



Innovatieve stalsystemen voor verwaarding van varkens-, kalver- en rundveemest

Emma van Boxmeer, Ilse Groeneveld, Nico Verdoes, Rik Maasdam, Jos van Gastel

Rapport 1409



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Innovatieve stalsystemen voor verwaarding van varkens-, kalver- en rundveemest

NL Next Level Mestverwaarden

Emma van Boxmeer¹, Ilse Groeneveld¹, Nico Verdoes¹, Rik Maasdam¹, Jos van Gastel²

1 Wageningen Livestock Research

2 Promillicon

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research, in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Agrifirm, Darling Ingredients International, De Heus Voeders, VanDrie Group/SBK, FrieslandCampina en ForFarmers.

Wageningen Livestock Research

Wageningen, februari 2023

Rapport 1409

Van Boxmeer, E.G.G., I. Groeneveld, E. Maasdam, N. Verdoes, J.P.B.F. van Gastel, 2023. *Innovatieve stalsystemen voor verwaarding van varkens-, kalver- en rundveemest; NL Next Level Mestverwaarden*. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1409.

Centrale verwerking van dagverse mest of in gier en feces gescheiden mest van melkvee-, varkens- en kalvermest leidt in tegenstelling tot de verwerking van drie maanden oude mest tot lagere minimale tarieven die een veehouder aan de mestverwerker moet betalen om zijn mest af te kunnen voeren (zogeneten poorttarieven). Afvoeren van dagverse of gescheiden mest vereist innovatieve stalsystemen, zoals mestbanden en -schuiven onder de roosters of dagelijks mest spoelen met verse mest of ammoniakarme vloeistof. Naast een mogelijk verlaagd poorttarief leiden deze stalsystemen ook tot lagere ammoniak- en/of broeikasgasemissies in de stal. Een transitie van de huidige mestverwerkingsmarkt naar een centrale mestverwerking van dagverse of gescheiden mest sluit aan bij de huidige klimaatdoelen voor minder uitstoot in de veehouderij. De verlaagde poorttarieven die hierbij gehanteerd kunnen worden, kunnen worden ingezet om deze transitie voor een gedeelte te bekostigen. In dit rapport is onderzocht welke stalsystemen met dagontmesting of scheiding van gier en feces op dit moment (bijna) praktijkrijp zijn en aansluiten bij de transitie in de mestverwerking. Verder is berekend wat de investeringsruimte is die vrijkomt door de verlaging in poorttarieven die gehanteerd kunnen worden bij verwerking dagverse of gescheiden mest. Uit de berekeningen blijkt dat voor enkele stalsystemen en diercategorieën een investeringsruimte ontstaat door het verlaagde poorttarief en eventuele vermarkting van methaanemissiebesparingen op de vrijwillige carbon markt. Hiermee zou een deel van de realisatie van het stalsysteem kunnen worden bekostigd.

Central processing of fresh manure or urine and feces fractions of manure from dairy cows, pigs and veal calves leads to lower manure disposal costs. Supply of fresh manure or urine and feces fractions require new housing systems, like manure belts and scrapers under the slatted floor or flushing of the manure with fresh manure or low-ammonia liquid. Besides potential lower manure disposal costs, these systems result in lower ammonia and/or greenhouse gas emissions. Transition of the current manure processing market into a central manure processing market with fresh manure or separate manure fractions is in line with the current climate goals. The lower manure processing costs can be used to partly finance this transition. In this research, housing systems that delivers fresh manure or separate manure fractions and that are (almost) ready for practice are described. Moreover, it was calculated what the scope of investment will be due to lower manure disposal costs. From the calculations it is shown that due to the lower manure disposal costs and potential marketing of methane emission reductions on the voluntary carbon market, a scope of investment is created. With this, part of the investment costs for realizing the housing systems can be financed.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/586896> of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).



Dit werk valt onder een Creative Commons Naamsvermelding-Niet Commercieel 4.0 Internationaal-licentie.

© Wageningen Livestock Research, onderdeel van Stichting Wageningen Research, 2023

De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

Wageningen Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen Livestock Research is NEN-EN-ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Openbaar Wageningen Livestock Research Rapport 1409

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	8
1.1 Kader van deze studie	8
1.2 Doel van deze rapportage	9
2 Keuze van innovatieve stalsystemen	10
2.1 Inventarisatie en selectie van stalsystemen	10
2.2 Groepen kansrijke stalsystemen	10
3 Beschrijving innovatieve stalsystemen varkens en kalveren	12
3.1 Mestband onder de roosters	12
3.2 Mestschuif onder de roosters	12
3.3 Dagelijks spoelen met verse mest	13
3.4 Dagelijks spoelen met ammoniakarme vloeistof	13
3.5 Voor- en nadelen	14
4 Beschrijving innovatieve stalsystemen melkvee	15
4.1 Urine-doorlatende vloeren	15
4.2 Dichte vloer	15
4.3 Koetoilet	16
4.4 Voor- en nadelen	16
5 Investerings, kosten en opbrengsten kansrijke stalsystemen	17
5.1 Uitgangspunten en methode	17
5.2 Gecreëerde investeringsruimte per stalsysteem en diercategorie	21
5.3 Benodigde verandering in poorttarief	23
5.4 Gevoeligheidsanalyse	23
6 Discussie	26
6.1 Ontbrekende informatie	26
6.2 Stalsystemen	26
6.3 Prijseffecten	27
6.4 Beleid	27
6.5 Praktijkcases	28
7 Conclusies en aanbevelingen	29
Literatuur	30
Bijlage 1 Werkwijze assessment	32
Bijlage 2 Matrix mediaan van de beoordeling van stalsystemen	34
Bijlage 3 Keuze om stalsystemen verder uit te werken	35
Bijlage 4 Stalsystemen varkens en kalveren	37
Bijlage 5 Stalsystemen melkvee	40
Bijlage 6 Berekening gecreëerde investeringsruimten	42
Bijlage 7 Gecreëerde investeringsruimten (per bedrijf en per dierplaats)	44
Bijlage 8 Indicatie effect energieprijis op poorttarief centrale verwerking varkensmest	45

Woord vooraf

De Nederlandse veehouderij produceert niet alleen hoogstaande producten zoals vlees en zuivel, maar ook de in potentie waardevolle reststroom mest. Dierlijke mest van goede kwaliteit is met name van groot belang voor het sluiten van kringlopen, in een klimaatvriendelijke, circulaire voedselproductie. Zes bedrijven in de agrarische sector (Agrifirm, Darling Ingredients International, ForFarmers, Friesland Campina, Van Drie Group/SBK en De Heus Voeders) hebben, samen met Wageningen University & Research, het Nederlands Centrum Mestverwaarding (NCM) en het ministerie van LNV, de handschoen opgepakt om tot een transitie rond mest en bemesting te komen. Deze transitie is gericht op het verwaarden van mest tot marktrijpe organische en anorganische bemestingsproducten voor afzet in de land- en tuinbouw in Nederland en daarbuiten.

Op basis van de inzichten tot nu toe en de verwachte ontwikkelingen in de verschillende dossiers (stikstof, broeikasgassen, gasproductie, kringlooplandbouw) onderzoeken we binnen dit project op welke wijze mestverwaarding kan bijdragen aan deze ontwikkelingen en wat de bijbehorende investeringen zijn. De kernvraag binnen het project is: op welke wijze kan mestverwaarding bijdragen aan kringlooplandbouw en aan de reductie van ammoniak- en broeikasgasemissies?

Deze rapportage beschrijft de bijdrage van innovatieve stalsystemen aan de reductie van de emissies en aan de productie van een goede mest-grondstof voor verdere verwaarding. Het borduurt voort op eerdere publicaties in dit onderzoeksprogramma. In eerder onderzoek is berekend welke verwaardingsroutes optimaal zijn en welke poorttarieven daarbij horen. In dit onderzoek wordt de link gelegd naar de innovatieve stalsystemen op praktijkbedrijven en is berekend of de verlaagde poorttarieven alleen voldoende zijn om deze nieuwe stalsystemen te kunnen bekostigen.

Het onderzoeksprogramma NL Next Level Mestverwaarden is een Publiek Private Samenwerking. Het voorliggende onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research. De auteurs danken de financiers voor hun deskundige begeleiding van het onderzoek. Die dank geldt ook voor alle mensen, personen en bedrijven die in het kader van deze studie zijn geconsulteerd.

Namens het onderzoeksteam,

Nico Verdoes, projectleider



Samenvatting

Als melkvee-, varkens- en kalvermest dagvers of gescheiden in gier en feces fracties worden verwerkt (bij melkvee op het eigen bedrijf en bij varkens en kalveren centraal), leidt dit over de gehele mestketen tot de laagste stikstof- en broeikasgasemissies. Verder levert het gebruik van dagverse mest de meeste biogasopbrengst. Bij centrale verwerking voor varkens- en kalvermest leidt dit tot het laagste minimaal benodigde tarief dat een veehouder moet betalen om mest af te kunnen voeren (poorttarief). Als de verlaging in poorttarieven meer oplevert dan het implementeren en onderhouden van innovatieve emissiearme stalsystemen kost, dan is dat een kans binnen de mestketen voor een transitie naar het gebruik van deze stalsystemen. Het doel van dit onderzoek is om overzicht te krijgen van de verschillende (innovatieve) stalsystemen die aansluiten bij deze mestvervaardingsroutes en te berekenen hoe groot de investeringsruimte is, die vrijkomt uit de verlaging van de poorttarieven om deze stalsystemen te bekostigen. Deze studie is verricht in het kader van het onderzoeksprogramma NL Next Level Mestverwaarden (2019-2022).

Binnen de melkvee-, varkens- en kalverhouderij zijn verschillende innovatieve stalsystemen in ontwikkeling, echter zijn nog niet al deze systemen praktijkrijp (technisch en financieel). In de eerste helft van 2019 zijn deze innovatieve stalsystemen geïnventariseerd. Deze systemen zijn kort beschreven en de ontwikkelpunten en voor- en nadelen zijn benoemd. Vervolgens is op basis van die informatie een beoordeling van deze systemen uitgevoerd. Urine doorlatende vloeren, dichte vloeren (met sleuven, goten en/of gaten) en het koetoilet zijn praktijkrijp en sluiten aan bij de meest perspectiefvolle mestafzetketens binnen de melkveehouderij. Binnen de kalver- en varkenshouderij zijn de meest perspectiefvolle en praktijkrijpe stalsystemen mestbanden en -schuiven onder de roosters en in de varkenshouderij aanvullend het dagelijks spoelen van mestkanalen met verse mest of met ammoniakarme vloeistof. Het spoelen met verse mest of ammoniakarme vloeistof zou ook geschikt kunnen zijn in de kalverhouderij, hoewel het daar nog niet toegepast wordt. Over het algemeen leiden de innovatieve stalsystemen tot minder ammoniak- en methaanemissies in de stal, een beter stalklimaat (en dierenwelzijn) en minder geuremissie. Nadelen zijn dat deze nieuwe systemen vaak extra arbeid of onderhoud nodig hebben en door gebruik van bijvoorbeeld pompen, motoren of een mestrobot meer elektriciteit verbruiken.

Binnen dit onderzoeksproject is de maximaal gecreëerde investeringsruimte voor de varkens- en kalverhouderij berekend op basis van de berekende verlaagde poorttarieven bij centrale mestverwerking en het eventueel vermarkten van CO₂-equivalenten. De gecreëerde investeringsruimte geeft weer welk deel van de investering te bekostigen is uit de netto baten van de emissiearme systemen zelf. Uit de resultaten blijkt dat de meeste stalsystemen die nodig zijn voor de transitie naar een volledige en centrale mestverwerking van dagverse mest of gescheiden mestfracties, hier voor een deel uit kunnen worden gefinancierd. Als de energieprijzen toenemen blijkt het verschil tussen het poorttarief van dagverse mest en oude mest toe te nemen. Hierdoor zal ook de gecreëerde investeringsruimte toenemen. Echter lijken de innovatieve stalsystemen niet volledig betaald te kunnen worden uit het economisch voordeel van een verlaagd poorttarief en het vermarkten van de CO₂-equivalenten. Het verschil tussen de gecreëerde investeringsruimte en de huidige benodigde investering, vormt een obstakel voor implementatie van deze emissiearme stalsystemen. Er wordt geadviseerd om vanuit het beleid meer focus te leggen op de ondersteuning van de implementatie van de innovatieve stalsystemen (innoveren) om zo de transitie te versnellen en de broeikasgas- en ammoniakemissies over de gehele keten te verminderen. Met een dergelijke ondersteuning wordt de emissieproblematiek bij de bron aangepakt en is in veel gevallen effectiever dan saneren. Verder kunnen door dit soort systemen hoogwaardige meststoffen worden bereid, die een alternatief kunnen bieden voor het gebruik van kunstmest.

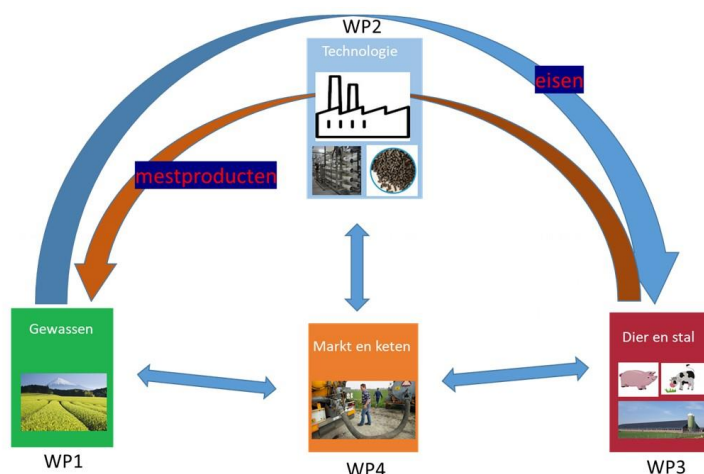
1 Inleiding

1.1 Kader van deze studie

Deze studie is verricht in het kader van het onderzoeksprogramma NL Next Level Mestverwaarden (2019-2022), wat in verschillende werkpakketten (WP) is opgedeeld. Het programma wil tot een transitie rond mest en bemesten komen door het opwerken van (drijf)mest tot waardevolle en marktwaardige organische en anorganische bemestingsproducten.

Om dierlijke mest tot waarde te brengen zijn de volgende vragen gesteld (Figuur 1):

- WP1 Gewassen: welke product markt combinaties (PMC's) hebben – landbouwkundig gezien- toekomst in binnen- en buitenland?
- WP2 Technologie: welke technologie en technologische ontwikkelingen zijn nodig om die producten te maken?
- WP3 Dier en stal: welke behandeling van mest op de boerderij is nodig om een goede grondstof te verkrijgen voor hoogwaardige producten?
- WP4 Markt en keten: welke interventies zijn nodig in de huidige markt en mestketen om een stabiele mestvervaardingsketen te ontwikkelen?



Figuur 1 Schematische weergave van werkpakketten in het programma Next Level Mestverwaarden.

Het in dit rapport beschreven onderzoek valt binnen WP3. In 2019 is binnen dit onderzoeksproject een inventarisatie uitgevoerd van stalsystemen voor rundvee, varkens en kalveren, waarbij de focus ligt op dagontmesten en het primair scheiden van urine en feces. Vervolgens zijn in WP2 voor de varkenshouderij (Gollenbeek et al., 2021a), kalverhouderij (Gollenbeek et al., 2021b) en melkveehouderij (Gollenbeek et al., 2022) massabalansen en kostenramingen opgesteld voor verschillende mestvervaardingsroutes en zijn de emissies van ammoniak en broeikasgassen berekend. Hieruit kwam naar voren dat als melkvee-, varkens- en kalvermest dagvers of gescheiden in gier en feces fracties snel wordt verwerkt, dit over de gehele mestketen leidt tot de laagste stikstof- en broeikasgasemissies. Bij centrale verwerking levert het gebruik van dagverse mest de meeste biogasopbrengst, wat leidt tot het laagste minimaal benodigde tarief wat een varkens- en kalverhouder moet betalen om mest af te kunnen voeren (poorttarief). Voor de meest perspectiefvolle mestafzetketens worden in de huidige publicatie economische berekeningen uitgevoerd voor de installatie van de stalsystemen ten opzichte van het verlaagde poorttarief. Als de verlaging in poorttarieven meer oplevert dan het implementeren en onderhouden van stalsystemen kost, dan zou dat een kans zijn voor centrale mestverwerking in de praktijk. Deze rapportage maakt gebruik van de onderzoeksresultaten uit WP2.

1.2 Doel van deze rapportage

Het doel van dit onderzoek is om overzicht te krijgen in de verschillende (innovatieve) stalsystemen die geschikt zijn om goede kwaliteit grondstoffen te leveren die aansluiten bij de eerder uitgewerkte mestverwerkingsroutes voor de productie van hoogwaardige meststoffen. Daarnaast verlagen deze systemen de stikstof- en methaanemissie op de boerderij, onder andere door gerichte mestscheiding op stalniveau of bewerking van dagverse mest. Dit onderzoek is een verkenning naar de investeringsruimte die ontstaat uit verlaagde poorttarieven en eventuele vermarkting van methaanemissiereductie op de vrijwillige koolstofmarkt, als de transitie van de huidige mestverwerkingsmarkt naar een volledige verwerking op een centrale locatie voor varkens- en kalvermest, zoals beschreven in Gollenbeek et al. (2021a,b) mogelijk is. Voor de melkveehouderij is uitgegaan van mestverwaarding op het bedrijf zelf. Innovatieve systemen worden wel beschreven, echter de economische haalbaarheid is reeds in Gollenbeek et al. (2022) onderzocht en gerapporteerd.

De volgende vragen zijn in deze rapportage uitgewerkt:

- Welke (innovatieve) stalsystemen binnen de melkvee-, varkens- en kalverhouderij zijn er?
- Welke van deze (innovatieve) stalsystemen sluiten aan bij de meest perspectievolle mestafzettingen uit Gollenbeek et al. (2021a,b;2022)?
- Wat zijn de voor- en nadelen van deze stalsystemen?
- Hoeveel investeringsruimte kan gecreëerd worden door de verlaagde poorttarieven uit Gollenbeek et al. (2021a,b) en is deze investeringsruimte voldoende om de stalsystemen te kunnen realiseren?

2 Keuze van innovatieve stalsystemen

2.1 Inventarisatie en selectie van stalsystemen

In de eerste helft van 2019 is geïnventariseerd welke innovatieve stalsystemen op de markt en in ontwikkeling waren. Al deze systemen zijn kort beschreven en ontwikkelpunten en voor- en nadelen zijn benoemd. Vervolgens is op basis van die informatie een beoordeling van deze systemen uitgevoerd. Er is door een team van zes experts (op het gebied van stalsystemen, mest, emissies en kosten), onafhankelijk van elkaar, gescoord in welke mate een systeem aan verschillende criteria voldoet. Uit de beoordeling van de stalsystemen (zie daarvoor bijlage 1 en 2) is gebleken dat systemen waarbij urine en feces primair worden gescheiden als kansrijk worden gezien. Bij systemen die direct onder de staart scheiden, wordt de beste scheiding verwacht, echter is het knelpunt dat dit tot verlaagd dierenwelzijn zou kunnen leiden. Verder wordt verwacht dat bij systemen waarbij stro in de stal wordt gebruikt, de mestproducten tot meer bodemverbetering leiden. Ook kan stro in de stal over het algemeen leiden tot een beter dierenwelzijn. Als laatste wordt verwacht dat vloersystemen waarbij feces en urine worden gescheiden een positief effect op zowel klimaat (emissies) als dierenwelzijn hebben. Vaak worden de inpasbaarheid en de investeringen van deze systemen als een knelpunt gezien voor adaptatie.

