2018-2019

Kringlooplandbouw in de varkenshouderij



Holtkuile, Tijs

For Farmers, FarmConsult

2018-2019

Kringlooplandbouw in de varkenshouderij

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

Naam; Tijs Holtkuile
Opleiding; Major Varkens- en Pluimveehouderij
Afstudeerdocent; Mevr. Zandvliet en mevr. Van Engen
Plaats; Wijhe, 22-05-2019
Opdrachtgever; For Farmers

Voorwoord

Voor u ligt de scriptie ‘Kringlooplandbouw in de varkenshouderij.’ Deze heb ik in opdracht van ForFarmers op de afdeling FarmConsult gemaakt. Dit heb ik in het kader van mijn afstudeerfase vanuit de opleiding varkens- en pluimveehouderij aan de Aeres University of Applied Sciences gedaan. Ik heb hier op het kantoor naast mijn scriptie ook mijn afstudeerstage gedaan. Voor dit onderwerp is gekozen aangezien het actueel is en bijdraagt aan visie vorming over de sector voor mijzelf. Hiermee probeer ik voor mezelf een toekomst in te beelden voor de varkenshouderij. Dit is tevens nuttige informatie voor For Farmers en zodoende kwamen ik en mijn stagebegeleider dhr. Gerrit Oosterhuis op dit onderwerp.

Ik wil mijn afstudeerdocenten mevr. Zandvliet en mevr. Van Engen danken voor het ondersteunen en begeleiden bij het schrijven van de scriptie. Ook wil dhr. Oosterhuis van FarmConsult danken voor de mogelijkheid om hier stage te lopen en dat we samen tot een geschikte, interessante en leuke afstudeeropdracht zijn gekomen. Net als de collega’s op het kantoor van FarmConsult met wie ik goed kon overleggen over bepaalde thema’s of deelvragen.

Ik wens u veel leesplezier toe.

Tijs Holtkuile

Wijhe, 22 mei 2019

Inhoud

Kringlooplandbouw in de varkenshouderij 1
Voorwoord 2
Inhoud 3
Samenvatting 5
Summary 6
1. Inleiding 7
Probleemstelling en doelstelling 10
2. Aanpak 12
3. Bestaande en toekomstige kringlopen in de varkenshouderij 14
3.1 Emissies 15
3.1.1 Ammoniak 15
3.1.2. Stikstofoxiden 16
3.1.3. Methaan 17
3.1.4. Lachgas 17
3.1.6. Fijnstof 18
3.1.7. Geur 19
3.2. Mest 19
3.3. Energie 21
3.3.1 Zonnepanelen 22
3.3.2. Mestvergisting 22
3.3.3. Windmolens 23
3.3.4. Warmtepomp 24
3.3.5. Warmtewisselaar 24
3.3.6. Houtkachel (biomassa) 24
3.4. Voer 25
3.5. Water 26
3.6. Kadavers 27
4. De belemmeringen met betrekking tot regelgeving voor de kringlooplandbouw in de varkenshouderij 29
4.1. Mineralenconcentraat 29
4.2. Diermeel 30
4.3. Insecten 30
4.4. Afval consumenten 31
5. Mogelijkheden tot het sluiten van de kringloop van mest 32
5.1 Boerderijschaal optie 1 32

5.2. Boerderijschaal optie 2 33
5.3. Boerderijschaal optie 3 34
5.4. Centrale verwerking optie 1 35
5.5. Centrale verwerking optie 2 37
5.6. Ander stalsysteem 37
6. Huisvesting en emissies van de varkenshouderij 39
6.1 Verminderen ammoniak emissie door huisvestingsaanpassing 39
6.2 Verminderen stikstofoxide, methaan en lachgas door huisvestingaanpassing 43
7. Discussie 47
8. Conclusie en aanbevelingen 49
Bibliografie 51
Bijlagen 59
1. Emissie; Ammoniak 59
2. Emissie; Methaan 59
3. Emissie; Lachgas 59
4. Energie 59
5. Water 63
6. Kadavers 64

Samenvatting

In de periode van september 2018 tot en met januari 2019 is dit literatuuronderzoek gedaan naar het sluiten van kringlopen in de varkenshouderij. Dit komt voor uit het rapport van minister Schouten waarin de landbouwvisie beschreven staat (Schouten, 2018). Bovendien is het voor Farm Consult interessant om te weten welke richting de sector op moet en kan om duurzame varkenshouderijbedrijven te kunnen adviseren.

De hoofdvraag luidt dan ook; '*Hoe kan de varkenshouderij bijdragen aan een kringlooplandbouw?*' waarbij gekeken wordt naar de kringloop in het gebied Noordwest- Europa zoals beschreven is in de landbouwvisie van minister Schouten. Aan de hand van bestaande literatuur, wetten en nationale cijfers is dit rapport gemaakt.

In de kern is een varken een kringloopdier. In het verleden zette het varken op de boerderij het eigen keukenafval en andere restproducten om tot een stuk vlees voor het boerengezin. Hier ligt ook meteen de richting waar de huidige varkenshouderij weer heen moet. Het gebruik van reststromen uit de levensmiddelenindustrie moet de basis worden van varkensvoer. Aangevuld met eventueel een klein percentage granen. Net als het gebruik van eiwit van dierlijke reststromen of insecten. De mest die vervolgens geproduceerd wordt moet zo snel mogelijk uit de afdeling gehaald worden. Om de ontwikkeling van ammoniak, lachgas en methaan te voorkomen. Het zal daarna verwerkt worden om verschillende mineralenstromen uit de mest te halen. Hierdoor kan vervolgens op landbouwgrond in Noordwest-Europa specifieker naar de behoefte van gewas en grond bemest worden.

De conclusie van het verslag is dat de varkenshouderij kan bijdragen aan kringlooplandbouw door bovenstaande resultaten toe te passen in het bedrijf. Door het varken meer te zien als afval verwerker van reststromen in vlees en bovendien een waardevolle meststof levert die voor de akkerbouw van toegevoegde waarde is kan de varkenshouderij bijdragen aan kringlooplandbouw.

Toekomstig onderzoek zal gedaan kunnen worden naar de effecten voor de periferie in de transitie naar het kringloopvarken. Of er kan een model gemaakt worden waarmee snel de financiële gevolgen inzichtelijk te maken zijn wanneer schakels circulair gemaakt worden.

Varkenshouders kunnen met dit rapport een gevoel bij kringlooplandbouw krijgen. En hierdoor betere keuzes maken met betrekking tot toekomstige bedrijfsontwikkeling. Net als dat dit rapport richting kan geven aan de visie van ondernemers op het eigen bedrijf of sector. En mogelijk biedt het kansen om een nieuw verdienmodel te maken. Voor adviseurs biedt dit rapport richting aan de toekomstige vraag van ondernemers. Hierop anticiperen met advies wat nu al aansluit op zaken die in de toekomst gevraagd worden door ondernemers (al dan niet gedwongen door overheid) geeft zowel de adviseur als ondernemer een voorsprong op de concurrentie.

Summary

In the period of September 2018 until January 2019, this desk research made about making circularity in the pig industry. This comes from the report of minister Schouten where she wrote in 'De landbouwvisie' (Schouten, 2018). In addition, it is for Farm Consult interesting to know which way the sector will go. Therefore, the company can give sustainable pig companies a good advice about investments or development.

The key question is: How can pig farming contribute to a circular agriculture? Therefore, the focus is at circularities in the region Northwest-Europe as is formulated in the agricultural vision from minister Schouten. This report is made with existing literature, laws and national figures.

In the core, a pig is a recycling animal. In the past a pig was used to make from kitchen waste and other residual products meat for the farmers family. This is at the same time the further for the pig industry in the Netherlands. The use of residual flows from the food industry must be the main ingredient in pig feed. Supplemented with a small amount of grains. Just like the use of proteins from animal waste flows or insects. The manure from the pigs need to be as fast as possible out of the stable. So it will decrease the development of ammonia, nitrous oxide and methane. After that the manure must be processed into different minerals. As a result, farmland in Northwest Europe can then be fertilized more specifically to the needs of crop and soil.

The conclusion of this report is that the pig farming can contribute to a circular agriculture. By applying the above mentioned results. The pig farmer has to see the pigs like a kind of waste processor of residual flows into meat. And a valuable fertilizer that adds value to arable farming. So the pig farm can contribute to the circular agriculture.

Further research should done to the effects for the peripheral sector in the transition to the circular pig. Or there could be made a model that shows quick the financial consequences of making the different links circular of the pig circle.

Pig farmers could get a feeling with circular agriculture after reading this report. And thereby make better choices with regard to future business development. Just like this report can give direction to the vision of entrepreneurs on their own company or sector. And maybe this brings opportunities for new business models. For advisors, this report provides direction to the future demand of entrepreneurs. To anticipate this with advice that already connects to issues that are being asked in the future by entrepreneurs (whether or not forced by the government) gives both the consultant and the entrepreneur an advantage over the competition.

