-tackling-emissions-challenge>

FrieslandCampina, Rabobank and Lely start pilot to reduce nitrogen. (2022, 14 juli). FrieslandCampina.nl. <https://www.frieslandcampina.com/news/frieslandcampina-rabobank-and-lely-start-pilot-to-reduce-nitrogen/>

Veeteelt (2024). FrieslandCampina vergoedt inzet Bovaer bij 600 veehouders. <https://veeteelt.nl/zuivel/frieslandcampina-vergoedt-inzet-bovaer-bij-600-veehouders>

Verkeerde informatie over Bovaer®. (2025, 20 januari.). @Dsm-firmenich.

<https://our-company.dsm-firmenich.com/nl-nl/our-company/news/updates-and-statements/2025/misinformation-about-bovaer.html>

Hekkert, M., Suurs, R., Negro, S., Kuhlmann, S., & Smits, R. (2007). Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting And Social Change*, 74(4), 413–432.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.03.002>

Laskey, R. (2024, 23 april). *Spectrik's real-time sensor could offer a way out of the nitrogen crisis*. PhotonDelta. <https://www.photondelta.com/news/spectriks-real-time-sensor-to-curb-nitrogen-crisis/>

Lageschaar, B. (2024, 20 december). *Twijfels in Vlaanderen over werking Lely Sphere*. Melkvee.nl. <https://www.melkvee.nl/artikel/1177398-twijfels-in-vlaanderen-over-werking-lely-sphere/>

Mestverwaarding.nl. (z.d.). *Lely Sphere heeft definitieve emissiefactor voor ammoniak*. <https://www.mestverwaarding.nl/kenniscentrum/3343/lely-sphere-heeft-definitieve-emissiefactor-voor-ammoniak>

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2025, June 18). *Droogte en watertekort Nederland*. <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/droogte-en-watertekort>

Nederhoff, T. (2024, 5 december). *Bovaer harmful? Scientists respond to reports surrounding additive*. De Molenaar. <https://www.demolenaar.nl/en/pet-food/methane-reduction/bovaer-harmful-scientists-respond-to-reports-surrounding-additive/56151/>

Nieuwe Oogst, <https://www.nieuweoogst.nl>. (2022, 24 februari). *EU-lidstaten stemmen in met inzet methaanremmer Bovaer*. Nieuwe Oogst. <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2022/02/24/eu-lidstaten-stemmen-in-met-inzet-methaanremmer-bovaer>

Nieuwe Oogst, <https://www.nieuweoogst.nl>. (2024, January 10). *Stallucht beter meten met fotonische chip*. Nieuwe Oogst.

<https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/droogte-en-watertekort>

Nieuwe Oogst, <https://www.nieuweoogst.nl>. (2025, 4 februari). *“Neem dierenwelzijn op in doelsturing”*. Nieuwe Oogst. <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2025/02/04/neem-dierenwelzijn-op-in-doelsturing>

Spectrik. (z.d.). Spectrik. <https://www.spectrik.eu/use-cases>

Stalreiniger voor massieve vloeren | Schonere hoeven | Lely Discovery Collector. (n.d.). <https://www.ley.com/nl/oplossingen/mest/discovery-collector/>

Subsidiemogelijkheden | Subsidies voor Lely producten. (z.d.). <https://www.ley.com/nl/campagnes/subsidie-regelingen/>

Van Wijmen, E. (2025). *We geloven in onze techniek*. Lely.com. <https://www.ley.com/nl/over-ley/nieuws/we-geloven-in-onze-techniek/>

Wouters, S. (2025, 28 april). *Spectrik*. Braventure. <https://www.braventure.nl/spectrik/>