Op basis van de beoordeling van de stalsystemen en de inpasbaarheid in de berekende scenario's uit Gollenbeek et al. (2021a,b;2022) is een selectie van de beoordeelde systemen beschreven in dit rapport. In Bijlage 3 staan alle beoordeelde systemen benoemd, inclusief de reden waarom een stalsysteem is geselecteerd of is afgefallen voor verdere uitwerking in dit rapport. Veel stalsystemen zijn afgefallen omdat het systeem nog niet in de praktijk toepasbaar is (te laag Technical Readiness Level), omdat het enkel een deeloplossing betreft, omdat het niet over een stalsysteem (maar bijvoorbeeld over mestopslag of voedingsmaatregelen gaat) of het sluit niet aan bij de kansrijke richtingen vanuit het onderzoeksprogramma. Verder zijn Gollenbeek et al. (2021a,b) uitgegaan van (verse) drijfmest of gescheiden urine en feces fracties en in deze berekeningen is geen rekening gehouden met eventuele menging met stro of ander organisch materiaal. Daarom is besloten dat de stalsystemen waarbij organisch materiaal in de stal wordt gebruikt, bijvoorbeeld stro of houtsnippers, niet in deze rapportage worden meegenomen. Inmiddels zijn na de beoordeling in 2019 drie stalsystemen voor vleesklaveren en één stalsysteem voor melkvee toegevoegd, namelijk mestschuiven onder de roosters en spoelen van mestkanalen met verse mest of ammoniakarme vloeistof bij kalveren en een dichte vloer met snelle afvoer van drijfmest voor melkvee. Deze systemen zijn in de verdere rapportage ook meegenomen en zijn aan de lijst in Bijlage 3 en 4 toegevoegd.

2.2 Groepen kansrijke stalsystemen

Uit Gollenbeek et al. (2021a,b) blijkt dat dagontmesting en het scheiden van urine en feces fracties naast een lagere ammoniak- en broeikasgasemissie, meestal ook leidt tot een lager poorttarief vergeleken met de verwerking van reguliere drijfmest (Tabel 1). De reden is dat bij dagverse mest meer biogas gewonnen kan worden op de centrale mestvervaardingslocatie. Het poorttarief bij aanvoer van dagverse mest of gescheiden urine en feces fracties van varkens is €3 per ton mest lager vergeleken met het poorttarief voor reguliere drijfmest. Voor aanvoer van dagverse mest van blankvleeskalveren is dit €2 lager, echter het poorttarief van aanvoer van gescheiden mestfracties is €2 hoger. Het poorttarief bij aanvoer van dagverse mest of gescheiden mestfracties van roséklaveren is respectievelijk €3 of €1. Dit poorttarief is een gemodelleerd getal en dat betekent dat theoretisch gezien het afvoeren van dagverse mest of gescheiden gier en feces fracties naar een centrale verwerker kan leiden tot minder afvoerkosten voor de veehouder dan wanneer oude drijfmest moet worden afgevoerd.

Tabel 1 Poorttarieven (€/ton mest) bij centrale verwerking van kalver- of varkensmest op basis van een verwerkingscapaciteit van 250 kton, aanvullende activiteit (Gollenbeek et al, 2021a,b).

	Scenario in Gollenbeek et al. (2021a,b)	Poorttarief (euro/ton mest)
Varkens		
Regulier + verwerken (referentie)	Scenario 3 (basis)	18
Dagontmesting + verwerking	Scenario 4 (basis)	15
Scheiding gier en feces + verwerking	Scenario 7	15
Kalveren (blank)		
Regulier + verwerken, variant WKK SDE (referentie)	Scenario 2.1	16
Dagontmesting + verwerking, variant WKK SDE	Scenario 3.1	14
Scheiding gier en feces + verwerking	Scenario 4	18
Kalveren (rosé)		
Regulier + verwerken, variant WKK SDE (referentie)	Scenario 6.1	15
Dagontmesting + verwerking, variant WKK SDE	Scenario 7.1	12
Scheiding gier en feces + verwerking	Scenario 8	14

Om de mestproducten beschikbaar te stellen die leiden tot de verlaagde poorttarieven (Tabel 1), zijn (innovatieve) stalsystemen nodig met dagontmesting of waarbij feces en gier primair worden gescheiden. Sommige van de geselecteerde stalsystemen (paragraaf 2.1) berusten op hetzelfde werkingsprincipe. Voor de verdere vergelijking in dit rapport zijn deze stalsystemen samengevoegd. In Tabel 2 zijn de (groepen) stalsystemen weergegeven per diercategorie die aansluiten bij de mestverwerkingsroutes zoals beschreven in Gollenbeek et al. (2021a,b) en Gollenbeek et al. (2022), aangevuld met het koetoilet.

Tabel 2 Gegroepeerde stalsystemen per diersoort die aansluiten bij de mestverwerkingsroutes, zoals beschreven in Gollenbeek et al. (2021a,b) en Gollenbeek et al. (2022).

Diersoort	Stalsysteem	Type
Varkens	Mestband onder de roosters	Scheiding gier en feces ¹
	Mestschuif onder de roosters	Scheiding gier en feces ¹
	Dagelijks spoelen met verse mest	Dagontmesting
	Dagelijks spoelen met ammoniakarme vloeistof	Dagontmesting
Kalveren	Mestband onder de roosters	Scheiding gier en feces ¹
	Mestschuif onder de roosters	Scheiding gier en feces ¹
Melkvee	Urine doorlatende vloeren met mestschuif of -robot	Scheiding gier en feces ²
	Dichte vloer	
	- Met sleuven, goten en gaten voor en mestschuif of -robot	Scheiding gier en feces ²
	- Mestschuif of -robot	Dagontmesting
	Koetoilet	Scheiding urine en feces ²

¹ Doordat de gescheiden fracties regelmatig uit de stal worden verwijderd is ook dagontmesting van toepassing. Echter betreft het geen dagontmesting van drijfmest, waardoor deze systemen het beste aansluiten bij de mestverwerkingsroute met gescheiden mestfracties.

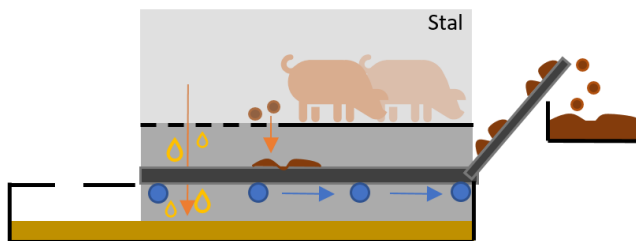
² Idem als ¹, echter vaak alleen van toepassing op feces, aangezien gier/urine in de kelder worden opgeslagen.

De innovatieve systemen voor varkens- en kalverhouderij worden uitgewerkt in hoofdstuk 3. Deze zijn samengenomen, omdat het veelal dezelfde technieken betreft en omdat het hier gaat om afvoer van mest naar een centrale mestverwerking. De innovatieve systemen voor de melkveehouderij zijn uitgewerkt in hoofdstuk 4. Daarbij is uitgegaan van mestbewerking en -aanwending op het bedrijf zelf.

3 Beschrijving innovatieve stalsystemen varkens en kalveren

In dit hoofdstuk is de werking van de geselecteerde stalsystemen voor varkens en kalveren beschreven. Daarnaast zijn in het kort de voor- en nadelen van deze innovatieve stalsystemen weergegeven. Aanvullende informatie over de stalsystemen is opgenomen in Bijlage 4.

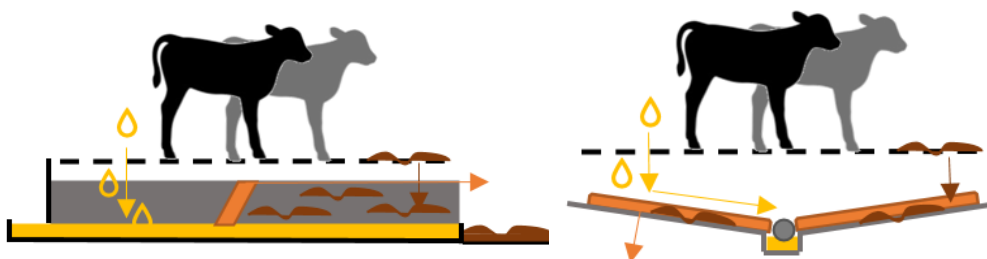
3.1 Mestband onder de roosters



Figuur 2 Schematisch overzicht van een mestband onder de roosters in een varkensstal (in kalverstallen geldt hetzelfde principe).

Het stalsysteem met een mestband onder de roosters berust op het principe van scheiden van gier en feces om ammoniak emissies te verminderen (Figuur 2). Gier en feces vallen door de roosters heen op een mestband. De mestband is geperforeerd, waardoor gier door de band heen zakt, of onder een helling geplaatst, waardoor de gier continu weg kan lopen. De feces blijven op de band liggen en als de band wordt afgedraaid komen de feces in een aparte opslag buiten de stal terecht. Aan het eind van de band is een schrapper bevestigd, waardoor de mestband volledig schoon wordt geschraapt en feces kan worden opgevangen. Naast scheiding van gier en feces, wordt met dit systeem ook dagontmesting van feces toegepast, omdat de mestband minimaal dagelijks wordt afgedraaid. Om de mestband ruimte te geven en onderhoud mogelijk te maken, dient er voldoende ruimte te zijn tussen de roosters en de mestband. Dit kan worden gerealiseerd door de mestband in een bestaande mestkelder te plaatsen of bij nieuwbouw de stal verhoogd te bouwen. Een bestaande stal verbouwen is daarom niet eenvoudig, waardoor dit systeem beter toepasbaar is bij nieuwbouw.

3.2 Mestschuif onder de roosters

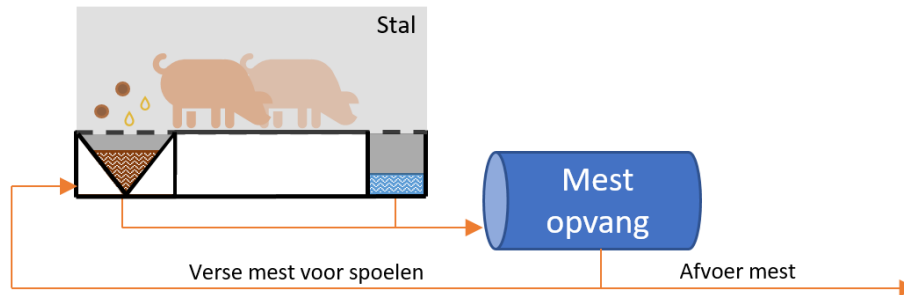


Figuur 3 Schematisch voor- en zijaanzicht van een mestschuif onder de roosters in een kalverstal (in varkensstallen geldt hetzelfde principe).

Het stalsysteem met een mestschuif onder de roosters berust op het principe van scheiding van gier en feces om ammoniak emissies te verminderen (Figuur 3). Gier en feces vallen door de roosters in een mestkanaal. Dit kanaal heeft een hellende vloer, waardoor de gier naar een centrale goot wegstroomt. De feces blijft in het mestkanaal liggen en wordt door middel van een mestschuif naar een opslag buiten de stal geschoven. Naast scheiding van gier en feces wordt door dit systeem ook dagontmesting toegepast.

De feces worden meerdere keren per dag uit de stal geschoven en wanneer de urine buiten de stal wordt opgeslagen, wordt dit continue uit de stal verwijderd.

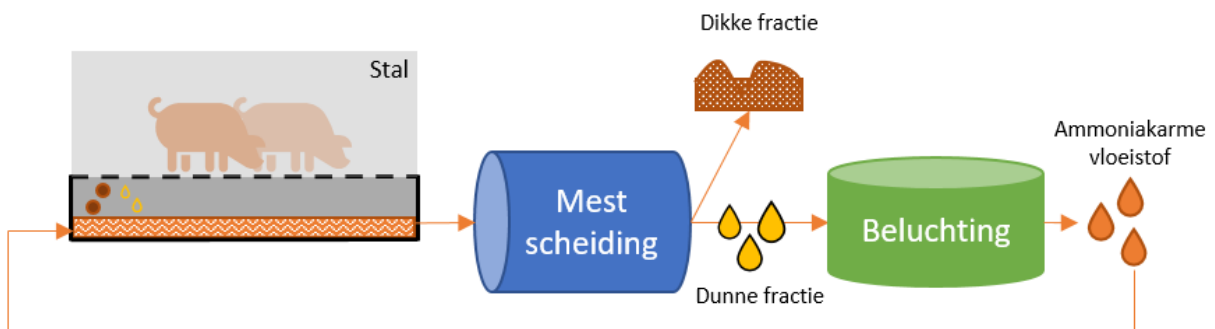
3.3 Dagelijks spoelen met verse mest



Figuur 4 Schematisch overzicht van het systeem waarbij dagelijks wordt gespoeld met verse mest in een varkensstal. In het linker kanaal (bruin) wordt de mest opgevangen en in het rechter kanaal staat water (blauw) om voerresten in op te vangen.

Het systeem waarbij dagelijks gespoeld wordt met verse mest berust op het principe van dagontmesting (Figuur 4). Het systeem bestaat uit een mestkanaal onder de roosters aan de achterkant van het hok, omdat varkens daar vaak mesten. Het mestkanaal is V-vormig om emitterend oppervlak te verkleinen. Bij het voerstation aan de voorkant van het hok zit een waterkanaal met een laagje water onder de roosters om voerresten in op te vangen. Het middelste gedeelte van het hok heeft een dichte vloer. Dagelijks wordt het mestkanaal gespoeld met mest uit een andere afdeling, waarna het mestkanaal wordt schoon gesproeid met schoon water via een sproei-installatie. De weggespoelde (en meestal iets verdunde) drijfmest wordt buiten de stal opgeslagen. Een deel van deze mest wordt de volgende dag hergebruikt om te spoelen en de overige mest wordt afgevoerd.

3.4 Dagelijks spoelen met ammoniakarme vloeistof



Figuur 5 Schematisch overzicht van het systeem waarbij dagelijks wordt gespoeld met ammoniakarme vloeistof in een varkensstal (in kalverstallen geldt hetzelfde principe).

Het systeem waarbij dagelijks gespoeld wordt met ammoniakarme vloeistof berust op het principe van dagontmesting en verdunning van de mest om de ammoniak emissies te reduceren (Figuur 5). In het mestkanaal onder de roosters staat een laag ammoniakarme vloeistof van ca. 5 – 10 cm. De feces en urine vallen door de roosters en worden opgevangen in de vloeistof. Dagelijks wordt het mestkanaal geleegd en wordt een nieuw laagje ammoniakarme vloeistof in het mestkanaal gezet. De verdunde mest wordt vervolgens mechanisch gescheiden in een dikke en dunne fractie. De dunne fractie wordt genitrificeerd en gedenitrificeerd. Hierdoor wordt stikstof verwijderd als onschadelijk stikstofgas (N_2) en ontstaat een ammoniakarme vloeistof, die gedeeltelijk wordt teruggezet in het mestkanaal. Hierdoor hoeft geen water aan het systeem te worden toegevoegd. De dikke fractie wordt samen met de overige ammoniakarme vloeistof afgevoerd naar de mestverwerker. Het systeem waarbij wordt gespoeld met ammoniakarme vloeistof kan eventueel ook in een kalverstal worden toegepast (Puentes-Rodríguez et al. 2021).

3.5 Voor- en nadelen

Het belangrijkste voordeel, en de drijfveer voor de ontwikkeling van de meeste stalsystemen waarbij gier en feces in de stal worden gescheiden, is over het algemeen de verminderde ammoniakemissies. Wanneer mest(fracties) dagelijks uit de stal worden verwijderd, leidt dit naast ammoniakemissiereductie ook tot verminderde methaanemissies. Wel moet bij stalsystemen met het spoelen met ammoniakarme vloeistof rekening gehouden worden met enig extra emissie van N₂O tijdens het beluchtingsproces om de vloeistof te maken. De ammoniak- en methaanreducties voor de verschillende stalsystemen zijn weergegeven in Tabel 3. Daarnaast zorgen de stalsystemen voor een verbeterde luchtkwaliteit en minder geur in de stal.

Nadelen van deze innovatieve systemen zijn dat ze vaak extra energie nodig hebben om banden, schuiven, pompen en kleppen aan te sturen. Voornamelijk het proces om ammoniakarme vloeistof te maken vraagt veel energie. Mestbanden en mestschuiven verbruiken minder energie dan luchtwassers, waardoor het energieverbruik mogelijk kan worden verminderd door deze systemen te gebruiken in vergelijking met reguliere stalsystemen. Ook is voor alle systemen extra arbeid nodig voor monitoring van de systemen en onderhoud van de banden, schuiven, pompen en kleppen. Anderzijds vraagt een luchtwasser ook energie, chemie en arbeid, terwijl dit geen verbetering van het stalklimaat tot gevolg heeft. Daarnaast is het van belang om de verse mest of mestfracties na het verwijderen uit de stal verder te verwerken om te voorkomen dat de emissies die in de stal zijn voorkomen alsnog buiten de stal plaatsvinden.

Tabel 3 Ammoniak- en methaanemissiereducties voor de verschillende stalsystemen voor varkens en kalveren. Het betreft reductie in methaanemissie uit de mest, dus exclusief enterische methaan. Als er meerdere bronnen beschikbaar waren is het reductiecijfer afgerond.

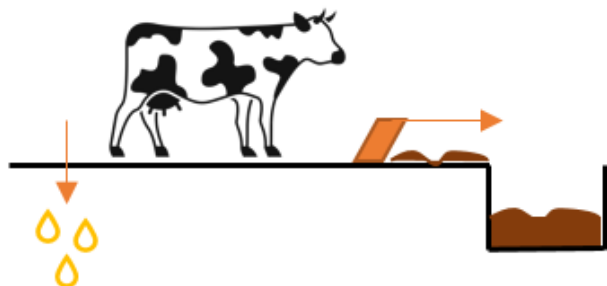
Stalsysteem	Diercategorie	Ammoniak	Methaan
Mestband onder de roosters	Varkens	60 – 70% ^{1,2,3}	90% ^{2,3}
	Kalveren	40 – 70% ^{4,5}	90% ^{2,3}
Mestschuif onder de roosters	Varkens	40 – 50% ^{3,6,7}	85 – 90% ^{3,9}
	Kalveren	50% ⁸	85 – 90% ¹⁰
Spoelen met verse mest	Varkens	50 – 70% ¹¹	85 – 95% ¹¹
	Kalveren	Niet bekend	Niet bekend
Spoelen met ammoniakarme vloeistof	Varkens	80 – 85% ^{3,12}	90% ³
	Kalveren	Niet bekend	Niet bekend

¹Hutten (2022), ²Aarnink et al. (2007), ³Aarnink et al. (2019), ⁴Staes (2022), ⁵Puente-Rodríguez et al. (2021), ⁶Voermans (1990), ⁷Landrain et al. (2009), ⁸Infomil (2022) voor rosé kalveren, gebaseerd op een emissiefactor uit 2013, ⁹NCM (2019), ¹⁰Puente-Rodríguez et al. (2021), echter wel in combinatie met urease-remmers in sproeisysteem op mestschuif of een rubberen keldervloer (in plaats van beton), ¹¹Booijen et al. (2023), ¹²Kamplan (2022)

4 Beschrijving innovatieve stalsystemen melkvee

In dit hoofdstuk is de werking van de geselecteerde stalsystemen voor melkvee beschreven. Daarnaast zijn in het kort de voor- en nadelen van deze innovatieve stalsystemen weergegeven. Aanvullende informatie over de stalsystemen is opgenomen in Bijlage 5.

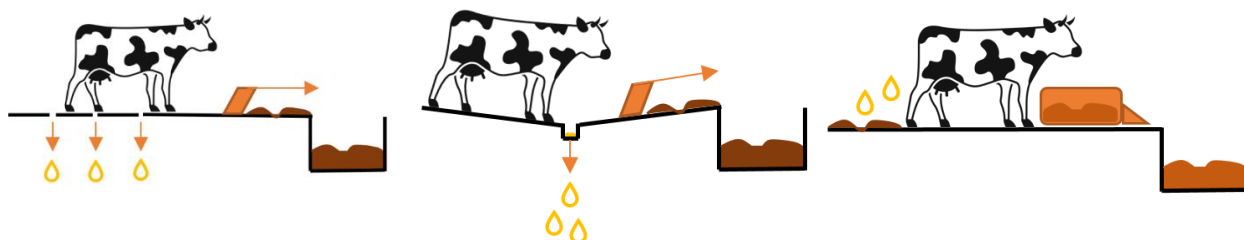
4.1 Urine-doorlatende vloeren



Figuur 6 Schematisch overzicht van urine-doorlatende vloer in een melkveestal.