1. Inleiding

Minister Carola Schouten heeft in september 2018 de landbouwvisie van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit gepubliceerd (Schouten, 2018). Hierin staat kringlooplandbouw centraal voor de agrarische sector. Mevr. Schouten herkent de krachten van de agrarische sector en voornamelijk de kracht om te vernieuwen maakt indruk. Echter staat in de landbouwvisie ook een kritische noot. De huidige manier van produceren van voedsel raakt steeds verder uit balans en is niet houdbaar. Hier moet de sector aan werken en toekomstige regelgeving zal gemaakt worden in de richting van deze landbouwvisie. Echter is de landbouwvisie op zichzelf een document welke beperkt handvaten biedt aan agrarische ondernemers. Ook For Farmers heeft baat bij een concreet rapport dat handvaten biedt om ondernemers beter te kunnen adviseren bij toekomstige investeringen, visieontwikkeling bij klanten en bij For Farmers zelf. De landbouwvisie gaat over de gehele agrarische sector, in dit rapport dat voor u ligt wordt alleen toegespitst op de varkenshouderij.

Een vernieuwde kijk naar de voedselproductie is ook nodig aangezien uit meerdere onderzoeken blijkt dat de wereldbevolking de aankomende jaren hard gaat groeien in aantallen. Verwacht wordt dat de wereld in 2030 groeit naar 8,6 miljard mensen en in 2050 rond de 9,8 miljard mensen telt. Terwijl er in 2017 7,6 miljard mensen op de wereld waren. Procentueel wordt de grootste groei in Afrika verwacht (Department of Economic and Social Affairs, 2017).

Deze bevolkingsgroei betekent een groeiende vraag naar voedsel. Door toenemende welvaart betekent dit echter ook een vraag naar ander voedsel. Vooral de bevolking in landen met hogere inkomens gaan meer dierlijke eiwitten eten (Zantinge, van Bakel, van Loon, & Ocké, 2017). Terwijl juist deze eiwitten ten opzichte van plantaardige eiwitten meer grondstoffen van de aarde vragen. Uit onderzoek van (Davis, et al., 2016) blijkt dat de gemiddelde foodprint per persoon zal moeten verbeteren. Met betrekking tot landbouw geldt het gebruik van grondstoffen, of emissies van gassen, dat deze moeten verbeteren met 65% H_2O, 85%N, 72% broeikasgassen en 97% land ten opzichte van 2009. Volgens dit onderzoek zal zowel het consumptiepatroon van mensen moeten veranderen als de manier waarop voedsel geproduceerd wordt.

Om deze reducties te verwezenlijken zijn er vanuit de wereld, Europa en Nederland doelen opgesteld. De kern van de maatregelen komen vanuit het door de VN opgestelde Akkoord van Parijs (UNFCCC, Z.D.) die in december 2016 in werking is getreden. Dit akkoord komt daarnaast terug in het ‘Gemeenschappelijke Landbouw Beleid’ (Hierna: GLB) dat nu voor de periode 2014-2020 is vastgesteld (Europese Commissie, Z.D.). De Landbouwvisie van Nederland (Schouten, 2018) is hier weer van afgeleid. In hoofdlijnen lijken deze dan ook op elkaar.

<u>EU Klimaat</u>

Voor Nederland geldt dat in 2020 16% minder broeikasgas uitgestoten moet worden ten opzichte van 1990. In 2018 moest de uitstoot nog 14% dalen om deze doelstelling te halen (Rijksoverheid, Z.D.). Er moet 14% hernieuwbare energie gebruikt worden (in 2018 was dit 15% van het energie gebruik (CBS, 2019)) en 1,5% energie bespaart moet worden per jaar. Bij een energieverbruik in 2017 van 3.157 PJ zal er in 2018 48 PJ minder energie verbruikt mogen worden. Dit staat gelijk aan het energiegebruik van alle woningen in Gelderland volgens het Klimaatplatform (Ministerie voor Infrastructuur en Waterstaat, Z.D.) in 2017. Dit heeft Nederland in het ‘2020 Klimaat en energiepakket’ afgesproken met Europa (Government of the Netherlands, 2018).

Voor 2030 heeft Europa afgesproken, in oktober 2014 (Government of the Netherlands, 2018), dat 40% van de broeikasgassen verminderd moet worden ten opzichte van 1990. Het aandeel hernieuwbare energie naar 27% te brengen en 27% van het totale energieverbruik in de EU te verminderen.

Gemeenschappelijk Landbouw Beleid

Het GLB geeft beleid vanuit Europa aan landen in Europa met betrekking tot landbouw. De huidige GLB wordt ondersteund door een strategisch plan, mede-opgesteld door het Directorate-General for Agriculture and Rural Development (Hierna: DG AGRI). Deze is gemaakt voor de periode 2016-2020 waarin enkele doelen zijn vermeld waar landen aan getoetst worden. Leidend hierin is het verdrag (Agriculture and Rural Development, 2016) betreffende de werking van de Europese Unie (VWEU) dat 5 doelen omvat:

- Verhogen van de agrarische productiviteit;
- Garanderen van een eerlijke levensstandaard in landbouwgemeenschappen;
- Stabiliseren van markten;
- Verzekeren van goederen;
- Garanderen dat goederen consumenten bereiken tegen een redelijke prijs.

Om de doelstellingen van het VWEU te halen zijn er 3 gemeenschappelijk doelen opgesteld in het GLB:

- Rendabele voedselproductie;
- Duurzaam beheer van natuurlijke hulpbronnen en klimaatactie;
- Evenwichtige territoriale ontwikkeling.

Er zijn 4 doelen vanuit de commissie president Juncker opgesteld ten behoeve van een vernieuwd Europa welke betrekking hebben op de DG AGRI. Deze zijn met verschillende prioriteiten gelabeld:

- Een nieuwe boost voor banen, groei en investeringen (prioriteit 1);
- Een verbonden digitale markt (prioriteit 2);
- Een veerkrachtige energie-unie met een toekomstgericht klimaatveranderingsbeleid (prioriteit 3);
- Een gebalanceerd en progressief handelsbeleid om globalisering te benutten (prioriteit 6).

Vooral ‘een veerkrachtige energie-unie met een toekomstgericht klimaatveranderingsbeleid’ is van toepassing op de milieuproblematiek hedendaags die de landbouw aan gaan. In het algemeen wordt met dit doel getracht de emissie van broeikasgassen tegen te gaan. Om te kunnen meten of er verbetering plaats vindt wordt onderzocht wat de netto emissie van broeikasgassen vanuit de agrarische sector is. Wat de nitraat waarden in vers water is.

Voor de landbouw is het klimaatberaad voorgesteld door de commissie Klimaatberaad van dhr. Nijpels (2018). Hierin staat dat er 3,5 Mton CO_2-equivalenten (3,5 miljard kilogram) gereduceerd moet worden. In 2017 was de totale uitstoot van broeikasgassen in Nederland 319 miljard kilogram CO_2- equivalenten en de landbouw was verantwoordelijk voor 8,9 miljard kilogram CO_2-equivalenten (CBS, 2018). Dit betekent een reductie van 40% (zoals afgesproken is voor 2030 in Europa). Voor de veehouderij geldt dat er 1 Mton CO_2-equivalenten gereduceerd dient te worden op het gebied van methaan en Slimmer Landgebruik (Nijpels, 2018). De ambitie is om tot 3,3 Mton CO_2-equivalent te reduceren. Waarbij de varkenshouderij concreet 0,3 Mton kan bijdragen door warme sanering

(opkoop varkensrechten) en stalaanpassingen. Bovendien is de ambitie dat er 0,2 Mton lachgas gereduceerd wordt. Varkenshouders met landbouwgrond kunnen bijdragen door 'Slimmer Landgebruik'. Dit betekent dat landbouwgrond langer 'groen' gehouden dient te worden (door eerder inzaai van vanggewassen). En een gebruik wat aansluit bij de natuurlijke karakteristieken en processen welke een duurzame benutting van mineralen en organisch materiaal waarborgt. De overheid is zich ervan bewust dat de kennisbasis met betrekking tot het thema 'Slimmer Landgebruik' nog zeer beperkt is en weinig wetenschappelijk onderbouwd.

Ook staat in het voorstel voor het klimaatberaad van dhr. Nijpels dat het de ambitie is om energie te besparen en er meer hernieuwbare energie dient opgewekt te worden. Reductie van broeikasgasemissie door landbouwvoertuigen en reductie kunstmestinzet geproduceerd met fossiele brandstoffen zijn andere ambities. En tot slot het verminderen van de import van palmpitten en soja.

Landbouwvisie

In 2005 is er door toenmalig minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit dr. Cees P. Veerman een landbouwvisie uitgegeven (Veerman, 2005). Er werd hier al vermeld dat er kansen zijn voor een duurzame landbouwsector. De vraag naar vers kwaliteitsproduct. De exportmogelijkheden van minder courante delen van varkens naar markten waar hier juist vraag naar is. Een goede geografische ligging voor de invoer en uitvoer van producten. En de omvangrijke voedingsmiddelenindustrie met bruikbare bijproducten. Ook werd in deze visie al gesproken over een omschakeling van de sector van een kostprijs leider naar een meer toegevoegde waarde sector. Mede door de strengere milieueisen die er toen kwamen, verliest de varkenshouderij in Nederland langzaam de voorsprong met betrekking tot een lage kostprijs. Vooral de investeringen in maatregelen om de ammoniakemissie te verlagen zijn kostprijsverhogend. Net als de hoge mestafzetkosten.