Deze vloeren zijn zo ontworpen dat de feces op de vloer blijft liggen, terwijl gier door de vloer wordt gelaten (Figuur 6). De doorgelaten gier kan opgeslagen worden in de onderliggende kelder of in een externe opslag. De feces wordt verzameld door middel van een meestschuif of -robot.

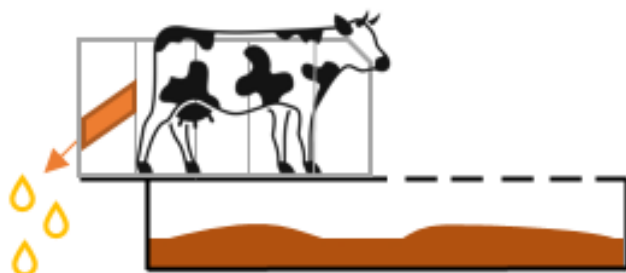
4.2 Dichte vloer



Figuur 7 Schematisch overzicht van dichte vloer met giergaten (links) en een hellende vloer met een giergoot (midden) of afvoer van drijfmest (rechts).

Systemen met dichte vloeren zijn uitgevoerd in beton of rubber en komen in verschillende varianten voor (Figuur 7). Bij vlakke vloeren met giergaten zakt de gier direct door de vloer naar de kelder. Bij hellende vloeren, met of zonder sleuven, stroomt de gier naar een giergoot. Deze giergoot kan de gier afvoeren naar een opslag buiten de stal of bevat op enkele plaatsen giergaten, waardoor urine naar de kelder wordt afgevoerd. De feces blijven op de vloer liggen en worden met behulp van een meestschuif verzameld en opgeslagen. Bij toepassing van sleuven in de vloer, is de meestschuif voorzien van zogenaamde vingers om de sleuven schoon te houden. Dichte vloeren kunnen ook worden gebruikt voor snelle afvoer van drijfmest door middel van een mestrobot (Figuur 7, rechts). Dit principe berust op dagontmesting. Hierbij rijdt de mestrobot continue door de stal om feces en urine samen op te nemen en af te storten buiten de stal.

4.3 Koetoilet



Figuur 8 Schematisch overzicht van het koetoilet.

Het is een automatisch urineersysteem, waarbij urine wordt opgevangen voordat het de vloer raakt (Figuur 8). Hierbij wordt gebruik gemaakt van een natuurlijke zenuwreflex, die een plasneiging bij de koe veroorzaakt. Wanneer de koe in het koetoilet urineert, wordt de urine opgevangen in een reservoir en afgezogen naar een opslag. Wanneer een koe buiten het koetoilet urineert komt dit wel op de vloer en in de kelder terecht. Het koetoilet wordt in een krachtvoerbox geplaatst, zodat een beloning kan worden verstrekt wanneer de koe in het toilet urineert. Dit stalsysteem berust op gedeeltelijke scheiding van feces en urine, omdat de urine apart wordt opgevangen. Mogelijk kan de drijfmest (met minder urine) dagelijks worden afgevoerd.

4.4 Voor- en nadelen

Het hoofddoel van stalsystemen waarbij gier en feces in de stal worden gescheiden is het verminderen van ammoniakemissies. Het effect van de maatregelen op de methaanemissie is niet voor alle technieken bekend. De ammoniak- en methaanreducties voor de verschillende stalsystemen, waar bekend, zijn weergegeven in Tabel 4. Vergeleken met een reguliere roostervloer is de beloopbaarheid van de urine-doorlatende vloer verbeterd. Voor de dichte vloeren is deze vergelijkbaar met een reguliere roostervloer. Zowel de urine-doorlatende vloer als rubberen dichte vloeren kunnen op de bestaande roostervloer worden geplaatst.

Een nadeel van de urine-doorlatende vloer is dat als de gierfractie in de kelder wordt opgeslagen, aanzuring van de gierfractie nodig is om de genoemde ammoniak emissiereductie te behalen. Voor alle systemen is geen extra arbeid nodig, maar wordt er wel enige extra energie gebruikt voor aansturen van de mestschuiven of -robots. Daarnaast zijn dierenwelzijnsaspecten (bijvoorbeeld de stimulatie om te urineren) van het koetoilet nog niet onderzocht.

Tabel 4 Ammoniak- en methaanemissiereducties voor de verschillende stalsystemen voor melkvee. Het betreft reductie in methaanemissie uit de mest, dus exclusief entherische methaan. Als er meerdere bronnen beschikbaar waren is het reductiecijfer afgerond.

Stalsysteem	Diercategorie	Ammoniak	Methaan
Urine-doorlatende vloeren	Melkvee	50% ^{1,2}	Geen ²
Dichte vloer			
- Sleuven, giergoten en/of giergaten	Melkvee	25 – 55% ^{3,4,5}	Onbekend
- Mestschuif of -robot	Melkvee	Onbekend	Onbekend
Koetoilet	Melkvee	30 – 40% ⁶	Geen ⁶

¹Inclusief aanzuren van de gierfractie, ²Dairy Campus (2021), ³InfoMil (2022), ⁴Huis in 't Veld et al. (2000), ⁵Swierstra et al. (2001), ⁶WUR (2021)

5 Investeringsen, kosten en opbrengsten kansrijke stalsystemen

In dit hoofdstuk is de economische potentie van het verwaarden van verse mest beschreven. Voor de geselecteerde innovatieve stalsystemen is berekend hoeveel investeringsruimte wordt gecreëerd door mogelijk verlaagde poorttarieven bij centrale verwerking van verse mest of gescheiden mestfracties vergeleken met de huidige poorttarieven en de mogelijkheid om voorkomen emissies op de vrijwillige carbon market te kunnen verhandelen. Deze berekeningen zijn gedaan voor de varkens- en kalversystemen, omdat in Gollenbeek (2021a,b) voor deze diersoorten is uitgegaan van centrale mestverwerking. Voor de melkveehouderij is uitgegaan van mestverwaarding op het bedrijf zelf en deze economische haalbaarheid is in Gollenbeek et al. (2022) reeds onderzocht en gerapporteerd. Daarom zal dit rapport enkel ingaan op de kalver- en varkenssystemen.

5.1 Uitgangspunten en methode

De volgende berekeningen zijn gebaseerd op de verwachte opbrengsten en jaarlijkse kosten van de in Hoofdstuk 3 beschreven stalsystemen. Door de innovatieve aard van deze stalsystemen, zijn op dit moment de investeringen per systeem lastig exact vast te stellen. Daarnaast bemoeilijken trends in grondstof- en energieprijzen het om hier een goede inschatting van te maken. Daarom wordt in dit rapport niet uitgegaan van de verwachte investeringen per stalsysteem, maar van de verwachte opbrengsten en jaarlijkse kosten tijdens het gebruik van de innovatieve systemen. Aan de hand van de verwachte opbrengsten en jaarlijkse kosten is de gecreëerde investeringsruimte voor een bedrijf met een gemiddeld aantal dieren berekend.

De jaarlijkse besparingen op het poorttarief en de jaarlijkse inkomsten uit CO₂-equivalenten verschillen per bedrijfsgrootte, diercategorie en stalsysteem. De bedrijfsgrootte heeft namelijk invloed op de hoeveelheid geproduceerde mest en daarmee op de totale besparing van het poorttarief en de hoeveelheid van CO₂-equivalenten. De diercategorie heeft invloed op de methaanemissies uit de mest, aangezien deze varieert tussen mest van verschillende dieren. Hierdoor heeft de diercategorie invloed op de jaarlijkse besparing op het poorttarief, aangezien dit poorttarief grotendeels afhankelijk is van de mogelijke biogasproductie bij verdere verwerking. Verder heeft het stalsysteem invloed op de potentiële methaanreductie en daardoor op de beschikbare CO₂-equivalenten die verhandeld zouden kunnen worden op de vrijwillige carbon market.

Om een inschatting van de gecreëerde investeringsruimte te kunnen maken, zijn gesprekken gevoerd met leveranciers van de innovatieve stalsystemen, veehouders die zo'n systeem toepassen en onderzoekers die momenteel bezig zijn met onderzoek naar de functionaliteit en emissiereductie van de systemen. Tijdens deze gesprekken is gevraagd naar de werking van de systemen, het energie- en/of watergebruik, benodigd onderhoud en welke andere voor- en nadelen het systeem heeft in vergelijking tot een regulier systeem.

5.1.1 Inkomsten en kostenbesparingen

Voor de verschillende stalsystemen is uitgegaan van twee mogelijke inkomensstromen: 1) besparingen op het poorttarief en 2) inkomsten uit de verkoop van CO₂-equivalenten op de vrijwillige carbon market.

Poorttarieven

Gollenbeek et al. (2021a,b) laat zien dat centrale verwerking van verse varkens- en kalvermest of verwerking van gescheiden feces- en gierfracties kan leiden tot verlaagde poorttarieven. Bij de bepaling van de gecreëerde investeringsruimte is uitgegaan van het verschil in poorttarief van het basis scenario in Gollenbeek et al. (2021a,b) met een regulier stalsysteem ten opzichte van stalsystemen met scheiding van feces en gier of dagontmesting. In Tabel 5 zijn de verschillen in poorttarief voor de in Hoofdstuk 3 beschreven innovatieve stalsystemen weergegeven.

De poorttarieven van zeugen zijn afgeleid uit scenario 8 (mengsel zeugenmest en vleesvarkensmest, regulier stalsysteem) en scenario 9 (mengsel zeugenmest en vleesvarkensmest, verse mest) uit Gollenbeek (2021a), waar de poorttarieven zijn gebaseerd op een mestmengsel met 45% zeugenmest. Hierbij moet wel vermeld worden dat deze zeugenmest bij de centrale verwerker weer gemengd moet worden met vleesvarkensmest, omdat het verwerken van alleen zeugenmest niet rendabel is. Dit verschil in poorttarief zal in de praktijk dus alleen mogelijk zijn als de verwerking van zeugenmest wordt gekoppeld aan de verwerking van vleesvarkensmest.

Tabel 5 Verlaging in poorttarieven in euro per ton mest (Gollenbeek et al., 2021a,b) van verschillende innovatieve stalsystemen voor de varkens- en kalverhouderij.

Stalsysteem	Type	Vleesvarkens	Zeugen	Kalveren (blank)	Kalveren (rosé)
Mestband onder de roosters	Scheiding gier en feces	3	1	-2	1
Mestschuif onder de roosters	Scheiding gier en feces	3	1	-2	1
Spoelen met mest	Dagontmesting	3	1	2	3
Spoelen met ammoniakarme vloeistof	Dagontmesting	3	1	2	3

Wanneer de verlaging in poorttarief volledig wordt doorberekend aan de individuele veehouder, kan dit een deel van de benodigde investeringen voor het nieuwe stalsysteem voor mestscheiding of dagontmesting compenseren. De besparing door middel van een verlaging in het poorttarief voor een gemiddelde bedrijfsgrootte is berekend op basis van het verschil in poorttarief en de mestproductie op het bedrijf bij een gemiddeld aantal aanwezige dieren (KWIN-V, 2022). Daarnaast zijn ook twee scenario's voor bedrijven met minder dierplaatsen doorgerekend (zie Bijlage 7), gebaseerd op het gemiddelde aantal dieren gerapporteerd door Agrimatie en de helft van dit aantal (Tabel 6).

Tabel 6 Uitgangspunt dieraantallen voor drie berekende bedrijfsgroottes per diercategorie.

	KWIN-V ¹	Agrimatie ²	Agrimatie-helft ³
Vleesvarkens	5040	2500	1250
Zeugen	900	800	400
Blankvleeskalveren	1200	900	450
Rosévleeskalveren	600	500	250

¹KWIN-V (2022), ²Agrimatie (2021a,b), ³de helft van 'Agrimatie'

CO₂-equivalenten

De innovatieve stalsystemen worden vooral ontwikkeld vanuit het milieuoogpunt om de totale emissie van stikstof en broeikasgassen te verminderen. Als deze emissiereductie in de toekomst leidt tot CO₂-equivalenten die verhandeld kunnen worden op de vrijwillige carbon markt, zou dit een extra inkomstenbron kunnen zijn. Wanneer verkoop van CO₂-equivalenten mogelijk is, kan de investering in de stalsystemen sneller terugverdiend worden. Op de vrijwillige carbon markt worden reducties en verwijdering van CO₂-equivalenten verhandeld aan partijen die vrijwillig hun broeikasgassenuitstoot willen compenseren. Deze vrijwillige carbon markt bestaat naast het Europese Emission Trading System (EU ETS) en staat hier los van.

De prijzen voor 1 ton CO₂-equivalent (tCO₂-eq) op de vrijwillige carbon markt fluctueren sterk. De prijzen van deze carbon credits variëren afhankelijk van het projecttype, de leeftijd van het project, de grootte van de transactie, de carbon credit standaard (e.g. Verra, Gold Standard, e.d.) en of het project bijdraagt aan andere (duurzaamheids-)doelen. Zo worden projecten die bijdragen aan biodiversiteit of die de inheemse bevolking ondersteunen over het algemeen hoger gewaardeerd. De prijzen variëren van minder dan 1\$/tCO₂-eq voor laag gewaardeerde projecten tot 20\$/tCO₂-eq voor projecten die bijdragen aan meerdere duurzaamheidsdoelen. Onderzoek door Trove Research en University College Londen schatte de gemiddelde prijs voor 1 ton CO₂-equivalent in 2019 tussen de \$2,60-\$3,00. Voor projecten gerelateerd aan methaan lag de gemiddelde prijs voor 1 ton CO₂-equivalent op \$1,90. In 2020 werd de gemiddelde prijs op \$4-\$5/tCO₂-eq geschat. Voor de komende jaren wordt er een toename verwacht in de vraag naar en prijs van vrijwillige carbon credits (Turner et al., 2021). Op 31 augustus 2021 was de waarde van de gehele vrijwillige carbon markt al 58% hoger dan de waarde over heel 2020 (Ecosystem Marketplace, 2021).

Aangezien de methaanemissiereductie door deze stalsystemen moeilijker is te vermarkten om duurzaamheidsdoelstellingen te vervullen, is het niet te verwachten dat deze projecten de hoogste prijs kunnen vragen op de vrijwillige carbon markt. Daarom is in dit onderzoek uitgegaan van \$4 per ton CO₂-eq (€3,50, o.b.v. gemiddelde koers US dollar 2020 (Strada Lex, 2021)). Deze prijs is gebaseerd op de gemiddelde prijs van 1 ton CO₂ equivalent in 2020 (Turner et al., 2021). Ondanks dat de gemiddelde prijs voor methaan projecten in 2019 op \$1,90 lag, is gekozen voor een prijs in de gemiddelde range van 2020 voor 1 ton CO₂-equivalent. Dit omdat de verwachting is dat in de komende jaren de prijzen en vraag naar vrijwillige carbon credits sterk toeneemt.

De berekeningen voor de methaanemissiereducties en bijbehorende bespaarde CO₂-equivalenten zijn gebaseerd op het reductiepercentage van het stalstelsysteem zoals beschreven in Bijlage 3. De totaal voorkomen methaanemissie is berekend aan de hand van de gemiddelde organische stof excretie in de mest van de verschillende diercategorieën en het Biochemisch Methaan Potentiaal (BMP) beschreven in Bruggen et al. (2019). Voor het omzetten van de vermeden methaanemissie in CO₂-equivalenten is een Global Warming Potential (GWP) van 27 gebruikt (IPCC, 2021). In deze berekeningen is alleen de emissiereductie uit de stal meegenomen en niet de mogelijke reductie bij productie en aanwending van de mestproducten. Daarnaast zijn reducties in andere broeikasgassen of N niet meegenomen.

5.1.2 Jaarlijkse kosten

Per stalstelsysteem en diercategorie zijn de energiekosten, onderhoudskosten, rentekosten en afschrijvingskosten ingeschat. Reguliere varkens- en kalverstalsystemen slaan de mest op in een mestput onder de stal- of roostervloer. Bij de innovatieve stalstelsystemen wordt uitgegaan van dagontmesting uit de stal of het gescheiden opvangen van feces en urine, waardoor een extra mestsilo nodig is. Voor de benodigde investeringen van de mestsilo is aangenomen dat het volume van de mestsilo gelijk moet zijn aan anderhalf keer het mestproductievolume van de diercategorie per 2 weken. De prijs per 1 m³ betonnen mestsilo is aangenomen op €65 (KWIN-V, 2022), met een afschrijvingsduur van 12 jaar.

Tabel 7 Samenvatting van gedane aannames in de berekening voor de gecreëerde investeringsruimte.

Algemeen	Diercategorie ¹	Eenheid	Waarde
CO ₂ prijs		\$/ton CO ₂ -eq	4
Energieprijs	Varkens	€/kWh	0,25
	Kalveren	€/kWh	0,27
Onderhoudskosten		% van investering	3
Rentekosten		% van gemiddelde investering	3
Afschrijvingstermijn		jaren	12
Energieverbruik			
Mestband onder de roosters	Varkens	kWh/dierplaats/jaar	0,7
	Kalveren	kWh/dierplaats/jaar	1,5
Mestschuif onder de roosters	Vleesvarkens	kWh/dierplaats/jaar	1,5
	Zeugen	kWh/dierplaats/jaar	5,0
	Rosékalveren	kWh/dierplaats/jaar	3,0
	Blankvleeskalveren	kWh/dierplaats/jaar	5,0
Spoelen met verse mest		kWh/ton mest	7,0
Spoelen met ammoniakarme vloeistof		kWh/ton mest	15
Waterverbruik		m ³ /jaar	0
Methaanreductie			
Mestband onder de roosters		%	90
Mestschuif onder de roosters		%	85
Spoelen met verse mest		%	80
Spoelen met ammoniakarme vloeistof		%	90

¹Wanneer geen diercategorie vermeld staat, geldt de aanname voor alle diercategorieën.

Een samenvatting van de gedane aannames om de gecreëerde investeringsruimte te berekenen is weergegeven in Tabel 7.

Voor het energieverbruik van mestbanden is uitgegaan van 0,5 kWh per mestband per dag. Voor vleesvarkens en zeugen is gerekend met 1 mestband per 250 dierplaatsen (Wopereis, 2014) en voor rosé- en blankvleeskalveren is gerekend met 1 mestband per 125 dierplaatsen, gebaseerd op de aanname dat er bij vleeskalveren twee keer zo veel mestbanden nodig zijn vergeleken met vleesvarkens. Over het energieverbruik van mestschuiven waren geen praktijkcijfers bekend. Op basis van expertinschatting is uitgegaan van 1,5 kWh per vleesvarkensplaats per jaar en 5 kWh per zeugenplaats per jaar (Vermeij, 2022). Op basis van de mestverhoudingen tussen varkens en vleeskalveren is voor blankvleeskalveren uitgegaan van 3 kWh per dierplaats en voor rosévleeskalveren van 5 kWh per dierplaats. Voor de stalsystemen waarbij dagelijks wordt gespoeld met verse mest of met ammoniakarme vloeistof is uitgegaan van een energiegebruik van respectievelijk 7 kWh (Van Houtert, 2022) of 15 kWh (Van Gastel, 2022) per ton ingaande mest. Aangezien stalsystemen die dagelijks spoelen gebruik maken van een gesloten watersysteem, is aangenomen dat deze systemen geen extra water verbruiken vergeleken met een regulier systeem. Over het waterverbruik bij systemen met mestbanden en mestschuiven onder de roosters was geen informatie bekend en dit is daarom buiten beschouwing gelaten. De aangenomen energiekosten voor vleesvarkens en zeugen zijn €0,25 per kWh en voor vleeskalveren €0,27 per kWh (KWIN-V, 2022). De aangenomen onderhoudskosten zijn jaarlijks 3% van de initiële investering, de rentekosten 3% van het gemiddeld geïnvesteerd vermogen en de afschrijvingstermijn van alle stalsystemen is aangenomen op 12 jaar (Gollenbeek et al., 2022).