Ook de landbouwvisie van 2018 (Schouten, 2018) benadrukt dat ondanks hogere milieukosten (mest en ammoniakemissie) de agrarische sector nog steeds uitmuntend is in de kostprijs zien te verlagen en de productie te verhogen. Echter moeten er voor een duurzame sector ook hier progressie geboekt worden ten aanzien van milieu. Er zal onder meer 3,5 megaton CO_2- equivalenten gereduceerd moeten worden naar 2030 toe. Een zorgvuldiger gebruik van grondstoffen, hulpbronnen en de natuurlijke omgeving. Een einde aan de verspilling bij verschillende schakels in de voedselketen. Een goed inkomen voor de agrariër. De bewustwording bij consumenten waar producten vandaan komen en hoe deze geproduceerd worden. En natuur en landbouw moeten weer dichter bij elkaar komen te staan en elkaar versterken waar mogelijk. Dit kan onder andere door de kringlopen van de sectoren weer te sluiten. Waardoor er geen externe bronnen aangewend hoeven worden. En de natuur beter in evenwicht kan blijven.

Kringlooplandbouw voor de varkenshouderij

In een paper gemaakt door het LEI Wageningen UR (Smits & Linderhof, 2014) is inzichtelijk gemaakt welke bestaande concrete voorbeelden er zijn. Er komen verschillende mogelijkheden uit voort waaronder kringlopen gericht op zowel plantaardige als dierlijke eiwitten. Bij de kringlopen in beide eiwitproducties wordt onderscheid gemaakt tussen interne en externe kringloop.

Interne kringlopen zijn verder uitgewerkt in de paper van Smits en Linderhof (2014). De voornaamste focus ligt doorgaans op fysieke reststromen. Hierbij kan mest hergebruikt worden. Door grond te

bemesten kan er weer veevoer van gemaakt worden. Of zoals bij het onderzoek waar er eendenkroos gebruikt wordt, dat veel N en P opneemt en uiteindelijk een eiwitrijk product oplevert waar weer goed dierlijke eiwit van gemaakt kan worden.

Verder worden kadavers in Nederland verwerkt door destructiebedrijven. Echter mag dit dierlijke eiwit dat van de kadavers gewonnen wordt nog niet hergebruikt worden in veevoeding. Dit in verband met de BSE-epidemie die van 1986 tot 1996 geheerst heeft in Europa. (LNV Consumentenplatform, 2005)

Een andere minder zichtbare reststroom is warmte dat doorgaans uit het gebouw geventileerd wordt. Dit kan opgevangen worden door een warmtewisselaar of warmte- en koudeopslag (WKO) in de bodem (Ellen, Jansen, Smit, & Vermeij, 2014). Hiermee kan rond de 50% van de verwarmingskosten bespaard worden (bij zeugenhouders).

Echter zijn met name de emissies van gassen een lastig thema omdat dit ook niet gelijk geld of toegevoegde waarde brengen op de varkenshouderij. Deze echter niet onbelangrijk en schadelijk voor het milieu. Door de overheid worden deze gassen(emissies) gebruikt om de landbouw te verduurzamen. Hierbij geldt de CO_2-equivalent als indicatie voor de schadelijkheid van deze emissie. De verschillende emissies die de landbouw op dit moment kent zijn ammoniak (NH_3), stikstofoxide (NO), lachgas (N_2O), methaan (CH_4) en fijnstof (PM_{10} en $PM_{2,5}$) (Van Bruggen, et al., 2018).

Probleemstelling en doelstelling

Uit de verschillende visies en beleidsdocumenten blijkt dat kringlooplandbouw een belangrijke rol moet gaan innemen in de bedrijfsvoering van landbouwbedrijven. Hier wordt op gestuurd door de Nederlandse regelgeving in deze richting in te kleden. Een goed voorbeeld is bijvoorbeeld het feit dat in 2019 alle ondernemers met een energieverbruik van boven de 50.000 kWh elektriciteit of 25.000 m^3 energiebesparende maatregelen moet gaan nemen zoals vastgelegd is in het Activiteitenbesluit milieubeheer (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, Z.D.). Echter doen agrarische ondernemers in de regel investeringen in gebouwen voor een periode van 15 tot 20 jaar. Grond heeft een nog veel langere periode die invloed hebben op de financiële staat van een bedrijf. Ondernemers willen echter wel de zekerheid, of een zekere mate van zekerheid, dat deze investering terugverdiend kunnen worden. Daarom moet er een duidelijke richting geboden worden door de overheid om deze investeringen te doen. Door de landbouwvisie, klimaatakkoord etc. ligt hier nu beleid. Voor ondernemers is er nu de mogelijkheid hier rekening mee te houden bij investeringen.

Voor dit onderzoek is de volgende hoofdvraag geformuleerd:

Hoe kan een varkenshouder bijdragen aan een kringlooplandbouw?

Om antwoord op de hoofdvraag te kunnen geven zijn de volgende deelvragen geformuleerd:

- *Welke kringlopen worden er in de varkenshouderij gemaakt en welke dienen er nog gemaakt te worden?*
- *Waar zitten belemmeringen met betrekking tot regelgeving voor kringlooplandbouw in de varkenshouderij?*
- *Wat zijn de mogelijkheden tot het sluiten van de kringloop voor mest?*
- *Hoe kan huisvesting bijdragen aan het verminderen van emissies in de varkenshouderij?*

Na het lezen van dit rapport over circulair denken binnen de landbouw kunnen varkenshouders gericht investeringen in gebouwen en of machines/installaties doen, rekening houdend met

aankomend beleid. Het rapport biedt handvatten aan ondernemers, maar ook aan adviseurs, die advies geven over bedrijfsontwikkeling. Er worden verschillende mogelijkheden geboden waar ondernemers uit kunnen kiezen om verschillende kringlopen te kunnen sluiten.

Hoofdstuk 1 geeft inzicht in bestaande kringlopen en emissies voor de varkenshouderij. In hoofdstuk 2 komen de belemmeringen aan bod die kringlopen tegen houden. Vervolgens is in hoofdstuk 3 de mogelijkheden voor het sluiten/ verbeteren van de mest kringloop. En in hoofdstuk 4 zijn de resultaten weergegeven met betrekking tot de deelvraag hoe huisvesting kan bijdragen in de kringlooplandbouw voor de varkenshouderij. In de discussie komen de onzekerheden met betrekking tot de resultaten aan bod. Waarna in hoofdstuk 6 de hoofdvraag en deelvragen beantwoord zijn in de conclusie.

2. Aanpak

Om te onderzoeken hoe de Nederlandse varkenshouderij kan bijdragen aan kringlooplandbouw is literatuuronderzoek gedaan. Hieruit zijn verschillende voorbeelden gekomen die ondernemers kunnen toepassen voor de ontwikkeling van het bedrijf naar een kringloopbedrijf.

Welke kringlopen in de varkenshouderij worden er gemaakt en welke dienen er nog gemaakt te worden?

In deze deelvraag blijkt waar de varkenshouderij op dit moment staat met betrekking tot kringlooplandbouw en waar deze uiteindelijk naar toe moet. Met gebruik van verschillende voorbeelden zijn er voor de verschillende type bedrijven mogelijkheden bedacht om het varkensbedrijf circulair te maken.

Zoektermen;
Kringlooplandbouw, emissie, ammoniak, stikstofoxide, methaan, lachgas, fijnstof, fijnstof varkens, ontstaan fijnstof varkens, geur, geuremissie, mest, mestverwerking, mestverwerking centraal, mestfabriek, mest scheiden, mestvergisting, circulaire landbouw, Bemesting in Duitsland, mestproductie Duitsland, Gebruiksruimte Duitsland, verwarmen met elektriciteit of gas co2, kWh naar MJ, zonnepanelen, rendement zonnepanelen, rendement covergister, rendement monovergister, mono vergisting, windmolens, windmolen 1 MW, voerrantsoen varkens, bijproducten brijvoer, hoeveelheid bijproducten per jaar, kringloop varkensvoer, water varkensvlees, watergebruik varkens, gemiddeld elektriciteitsverbruik per huishouden, Rendac, kadavers verplicht naar Rendac, verbod gebruik diermeel, insecten, gebruik insecten varkensvoeding,

Engelse zoektermen;
Circular agriculture, emission, phosphorus production, pigs ammonia, pig manure, insects in animal feed, Black Soldier Fly,

Duitse zoektermen; ·Dungproduktion Deutschland, Phosphatraum Deutschland, Nutzung raummist Deutschland

Waar zitten belemmeringen met betrekking tot regelgeving voor kringlooplandbouw in de varkenshouderij?

Om ondernemers handvaten te bieden met betrekking tot toekomstige investeringen die bij moeten dragen aan het sluiten van kringlopen is er naar beleid gekeken. Zowel vanuit Europa, Nederland en ook provinciaal/ regionaal en gemeentelijk. Er is kwalitatief onderzoek gedaan waarbij er een beleidsanalyse gedaan is. Dit is zowel uit publicaties van overheidsinstanties gehaald als ook door naar verschillende projecten te kijken die nu lopen en bij moeten dragen aan kringlooplandbouw.