5.1.3 Gecreëerde investeringsruimte

Op basis van de in Tabel 7 genoemde aannames zijn de jaarlijkse inkomsten en de kosten van elk stalsysteem per diercategorie en bedrijfsgrootte bepaald. Om de gecreëerde investeringsruimte te berekenen zijn de jaarlijkse inkomsten en jaarlijkse kosten, bestaand uit energie kosten en overige kosten, aan elkaar gelijk gesteld (Formule 1). Hieruit volgt dat het verschil tussen de jaarlijkse inkomsten en jaarlijkse energiekosten gelijk zijn aan de maximaal toelaatbare overige kosten (Formule 2). Aangezien de rentekosten, onderhoudskosten en afschrijvingskosten als percentage van de investering zijn gedefinieerd, bepaalt de hoogte van de investering ook de hoogte van deze kosten. Om de gecreëerde investeringsruimte voor een stalsysteem te bepalen (Formule 3), is onderzocht welke investering zorgt dat de jaarlijkse inkomsten en kosten gelijk zijn in de scenario's. In dat geval zouden de jaarlijkse kosten van de investering in een stalsysteem precies gecompenseerd kunnen worden door de besparingen in poorttarief en eventuele inkomsten uit het vermarkten van CO₂-equivalenten en dus break even spelen.

Formule 1: $Jaarlijkse\ inkomsten = jaarlijkse\ energiekosten + jaarlijkse\ overige\ kosten$

Formule 2: $(Maximale\ toelaatbare)\ jaarlijkse\ overige\ kosten = jaarlijkse\ inkomsten - energiekosten$

Formule 3: $Gecreëerde\ investeringsruimte = \frac{maximaal\ toelaatbare\ overige\ kosten}{onderhoudskosten\ (3\%)+0.5 * rentekosten\ (3\%)+afschrijving\ (8,3\%)}$

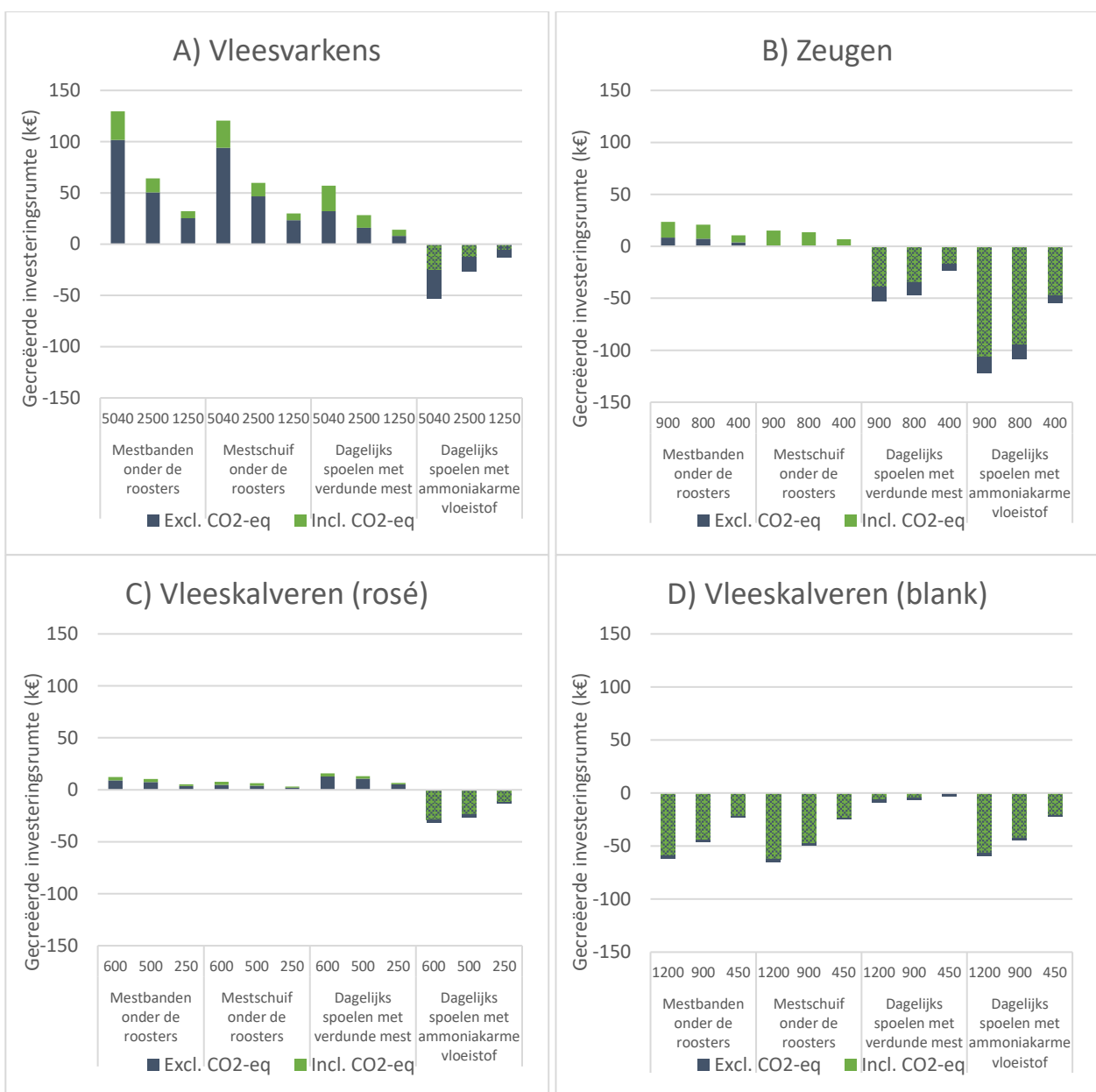
Als wordt verwacht dat de investeringen voor een stalsysteem lager zijn dan de berekende gecreëerde investeringsruimte, dan is het mogelijk om de investering in deze innovatieve stalsystemen volledig terug te verdienen met het verlaagde poorttarief. De gecreëerde investeringsruimte laat dus zien welk gedeelte van de investering in deze stalsystemen gefinancierd zouden kunnen worden uit een verlaging door het poorttarief, zoals berekend in Gollenbeek et al. (2021a en 2021b). Mocht deze gecreëerde investeringsruimte in de praktijk niet hoog genoeg blijken om deze stalsystemen te implementeren, zou dit verschil mogelijk met subsidies gecompenseerd kunnen worden.

Mocht de gecreëerde investeringsruimte negatief zijn, dan zijn de jaarlijkse inkomsten niet voldoende om de jaarlijkse kosten van het systeem te compenseren. Om het stalsysteem dan geen extra kostenpost (oftewel break-even) voor de veehouder te laten worden, zou een veehouder gecompenseerd moeten worden om zo'n stalsysteem te exploiteren. Bij een negatieve gecreëerde investeringsruimte zal het stalsysteem niet deels gefinancierd kunnen worden door de transitie naar een dagverse mestverwerking.

5.2 Gecreëerde investeringsruimte per stalsysteem en diercategorie

Voor de verschillende diercategorieën en bedrijfsgroottes is de gecreëerde investeringsruimte per stalsysteem berekend en weergegeven in Figuur 9. De tussenstappen van de berekeningen en exacte gecreëerde investeringsruimten zijn opgenomen in Bijlage 6 en 7. Als het stalsysteem binnen deze gecreëerde investeringsruimte kan worden gerealiseerd, zal de investering volledig worden terugverdiend door de verlaging in poorttarief en eventuele verkoop van CO₂-equivalenten.

Uit Figuur 9 blijkt dat met name de systemen met mestbanden of -schuiven onder de roosters en het spoelen met verse mest resulteren in gecreëerde investeringsruimte. De gecreëerde investeringsruimte per bedrijf is groter voor grotere bedrijven dan voor kleinere bedrijven. Daarnaast kan de gecreëerde investeringsruimte worden vergroot door het vermarkten van CO₂-equivalenten. Uit de grafiek blijkt dat het verlaagde poorttarief meer bijdraagt aan de investeringsruimte dan de verkoop van de CO₂-equivalenten. Ook blijkt dat bij vleeskalveren meer subsidie noodzakelijk zal zijn om de stalsystemen te introduceren dan bij vleesvarkens of zeugen.



Figuur 9 Gecreëerde investeringsruimte (k€) voor (A) vleesvarkens-, (B) zeugen-, (C) rosévleeskalveren- en (D) blankvleeskalverenbedrijf met verschillend aantal dierplaatsen, in- of exclusief verkoop van CO₂-equivalenten.

5.2.1 Mestbanden onder de roosters

Mestbanden onder de roosters hebben een zeer beperkte investeringsruimte bij zeugen en roséveeskalveren. Voor blankveeskalveren leidt dit zelfs tot een negatieve investeringsruimte. Dit komt omdat afzet van gescheiden gier en feces van blankveeskalveren niet leidt tot een verlaging, maar juist tot een verhoging van het poorttarief (Tabel 5). Aan de hand van de berekende gecreëerde investeringsruimte voor vleesvarkens, zeugen en rosékalveren zal dus een deel van het stalsysteem kunnen worden gefinancierd door een verlaging van het poorttarief. Voor een bedrijf met 5040 vleesvarkens wordt €130.000 investeringsruimte gecreëerd ten opzichte van een regulier stalsysteem. Voor het plaatsen van mestbanden dient voldoende ruimte onder de stallen beschikbaar te zijn. De hoogte van de investeringen kunnen tussen bedrijven en bestaande stalsoorten verschillen afhankelijk van de breedte van de mestband, lengte van de voergang en hoogte van de nok (Staes, 2022). Voor een stalsysteem met 2800 vleesvarkens is eerder ingeschat dat de mestbanden en bijbehorende staalconstructie circa €190.000 kosten (Kempfarm, z.d.). Een andere leverancier schatte de investering voor enkel de mestbanden voor 1035 vleesvarkens op €132.000, exclusief frame en putten voor de mestbanden (Wopereis, 2014). Het is dus onwaarschijnlijk dat voor vleesvarkens de opbrengsten uit de verlaging van het poorttarief en het verkopen van CO₂ equivalenten voldoende zijn om de investering van mestbanden onder de roosters volledig te kunnen bekostigen. Voor zeugenbedrijven geldt hetzelfde, omdat bij een stal met 900 zeugen de gecreëerde investeringsruimte €23.500 is.

De investering voor een stalsysteem voor 600 vleeskalveren werd eerder ingeschat op circa €190.000 voor de mestbanden en bijbehorende staalconstructie (Kempfarm, z.d.). De gecreëerde investeringsruimte voor mestbanden onder de roosters bij roséveeskalveren bij eenzelfde bedrijfsgrootte was circa €12.000. Voor blankveeskalveren werd een negatieve gecreëerde investeringsruimte berekend (-€59.000), omdat er geen inkomsten uit verlaagd poorttarief zijn bij aanvoer van gescheiden gier en feces fracties voor blankveeskalveren. Daardoor is het voor rosé- en blankveeskalveren ook niet mogelijk om de investering volledig te financieren uit de gecreëerde investeringsruimte. Daarbij moet in acht genomen worden dat deze investeringen gebaseerd zijn op prijsopgaves uit 2010 en 2014, dus dat deze prijzen niet meer actueel zijn en waarschijnlijk hoger zullen uitvallen.

5.2.2 Mestschuiven onder de roosters

De gecreëerde investeringsruimte is voor alle diercategorieën ongeveer gelijk aan die van de mestbanden. KWIN-V (2022) heeft op basis van een soortgelijk systeem bij melkvee vastgesteld dat de extra investeringskosten per dierplaats voor mestschuiven onder de roosters voor rosékalveren €260. zijn. De extra investeringen in het mestschuifstelsel van Cooperl voor een bedrijf met 1.000 vleesvarkens vergeleken met reguliere stallen wordt geschat op €150.000 (Pig333, 2021) of €150 per vleesvarkensplaats. De investeringsbedragen voor het mestschuifstelsel "Combi Scraper" worden ingeschat op €50 per dierplaats voor 5000 vleesvarkens en €55 per dierplaats voor 2500 vleesvarkens. Dit kleine verschil komt doordat de maximale schuiflengte meer bepalend is voor de investeringskosten dan het aantal dierplaatsen. Bij bolle vloerhokken vallen deze investeringen ongeveer 60% hoger uit, omdat daar extra mestschuiven nodig zijn (G. Schilstra, 2022). De ingeschatte investeringen bij vleesvarkens voor mestschuiven zijn hoger dan de berekende gecreëerde investeringsruimte van €121.000 per bedrijf (inclusief CO₂-equivalenten) voor een bedrijf met 5.040 dierplaatsen, wat uitkomt op ongeveer €24 per vleesvarkensplaats (Bijlage 7). De overige diercategorieën hebben een zeer beperkte of zelfs negatieve gecreëerde investeringsruimte en daardoor is de verwachting dat de volledige investering in mestschuiven onder de roosters voor deze diercategorieën hoger zal zijn dan de berekende gecreëerde investeringsruimte.

5.2.3 Dagelijks spoelen met verse mest

Dagelijks spoelen met verse mest resulteert voor zeugen en blankveeskalveren in een negatieve gecreëerde investeringsruimte. Het spoelsysteem met verse mest heeft hogere jaarlijkse kosten vergeleken met de beperkte besparing op het poorttarief voor dagontmesting. Hierdoor weegt de verlaging in het poorttarief niet op tegen de hogere jaarlijkse kosten van het systeem. Voor vleesvarkens en roséveeskalveren is de gecreëerde investeringsruimte respectievelijk €57.000 en €16.000. KWIN-V (2022) stelt dat de investeringskosten voor systemen met een mestkanaal met schuine putwand en een waterkanaal voor vleesvarkens €42 - €53 per dierplaats zijn. Voor dagelijks spoelen komen daar pompen en automatisering

bij. De investeringskosten voor dagelijks spoelen met verse mest worden ingeschat op €100-150 per dierplaats, voor bedrijfsgroottes tussen de 2000 en 6000 vleesvarkensplaatsen (Van Houtert, 2022). Voor een systeem met 7.000 vleesvarkensplaatsen werden de investeringskosten op €39 per dierplaats ingeschat (Janssen, 2022) De berekende gecreëerde investeringsruimte voor dit systeem voor vleesvarkens is ongeveer €11 per dierplaats, waardoor circa 30% van de investeringskosten kunnen worden betaald uit inkomsten uit het verlaagde poorttarief en verkoop van CO₂-equivalenten.

5.2.4 Dagelijks spoelen met ammoniakarme vloeistof

Het spoelen met ammoniakarme vloeistof resulteert voor alle diercategorieën in een negatieve investeringsruimte. De verlaging van het poorttarief weegt niet op tegen de jaarlijkse kosten van het systeem. Voor dagelijks spoelen met ammoniakarme vloeistof zijn geen inschattingen voor de investeringskosten bekend. Echter leiden de besparingen op het poorttarief en de inkomsten uit CO₂-equivalenten voor alle diercategorieën tot een negatieve gecreëerde investeringsruimte, waardoor onder de huidige berekende omstandigheden het niet mogelijk is om deze stalsysteem (deels) te financieren met investeringsruimte die vrijkomt aan de hand van de verlagingpoorttarief en de verkochte CO₂ equivalenten.

5.3 Benodigde verandering in poorttarief

In Hoofdstuk 5.2 is de gecreëerde investeringsruimte berekend op basis van de mogelijke verlaging in poorttarieven naar aanleiding van de berekeningen in Gollenbeek (2021a) en Gollenbeek (2021b). Echter bleek dat die verlaging in poorttarief in de meeste gevallen nog niet voldoende om genoeg investeringsruimte te creëren om de extra investeringen en lopende kosten van innovatieve stalsystemen volledig te bekostigen. Daarom is gekeken bij een aantal specifieke casussen waarvan meer praktijkinformatie beschikbaar was (beschreven in Hoofdstuk 5.2), welke verandering in poorttarief nodig is om deze systemen wel volledig te bekostigen (het zo genoemde break-even punt). Deze break-evenpunten zijn terug te vinden in Tabel 8.

Tabel 8: Overzicht van benodigde verandering in poorttarief om de extra investeringen en jaarlijkse kosten volledig te dekken (break-even punt).

Systeem	Diercategorie (dierplaatsen)	Aangenomen extra investering (per dierplaats)	Verandering poorttarief (incl. CO ₂ -eq.)	Verandering poorttarief (excl. CO ₂ -eq.)
Mestbanden onder roosters		Onvoldoende praktijkgegevens		
Mestschuiven onder roosters	Vleesvarkens (5040)	€50	-€6,05	-€6,30
Mestschuiven onder roosters	Vleesvarkens (2500)	€55	-€6,45	-€7,10
Mestschuiven onder roosters	Roséveeskalveren (600)	€260	-€8,05	-€8,20
Dagelijks spoelen met verse mest	Vleesvarkens (5040)	€100 €39	-€13,35 -€6,25	-€13,95 -€6,60
Dagelijks spoelen met ammoniak arme vloeistof		Onvoldoende praktijkgegevens		

5.4 Gevoeligheidsanalyse

5.4.1 Prijselasticiteit

Uit de berekende gecreëerde investeringsruimte blijkt dat het onwaarschijnlijk is dat de stalsystemen volledig gefinancierd zouden kunnen worden vanuit de opbrengsten door de transitie naar een centrale mestverwerking met dagverse en/of gescheiden mest. Wel zal de verlaging van het poorttarief voor een deel van de stalsystemen en diercategorieën leiden tot een investeringsruimte voor deze nieuwe stalsystemen (Figuur 9). Echter zijn er verschillende factoren die een invloed hebben op de hoogte van de berekende gecreëerde investeringsruimte. Om de invloed van deze factoren inzichtelijk te krijgen, is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd door middel van een elasticiteitsberekening.

Voor de variabelen kWh-prijs, afschrijvingsduur en CO₂ prijs zijn elasticiteiten berekend ten opzichte van de gecreëerde investeringsruimte voor de verschillende stalsystemen en diercategorieën, in- en exclusief mogelijke inkomsten uit CO₂-equivalenten.

Elasticiteiten geven aan hoe gevoelig een uitkomst, in dit geval de gecreëerde investeringsruimte, is voor veranderingen van één specifieke variabele als alle andere variabelen gelijk blijven (ceteris paribus). De variabelen zijn steeds met 10% veranderd en vervolgens is berekend of de gecreëerde investeringsruimte procentueel meer of minder dan 10% afwijkt (Formule 3). De procentuele verandering van de uitkomst is bepaald op basis van de absolute gecreëerde investeringsruimte. Variabelen met elasticiteiten met een absolute waarde groter dan 1, worden gezien als elastisch, aangezien een procentuele verandering leidt tot een meer dan evenredige verandering in de uitkomst, ceteris paribus. Elasticiteiten met een absolute waarde kleiner dan 1, leiden tot een minder dan evenredige verandering van de gecreëerde investeringsruimte, ceteris paribus. Bijvoorbeeld als de elasticiteit van kWh-prijs -0,06 is, dan is de verwachting dat als de kWh-prijs met 1% stijgt (ceteris paribus), de gecreëerde investeringsruimte met 0,06% daalt.

$$\text{Formule 3: Investeringselasticiteit} = \frac{\text{percentage verandering variabele}}{\text{percentage verandering gecreëerde investeringsruimte}}$$

De elasticiteiten voor de afschrijvingsduur zijn voor negatieve investeringsruimten lastig te interpreteren, aangezien een stijging in afschrijvingsduur leidt tot een lager afschrijvingspercentage. De gecreëerde investeringsruimte wordt berekend door het verschil in jaarlijkse kosten en inkomsten te delen door de som van het afschrijvingspercentage, onderhoudskostenpercentage en rentepercentage. Daardoor zal een lager afschrijvingspercentage leiden tot hogere gecreëerde investeringsruimte bij een positief verschil en bij een negatief verschil leiden tot een nog negatievere gecreëerde investeringsruimte. Daardoor is het teken voor elasticiteiten met betrekking tot afschrijvingsduur in die gevallen negatief, wat niet intuïtief is.

Tabel 9 Overzicht van elasticiteiten per stalstelsel en diercategorie voor respectievelijk de vleesvarkens-, zeugen, rosévlees- of blankvleeskalverbedrijf, in- of exclusief verkoop van CO₂-equivalenten. Dikgedrukte elasticiteiten zijn hoger dan 1 of lager dan -1.

Elasticiteiten CO ₂ -equivalenten	kWh-prijs		Afschrijvingsduur		CO ₂ -prijs
	Excl.	Incl.	Excl.	Incl.	Incl.
Mestbanden onder de roosters					
Vleesvarkens	-0,07	-0,06	0,76	0,73	0,22
Zeugen	-0,15	-0,05	1,90	1,08	0,65
Rosévleeskalveren	-0,20	-0,20	1,32	1,14	0,37
Blankvleeskalveren	-0,06	-0,06	-0,51	-0,51	0,05
Mestschuif onder de roosters					
Vleesvarkens	-0,16	-0,12	0,77	0,74	0,22
Zeugen	-10,62	-0,58	13,41	1,32	0,95
Rosévleeskalveren	-1,36	-0,81	2,00	1,44	0,40
Blankvleeskalveren	-0,12	-0,12	-0,52	-0,51	0,05
Dagelijks spoelen met verse mest					
Vleesvarkens	-2,37	-1,34	1,03	0,86	0,43
Zeugen	-1,18	-1,59	-0,43	-0,36	0,35
Rosévleeskalveren	-3,16	-2,57	1,12	1,03	0,19
Blankvleeskalveren	-4,85	-6,91	0,14	0,46	0,42
Dagelijks spoelen met ammoniakarme vloeistof					
Vleesvarkens	-3,05	-6,42	-0,38	-0,11	1,11
Zeugen	-1,08	-1,23	-0,54	-0,53	0,14
Rosévleeskalveren	-2,65	-2,95	-0,43	-0,41	0,12
Blankvleeskalveren	-1,60	-1,69	-0,51	-0,50	0,06

Voor systemen met mestbanden en mestschuiven is de impact van een verandering in kWh-prijs zeer beperkt (Tabel 9), aangezien het ingeschatte elektriciteitsverbruik laag was ten opzichte van spoelen met verse mest of ammoniakarme vloeistof. Echter is deze elasticiteit bij systemen met mestschuiven bij zeugen exclusief CO₂ certificaten hoger dan voor de andere diersoorten met mestbanden of -schuiven. Dit komt doordat de gecreëerde investeringskosten van dit systeem en deze diersoort zeer laag zijn, waardoor een kleine absolute verandering leidt tot een grote procentuele verandering en dus een hoge elasticiteit. Verder heeft de afschrijvingsduur van de stalsystemen een redelijke invloed op de gecreëerde investeringsruimte. Echter de prijs voor CO₂ lijkt maar een beperkte invloed te hebben, voornamelijk bij de kalvercategorieën. Alleen het dagelijks spoelen met ammoniakarme vloeistof leidt bij vleesvarkens tot een elasticiteit hoger dan 1. Dit verschil tussen diercategorieën is te verklaren doordat kalveren zowel minder mest produceren en daarnaast per ton mest minder emissies besparen vergeleken met varkens.

5.4.2 Effect van energieprijzen op huidig poorttarief

Voor vleesvarkens leidt het centraal verwerken van verse mest tot een poorttarief dat €3 per ton mest lager is ten opzichte van oudere mest uit reguliere stalsystemen (Gollenbeek et al., 2021a). Deze €3 per ton is berekend bij de situatie "aanvullende activiteit" (als de centrale mestverwaarding gebouwd wordt bij een reeds bestaande locatie van bijvoorbeeld een loonwerker), zie Tabel 5. Deze berekeningen zijn echter gedaan met energieprijzen uit 2020. Inmiddels zijn in 2022 de kunstmest- en energieprijzen gestegen, wat een effect kan hebben op de berekende poorttarieven. Een hogere kunstmest- en groengasprijs kan leiden tot meer inkomsten voor de centrale verwerker en dus lagere poorttarieven, maar een hogere energieprijs kan weer leiden tot meer kosten en dus een hoger poorttarief. In Bijlage 8 is berekend wat het effect van de veranderende kunstmest- en energieprijzen is op het verschil in poorttarief van verse vleesvarkensmest ten opzichte van oudere mest. In Tabel 10 is dit samengevat voor de situatie "greenfield" (als de centrale locatie op een nieuw terrein wordt gebouwd), waarbij het verschil in poorttarief tussen verse mest en oudere mest €2,30 bedroeg (situatie 2020). In Tabel 10 is alleen het verschil weergegeven tussen "poorttarief verse mest" en "poorttarief oude mest".

Uit Tabel 10 blijkt dat stijging van de warmteprijs leidt tot een groter verschil in het benodigde poorttarief tussen verse en oudere mest. Als de warmteprijs en de stroomprijs drie keer hoger (300%) zouden zijn ten opzichte van de gehanteerde uitgangspunten, dan zou het verschil in poorttarief ongeveer verdubbelen (€4,70 ten opzichte van €2,30). Hierdoor verdubbelen de inkomsten uit het poorttarief en wordt de gecreëerde investeringsruimte groter. Als de stroom- en warmteprijs vijf maal zo hoog zouden worden, dan zou de investeringsruimte ruim drie maal zo groot worden (€8,30 ten opzichte van €2,30). Tabel 10 geeft relatieve verschillen in poorttarieven weer en op basis van deze tabel kan geen uitspraak gedaan worden over de daadwerkelijke poorttarieven bij verschillende energieprijzen.

Tabel 10 *Verskil in benodigd minimale poorttarief bij aanvoer van vleesvarkensmest van reguliere bedrijven en bedrijven met dagontmesting, bij onafhankelijke variatie van warmte- en stroomprijzen.*

Stroomprijs	Warmteprijs								
	100%	150%	200%	250%	300%	350%	400%	450%	500%
100%	2,3	2,9	3,6	4,2	4,9	5,8	6,8	7,7	8,7
150%	2,2	2,9	3,5	4,2	4,8	5,8	6,7	7,7	8,6
200%	2,2	2,8	3,5	4,1	4,8	5,7	6,7	7,6	8,6
250%	2,2	2,8	3,4	4,1	4,7	5,7	6,6	7,6	8,5
300%	2,1	2,8	3,4	4,1	4,7	5,6	6,6	7,5	8,5
350%	2,1	2,7	3,4	4,0	4,6	5,6	6,5	7,5	8,5
400%	2,0	2,7	3,3	4,0	4,6	5,5	6,5	7,5	8,4
450%	2,0	2,6	3,3	3,9	4,5	5,5	6,4	7,4	8,4
500%	1,9	2,6	3,2	3,9	4,5	5,4	6,4	7,4	8,3

6 Discussie

Dit onderzoek is een verkenning naar de investeringsruimte die ontstaat uit verlaagde poorttarieven en eventuele vermarkting van methaanemissiereductie op de vrijwillige koolstofmarkt, als de transitie van de huidige mestverwerkingsmarkt naar een volledige verwerking op een centrale locatie, zoals beschreven in Gollenbeek et al. (2021a,b; 2022) mogelijk is. Het doel van dit onderzoek was om te bepalen of de investeringen die noodzakelijk zijn op bedrijfsniveau gedekt kunnen worden uit het verlaagde poorttarief en uit de verkoop van CO₂ equivalenten of dat er meer investeringshulp voor veehouders nodig is om deze investeringen in stalsystemen rendabel te krijgen.

6.1 Ontbrekende informatie

Er blijkt weinig informatie beschikbaar om de gecreëerde investeringsruimte te kunnen berekenen, waardoor meerdere aannames zijn gedaan. Hierdoor zullen de resultaten van dit onderzoek niet altijd overeenkomen met de praktijk. Zo is er vanuit gegaan dat de bespaarde CO₂-equivalenten voor de gehele afschrijvingstermijn verkocht kunnen worden voor €3,50 per ton CO₂-equivalent. Dit terwijl de prijs van CO₂-equivalenten op de vrijwillige carbon markt vaak daalt over de tijd van een project. Toch is voor een constante prijs gekozen, aangezien de prijs van CO₂-equivalenten ook zonder tijdscomponent al lastig is in te schatten. Daarnaast zijn in dit onderzoek geen voorbeelden van emissiebeperkende stalsystemen gevonden, waarbij het mogelijk is om de emissiebesparing te vermarkten op de vrijwillige carbon markt. Wat de kansen zijn voor het vermarkten van de emissiebesparingen op de vrijwillige carbon markt moet in de toekomst nog blijken. Het is niet waarschijnlijk dat deze emissiebesparingen de hoogste prijs kunnen vragen op de vrijwillige carbon markt, door beperkte bijdrage aan overige duurzaamheidsdoelstellingen van zulke projecten.

Verder was weinig informatie beschikbaar over energie- en waterverbruik van de verschillende stalsystemen. Daarom is voor de aannames omtrent energie- en waterverbruik gebruik gemaakt van expert inschattingen. Bij mestbanden en -schuiven is aangenomen dat er geen extra water wordt verbruikt ten opzichte van een regulier stalstelsel. Voor de systemen waarbij de mest wordt gespoeld met verse mest of ammoniakarme vloeistof is sprake van een gesloten systeem, waardoor ook is aangenomen dat er geen water wordt toegevoegd. In de praktijk zou het energieverbruik en waterverbruik van deze systemen dus kunnen verschillen van de aannames en invloed hebben op de gecreëerde investeringsruimte. Wanneer deze innovatieve stalsystemen tot voldoende emissiereductie leiden, kunnen luchtwassers in de toekomst worden vervangen door de innovatieve systemen. Mestbanden en mestschuiven verbruiken minder energie dan luchtwassers, waardoor het energieverbruik mogelijk kan worden verminderd door deze systemen te gebruiken in vergelijking met reguliere stalsystemen.

Naast de energieprijzen zijn de prijzen van bouwmaterialen in afgelopen jaren sterk gestegen, waardoor de afgeven investeringsprijzen erg onzekere schattingen zijn. Daarnaast is elke stal maatwerk en zijn er nog te weinig innovatieve stalsystemen in de praktijk gebracht om een algemene inschatting te verkrijgen.

6.2 Stalsystemen

Naast het scheiden van feces en urine of dagontmesting om emissies uit de stal te verminderen is het van belang hoe de fracties daarna worden opgeslagen. Bijvoorbeeld bij opslag van urine in de mestkelder ontstaan hoge ammoniakconcentraties in de kelder. Wanneer er dan een kleine hoeveelheid lucht uitwisselt tussen de kelder en de stal, resulteert dit in hoge ammoniak emissies in de stal (WUR, 2021). Ook kunnen emissies die in de stal zijn voorkomen door mest snel te verwijderen alsnog buiten de stal plaatsvinden, waardoor de emissie reductie op bedrijfsniveau tegenvalt.

In deze studie zijn de opslag- en aanwendemissies buiten beschouwing gelaten. Als mest snel uit de stal wordt verwijderd, moet het ook snel van het bedrijf afgevoerd of verwerkt worden. Ook is bekend dat door verwerking van dagverse mest bij vergisting een hogere biogasopbrengst per ton ingevoerde mest gerealiseerd kan worden. Deze stalsystemen zijn dus een voorwaarde om monomestvergisten rendabel te laten zijn. Bij dagverse mest vergisten wordt de methaanemissie, zowel uit de stal als bij verwerking, sterk verminderd.

In deze berekeningen zijn veel aannames gedaan en veel informatie is nog niet bekend. Als hier in het algemeen geconcludeerd wordt dat er weinig of geen investeringsruimte ontstaat bij het toepassen van deze stalsystemen, zegt dat nog niets over individuele situaties van veehouderijbedrijven. Vanwege combinaties en win-win situaties (bijvoorbeeld lagere bouwkosten dan andere bedrijven of verbetering van dierprestaties) kan het voor specifieke bedrijven wel mogelijk zijn om de volledige investering terug te verdienen door het verschil in poorttarief en eventuele verkoop van CO₂-equivalenten.

Vanwege de verbeterde luchtkwaliteit claimen veel leveranciers ook betere dierprestaties. Dit is in het kader van deze studie niet meegenomen en zal nader onderzocht moeten worden.

6.3 Prijs effecten

De onderhouds- en afschrijvingskosten zijn gedefinieerd als percentage van de investering. Dit betekent dat wordt aangenomen dat deze kosten fluctueren op basis van de investering. De gecreëerde investeringsruimte zou nauwkeuriger kunnen worden geschat wanneer absolute kosten voor met name onderhoud bekend zijn. Ook heeft het huidige poorttarief voor mestafvoer invloed op de berekende gecreëerde investeringsruimte. Ook het huidige poorttarief kan fluctueren en KWIN (2022) hanteert andere poorttarieven dan in eerdere onderzoeken van Gollenbeek et al. (2021a,b) zijn gebruikt. Wanneer de innovatieve stalsystemen door fluctuaties in prijzen niet leiden tot een verlaging in poorttarief, kan hier een knelpunt ontstaan voor de sector op het gebied van centrale mestverwaarding tot mestproducten.

Door de opzet van de berekening van de gecreëerde investeringsruimte blijkt dat de bedrijfsgrootte (aantal dierplaatsen) geen effect heeft op de gecreëerde investeringsruimte per dierplaats. De variabele kosten en opbrengsten veranderen lineair met het aantal dierplaatsen mee. Daarnaast worden de vaste kosten bepaald door de gecreëerde investeringsruimte. De gecreëerde investeringsruimte wordt berekend aan de hand van het verschil tussen de jaarlijkse opbrengsten en variabele kosten. Dit verschil verandert lineair met het aantal dierplaatsen en dus veranderen de gecreëerde investeringsruimte en maximaal toelaatbare vaste kosten ook lineair. De gecreëerde investeringsruimte per dierplaats is dus gelijk, ongeacht bedrijfsgrootte en gecreëerde investeringsruimte per bedrijf veranderen lineair met het aantal dierplaatsen. In de praktijk zullen de benodigde investeringen om deze stalsystemen te realiseren en de vaste kosten niet evenredig meestijgen met het aantal dierplaatsen en wordt vaak gezien dat bij meer dierplaatsen de investeringskosten per dierplaats dalen. Het schaafeffect kon in deze studie niet goed inzichtelijk worden gemaakt vanwege ontbrekende informatie met betrekking tot de vaste kosten. Wanneer er meer absolute informatie bekend is over de onderhoudskosten of de totale investeringskosten van een systeem bij verschillende bedrijfsgroottes, kan de gecreëerde investeringsruimte per dierplaats realistischer worden ingeschat.

6.4 Beleid

In deze studie is ervan uitgegaan dat de genoemde stalsystemen gebouwd kunnen worden zonder een luchtwasser. Als er vanwege provinciaal beleid (bijvoorbeeld het beleid van Noord-Brabant) alsnog een luchtwasser geplaatst moet worden om minimaal 85% emissiereductie te behalen, dan zullen de beschreven innovatieve stalsystemen niet gebouwd worden. De investeringen bij stapeling van emissie-reducerende technieken worden dan te hoog. Dit zou tot gevolg kunnen hebben dat emissie over de gehele keten stijgt, ook al worden ze op bedrijfsniveau wel verlaagd. Ook wordt dan de emissie niet bij de bron aangepakt, maar end of pipe.

Verder kan de toekenning van urine of gier als kunstmestvervanger (RENURE) ook effect hebben op het poorttarief van centrale mestverwerking. Wanneer deze dunne fracties als kunstmest worden erkend, zal dit voornamelijk lokaal gebruikt worden en zal alleen de dikke fractie naar een centrale verwerker gaan. In Gollenbeek (2021a,b) is er van uitgegaan dat ook de dunne fractie centraal verwerkt wordt, dus dit kan invloed hebben op de berekende poorttarieven. Op dit moment is er nog geen toepassing voor de gescheiden fracties en moeten deze beide (tegen betaling) worden afgevoerd (Staes, 2022).

Indien het beleid deze innovatieve stalsystemen wil stimuleren om een daadwerkelijke bijdrage te leveren aan de emissiereducties in de gehele mestketen, blijkt dat de investeringen niet geheel uit de markt kunnen worden bekostigd. Er zullen aanvullende maatregelen (zoals subsidies) nodig zijn om deze emissie reducerende stalsystemen tot een goede businesscase te maken. In meerdere sectoren komt het voor dat zich ontwikkelende industrie wordt ondersteund om een onrendabele top af te vangen (bijvoorbeeld SDE subsidie).

6.5 Praktijkcases

De ontwikkeling van emissiearme stalsystemen biedt perspectief, omdat de emissie bij de bron wordt aangepakt en de verwaarding van verse mest in de mestketen duidelijk economische voordelen biedt. Technische oplossingen kunnen afhankelijk van de bedrijfssituatie (lokale omstandigheden, bedrijfstype, situatie rond opvolging, regionale mestmarkt) een goed alternatief zijn voor saneren of opkopen, die in sommige gevallen ook nog kosteneffectiever uit kan pakken (Rougoor en Van der Schans, 2022). Tegelijkertijd wordt duidelijk uit deze studie dat er met veel onzekerheden over prijzen gerekend moest worden. Het is wenselijk om de innovatieve systemen in de praktijk te implementeren (bijvoorbeeld in field labs). De aannames kunnen dan in actuele situaties en met actuele prijzen worden gevalideerd.

7 Conclusies en aanbevelingen

Binnen de melkvee-, varkens- en kalverhouderij zijn verschillende innovatieve stalsystemen in ontwikkeling die leiden tot dagverse mest of gescheiden mestfracties. Deze systemen hebben lagere ammoniak- en methaanemissies in de gehele mestketen en de mestproducten zijn beter te verwaarden. Urine doorlatende vloeren, dichte vloeren (met sleuven, goten en/of gaten) en het koetoilet zijn praktijkrijpe systemen voor de melkveehouderij en deze sluiten aan bij de meest perspectiefvolle mestafzetketens uit Gollenbeek et al. (2022). Binnen de varkens- en kalverhouderij sluiten systemen met mestbanden, mestschuiven, dagelijks spoelen met verse mest en dagelijks spoelen met ammoniakarme vloeistof aan bij de mestafzetketens uit Gollenbeek et al. (2021a,b). De nadelen van deze vernieuwende stalsystemen zijn vaak extra arbeid of onderhoud en door toevoeging van bijvoorbeeld pompen, motoren of een mestrobot meer elektriciteit verbruik. Naast de voordelen van een verminderde broeikasgas- en ammoniakemissie, dragen stalsystemen met dagontmesting en scheiden van gier en feces ook bij aan een beter stalklimaat en minder geuremissie vanuit de stal.

In dit rapport is berekend wat de gecreëerde investeringsruimte is voor de meest praktijkrijpe stalsystemen die werken met mest scheiding of dagontmesting. De gecreëerde investeringsruimte is berekend aan de hand van de besparing op mestafzetkosten bij de centrale verwerker (poorttarief) als gevolg van het aanleveren van verse mest of gescheiden mestfracties en het eventueel vermarkten van CO₂-equivalenten ten opzichte van extra jaarlijkse vaste kosten van het nieuwe stalstelsel. Dit is berekend voor de varkens- en vleeskalverhouderij. Als de investeringsruimte niet voldoende is om de jaarkosten van het stalstelsel te bekostigen, is aanvullende financiering (bijvoorbeeld in de vorm van subsidie) nodig om deze innovatieve stallen te bouwen en de gewenste emissiereducties te realiseren.