Zoektermen;
·*Mestverwerking*, Landbouwvisie, Gemeenschappelijk landbouwbeleid, circulaire landbouw, ammoniak, mineralenconcentraat, nitraatrichtlijn, lozingenbesluit, diermeel in veevoer wet, Kadavers, diermeel in veevoer, vismeel in varkensvoer, insecten in diervoeding, keuken afval, swill aan varkens voeren, BSE uitbraak

Engelse zoektermen;
Swill in feed production, Swill in feed for pigs, Swill

Wat zijn de mogelijkheden tot het sluiten van de kringloop voor mest?

Deze deelvraag zal door literatuurstudie en publicaties van de overheid worden beantwoord.

Zoektermen;
Mestverwaarding, mestverwerking, mestvergisting, mestverwerker, kringloop mest, drijfmest verwerken, dikke fractie mest, dunne fractie mest, mineralenconcentraat, water mestverwerking hergebruiken,

Engelse zoekterm;
circularity manure

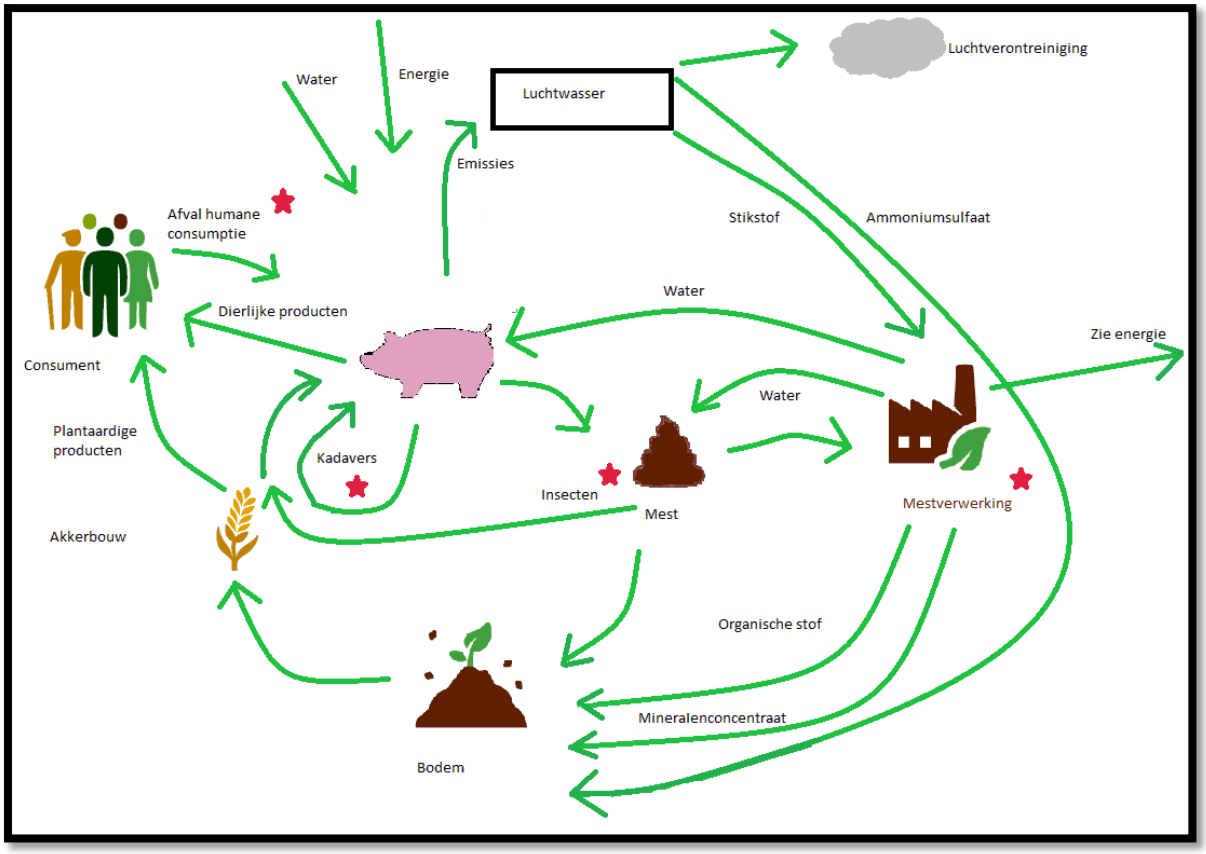
Hoe kan huisvesting bijdragen aan het verminderen van emissies in de varkenshouderij?

Ook deze deelvraag is beantwoord met een kwalitatief onderzoek. Waarbij er op de afdeling bij FarmConsult met collega's gekeken is naar toekomstige stalsystemen. En systemen die de collega's kennen die in ontwikkeling zijn en in ontwikkeling zijn. Door middel van literatuuronderzoek is er gekeken naar mogelijkheden. En er is gekeken naar lopende projecten welke emissie bij de bron aanpakken.

Zoektermen;
Emissiearme huisvesting varkenshouderij, bronaanpak emissie, alternatief luchtwasser, ammoniak reducerende maatregelen, RAV emissie, Spuiwater verzurend, Varkenstoillet, Mestpannen, Kempfarm stalsysteem, bronaanpak varkens, ureaseremmer

3. Bestaande en toekomstige kringlopen in de varkenshouderij

Bij dit hoofdstuk wordt de deelvraag; 'Welke kringlopen worden er in de varkenshouderij gemaakt en welke dienen er nog gemaakt te worden?' behandeld. Voor de definitie van kringlooplandbouw is gekeken naar de uitleg in de landbouwvisie (Schouten, 2018). Hierin staat beschreven dat kringlooplandbouw betekent dat er zuinig gebruik gemaakt moet worden van hulpstoffen. Door het voortdurend verlagen van het verbruik van grondstoffen. Bovendien moeten akkerbouw, veehouderij en tuinbouw elkaars grondstoffen gebruiken en reststromen uit de voedingsmiddelenindustrie en de voedingsketen inzetten. Alle stromen zullen dus uiteindelijk moeten resulteren in een kringloop. Zoals hieronder te zien is zal dit moeten leiden tot een volledige circulaire landbouw. En een zo hoog mogelijke reductie van emissies.



Figuur 1 Circulaire landbouw (eigen illustratie)

Uit Figuur 1 blijkt dat de kern van de varkenshouderij bestaat uit varkenshouderij – mest – bodem – akkerbouw kringloop staat. Dit is het huidige landbouwsysteem. Waarbij er verschillende schakels al worden toegepast in de kringloop. Een aantal moeten nog gemaakt of versterkt worden. Omdat de varkenshouderij op die manier in zijn totaliteit circulair wordt. Wat volgens de overheid de toekomst is voor de varkenshouderij (Schouten, 2018). De schakels worden behandeld in de volgende paragrafen. Waarbij enkele punten zijn aangegeven met een ★. Deze kennen nog belemmeringen met betrekking tot regelgeving (zie hoofdstuk 4). Voor het gebied waarin de kringloop gemaakt kan en moet worden is het oude Europese Gemeenschap voor Kolen en Staal (EGKS) genomen zoals deze bij oprichting is gemaakt (zie figuur 2). Waarbij Italië buiten het gebied Noordwest Europa valt en heel Duitsland is genomen

als kringloopgebied. Dit ziet mevr. Schouten als de regio waarbinnen de kringloop gesloten moet worden. (EGKS, Z.D.)



Figuur 2 Noordwest Europa (EGKS, eigen illustratie)

3.1 Emissies

Uit het overzicht van de varkenshouderij Figuur 1 blijken er verschillende emissies naar het milieu (bodem en lucht) plaats te vinden. Deze dienen zo veel mogelijk beperkt te worden. Aangezien deze direct of indirect invloed hebben op het milieu en of de naaste omgeving. De belangrijkste emissies zijn hieronder beschreven en uitgewerkt. Bovendien heeft Nederland de opdracht gekregen om 40% broeikasgassen te reduceren ten opzichte van 1990 (Government of the Netherlands, 2018). Dit zal betekenen dat ook de varkenshouderij zal moeten reduceren. Om de wereld te kunnen blijven voeden moet volgens (Davis, et al., 2016) zelfs 72% van de broeikasgassen gereduceerd worden ten aanzien van 2009.

3.1.1 Ammoniak

Een belangrijke emissie is ammoniak. Vooral de veehouderij heeft nog een aanzienlijke uitstoot van 110,0 miljoen kg NH_3. Dit is 86% van de totale ammoniak (NH_3) emissie in Nederland (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, 2018). Hierin vertegenwoordigt de varkenshouderij in totaal 18,6 miljoen kg NH_3. Waarvan;

- 12,6 miljoen kg NH_3 uit stal en opslag;
- 6 miljoen kg NH_3 uit mesttoediening;
- 1,4 miljoen kg NH_3 uit spuiwater/ kunstmest gebruik

Dit wordt uiteindelijk geproduceerd door 12.478.594 varkens in 2016 (Van Bruggen, et al., 2018). Per varken betekent dit een emissie van:

- 1,01 kg NH_3 per varken uit de stal;
- 0,48 kg NH_3 per varken uit mesttoediening;
- 0,11 kg NH_3 per varken uit spuiwater/kunstmest.