De berekende gecreëerde investeringsruimten geven aan dat voor blankvleeskalveren geen extra investeringsruimte voor realisatie van de innovatieve stalsystemen ontstaat. Voor zeugen geldt hetzelfde voor dagelijks spoelen met verse mest en voor alle diercategorieën blijkt dat spoelen met ammoniakarme vloeistof niet leidt tot een extra investeringsruimte, ondanks de lagere poorttarieven. Bij de overige systemen ontstaat wel een extra investeringsruimte, waardoor een deel van de investeringen in de stalsystemen kunnen worden terugverdiend met de inkomsten uit het verlaagde poorttarief.

Uit dit onderzoek blijkt dat de stalsystemen die nodig zijn voor de transitie naar een volledige en centrale mestverwerking van dagverse mest of gescheiden mestfracties maar gedeeltelijk uit het verlaagde poorttarief en het eventueel vermarkten van CO₂-equivalenten kunnen worden gefinancierd. Omdat deze gewenste stalsystemen maar gedeeltelijk uit hun eigen baten gefinancierd kunnen worden, blijft (gedeeltelijke) ondersteuning van de investering noodzakelijk voor een snelle implementatie. Er wordt geadviseerd om vanuit beleid meer focus te leggen op de (financiële) ondersteuning van de implementatie van deze innovatieve emissiearme stalsystemen, omdat ze de emissies bij de bron aanpakken en niet focussen op end-of-pipe oplossingen. Verder kunnen door dit soort stalsystemen hoogwaardige meststoffen worden geproduceerd, die een alternatief kunnen bieden voor het gebruik van kunstmest.

Literatuur

- Aarnink, A.J.A., J. Huis in 't Veld, A. Hol, I. Vermeij, 2007. *Kempfarm vleesvarkensstal: milieu-emissies en investeringskosten*. Animal Sciences Group, Lelystad, Rapport 67
- Aarnink, A., J. de Groot, N. Ogink, 2019. Brongerichte maatregelen voor beperking emissies uit bestaande varkensstallen. Wageningen Livestock Research, Rapport 1205
- Agrimatie (2021a) Bedrijven, dieren en omvang – Varkenshouderij, <https://www.agrimatie.nl/>, geraadpleegd op 04-08-2022
- Agrimatie (2021b) Bedrijven, dieren en omvang – Vleeskalverhouderij, <https://www.agrimatie.nl/>, geraadpleegd op 04-08-2022
- Beek, G. van, 2022. Persoonlijke communicatie: G. van Beek en Zn Kalverstalinrichting
- Booijen, M., J. P. Wagensveld, A.J.A. Aarnink, J.W. van Riel en R.M. de Mol, 2023. Emissiereductie methaan, ammoniak en geur in varkensstallen door dagelijkse mestverwijdering. Wageningen Livestock Research, rapport in press
- Bruggen, C. van, A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk (2019). Emissies naar lucht uit de landbouw in 2017. Berekningen met het model NEMA. Wageningen, WOT Natuur & Milieu, WOT-technical report 147.
- Cooperl, 2022. Persoonlijke communicatie
- Dairy Campus. 2021. Doorlatende tegelvloer in bedrijfsverband. <https://dairycampus.nl/>. Geraadpleegd: 17-02-2022
- Dooren, H.J. van, 2022. Persoonlijke communicatie, Wageningen University & Research
- Ecosystem Marketplace, 2021. Voluntary Carbon Markets Rocket in 2021, On Track to Break \$1B for First Time Press Release, <https://www.ecosystemmarketplace.com>, geraadpleegd: 19-04-2022
- Gastel, J.P.B.F., 2022. Persoonlijke communicatie, Promillicon
- Gollenbeek L.R., J.P.B.F. van Gastel, F.A.M. Casu, N. Verdoes, 2021a. *Emissies en kosten van verschillende scenario's voor verwaarding van varkensmest; NL Next Level Mestverwaarden*. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1331.
- Gollenbeek L.R., J.P.B.F. van Gastel, F.A.M. Casu, N. Verdoes, 2021b. *Emissies en kosten van verschillende scenario's voor de verwaarding van kalvermest; NL Next level mestverwaarden*. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1340.
- Gollenbeek L.R., I. Huisman, J.P.B.F. van Gastel, F.A.M. Casu, N. Verdoes, 2022. *Berekningen emissies en economie voor verschillende scenario's voor verwaarding van rundveemest; NL Next Level Mestverwaarden*. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1372 .
- Haan, M.H.A. de, A.G. Evers, G. Holshof, K. Blanken. 2003. Vier jaar primaire mestscheiding op het lagekostenbedrijf. Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad, Praktijk rapport 29
- Hanskamp. 2021. Producten en oplossingen – CowToilet – FAQ. <https://hanskamp.nl/>. Geraadpleegd: 08-02-2022
- Houtert, C. van, 2022. Persoonlijke communicatie, De Hoeve Innovatie
- Huis in 't Veld, J.W.H., G.J. Monteny, R. Scholtens. 2000. Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLVIII: natuurlijk geventileerde ligboxenstal met sleufvloer tijdens de zomerperiode, Instituut voor Milieu- en Agritechniek, Wageningen, rapport: P 2000-84
- Hutten, H. 2022, persoonlijke communicatie, Wopereis
- InfoMil. 2022. Emissiefactoren per diercategorie, hoofdcategorie A: Rundvee. <https://www.infomil.nl/>. Geraadpleegd: 17-02-2022
- Integraalaanpakken.nl, 2021. Mestkanalen spoelen en het verdunnen van mest blijken effectief. <https://www.integraalaanpakken.nl/>. Geraadpleegd: 07-02-2022
- IPCC, 2021. The Earth's Energy Budget, Climate Feedbacks, and Climate Sensitivity (Chapter 7). In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://dx.doi.org/10.1017/9781009157896.009>
- Janssen, K., 2022. Persoonlijke communicatie, Agra-matic.

-
- Kamplan. 2022. Mestverwerking: onze visie op de toekomst. <https://www.kamplan.com/>. Geraadpleegd: 07-02-2022
- Kempfarm. z.d. Financieel overzicht luchtwasser en Kempfarm varkens, ongepubliceerd intern document KWIV-V, 2022. Handboek Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2022 – 2023. Wageningen Livestock Research, Wageningen
- Landrain, B., Y. Ramonet, J.P. Quillien, P. Robin (2009). Incidence de la mise en place d'un système de raclage en «V»® en préfosse dans une porcherie d'engraissement sur caillebotis intégral sur les performances zootechniques et les émissions d'ammoniac et de protoxyde d'azote. Journées Rech. Porcine, 41, 259-264 (Engelse samenvatting).
- NCM. 2019. Mestverwaarden in Bretagne, de casus 'Cooperl', Nederlands Centrum voor Mestverwaarding. <https://www.mestverwaarding.nl/>. Geraadpleegd: 07-02-2022
- Nieuwe Oogst, 2021. Bronaanpak bij biggen en vleesvarkens blijkt effectief. <https://www.nieuweoogst.nl/>. Geraadpleegd: 07-02-2022.
- Pig333. 2021. Visit to a farm with a TRAC system: A feasible option for reducing emissions, https://www.pig333.com/articles/the-trac-system-an-option-for-reducing-ammonia-emissions_17880/, geraadpleegd: 03-05-2022
- Puente-Rodríguez, D., I.D.E. van Dixhoorn, F.A. Hoorweg, L.R. Gollenbeek, C.G. van Reenen, A.J.A. Aarnink, N. Verdoes, en S. Bokma, 2021. *Kalverstal van de toekomst – (bijna) Praktijkrijpe ontwerpconcepten*. Wageningen Livestock Research, Rapport 1298
- Rougeur, C. en F. van der Schans, 2022. Kosteneffectiviteit van ammoniakmaatregelen, Rapportage CLM Advies, September 2022, CLM-publicatienr. 1123
- Schilstra, G., 2022. Persoonlijke communicatie, Agrifirm.
- Stal van de Toekomst. 2021. Webinar verdiepingssessie 3, de praktijk – Stal van de Toekomst, C. van Houtert, oktober 2021
- Staes, J., 2022, Persoonlijke communicatie, Verberk
- Strada Lex, 2021. Circulaire 2021/C/5 over de gemiddelde referentiewisselkoersen van enkele belangrijke munteenheden in euro. <https://www.stradalex.com/>, geraadpleegd: 19-04-2022.
- Swierstra, D., C.R. Braam, M.C. Smits, 2001. Grooved Floor System for Cattle Housing: Ammonia Emission Reduction and Good Slip Resistance. *Applied Engineering in Agriculture*. 17 (1). 85 - 90
- Turner, G., Helmke, E., Tetteh-Wright, T.A., Pitt, C., Oraee, A., Koch, A. Maslin, M., Lewis, S.L., Pye, S., & Liebreich, M. 2021. Future Demand, Supply and Prices for Voluntary Carbon Credits – Keeping the Balance. Trove Research.
- Van Bruggen, C., Bannink, A., Groenestein, C. M., Huijsmans, J. F. M., Luesink, H. H., Voshaar, S. O., & Vonk, J. (2017). Emissies naar lucht uit de landbouw in 2017, berekeningen met het model NEMA. Wageningen, WOT Natuur & Milieu, WOT-technical report 147..
- Verdoes, N., P. Classens en A.J.A. Aarnink, 2014. Star+: dier- en milieuvriendelijke stal. V-focus december 2014, 32-33
- Vermeij, I., 2022. Persoonlijke communicatie, Wageningen University & Research
- Voermans, J.A.M. en M.M.L. van Asseldonk, 1990. Mestscheiden onder de roosters. Rosmalen, Proefstation voor de Varkenshouderij, proefverslag P1.51
- Wopereis. 2014. Economische analyse STARPlus, offerte, ongepubliceerd intern document
- WUR. 2021. Wisselende effecten bij mestscheiden aan de bron. Wageningen University & Research. <https://www.wur.nl/nl/nieuws/>. Geraadpleegd: 17-02-2022
- WUR. 2022. Vijf vragen over mest scheiden bij de bron en het nabehandelen van fracties. Wageningen University & Research. <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/>. Geraadpleegd: 25-02-2022

Bijlage 1 Werkwijze assessment

In deze bijlage worden de werkwijze van beoordeling van de stalsystemen en de gehanteerde criteria beschreven (uitgevoerd in 2019).

Algemeen

Status/TRL geeft aan waar het systeem zit: van innovatief idee tot praktijkrijp. Zie tabel TRL

	TRL 1-2	TRL 3	TRL 4	TRL 5	TRL 6-7	TRL 8	TRL 9	
TRL-niveau	Fundamenteel onderzoek van concept	Onderzoek naar mogelijke toepassingen van een concept	Onderzoek en uitwerking van een geïdentificeerde toepassing	Ontwikkelen en testen van een prototype in een relevante omgeving	Testen van het prototype in operationele- en gebruikers-omgeving	Definitief maken van product	Commercialiseren (eerste omzet)	Opschalen en expansie

Tabel B1: Omschrijving verschillende Technologie Readiness Levels (TRL)

Urine /feces scheiding: mate van scheiding

- 0 = drijfmest
- 1 = er wordt urine apart afgevoerd, maar die is nog bevuild met feces
- 2 = redelijk zuiver product (b.v. mestbanden)
- 3 = gescheiden opvang onder de staart

Geschiktheid als bodemverbeteraar

Beoordeling is gebaseerd op de volgende categorieën:

- 0 = drijfmest,
- 1= dikke fractie en feces,
- 2= met iets stro of zaagsel,
- 3 = met veel stro, snippers etc

Scores

Bekende gegevens en informatie zijn meegenomen in de overwegingen. Bij gebrek aan gegevens is een verwachting uitgesproken op basis van expert beoordeling. De effecten zijn gescoord met als referentie een reguliere stal met drijfmestopslag in kelder en/of in opslag met de volgende scores:

- 3 = zeer negatief effect
- 2 = negatief effect
- 1 = licht negatief effect
- 0 = niet bekend, geen effect
- 1 = licht positief effect
- 2 = positief effect
- 3 = zeer positief effect

Criteria

Inpasbaarheid in mestketen: zijn er producten te maken die passen in een mestverwerkingsketen? Is de samenstelling van de producten zoals gewenst? Hebben de producten afzetmogelijkheden in binnen- en buitenland (marktvraag)?

Inpasbaarheid in kringloop: zijn de mestproducten in te passen in een NPCK kringloop? Kunnen kringlopen korter worden gemaakt met deze producten? Vervangt het b.v. kunstmest of import van grondstoffen?

Inpasbaarheid op bedrijven: kan het op bestaande bedrijven gemakkelijk ingepast worden of is nieuwbouw noodzakelijk (wanneer nieuwbouw noodzakelijk is, score = -3).

Klimaat-effect: wordt de uitstoot van broeikasgassen tegengegaan? Of worden de broeikasgassen nuttig gebruikt?

Energie: denk aan energieverbruik (apparatuur), energielevering, besparing elders in keten

Kosten: kosten investeringen, ook exploitatiekosten. Betrek ook de mogelijke opbrengsten.

Wat boeren willen: betreft vooral arbeid, veiligheid, storingen, gebruiksgemak, kwetsbaarheid

Ammoniak: wordt met dit systeem de ammoniakemissie beperkt?

Geur: wordt met dit systeem de geuremissie beperkt of juist verhoogd?

Stalklimaat: wordt met dit systeem het stalklimaat verbeterd?

Welzijn : wordt met dit systeem welzijn dier verbeterd of zijn er juist knelpunten?

Opmerking: korte opmerkingen

Experts

Wageningen Livestock Research

- Fridtjof de Buissonje
- Paul Galama
- Luuk Gollenbeek
- Pim Mostert
- Nico Verdoes

Agrifirm Exlan:

- Dries van den Elzen

Bijlage 2 Matrix mediaan van de beoordeling van stalsystemen

In deze bijlage staat een overzicht van de beoordeling van de verschillende stalsystemen. Om het effect van uitbijters te verkleinen, is ervoor gekozen de mediaan te nemen van de gegeven scores. Bij de beoordeling valt vooral op dat alle stalsystemen negatief gescoord hebben op 'Klimaat/energie' en 'Economie'. Bij 'Inpasbaarheid', 'Milieu', en 'Indoor' is overwegend positief gescoord. Aangezien veel van de innovatieve stalsystemen worden ontworpen naar aanleiding van de huidige uitdagingen met betrekking tot milieu en dierenwelzijn, scoren de systemen gemiddeld genomen positief op deze parameters.

Categorie	Systeem	Status	Mestproducten		Inpasbaarheid			Klimaat/energie		Economie		Milieu		Indoor		Totaal score
		TRL	Urine /feces scheiding	Mestproduct geschikt als bodemverbeteraar	in mestketen	in kringloop	op bedrijven	Klimaat-effect	Energie	Kosten	Wat boeren willen	Ammoniak	Geur	Stalklimaat	Welzijn	
Melkvee	JQZ Drain profiel	4,0	1,5	1,0	2,0	2,0	0,5	0,0	0,0	-1,0	-0,5	1,0	0,5	1,0	0,0	8,0
	Mestband/doek onder de roosters	2,0	2,0	1,0	1,5	2,0	1,5	0,5	-1,0	-1,0	-1,0	1,5	1,5	2,0	0,0	10,5
	Drainerende kunststof vloeren; loopvloer ligboxen	4,5	2,0	1,0	2,0	2,0	2,0	0,5	-1,0	-1,0	0,0	1,0	1,5	1,0	2,0	13,0
	Vrijloopstallen met urine drainage, koeientuin	7,0	2,0	1,0	2,0	2,0	-1,5	0,5	0,0	-1,0	-0,5	1,5	2,0	1,0	2,0	11,0
	Vrijloopstallen met organische bodem (houtsnippen, ed)	2,5	0,0	3,0	1,5	1,0	0,0	0,5	-1,0	-1,0	-0,5	1,0	1,0	1,0	2,0	8,5
	Vrijloopstal met houtsnippers, pellets van bodemmateriaal, drogen met warmte vergister	9,0	0,0	3,0	2,0	1,5	-1,0	-0,5	-1,5	-2,0	-1,0	1,0	1,5	1,0	2,0	6,0
	Alle typen vloeren met giergootjes	9,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	1,0	1,0	1,0	0,0	8,0
	Sleuvenvloer	9,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	8,5
	Vrijloopstallen met hellende scheidende (rubber op vloer)	7,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,0	0,0	-1,0	0,5	1,0	1,0	1,0	2,0	9,0
	Dichte hellende vloer met giergoot en schuif	9,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,0	0,0	-1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	6,5
	Dichte hellende vloer met giergoot en schuif met stro in boxen	8,0	1,0	2,0	1,5	1,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,0	5,5
	Dichte vloer, stro in boxen, afvoersysteem stromest	9,0	1,0	2,0	2,0	1,0	0,0	-0,5	0,0	-1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	2,0	9,5
	Drainerende dichte vloer, stro toevoegen aan dikke fractie	5,0	2,0	2,5	2,0	2,0	1,5	0,5	0,0	-1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	2,0	14,5
	Scheiding mest en urine op rubbervloer	4,0	2,0	1,5	2,0	2,0	1,5	1,0	0,0	-1,0	0,0	1,5	1,0	1,0	2,0	14,5
	Mest en urine scheiden in stal met filterband	4,5	1,0	1,0	2,0	2,0	0,5	1,0	-1,5	-2,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	7,0
	Cowtoilet	5,0	3,0	1,0	2,0	2,5	1,0	0,0	0,0	-0,5	0,0	1,5	1,0	1,0	-2,0	10,5
	Opvangen in zakken	3,5	3,0	1,0	2,5	3,0	1,5	1,5	0,0	-2,0	-2,5	3,0	2,0	2,5	-3,0	12,5
Varkens	Varkenshaff	7,0	1,5	2,0	1,0	2,0	-1,0	0,5	0,5	-1,0	-1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	9,5
	Mestband onder de roosters	9,0	2,0	1,0	2,0	2,0	-1,0	1,0	0,0	-1,5	-1,0	2,0	2,0	2,0	1,0	11,5
	Schuif onder roosters	9,0	1,5	1,0	2,0	2,0	-1,5	1,5	0,0	-1,5	0,0	1,5	1,0	1,0	1,0	9,5
	Dagontmesting met spoelen	9,0	0,0	0,0	-0,5	0,0	0,5	1,5	-1,0	-1,0	0,0	2,5	2,0	2,0	1,0	7,0
	TFC spoelen met dunne gedenitr. vloeistof	4,5	0,0	0,0	1,5	1,0	1,0	1,0	-1,5	-1,5	0,0	2,0	2,0	2,0	1,0	8,5
	Pigtoilet en poeptoilet	5,0	2,0	1,0	1,5	2,0	0,0	1,0	0,0	-1,0	-0,5	1,5	1,5	1,5	1,0	11,5
	Zero stal	5,0	0,0	0,5	1,5	2,0	1,5	2,0	-1,0	-1,5	0,0	2,0	2,0	2,0	1,0	12,0
	Beweegbare vloer	6,0	1,5	1,0	1,5	2,0	-1,0	1,0	0,0	-1,0	-0,5	1,5	1,0	1,5	1,0	9,5
	Canadese strooiselstal, Brabantse strostal,	9,0	0,0	3,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	6,0
	Pig toilet en robot	3,0	1,0	1,5	1,5	1,5	-1,0	1,0	0,0	-1,0	-0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	8,0
Familievarken (Boekel), toilet	7,5	1,5	1,0	1,5	1,5	-3,0	0,0	0,0	-1,0	-0,5	1,0	1,0	1,0	2,0	6,0	
Kunststof permeabele vloer	4,0	1,0	1,0	1,5	1,5	0,5	0,5	0,0	-0,5	-1,0	1,5	1,0	1,0	1,0	9,0	
Vleeskalveren	Mestband onder roosters	8,5	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	-1,0	-0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	7,5
	Dagverse mest en scheiden onder vloer (vergisten)	7,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	-0,5	-0,5	1,0	1,0	1,0	0,0	7,0