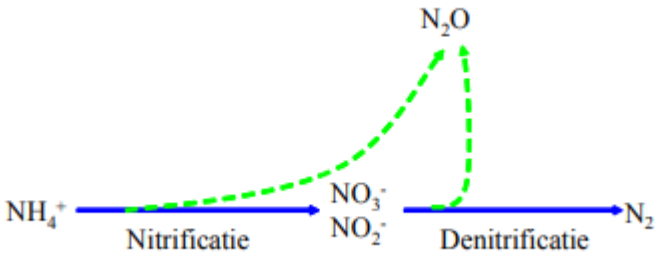
Eén Nederlands varken emitteerde dus gemiddeld in 2018 ongeveer 1,6027 kg NH_3. Aangezien 25% van de fokzeugen stallen en 22,3% van de vleesvarkensstallen nog geen emissiebeperkende maatregelen hebben getroffen zal de ammoniakemissie in 2020 nog hard dalen. Omdat op dat moment het gedoogbeleid voor stoppende bedrijven afloopt. Bedrijven die het bedrijf voort willen zetten moeten al emissie beperkende maatregelen getroffen hebben (Rijkswaterstaat, Z.D.). Lastig is om te bepalen hoeveel hierdoor de ammoniak daalt aangezien het mogelijk is dat bedrijven alsnog emissiebeperkende maatregelen nemen. En er zijn verschillende keuzes mogelijk met verschillende reducerende effecten. Uit de RAV lijst van de overheid zijn er 2 type reductiemogelijkheden te herleiden. Namelijk de bronaanpak waarbij ammoniak in de put/hok aangepakt wordt. En het plaatsen van luchtwassers die de 'vuile' lucht wassen (de zogenaamde end-of-pipe oplossingen).

De mogelijkheden die er zijn om ammoniak aan te pakken komen terug in hoofdstuk 6 van de scriptie. Hier wordt de deelvraag 'Hoe kan huisvesting bijdragen aan het verminderen van emissies in de varkenshouderij?' uitgewerkt waarbij ammoniak een belangrijk onderwerp is. 6

3.1.2. Stikstofoxiden

Bij het houden van dieren komen ook stikstofoxiden vrij (een verzamelnaam voor onder andere NO, NO_2 en NO_3) aldus (Van Bruggen, et al., 2018). Dit zorgt mede ook voor zure regen en afbraak van de ozonlaag. In 2017 droeg de landbouw voor 41,1 mln. kg aan NO_x bij (CBS, 2018). Dit is 11,9% van de totale Nederlandse uitstoot. Uit cijfers van (Van Bruggen, et al., 2018) blijkt echter dat de emissie van stikstofoxiden slechts 22,8 mln. kg per jaar is. Stikstofoxiden ontstaan door (de)nitrificatie waarbij zuurstof uit de lucht in de mest en urine komt. Hierdoor wordt de mest en urine gedeeltelijk aeroob. Nitrificerende bacteriën zetten dan ammoniumstikstof om in nitriet en nitraat (NO_2 en NO_3) waarna denitrificerende bacteriën dit om kunnen zetten in onder andere N_2. Dit proces komt voornamelijk voor bij vaste en strooiselrijke mest in stallen en mestopslagen. Bovendien is dit ook de kern van de stikstofkringloop. Echter gebeuren deze processen dan onder de grond en kan nitraat opgenomen worden door de plant. (Oenema, et al., 2000)

In Figuur 3 is het ontstaan van stikstofoxiden weergegeven. Ook is hier het ontstaan van lachgas (N_2O) weergegeven.



Figuur 3 Omzetting van ammoniak in lachgas en stikstof (eigen illustratie)

Deze emissie kan verminderd worden door mest meteen te scheiden van elkaar. En er voor te zorgen dat stromest verwerkt wordt. Zodat dit proces niet kan ontstaan. Of deze stikstofverbindingen moeten opgevangen worden door mogelijk een luchtwasser achter de opslag.

3.1.3. Methaan

In 2015 emitteerde de varkenshouderij 101,3 miljoen kg methaan volgens (Van Bruggen, et al.). Hiervan was 18,4 miljoen kg methaan uit fermentatie en 82,9 miljoen kg methaan uit stallen/ mestopslag. Per dier stoot een varken dan gemiddeld uit fermentatie 1,5 kg methaan en 6,6 kg methaan uit opslag uit. In een studie van (Kebreab, Clark, Wagner- Riddle, & France, 2006) blijkt dat de emissie van methaan bij varkens uit fermentatie 1,5 kg per dier is. Uit mest is de emissie tussen de 10 en 10,4 kg methaan per dier. Het grootste verschil lijkt bij de opslag te zitten in het feit dat de mest in het onderzoek in Canada opgeslagen wordt in veelal mestbassins naast de stallen. Waarbij deze boven de grond geplaatst zijn waardoor de gemiddelde temperatuur van de mest hoger is dan wanneer de mest onder de grond (onder de stal) wordt opgeslagen. Doordat de concentratie van methaan erg laag is lijkt het niet rendabel om de methaan af te vangen of af te fakkelen blijkt uit onderzoek van (Mosquera, Groenestein, Timmerman, Aarnink, & Winkel, 2013).

De uitstoot van methaan kan ook uitgedrukt worden in CO_2-equivalenten. Omgerekend is 1 gram methaan gelijk aan 25 gram CO_2 (Rijksoverheid). De varkenshouderij draagt dus voor 2.532,5 miljoen kg CO_2 bij door uitstoot van methaan. Per varken betekent dit een CO_2-uitstoot aan methaan van 202,95 kg. Methaan wordt gevormd door afbraak van organische stof onder anaerobe omstandigheden. Het grootste gedeelte wordt zoals hierboven vermeld geproduceerd door opslag van mest. (Mosquera, Groenestein, Timmerman, Aarnink, & Winkel, 2013)

Door mest niet lang in opslag te bewaren maar te bewerken of in een aerobe omstandigheden te bewaren. Kan voorkomen worden dat er methaan ontstaat. Hierdoor kan de methaan emissie gereduceerd worden.

3.1.4. Lachgas

Lachgas (N_2O) wordt door de varkenshouderij uitgestoten bij voornamelijk de toediening van dierlijke mest. De totale productie van de Nederlandse landbouw lag in 2016 op 21,1 mln. kg N_2O per jaar (Van Bruggen, et al., 2018) . De varkenshouderij is hier niet in gespecificeerd. Uitgaande van het rapport van *Emissies naar lucht uit de landbouw in 2016* (Van Bruggen, et al., 2018) wordt met een emissiefactor voor N_2O van 0,2 % van de N-excretie gerekend. Deze ligt voor vleesvarkens op 11,6 kg N per dier per jaar. Dit betekent een excretie per vleesvarken van lachgas van 0,00232 kg per vleesvarken. Zeugen hebben een excretie per zeug van 29,7 kg N per dier per jaar. Dit betekent een excretie per zeug van lachgas van 0,00594 kg. Dit is lachgas ontstaan uit stallen.

Ook voor lachgas geldt een CO_2-equivalent. Dit is volgens de (Rijksoverheid, Z.D.) vastgesteld op 298 kg CO_2 per kg lachgas. Per vleesvarken is dit 0,69 kg CO_2. Voor de zeugen is dit 1,77 kg CO_2. (zie voor de berekening paragraaf Bijlage 3)

De vorming van lachgas ontstaat door directe emissie uit de bodem na het toedienen van meststoffen (zowel dierlijk- als kunstmest) bedraagt 51%. Indirecte bodememissies veroorzaken 33% en mestmanagement en mestproductie in de weide vertegenwoordigen 16% van de emissie. Lachgas wordt vooral geproduceerd zoals in figuur 3 afgebeeld is. Ammoniak wordt onder zuurstofrijke omstandigheden omgezet in nitraat/ nitriet(NO_3/NO_2). Bij denitrificatie wordt

de nitraat/nitriet onder zuurstofarme omstandigheden omgezet in N_2. Wanneer deze processen echter suboptimaal verlopen ontstaat er N_2O (zie Figuur 3).

Om lachgas te voorkomen zal de mest snel verwerkt moeten worden. Of onder zuurstofarme omstandigheden bewaard worden zodat er geen lachgas kan ontstaan.

3.1.6. Fijnstof

De landbouw stoot ook fijnstof uit. Alhoewel dit geen schakel is wat binnen een kringloop past (kan niet hergebruikt worden) dient dit wel zo ver mogelijk gereduceerd te worden om geen negatieve effect op de omgeving te hebben. In Nederland is de landbouw verantwoordelijk voor 23% van de totale uitstoot (Rijkswaterstaat, Z.D.). Fijnstof is een verzamelnaam voor veel verschillende stoffen. Deze worden ingedeeld naar lengte/ diameter van het stof. Deze worden Particulate Matter (PM) genoemd. Fijnstof kan ontstaan door bodemstof, zeezout en van antropogene (door menselijk handelen veroorzaakt stof) emissies afkomstige bestanddelen (Milieu en Natuur Planbureau, 2005). Voor de landbouw en varkenshouderij geldt vooral de antropogeen bron. Deze ontstaan uit zwaveldioxide (SO_2), stikstofoxiden (NO_x) en ammoniak (NH_3). Ook stoffen van huid-, mest-, voer- en strooiseldeeltjes die door de ventilatielucht in de atmosfeer geëmitteerd worden gelden als fijnstof. Fijnstof kent bij bronaanpak niet één systeem welke voorziet in alle bronnen. Aangezien de deeltjes zoals hierboven beschreven ontstaan uit verschillende bronnen in de stal.

Voor de bron

Mestdeeltjes kunnen voorkomen worden door mest meteen uit de stal te verwijderen en daarna in een afgesloten ruimte te bewaren. Voerdeeltjes kunnen gereduceerd worden met 10-20% stof door brij voer te verstrekken (Fijnstof: De Bron, 2014). Bij droogvoer zou de voerlijn zo kort mogelijk en met zo min mogelijk bochten uitgevoerd dienen te worden. En zou in de weeg/mengunit een afzuiginstallatie geplaatst kunnen worden aan de rand van de installatie. De hardheid van de brok heeft een directe positieve correlatie met de hoeveelheid fijnstof. Ook zorgt vet op de korrel spuiten ervoor dat er minder fijnstof vrijkomt.

Huidschilfers en dergelijke kunnen worden verminderd door gezonde varkens met weinig haargroei te houden. Door olie op de varkens te vernevelen wordt het fijnstof uit de lucht gevangen en blijft het aan het varken plakken of aan de hokafscheiding. Ook zou door afzuiging via de roosters naar de put fijnstof uit ventilatielucht gereduceerd worden. Echter zijn hier nog geen concrete cijfers van.

Met betrekking tot mest zijn er ook enkele maatregelen te nemen. Onder meer zorgen voor een schone stal met weinig vervuiling van de dichte vloer. Opgedroogde mest zorgt voor meer fijnstof. Goede mestdoorlaat (metaalroosters zijn beter dan betonroosters), ondiepe putten met riolering of dubbelle putten dragen bij aan verminderde fijnstof ontwikkeling. Mest moet dun genoeg zijn waardoor het gemakkelijk door de roosters kan vallen. (Fijnstof: De Bron, 2014)

Na de bron

Fijnstof kan ook na de bron gereduceerd worden. Alhoewel dit voor de dieren en dierverzorger weinig (minder) voordeel heeft zorgt dit wel voor een verlaging van de depositie op de omgeving. In combinatie met een bronaanpak kan dit veel stof verwijderen. Er zijn verschillende systemen bedacht of in ontwikkeling (Fijnstof: De Bron, 2014):

- Ionisatie van stof. Hierbij wordt elektrische lading in de lucht gebracht. Dit bindt aan stof en daardoor krijgt stof een negatieve lading. Alle objecten in de stal welke geaard zijn dienen dan als collectoroppervlak waar het stof aan gaat hechten;
- Radiant Catalytic Ionizing (RCI) systeem. Dit system bestaat uit een hangende kast waar verse lucht wordt ingezogen. De lucht wordt in deze kast behandeld door inductielampen welke foto katalytische oxidatiereacties veroorzaken. Hierdoor worden er vrije radicalen gevormd zoals ozon. De stofdeeltjes worden hieraan gehecht waardoor het grotere, zwaarder deeltjes worden en afzakken naar de vloer en uiteindelijk naar de put.;
- ENS positieve ionisatie. Het systeem werkte hetzelfde als het eerste systeem. Echter krijgt het stof een positieve lading en worden deze gecollecteerd door geaarde counterelektroden. Voordeel van dit systeem is dat het weinig energie vraagt en het vangt waterdamp met gassen op (ammoniak en dergelijke). De reductie van fijnstof is ca 62%;
- Olienippels. Dit is een staaf met een olievaatje erbovenop. Wanneer een varken hiertegen aan schuurt komt er wat olie vrij en dit komt weer op het varken. Alles wat het varken daarna aanraakt krijgt een olielaagje. Dit olielaagje vangt fijnstof uit de lucht. Uit onderzoeken komen reductie van 41% tot 63%;
- Recirculatie met ionisatie. Hierbij wordt behandelde lucht de afdeling in geblazen en 'vuile' lucht aangevoerd en gewassen. Dit geeft een reductie tussen de 3,4% en 28%;
- Watermistsysteem. Dit is een systeem waarbij een fijne nevel in de afdeling wordt geblazen. Het fijnstof wordt hierbij gebonden en daalt op de vloer;
- Luchtwassysteem. Een luchtwasser aan het eind van het ventilatiesysteem reduceert tot 80% van het stof (Rijkswaterstaat, Z.D.).

In de hoofdstuk 6 wordt er verder ingegaan op toepassingen in huisvesting.

3.1.7. Geur

De emissie van geur is en wordt een steeds belangrijkere emissie waar rekening mee gehouden moet worden. Dit om geen overlast voor de omgeving te zijn. En een 'license to operate' veilig te stellen in de omgeving. Geur wordt uitgedrukt in Europese odeur units (ou_E). 1 ou_E betekent dat de helft van de mensen een geur waarnemen in de lucht die anders is dan geurvrije lucht. Een varken in een niet emissiearme stal produceert 23 ou_E blijkt uit de RAV code (Rijkswaterstaat, Z.D.). Voor varkens geldt dat een toename van dieren automatisch betekent dat er meer ou_E geëmitteerd wordt. (Winkel, Ellen, Aarnink, & Ogink, 2018)

Bestaande maatregelen zijn gelijk aan die voor het reduceren van ammoniak. Er wordt hier onderzoek naar gedaan omdat de emissiedruk op nabije omgeving te hoog kan zijn. Door fijnstof te verminderen wordt al een gedeelte van de geur verminderd aangezien dit als geurdrager dient (Varkensloket , 2018).

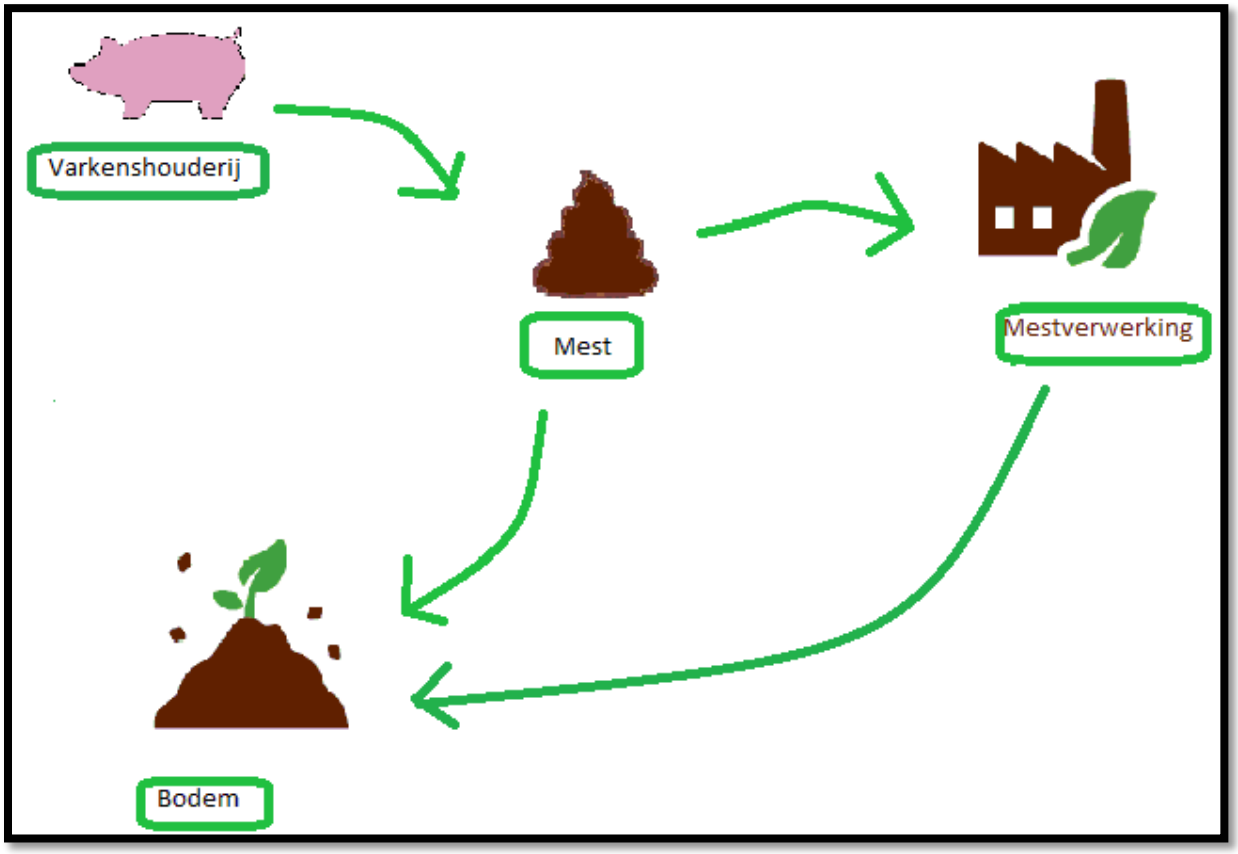
3.2. Mest

Ook voor mest, en dan vooral mineralen in de mest, geldt dat hier zuiniger meer omgegaan moet worden. De gemiddelde voetprint voor het gebruik van N op het land moet volgens (Davis, et al., 2016) met 85% verminderd worden.