Bijlage 3 Keuze om stalsystemen verder uit te werken

Categorie	Systeem	Afgevallen	Reden
Melkvee	JOZ Drain profile	Ja	TRL te laag
	Mestband/doek onder de roosters	Ja	TRL te laag
	Drainerende kunststof vloeren; loopvloer ligboxen	Ja	TRL te laag
	Vrijloopstallen met urine drainage, koeientuin	Ja	TRL te laag
	Vrijloopstallen met organische bodem (houtsnippers)	Ja	TRL te laag
	Vrijloopstal met houtsnippers, pellets van bodemmateriaal, drogen met warmte vergister	Ja	Geen primair of dagontmesting
	Alle typen vloeren met giergootjes	Nee	Voldoende hoog TRL, sluit aan bij scheiding gier en feces
	Sleuenvloer	Nee	Voldoende hoog TRL, sluit aan bij scheiding gier en feces
	Vrijloopstallen met hellende scheidende (rubber op vloer)	Ja	Niet meer in ontwikkeling
	Dichte hellende vloer met giergoot en schuif	Nee	Voldoende hoog TRL, sluit aan bij scheiding gier en feces
	Dichte hellende vloer met giergoot en schuif met stro in boxen	Ja	Toevoeging stro niet meegenomen in onderzoek
	Dichte vloer, stro in boxen, afvoersysteem stromest	Ja	TRL te laag
	Dichte vloer, snelle afvoer drijfmest ¹	Ja	Voldoende hoog TRL, sluit aan bij dagontmesting
	Drainerende dichte vloer, stro toevoegen aan feces	Nee	Toevoeging stro niet meegenomen in onderzoek
	Scheiding mest en urine op rubbervloer	Nee	Voldoende hoog TRL, sluit aan bij scheiding gier en feces
	Mest en urine scheiden in stal met filterband	Ja	TRL te laag
	Cowtoilet	Nee	Voldoende hoog TRL, sluit gedeeltelijk aan bij scheiding gier en feces
	Opvangen in zakken bevestigd aan de koe	Ja	TRL te laag, dierwelzijn onbekend
Varkens	Varkenshoff	Ja	TRL te laag
	Mestband onder de roosters	Nee	Voldoende hoog TRL, sluit aan bij scheiding gier en feces
	Schuif onder roosters	Nee	Voldoende hoog TRL, sluit aan bij scheiding gier en feces
	Dagontmesting met spoelen	Nee	Voldoende hoog TRL, sluit aan bij dagontmesting
	TCFC spoelen met dunne gedenitrificeerde vloeistof	Nee	Voldoende hoog TRL, sluit aan bij dagontmesting

	Pigtoilet en poeptoilet	Ja	TRL te laag
	Zero stal	Nee	Voldoende hoog TRL, sluit aan bij dagontmesting
	Beweegbare vloer	Ja	TRL te laag
	Wroetvarken	Ja	Toevoeging stro niet meegenomen in onderzoek
	Pig toilet en robot	Ja	TRL te laag
	Familievarken (Boekel), toilet	Ja	TRL te laag, vergt grote aanpassing huidige varkenshouderij
	Kunststof permeabele vloer	Ja	TRL te laag
Vleeskalveren	Mestband onder roosters	Nee	Voldoende hoog TRL, sluit aan bij scheiding gier en feces
	Dagverse mest en scheiden onder vloer (vergisten)	Ja	TRL te laag, wordt niet verder ontwikkeld
	Mestschuif onder de roosters ¹	Nee	Voldoende hoog TRL, sluit aan bij scheiding gier en feces
	Spoelen met verse mest ¹	Nee	Voldoende hoog TRL, sluit aan bij dagontmesting
	Spoelen met ammoniakarme vloeistof ¹	Nee	Voldoende hoog TRL, sluit aan bij dagontmesting

¹Later toegevoegd

Bijlage 4 Stalsystemen varkens en kalveren

Mestband onder de roosters

Een voordeel van dit systeem is dat de scheiding van urine en feces en de dagontmesting zorgen voor minder ammoniakemissies in de stal (Aarnink et al., 2007), zie Tabel B4.1. Hierdoor zal de luchtkwaliteit in de stal verbeteren, wat mogelijk een positief effect heeft op het welzijn van de dieren en de werknemers. Methaanemissies uit de stal worden ook verminderd door het dagelijks verwijderen van de mest (Aarnink et al., 2007). Echter speelt de opslag na het verwijderen uit de stal een belangrijke rol, omdat emissies die in de stal zijn voorkomen alsnog in de opslag kunnen plaatsvinden. Verder kan dit systeem in zowel een natuurlijk als mechanisch geventileerde stal toegepast worden. Een nadeel is dat het een techniek onder de roosters is; de vrees bestaat dat storingen lastig zijn te verhelpen.

Aangezien dit systeem voor kalveren zich nog in een testfase bevindt, is het nog niet duidelijk of het systeem in kalverstallen extra arbeid vraagt. Het systeem zou zo ontworpen kunnen worden dat er geen extra arbeid nodig is (Staes, 2022), maar dit zal in de praktijk nog moeten blijken. Dit systeem is wel in een aantal varkensstallen operationeel en in principe is er geen extra arbeid vereist, omdat de mestband automatisch afgedraaid kan worden op aangegeven tijden. Wel zijn er varkenshouders die graag aanwezig zijn als de band afgedraaid wordt, om mogelijke problemen meteen te verhelpen, wat dan wat extra tijd kost (Hutten, 2022). De mestband is in sommige bestaande varkensstallen ingebouwd. Bij nieuwbouw wordt de stal "op poten geplaatst", zodat er een kelder boven het maaiveld ontstaat, waarin de mestbanden makkelijker gecontroleerd kunnen worden (Verdoes et al., 2014).

Tabel B4.1: Omschrijving verschillende aspecten van een mestband onder de roostervloer bij varkens en kalveren.

Aspect	Varkens	Kalveren
Mestproducten/scheiding	95% van de urine wordt gescheiden opgevangen ¹	98% van de urine wordt gescheiden opgevangen, wel nog wat organische stof in de gier fractie ²
Ammoniakemissiereductie	60 - 70% reductie ^{1,3,5}	40 - 50% reductie ⁴ tot 60 - 70% reductie ²
Broeikasgasemissies	Sterke reductie broeikasgasemissies uit mest in de stal (90%) ^{3,5} , maar emissies buiten de stal hangen af van opslag of verdere verwerking	
Luchtkwaliteit/geur in de stal	Geen mestgeur in de stal, goede luchtkwaliteit ^{1,2,3,4,5}	
Extra arbeid	Techniek onder de roosters bemoeilijkt het uitvoeren van onderhoud ^{1,2} . Verder mogelijk iets meer tijd om bij afdraaien aanwezig te zijn. Na 10 jaar dient de mestband vervangen te worden wat arbeid en kosten met zich meebrengt ¹ .	
Dierenwelzijn/dierengezondheid	Betere luchtkwaliteit in de stal waarbij verwacht wordt dat er minder longproblemen, betere voeropname en daardoor betere groei mogelijk is ^{1,3,4}	
Energiebehoeften	Stroom nodig om mestband af te draaien en de mest verder te verplaatsen ^{1,2}	

¹Hutten (2022), ²Staes (2022), ³Aarnink et al. (2007), ⁴Puente-Rodríguez et al. (2021), ⁵Aarnink et al. (2019)

Mestschuif onder de roosters

Een voordeel van dit systeem is dat de scheiding van urine en feces zorgt voor minder ammoniakemissie. Wel kunnen mestschuiven een mestfilm veroorzaken, waardoor de emissiereductie beperkt is. Dit is te voorkomen door de keldervloer te coaten en een sproeisysteem op de schuif te installeren (Van Beek, 2022). Door dit systeem zal de luchtkwaliteit in de stal verbeteren, wat een positief effect heeft op het welzijn van de varkens of kalveren en de werknemers. Dit kan mogelijk leiden tot betere groei en minder antibioticagebruik. Wanneer de mest dagelijks uit de stal wordt verwijderd, leidt dit zeker tot minder methaanemissies uit de stal.

Een nadeel van dit systeem is dat de mestschuif werkt op elektriciteit en om extra onderhoud vraagt. Door de motoren voor de mestschuif aan de buitenkant van de stal te plaatsen, kan het onderhoud onder de roosters zelf worden geminimaliseerd.

Tabel B4.2: Omschrijving verschillende aspecten van een mestschuif onder de roostervloer bij varkens en kalveren.

Aspect	Varkens	Kalveren
Mestproducten/scheiding	90% scheiding ² 1/3 ^e dikke fractie, 2/3 ^e dunne fractie ³	90 – 95% van de urine wordt gescheiden opgevangen ⁵
Ammoniakemissiereductie	40 - 50% reductie ^{1,2,6}	50% reductie ⁷
Broeikasgasemissies	85 - 90% methaanreductie uit mest ^{1,3,4}	
Luchtkwaliteit/geur in de stal	50 – 65 % geurreductie ^{1,4}	
Extra arbeid	Smeren van de motoren van de mestschuif (deze kunnen buiten de stal geplaatst worden), bijstellen van de kabelsterkte van de mestschuif ⁷ .	
Dierenwelzijn	Betere luchtkwaliteit in de stal, waardoor mogelijk dierenwelzijn verbeterd ^{1,4}	
Energiebehoeften	Stroom nodig om mestschuif te laten werken en de mest verder te verplaatsen naar een centrale opslag/opvangpunt	

¹Aarnink et al. (2019), ²Voermans (1990), ³NCM (2019), ⁴Puente-Rodríguez et al. (2021), echter wel in combinatie met urease-remmers in sproeisysteem op mestschuif of een rubberen keldervloer (in plaats van beton), ⁵(Van Beek, 2022), ⁶ Landrain et al. (2009) ⁷Cooperl (2022), ⁷InfoMil (2022), gebaseerd op emissiefactor uit 2013.

Dagelijks spoelen met verse mest

Tabel B4.3: Omschrijving verschillende aspecten van dagelijks spoelen met verse mest bij varkens.

Aspect	Varkens
Mestproducten/scheiding	Verse drijfmest
Ammoniakemissiereductie	57% bij vleesvarkens, 69% bij gespeende biggen en 51% bij kraamzeugen ²
Broeikasgasemissies	90% bij vleesvarkens, 93% bij gespeende biggen en 87% bij kraamzeugen ²
Luchtkwaliteit/geur in de stal	Alleen geurreductie bij vleesvarkens (28%) ²
Extra arbeid	Extra controle nodig op het spoelproces
Dierenwelzijn	Mogelijk verbeterd dierenwelzijn door betere luchtkwaliteit
Energiebehoeften	Enige energie van pompen en aansturing kleppen

¹Intergraalaanpakken.nl (2021), ²Booijen et al. (2023)

Een voordeel van dit systeem is dat feces en urine dagelijks uit de stal worden verwijderd, wat leidt tot minder ammoniak- en methaanemissies in de stal. Hierdoor zal de luchtkwaliteit in de stal verbeteren, wat mogelijk een positief effect heeft op het welzijn van de dieren en de werknemers. Het spoelen met verse mest werkt goed, omdat de aanwezige mest in de spoelvoestof ervoor zorgt dat de varkensmest makkelijker weggespoeld wordt in vergelijking met schoon water (Stal van de Toekomst, 2021). Een voordeel is dat geen grote investeringen vereist zijn en het in bestaande stallen ingebouwd kan worden.

Dagelijks spoelen met ammoniakarme vloeistof

Het voordeel van dit systeem is dat feces en urine dagelijks uit de stal worden verwijderd, wat leidt tot minder ammoniak- en methaanemissies in de stal. Hierdoor zal ook de luchtkwaliteit in de stal verbeteren, wat mogelijk een positief effect heeft op het welzijn van de varkens of kalveren en de werknemers. Een nadeel is dat een mestverwerkingsinstallatie op het bedrijf geïnstalleerd dient te worden voor scheiding van de dikke en dunne fractie om de ammoniakarme vloeistof te produceren. Zo'n installatie vraagt een hoge investering, onderhoud, arbeid en elektriciteit. Ook is er kans op N₂O en ammoniak emissie tijdens de productie van de ammoniakarme vloeistof, echter is nog niet bekend hoeveel dan emitteert.

Dit systeem kan eventueel ook in een kalverstal worden toegepast (Punte-Rodríguez et al. 2021). Er lopen onderzoeken naar de ammoniakreductie van dit systeem bij kalveren. Daarnaast lopen verschillende Subsidie voor innovatie en verduurzaming van stallen (SBV) trajecten naar systemen waarin de mest juist minder vaak uit de stal verwijderd wordt door een grotere laag (20 – 30 cm) ammoniakarme vloeistof in de mestput te zetten. Het stalsysteem berust op die manier niet meer op dagontmesting en zal niet aansluiten bij de mestverwaardsingsroutes uit Gollenbeek et al. (2021b).

Tabel B4.4: Omschrijving verschillende aspecten van dagelijks spoelen met ammoniakarme vloeistof bij varkens.

Aspect	Varkens
Mestproducten/scheiding	Dikke fractie
Ammoniakemissiereductie	80 – 85% reductie ^{1,2}
Broeikasgasemissies	90% methaanreductie uit mest ² , mogelijk wel extra N ₂ O emissie tijdens het verwerkingsproces.
Luchtkwaliteit/geur in de stal	60 - 65% geurreductie ^{1,2}
Extra arbeid	Het systeem vraagt veel controle; beluchten tijdens de productie van de ammoniak-arme vloeistof is een biologisch proces dat intensief gemonitord moet worden
Dierenwelzijn	Mogelijk verbeterd dierenwelzijn door betere luchtkwaliteit
Energiebehoeften	Hoge energiebehoefte vanwege de grote hoeveelheid benodigd lucht om organische stof af te breken en NH ₄ om te zetten

¹Kamplan (2022), ²Aarnink et al. (2019)

Bijlage 5 Stalsystemen melkvee

Urine-doorlatende vloeren

Een voordeel van dit systeem is dat de scheiding van urine en feces zorgt voor minder ammoniakemissies in de stal. Echter, bij opslag van urine in een kelder met een open verbinding, zal er ammoniak emissie vanuit de kelder blijven optreden. Het is mogelijk om dit systeem op een bestaande roostervloer te gebruiken, waardoor de roostervloer niet verwijderd hoeft te worden. De emissieresultaten van de urine-doorlatende tegelvloeren vielen tegen (WUR, 2021). De ammoniakemissie was in de eerste maanden zelfs hoger dan in de referentieafdeling. De belangrijkste oorzaak was dat de gier in de kelder werd opgeslagen, waardoor de ammoniakconcentratie in de kelder hoog was. Via de doorlaatbare tegels kon dit terugkomen in de stal, waardoor de ammoniakconcentratie in de stal ook steeg. Ook blijft een deel van de gier in de tegels zitten, waardoor de tegel na een urinelozing kan blijven na-emitteren. Inmiddels zijn verschillende oplossingen getest, waaronder het aanzuren van de gier in de kelder, het aanpassen van een tussenlaag in de tegel om sponswerking te verminderen en het spoelen van de tegels met aangezuurde gier. Ook wordt nog gedacht aan andere maatregelen zoals het wegzuigen van lucht uit de kelder en het gebruik van urease-remmers op de vloer. Verder kan de dichte vloer het loopgedrag van de koeien verbeteren, omdat de spleten worden afgedekt door de urine-doorlatende tegels.

Tabel B5.1: Omschrijving verschillende aspecten van urine-doorlatende vloeren bij melkvee.

Aspect	Melkvee
Mestproducten/scheiding	90% van de urine opgevangen als dunne fractie ^{1,3}
Ammoniakemissiereductie	Verbeterde tegel met aanzuren: 50% ¹ Extra spoelen van de tegel: > 50% ¹
Broeikasgasemissies	Geen reductie als de mestfracties in kelders of silo's wordt opgeslagen
Extra arbeid	Geen ²
Dierenwelzijn	Verbeterd loopgedrag
Energiebehoeften	Enige energie voor mestschuif of -robot

¹Dairy Campus (2021), ²Van Dooren (2022)

Dichte vloer

Er zijn verschillende uitvoeringen van sleuvenvloeren en vloeren met giergaten en -goten opgenomen in de Regeling Ammoniak en Veehouderij (RAV): loopstal met sleufvloer en mestschuif (RAV code: A1.5), V-vormige vloer van geprofileerde vloerelementen in combinatie met een gierafvoerbuïs en een mestschuif (RAV code: A1.18), geprofileerde vloerplaten met sterk hellende langssleuven met urineafvoergaten en hellende dwarsgroeven, aangesloten gelegd of gescheiden door mestafstorten voorzien van afdichtkleppen, met mestschuif (RAV code: A1.23), V-vormige vloer met geprofileerde rubber matten met centrale giergoot en mestschuif (RAV code: A1.26), geprofileerde rubber tegels met een dichte hellende vloer richting giergoten in combinatie met een mestschuif (RAV code: A1.31), vlakke betonnen vloerplaten voorzien van profiel met hellende groeven richting een centrale giergoot met giergaten en mestverwijdering met mestschuif (RAV code: A1.32) en vlakke vloer voorzien van rubberen sleufvloer met hellende langssleuven en geprofileerd rubber (hellende V-vorm) met groeven en nopjes tussen de langssleuven, met mestschuif (RAV code: A1.33).

Een voordeel van dit systeem is dat de scheiding van gier en feces zorgt voor minder ammoniak emissies vanuit de stal. Echter, bij opslag van gier in een kelder, zullen hoge ammoniakconcentraties in de kelder ontstaan, waardoor alsnog ammoniakemissie vanuit de kelder zal optreden. Verder kan de dichte vloer het loopgedrag van de koeien verbeteren. Dit hangt wel af van de werking van de schuif, omdat dit de vloer glad kan maken. Bij enkele varianten van dit systeem, bijvoorbeeld een rubberen sleuven vloer, is het mogelijk om deze vloer op een bestaande roostervloer te installeren, waardoor de oorspronkelijke roostervloer niet verwijderd hoeft te worden.

Tabel B5.2: Omschrijving verschillende aspecten van een dichte vloer met sleuven, giergoten en giergaten bij melkvee.

Aspect	Melkvee	
	Met gierafvoer	Snelle afvoer drijfmest
Mestproducten/scheiding	6% van de urine in dikke fractie, 77% droge stof komt in dikke fractie terecht ³	Dag of uur verse drijfmest
Ammoniakemissiereductie	25 – 54% ^{1,2,4}	Nog onbekend
Broeikasgasemissies	Nog onbekend, maar er wordt alleen reductie verwacht als mestfracties buiten de stal worden opgeslagen	Nog onbekend, maar naar verwachting zal door snelle verwijdering van de mest de broeikasgasemissie in de stal verminderen
Extra arbeid	Geen	
Dierenwelzijn	Antislip waarde (Leroux) gelijk aan roostervloer ⁴	
Energiebehoeften	Enige energie voor mestschuif of -robot	

¹InfoMil (2022), ²Huis in 't Veld et al. (2000), ³De Haan et al. (2003), ⁴Swierstra et al. (2001)

Koetoilet

Een voordeel van dit systeem is dat de directe scheiding van urine en feces zorgt voor minder ammoniak emissies vanuit de stal. Met het koetoilet ca. 1/3^e van de urine als zuivere urine worden opgevangen, waardoor de overige urine zich alsnog zal mengen met de feces die in de mestkelder terecht komt. Deze menging kan verder voorkomen worden door het koetoilet te combineren met een scheidende vloer. Verder is het nog onbekend of de koe de zenuwprikkel tijdens urineren in het koetoilet als onprettig ervaart en hoeveel onderhoud het koetoilet vraagt. Wel is de capaciteit van een krachtvoerbox met koetoilet lager dan een reguliere krachtvoerbox. Hierdoor zijn per stal meer krachtvoerboxen met koetoilet nodig. Het koetoilet zelf verbruikt niet veel extra energie (Van Dooren, 2022).

Tabel B5.3: Omschrijving verschillende aspecten van het koetoilet bij melkvee.