Mest was van oudsher een product welke gemaakt werd speciaal voor de akkerbouw. Vooral om de zandgronden vruchtbaarder te maken zodat deze boeren ook een gezond inkomen konden verdienen (Bauwens, de Groot, & Poppe, 1990). De intensivering van de varkenshouderij is dankzij het Marshallplan van na de Tweede Wereldoorlog in een stroomvaart geraakt. Echter is er in Nederland hedendaags een mestoverschot. In Nederland werd in 2017 ongeveer 172,9 miljoen kilo fosfaat geproduceerd (CBS, 2018). De varkenshouderij produceerde 37,1 miljoen kg fosfaat. Terwijl er in 2018 maar 131,8 miljoen kg totale plaatsingsruimte is (Commissie

Deskundige Meststoffenwet, 2017). Bovendien wordt op dit moment ongeveer 92% van de plaatsingsruimte benut. De totale plaatsingsruimte is door de jaren enorm gedaald mede door steeds verlaagde gebruiksnormen. In 1994 lag dit nog op 329,1 miljoen kg fosfaat. De Nederlandse landbouw zal in totaal ongeveer 41,5 miljoen kg fosfaat buiten de Nederlandse landbouw moeten plaatsen. Mest zal bij voorkeur verwerkt moeten worden, aangezien drijfmest uit ongeveer 9% drogestof bestaat (den Boer, Reijneveld, Schröder, & van Middelkoop, 2012). Wanneer dit naar gebieden getransporteerd wordt waar mest te kort is dan wordt er te veel met 'water' gereden. Het drogestof percentage zal dus omhoog moeten om de CO_2 voetafdruk van het vervoeren van mest zo laag mogelijk te houden. De geschatte operationele mestverwerkingscapaciteit was in 2015 ongeveer 31,1 miljoen kg fosfaat en er werd in 2015 ongeveer 38,1 miljoen kg fosfaat geëxporteerd van de totale Nederlandse fosfaatproductie (Timmerman, 2016).

Er zal dus capaciteit bij moeten om in ieder geval het overschot te kunnen verwerken. Bovendien zal het wenselijk zijn om extra te verwerken omdat met verwerkt materiaal veel preciezer bemest kan worden. Dit geeft daarnaast ook extra ruimte voor de markt om de prijzen te kunnen laten zaken en hiermee de achterstand van de Nederlandse varkenshouderij met betrekking tot de kostprijs te verkleinen. Bovendien zou het kunnen dat in de toekomst de ruimte die nu kunstmest inneemt (261 miljoen kg N en 9 miljoen kg P_2O_5) benut kunnen worden door dierlijke mest of een afgeleide hier van (Compendium voor de Leefomgeving, Z.D.).



Figuur 4 Kringloop mest

In Figuur 5 is de basis van de landbouwkringloop zoals in Figuur 1 afgebeeld is beperkt tot alleen het gedeelte dat over de mest gaat. Aangezien er zoals hierboven beschreven een mestoverschot

in Nederland is, zal er iets met het overschot aan mest gedaan moeten worden. Duitsland bijvoorbeeld kent 11,8 miljoen hectare land in Duitsland (Deutscher Bauernverband, 2017). Bij eenzelfde fosfaatgift als in Nederland gemiddeld mee gerekend wordt, betekent dit dat er ruimte is voor 826 miljoen kg fosfaat. Dit geldt bij 70 kg fosfaat. In 2006 werd er nog gemiddeld over alle landbouwgrond in Duitsland bijna 10 kg per ha uitgereden (Verbandes der Landwirtschafskammern e.V., 2010). In de wereld dreigt er in de toekomst een tekort aan fosfaat te ontstaan. Aangezien dit mineraal onmisbaar is voor de ontwikkeling van planten moet er met beleid zuinig mee omgegaan worden. (Udo de Haes, Jansen, van der Weijden, & Smit, 2009)

In hoofdstuk 5 wordt verder ingegaan op de mest kringloop. En hoe deze te sluiten is.

3.3. Energie

Ook energie is een belangrijk onderdeel voor een kringlooplandbouw. En ook dit kan op een circulaire manier opgewekt worden. Waarbij een varkenshouder geheel zelfvoorzienend kan worden. Bovendien heeft Nederland de opdracht gekregen om 27% van de energie op een hernieuwbare manier op te wekken (vanaf 2030). Bovendien moet het totale energieverbruik met 27% gedaald zijn. Hier kan de varkenshouderij ook aan bijdragen. Een vleesvarkensbedrijf verbruikt gemiddeld 40 KWh per vleesvarken en 4 m^3 gas. Zeugenbedrijven verbruiken per jaar 160 KWh elektrische energie en 65 m^3 gas. Waarbij er bedrijven zijn die ruim een derde meer energie verbruiken (DLV advies, 2015). Hierbij gaat het om een gemiddeld bedrijf met 2000 vleesvarkens of 300 zeugen.

De 4 m^3 aardgas staat gelijk aan 7,102 kg CO_2 (Vreuls, 2005). Bij 1/3^e hoger verbruik komt de CO_2-emissie uit op 9,47 kg. 40 KWh elektriciteit heeft ook een CO_2-equivalent. Deze is echter afhankelijk van de gebruikte opwekkingsgrondstof en methode. Het grootste gedeelte van de elektriciteit in Nederland wordt opgewekt door de verbranding van aardgas (CBS, 2018). 1 kilowatt uur staat gelijk aan 3,6 MJ (Convertworld, Z.D.). Dit betekent 8,08 kg CO_2-emissie bij 40 kWh elektriciteit verbruik bij het benutten van stroom opgewekt doormiddel van aardgas. Bij een elektriciteitsverbruik welke 1/3^e hoger ligt komt de CO_2-emissie op 10,8 CO_2 per vleesvarken aan elektriciteit. Totaal is de CO_2 dan tussen de 15,18 en 20,22 kg (average-worst case). Voor de berekeningen zie Bijlagen hoofdstuk 4. Er is gebruik gemaakt van het rapport van (Vreuls, 2005) voor de toe te kennen CO_2 per eenheid energie.

Tabel 1 CO_2-uitstoot per energiebron (eigen tabel)

		Zeugen		Vleesvarkens	
		Gemiddeld	1/3^e hoger verbruik	Gemiddeld	1/3^e hoger verbruik
Regulier	Elektriciteit	160,00 KWh	213,33 KWh	40,00 KWh	53,33 KWh
	Warmte	65,00 M^3	86,86 M^3	4,00 M^3	5,32 M^3
	CO_2	**147,7 kg**	**197 kg**	**15,2 kg**	**20,2 kg**
Zonnepanelen	Elektriciteit	731,46 KWh	975,26 KWh	75,17 KWh	99,05 KWh
	CO_2	**16,6 kg**	**34,3 kg**	**2,2 kg**	**3,9 kg**
Mestvergisting	Elektriciteit	731,46 KWh	975,26 KWh	75,17 KWh	99,05 KWh
	CO_2	**11,7 kg**	**72,2 kg**	**1,2 kg**	**7,33 kg**

Excl. Warmte (wanneer de warmte van de vergister over is)	CO_2	**2,6 kg**	**15,8 kg**	**0,6 kg**	**4,0 kg**
Windmolen	Elektriciteit	731,46 KWh	975,26 KWh	75,17 KWh	99,05 KWh
	CO_2	**5,9 kg**	**19,5 kg**	**0,6 kg**	**2,0 kg**
Warmtepomp	Elektriciteit	274,29 KWh	467,31 KWh	47,03 KWh	68,96 KWh
	CO_2	**55,4 kg**	**94,4 kg**	**9,5 kg**	**13,9 kg**
Warmtewisselaar	Elektriciteit	160,00 KWh	213,33 KWh	40,00 KWh	53,33 KWh
	Warmte	35,00 M^3	56,66 M^3	1,84 M^3	2,45 M^3
	CO_2	**94,5 kg**	**143,7 kg**	**11,4 kg**	**15,1 kg**
Houtverbranding (biomassa)	Elektriciteit	**Regulier**	**Regulier**	**Regulier**	**Regulier**
	CO_2	**0,0 kg**	**0,0 kg**	**0,0 kg**	**0,0 kg**

In Tabel 4 is zijn de berekeningen uit de Bijlage verwerkt om inzichtelijk te maken in hoeverre de maatregel bijdraagt uitgedrukt in CO_2 emissie. Welke maatregel het best voor een varkenshouder past is afhankelijk van meer factoren.

Naast de eerder genoemde installaties kan er in de stallen ook energie bespaard worden door kleine aanpassingen te doen. Hierbij kan gekeken worden naar (Eskens, et al., 2015);

- Ledverlichting
- Isolatie
- Frequentie gestuurde motoren
- Energie zuinige ventilatoren
- Verlichting met tijdschakelaren
- HR- Stookinstallaties

Door de bovenstaande installaties kan een bedrijf ruim 27% hernieuwbare energie opwekken. Ook kan door vooral de warmte her te gebruiken ruim 27% energie bespaard worden.

3.3.1 Zonnepanelen

Een mogelijkheid om de CO_2 impact te verkleinen is het plaatsen van zonnepanelen. Deze hebben een CO_2-emissie van tussen de 29 en 45 gram CO_2 per kWh. Waarbij de energie terugverdientijd tussen de 1,7 en 2,7 jaar ligt (Peng, Lu, & Yang, 2012).

Dit is een reductie bij de vleesvarkens en zeugen van tussen de 80% en 86% CO_2 ten opzichte van regulier energie gebruik. Voor de berekening is ervan uitgegaan dat de warmtebehoefte wordt geproduceerd door een elektrische boiler.