Aspect	Melkvee
Mestproducten/scheiding	Ca. 1/3 ^e van urine wordt opgevangen ¹ , overige urine met feces in de kelder
Ammoniakemissiereductie	30-40% reductie ²
Broeikasgasemissies	Geen invloed op methaanemissies ²
Extra arbeid	Geen ³
Dierenwelzijn	Het is onbekend of de koeien de stimulatie om te urineren als onprettig ervaren
Energiebehoeften	Iets verhoogd door meer krachtvoerboxen ³

¹WUR (2022), ²WUR (2021), ³Van Dooren (2022)

Bijlage 6 Berekening gecreëerde investeringsruimten

Tabel B6: Berekenstappen gecreëerde investeringsruimten voor de verschillende diercategorieën en stalsystemen (scenario KWIN-V).

Mestband onder de roosters	Vleesvarkens	Zeugen	Blankvlees kalveren	Rosévlees kalveren
Jaarlijkse besparingen poorttarief	€16.600	€3.400	-€6.000	€2.700
Jaarlijkse inkomsten CO2 equivalenten	€3.600	€2.000	€400	€400
Stalsysteem opbrengsten per dierplaats incl. CO2 eq.	€4	€6	-€5	€5
Stalsysteem opbrengsten per dierplaats excl. CO2 eq.	€3	€4	-€5	€5
Jaarlijkse energie kosten per dierplaats	€0,20	€0,20	€0,40	€0,40
Maximaal toelaatbare overige kosten per dierplaats (incl. CO2 eq.)	€4	€6	-€5	€5
Maximaal toelaatbare overige kosten per dierplaats (excl. CO2 eq.)	€3	€4	-€5	€4
Gecreëerde investering per dierplaats (incl. CO2 eq.)	€30	€45	-€39	€38
Gecreëerde investering per dierplaats (excl. CO2 eq.)	€24	€28	-€42	€32
Maximale totale investering (excl. CO2-eq)	€122.400	€25.100	-€50.400	€19.200
Maximale totale investering (incl. CO2-eq)	€150.400	€40.400	-€47.400	€22.500
Geschatte benodigde investering meststalo	€20.700	€16.800	€11.200	€10.100
Gecreëerde investeringsruimte stalsysteem (excl. CO2-eq)	€101.700	€8.300	-€61.700	€9.100
Gecreëerde investeringsruimte stalsysteem (incl. CO2-eq)	€129.600	€23.600	-€58.600	€12.400
Gecreëerde investeringsruimte stalsysteem per dierplaats (excl. CO2-eq)*	€20	€9	-€51	€15
Gecreëerde investeringsruimte stalsysteem per dierplaats (incl. CO2-eq)*	€26	€26	-€49	€21
Mestschuif onder de roosters	Vleesvarkens	Zeugen	Blankvlees kalveren	Rosévlees kalveren
Jaarlijkse besparingen poorttarief	€16.600	€3.400	-€6.000	€2.700
Jaarlijkse inkomsten CO2 equivalenten	€3.400	€1.800	€400	€400
Stalsysteem opbrengsten per dierplaats incl. CO2 eq.	€4	€6	-€5	€5
Stalsysteem opbrengsten per dierplaats excl. CO2 eq.	€3	€4	-€5	€5
Jaarlijkse energie kosten per dierplaats	€0,40	€1,30	€0,80	€1,40
Maximaal toelaatbare overige kosten per dierplaats (incl. CO2 eq.)	€4	€5	-€6	€4
Maximaal toelaatbare overige kosten per dierplaats (excl. CO2 eq.)	€3	€3	-€6	€3
Gecreëerde investering per dierplaats (incl. CO2 eq.)	€28	€36	-€43	€30
Gecreëerde investering per dierplaats (excl. CO2 eq.)	€23	€20	-€45	€25
Maximale totale investering (excl. CO2-eq)	€114.900	€17.700	-€54.300	€14.700
Maximale totale investering (incl. CO2-eq)	€141.200	€32.100	-€51.400	€17.900
Geschatte benodigde investering meststalo	€20.700	€16.800	€11.200	€10.100
Gecreëerde investeringsruimte stalsysteem (excl. CO2-eq)	€94.100	€800	-€65.500	€4.600
Gecreëerde investeringsruimte stalsysteem (incl. CO2-eq)	€120.500	€15.200	-€62.600	€7.800
Gecreëerde investeringsruimte stalsysteem per dierplaats (excl. CO2-eq)*	€19	€1	-€55	€8
Gecreëerde investeringsruimte stalsysteem per dierplaats (incl. CO2-eq)*	€24	€17	-€52	€13

Dagelijks spoelen met verse mest	Vleesvarkens	Zeugen	Blankvlees kalveren	Rosévleeskalveren
Jaarlijkse besparingen poorttarief	€16.600	€3.400	€6.000	€8.100
Jaarlijkse inkomsten CO2 equivalenten	€3.200	€1.700	€400	€400
Stalsysteem opbrengsten per dierplaats incl. CO2 eq.	€4	€6	€5	€14
Stalsysteem opbrengsten per dierplaats excl. CO2 eq.	€3	€4	€5	€14
Jaarlijkse energie kosten per dierplaats	€2	€9	€5	€9
Maximaal toelaatbare overige kosten per dierplaats (incl. CO2 eq.)	€2	-€3	€1	€6
Maximaal toelaatbare overige kosten per dierplaats (excl. CO2 eq.)	€1	-€5	€0	€5
Gecreëerde investering per dierplaats (incl. CO2 eq.)	€15	-€25	€4	€43
Gecreëerde investering per dierplaats (excl. CO2 eq.)	€11	-€40	€2	€38
Maximale totale investering (excl. CO2-eq)	€53.000	-€35.700	€2.000	€22.800
Maximale totale investering (incl. CO2-eq)	€77.800	-€22.200	€4.700	€25.800
Geschatte benodigde investering meststalo	€20.700	€16.800	€11.200	€10.100
Gecreëerde investeringsruimte stalsysteem (excl. CO2-eq)	€32.300	-€52.600	-€9.200	€12.700
Gecreëerde investeringsruimte stalsysteem (incl. CO2-eq)	€57.100	-€39.000	-€6.500	€15.700
Gecreëerde investeringsruimte stalsysteem per dierplaats (excl. CO2-eq)*	€6	-€58	-€8	€21
Gecreëerde investeringsruimte stalsysteem per dierplaats (incl. CO2-eq)*	€11	-€43	-€5	€26
Dagelijks spoelen met ammoniakarme vloeistof	Vleesvarkens	Zeugen	Blankvlees kalveren	Rosévleeskalveren
Jaarlijkse besparingen poorttarief	€16.600	€3.400	€6.000	€8.100
Jaarlijkse inkomsten CO2 equivalenten	€3.600	€2.000	€400	€400
Stalsysteem opbrengsten per dierplaats incl. CO2 eq.	€4	€6	€5	€14
Stalsysteem opbrengsten per dierplaats excl. CO2 eq.	€3	€4	€5	€14
Jaarlijkse energie kosten per dierplaats	€4	€19	€10	€18
Maximaal toelaatbare overige kosten per dierplaats (incl. CO2 eq.)	€0	-€13	-€5	-€4
Maximaal toelaatbare overige kosten per dierplaats (excl. CO2 eq.)	-€1	-€15	-€5	-€5
Gecreëerde investering per dierplaats (incl. CO2 eq.)	-€1	-€100	-€37	-€31
Gecreëerde investering per dierplaats (excl. CO2 eq.)	-€6	-€117	-€40	-€37
Maximale totale investering (excl. CO2-eq)	-€32.400	-€105.100	-€47.900	-€22.100
Maximale totale investering (incl. CO2-eq)	-€4.500	-€89.800	-€44.800	-€18.800
Geschatte benodigde investering meststalo	€20.700	€16.800	€11.200	€10.100
Gecreëerde investeringsruimte stalsysteem (excl. CO2-eq)	-€53.100	-€121.900	-€59.100	-€32.200
Gecreëerde investeringsruimte stalsysteem (incl. CO2-eq)	-€25.200	-€106.600	-€56.100	-€28.900
Gecreëerde investeringsruimte stalsysteem per dierplaats (excl. CO2-eq)*	-€11	-€135	-€49	-€54
Gecreëerde investeringsruimte stalsysteem per dierplaats (incl. CO2-eq)*	-€5	-€118	-€47	-€48

* Gecreëerde investeringsruimte per dierplaats is voor de verschillende bedrijfsgrootte gelijk

Bijlage 7 Gecreëerde investeringsruimten (per bedrijf en per dierplaats)

Tabel B7.1: Overzicht gecreëerde investeringsruimte (€) per diercategorie bij verschillende bedrijfsgroottes, in- of exclusief verkoop van CO₂-equivalenten.

Vleesvarkens						
Bedrijfsgrootte	5040		2500		1250	
CO ₂ -equivalenten	Excl.	Incl.	Excl.	Incl.	Excl.	Incl.
Mestbanden onder de roosters	101.700	129.619	50.446	64.295	25.223	32.147
Mestschuif onder de roosters	94.140	120.508	46.696	59.776	23.348	29.888
Dagelijks spoelen met verse mest	32.285	57.102	16.014	28.324	8.007	14.162
Dagelijks spoelen met ammoniakarme vloeistof	-53.133	-25.214	-26.356	-12.507	-13.178	-6.253
Zeugen						
Bedrijfsgrootte	900		800		400	
CO ₂ -equivalenten	Excl.	Incl.	Excl.	Incl.	Excl.	Incl.
Mestbanden onder de roosters	8.312	23.575	7.388	20.955	3.694	10.478
Mestschuif onder de roosters	826	15.240	734	13.547	367	6.774
Dagelijks spoelen met verse mest	-52.569	-39.002	-46.728	-34.668	-23.364	-17.334
Dagelijks spoelen met ammoniakarme vloeistof	-121.902	-106.639	-108.357	-94.790	-54.179	-47.395
Vleeskalveren (rosé)						
Bedrijfsgrootte	600		500		250	
CO ₂ -equivalenten	Excl.	Incl.	Excl.	Incl.	Excl.	Incl.
Mestbanden onder de roosters	9.099	12.430	7.582	10.359	3.791	5.179
Mestschuif onder de roosters	4.630	7.777	3.858	6.481	1.929	3.240
Dagelijks spoelen met verse mest	12.740	15.701	10.616	13.084	5.308	6.542
Dagelijks spoelen met ammoniakarme vloeistof	-32.188	-28.856	-26.823	-24.047	-13.412	-12.023
Vleeskalveren (blank)						
Bedrijfsgrootte	1200		900		450	
CO ₂ -equivalenten	Excl.	Incl.	Excl.	Incl.	Excl.	Incl.
Mestbanden onder de roosters	-61.658	-58.571	-46.244	-43.928	-23.122	-21.964
Mestschuif onder de roosters	-65.546	-62.630	-49.160	-46.973	-24.580	-23.486
Dagelijks spoelen met verse mest	-9.222	-6.477	-6.916	-4.858	-3.458	-2.429
Dagelijks spoelen met ammoniakarme vloeistof	-59.141	-56.054	-44.356	-42.040	-22.178	-21.020

Bijlage 8 Indicatie effect energieprijs op poorttarief centrale verwerking varkensmest

Doorgerekend scenario op basis van Gollenbeek et al. (2021a)

Centrale verwerking van vleesvarkensmest met een capaciteit van 250 kton per jaar. Verwerker (greenfield realisatie) produceert N-mineraal, K-mineraal, mestkorrels en biogas (groengas onder SDE).

Aannames/uitgangspunten

- Warmte: 31 euro/MWh, inkoop van restwarmte tegen 50% van de marktprijs.
Stroom: 96 euro/MWh.
- Berekening prijs inkoop restwarmte: tariefverhoging warmte wordt 1 op 1 doorberekend.
Dus restwarmte prijs = 50% van oorspronkelijke marktprijs + tariefwijziging marktprijs.
- N-kunstmestprijs wijzigt met hetzelfde percentage als de warmteprijs. Overige waarde van componenten in kunstmest zijn in prijs gelijk gehouden.
- Waarde eindproducten: uitgangspunt is de gehanteerde marktprijs in Gollenbeek et al. (2021a).
Aanname: wijziging van de N-kunstmestprijs leidt tot wijziging van de waarde van N-component in het eindproduct x 75%. Voorbeeld: Marktprijs N-mineraal = 14,60 per ton + 50 kgN/ton x 75% x wijziging kunstmestprijs (idem voor N-component in mestkorrels).
- SDE correctiebedrag varieert 1 op 1 mee met warmteprijs.

Resultaten

Tabel 8.1 Benodigd minimale poorttarief bij variatie van warmte- en stroomprijzen, bij aanvoer van 250 kton mest van vleesvarkensbedrijven met dagontmesting. Stroomprijs 100% = 96 euro/MWh. Warmteprijs 100% = 31 euro/MWh.

Kosten		Stroom- en warmterarif		
		100%	300%	500%
Energie	€/ton	9,51	34,75	60,00
Hulpstoffen	€/ton	1,74	1,74	1,74
Inkoop meststoffen (K2O)	€/ton	1,56	1,56	1,56
Personeel	€/ton	3,43	3,43	3,43
Onderhoud en overige bedrijfskosten	€/ton	9,04	9,04	9,04
Afschrijving en financiering	€/ton	10,61	10,61	10,61
Totaal kosten		35,89	61,13	86,38
Opbrengsten af fabriek				
Mineraal-N-product, 5%	€/ton	1,62	9,58	17,55
Mineraal K-product, 5%	€/ton	-0,07	-0,07	-0,07
Mestkorrel	€/ton	4,34	7,06	9,79
SDE++ (fase 1)	€/ton	6,11	0,00	0,00
Verkoop groengas	€/ton	3,01	9,03	15,05
Verkoop GVOs	€/ton	2,78	2,78	2,78
Totaal opbrengsten af fabriek	€/ton	17,79	28,39	45,10
Opbrengsten minus kosten	€/ton	-18	-33	-41
<i>(minimaal poorttarief)</i>				

Tabel 8.2 Benodigd minimale poorttarief bij variatie van warmte- en stroomprijzen, bij aanvoer van 250 kton mest van reguliere vleesvarkensbedrijven. Stroomprijs 100% = 96 euro/MWh. Warmteprijs 100% = 31 euro/MWh.

Kosten		Stroom- en warmtetarief		
		100%	300%	500%
Energie	€/ton	9,52	35,01	60,50
Hulpstoffen	€/ton	1,42	1,42	1,42
Inkoop meststoffen (K2O)	€/ton	1,54	1,54	1,54
Personeel	€/ton	3,51	3,51	3,51
Onderhoud en overige bedrijfskosten	€/ton	8,96	8,96	8,96
Afschrijving en financiering	€/ton	10,53	10,53	10,53
Totaal kosten		35,47	60,97	86,46
Opbrengsten af fabriek				
Mineraal-N-product, 5%	€/ton	1,15	6,85	12,55
Mineraal K-product, 5%	€/ton	-0,07	-0,07	-0,07
Mestkorrel	€/ton	4,52	7,36	10,20
SDE++ (fase 1)	€/ton	4,87	0,00	0,00
Verkoop groengas	€/ton	2,40	7,19	11,98
Verkoop GVOs	€/ton	2,21	2,21	2,21
Totaal opbrengsten af fabriek	€/ton	15,08	23,54	36,87
Opbrengsten minus kosten	€/ton	-20	-37	-50
(minimaal poorttarief)				

Toelichting

- De relatief sterkere toename van de totale energiekosten ten opzichte van de stijging van de energietarieven komt voort uit het uitgangspunt dat de inkoop van restwarmte plaatsvindt tegen 50% van de oorspronkelijke aardgasprijs en de aanname dat een toename van de aardgasprijs tot eenzelfde toename van de inkoopprijs voor restwarmte leidt. De relatieve stijging van de restwarmteprijs is dientengevolge sterker dan de stijging van de aardgasprijs. De absolute prijs voor de restwarmte blijft echter lager dan de aardgasprijs.
- De toename van de opbrengsten van het N-mineraalproduct en de mestkorrels volgen uit de toename van de N-kunstmestprijs.
- De SDE subsidie van 6,11 in eerste tabel (en 4,87 in tweede tabel) euro per ton aangevoerde mest valt weg in de situatie waarbij de energietarieven van 300% en 500% van het oorspronkelijke tarief bedragen.
- De opbrengst van groengasverkoop neemt met hetzelfde percentage toe met als de stijging van de aardgasprijs.
- De waarde van de GVO prijs is ongewijzigd gelaten bij variërende energietarieven. De GVO-prijs wordt door vraag en aanbod bepaald. Mogelijk is een indirecte invloed op de GVO prijs denkbaar als gevolg van wijziging van de verhouding tussen vraag en aanbod naar GVOs bij stijgende energiekosten.

Tabel 8.3 Benodigd minimale poorttarief bij onafhankelijke variatie van warmte- en stroomprijzen, bij aanvoer van 250 kton mest van vleesvarkensbedrijven met dagontmesting. Stroomprijs 100% = 96 euro/MWh. Warmteprijs 100% = 31 euro/MWh.

Stroomprijs	Warmteprijs								
	100%	150%	200%	250%	300%	350%	400%	450%	500%
100%	18	19	19	19	20	19	18	17	16
150%	21	22	22	23	23	22	21	20	19
200%	24	25	25	26	26	25	24	23	22
250%	28	28	29	29	30	28	27	26	25
300%	31	31	32	32	33	32	31	30	28
350%	34	35	35	35	36	35	34	33	32
400%	37	38	38	39	39	38	37	36	35
450%	40	41	41	42	42	41	40	39	38
500%	44	44	45	45	46	44	43	42	41

Tabel 8.4 Benodigd minimale poorttarief bij onafhankelijke variatie van warmte- en stroomprijzen, bij aanvoer van 250 kton mest van reguliere vleesvarkensbedrijven. Stroomprijs 100% = 96 euro/MWh. Warmteprijs 100% = 31 euro/MWh.

Stroomprijs	Warmteprijs								
	100%	150%	200%	250%	300%	350%	400%	450%	500%
100%	20	21	23	24	25	25	25	25	24
150%	24	25	26	27	28	28	28	28	28
200%	27	28	29	30	31	31	31	31	31
250%	30	31	32	33	34	34	34	34	34
300%	33	34	35	36	37	37	37	37	37
350%	36	37	38	39	41	40	40	40	40
400%	39	40	41	43	44	44	44	43	43
450%	42	44	45	46	47	47	47	47	46
500%	46	47	48	49	50	50	50	50	50

Conclusies

- Indien de warmte- en stroomprijzen beiden met 300% toenemen leidt dat tot een verhoging van het benodigde poorttarief van 18 naar 33 euro per ton mest voor het scenario met aanvoer van verse mest. (Tabel 8.1).
- Dit komt overeen met een toename van ca. 0,74 euro per ton mest voor elke 10% stijging van de energietarieven.
- Het effect van de stijging van het warmte tarief is kleiner dan het effect van de stijging van het stroomtarief. Dit komt omdat de stijging van de warmteprijzen wordt gedempt/gecompenseerd door de toename van de waarde van de bemestingsproducten en van het groengas. Dat is met de gehanteerde uitgangspunten niet het geval voor een stijging van de stroomprijs.
- Indien de warmtetarieven stijgen neemt de SDE subsidie af. Dit dempt het effect van de hogere waarde van het groengas en de stikstofhoudende eindproducten. Wanneer de subsidie volledig is weggefallen leidt de verhoging van (alleen) het warmte tarief tot een verlaging van het benodigde poorttarief als gevolg van de toegenomen inkomsten uit groengas en bemestingsproducten. Zie omslagpunt bij 300% warmtetarief in Tabel 8.3 en 8.4 bij een bepaalde stroomprijs. Echter, bij een hogere gasprijs zal ook de stroomprijs toenemen.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Livestock Research
Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 48 39 53
E info.livestockresearch@wur.nl
www.wur.nl/livestock-research

Wageningen Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