3.3.2. Mestvergisting

Een andere mogelijkheid is door middel van het vergisten van mest energie op te wekken. Hierbij dient onderscheid gemaakt te worden tussen co-vergisting en mono vergisting. Bij co-vergisting

wordt gebruik gemaakt van zowel mest als biomassa. Met mono vergisting wordt alleen dierlijke mest gebruikt. In de praktijk blijkt mono vergisting niet interessant aangezien het rendement te laag is. Er worden om die reden in Nederland dan ook bijna alleen maar co-vergisteringsinstallaties gebouwd volgens (Blanken, et al., 2018) en (PIG BUSINESS, 2012) .

De kostprijs van mestvergisting ligt echter met €0,25 per kWh hoog, aangezien er ingekocht kan worden bij energieleveranciers voor rond de €0,13 per kWh (incl. belastingen) (Blanken, et al., 2018). Bovendien zijn de verschillende subsidies (SDE+ etc.) niet toereikend om de extra kosten te dekken. Ook moet uiteindelijk de mest nog verder bewerkt worden om het af te kunnen voeren naar het buitenland. Of op eigen land uitgereden worden. Dit gaat weer ten koste van het rendement.

Met een mestvergister wordt er biogas opgewekt. Hier zit methaan in. Dit wordt vervolgens doormiddel van een warmtekrachtkoppeling (WKK) verbrandt tot elektriciteit en warmte (of het gas kan na bewerking op het gasnet gebracht worden). Per gemiddeld aanwezige vleesvarken kan er 175,5 kWh opgewekt worden. 75 kWh is er ongeveer nodig per gemiddeld vleesvarken naar energiebehoefte. Per zeug kan er ongeveer 845,7 kWh geproduceerd worden. De behoefte is tussen de 732 kWh en 975 kWh. Een nadeel is echter dat er veel co-producten bij gevoegd moeten worden. Bij vleesvarkens wordt er voor 1 m^3 mest 0,54 ton bijproducten toegevoegd en bij zeugen 2,54 ton bij 5,3 m^3 mest. Dit zal uiteindelijk ook afgevoerd moeten worden waardoor het volume stijgt van de af te voeren of uit te rijden hoeveelheid mest (digestaat). Bovendien zorgt het toevoegen van bijproducten voor 50% van de kostprijs. Bij schaalvergroting zal dit ligt dalen. (Kool, et al., 2005)

Mestvergisting lijkt alleen een optie voor de grotere bedrijven. Dit is ook af te leiden aan de hand van de economische situatie geschetst door (Kool, et al.). Hieruit blijkt een negatief resultaat bij de kleine op boerderijschaal (6.122 ton mest) gesitueerde mestvergister. De kleinere regionale schaal (9.400 ton mest) zorgen voor een jaarresultaat van €17.000 en de grote centrale mestvergisters (28.500 ton mest) €40.000. Waarbij rendement op kapitaal en arbeid zijn betaald.

De ammoniak en broeikasgasemissie blijken redelijk gelijk te zijn als met niet vergiste mest. Alhoewel er bij het proces geen ammoniak vrijkomt. Komt deze bij het aanwenden van het digestaat wel vrij. Wel verlaagt vergisting de geur bij aanwending van digestaat.

De mestvergisting zorgt voor een emissie per kWh tussen de 16 en 74 g CO_2 per kWh hierbij wordt nog niet gekeken naar opname van CO_2 door gewassen. Per vleesvarken betekent dit in totaal tussen de 1,2 en 7,3 kg CO_2. Per zeug ligt dit tussen de 11,7 en 72,2 kg CO_2. Dit kan lager zijn wanneer de warmte van het proces gebruikt kan worden om de dierverblijven te verwarmen (zie Tabel 1). De terugverdientijd is zeer afhankelijk van waar de gewassen vandaan komen voor de vergisting. Wanneer dit om zeer slechte gronden gaat waarop bijna niks groeit dan is de terugverdientijd voor het milieu bijna 0 (Chum, Faaij, & Moreira, 2012). Dit is een reductie van tussen de 63,4% en de 92,1% voor zeugen en vleesvarkens.

3.3.3. Windmolens

Een andere manier van energie opwekken voor de eigen varkenshouderij kan doormiddel van het plaatsen van windmolens. Deze kunnen, afhankelijk van de grootte, veel elektrische energie opwekken. Nadeel is echter dat deze bij lage windsnelheden geen stroom opwekken. Een bedrijf kan hier dus niet volledig afhankelijk van zijn. Bovendien is opslag nog niet echt mogelijk. Wel kan er op piekmoment een overcapaciteit geproduceerd worden om netto op een energie aankoop van 0 uit te komen.

Een windmolen met een piekvermogen van 1 MW kan per jaar ongeveer 2 miljoen kWh leveren. Hierdoor komen de kosten op ongeveer €0,0375 per kWh. De CO_2 (ontstaan door productie van de windmolen) emissie is tussen de 8 en 20 gram CO_2 equivalenten per kWh en de energie die nodig is voor het fabriceren van de molen wordt in 5,4 maanden opgewekt aldus (Edenhofer, et al., 2012). Dit betekent voor vleesvarkens een emissie van tussen de 0,60 en 1,98 kg CO_2. Voor zeugen geldt een emissie van tussen de 5,85 en 19,51 kg CO_2. Dit zorgt voor een reductie van CO_2 tussen de 90,20% en 96,04% ten opzichte van regulier energie gebruik.

3.3.4. Warmtepomp

Door het plaatsten van een warmtepomp kan op een duurzame manier warmte gecreëerd worden voor het varkensbedrijf. Een lucht-waterpomp heeft een binnen en buitenunit en is verbonden met een koeltechnische leiding met koelmiddel. Dit verdampt bij zeer lage temperatuur. Waardoor er warmte van de buitenlucht kan onttrokken worden. Waarna het gas onder druk verder opgewarmd wordt. In de binnen unit wordt het gas omgezet in een vloeistof. Op dat moment geeft de vloeistof warmte af en kan er verwarmd worden. Een warmtepomp zorgt er dus voor dat er op een andere manier warmte wordt opgewekt. Een warmtepomp kan echter geen elektriciteit opwekken. Hier moet dus één van de bovengenoemde systemen gecombineerd worden. Bovendien draagt een warmtepomp bij aan een goed stalklimaat. De kosten zijn sterk afhankelijk van de bedrijfssituatie. Er wordt gerekend met een terugverdientijd van enkele jaren. Waarbij de kosten bij 700 zeugen ongeveer €15.000, - lager uit komen dan bij het gebruik voor aardgas (Bijen, Z.D.). (Dieleman, 2012)

In de berekening in 4 is voor de berekening van het CO_2 gebruik gemaakt van een reguliere elektriciteitsbron (aardgas). Als bijvoorbeeld zonnepanelen gebruikt worden (29 gram per KWh) zorgt dit voor een emissie van 7,96 kg CO_2 per zeug. Dit is een reductie van ruim de helft van de CO^2. Voor vleesvarkens is de reductie bijna 40%.

3.3.5. Warmtewisselaar

Het plaatsen van een warmtewisselaar is een optie om het totale energie verbruik op een varkensbedrijf te verlagen. Een warmtewisselaar werkt in de zomer verkoelend en in de winter verwarmend. Hierdoor kan de verwarming lager en hoeft er minder gekoeld te worden. Doordat er een slangensysteem in de grond zit (horizontaal of verticaal) dient de bodem als warmtewisselaar. (Animal Science Group, 2012)

Een warmtewisselaar kan echter geen elektriciteit opwekken. Hier moet dus ook één van bovengenoemde duurzame energiesystemen toegepast worden voor opwekking van elektrische energie. Een warmtewisselaar bespaart bij zeugen voor ongeveer 30 kuub aan gas. Dit is bijna 50% op een zeugenbedrijf met een gemiddeld verbruik. Bovendien kan de installatie in zomer koelen waardoor er minder gekoeld hoeft te worden (ventilatoren/ luchtwasser harder laten draaien). Dit moet de technische resultaten ten goede komen. Volgens Wageningen is de besparing op alleen gas te laag om de investering rendabel te maken (het verschil is ongeveer €10, - ten nadele van een warmtewisselaar). (Animal Science Group, 2012)

Uit Tabel 4 blijk dat de warmtewisselaar bij gebruik in de zeugenstal ruim 50 kg CO_2 reduceert. Bij de vleesvarkens gaat dit om maximaal 5 kg CO_2.

3.3.6. Houtkachel (biomassa)

Een andere mogelijkheid om de uitstoot van CO_2 te verminderen is door het verbranden van hout of biomassa. Dit kan de CO_2 voor verwarming neutraliseren doordat de bomen/planten de CO_2 opnemen uit de lucht en er vervolgens hout/biomassa van maken. Dit is een kringloop op

zichzelf. Er moet wel rekening gehouden worden met de afstand vanwaar het te verbranden materiaal vandaan komt. Het transport zorgt namelijk wel voor CO_2 uitstoot. Bovendien stoten dit soort stookinstallaties ook NO_x uit. Dit verschilt sterk per kachel en uitvoering. Een kachel tussen 0,1-0,5 MW produceert op jaarbasis ongeveer 39,4 kilogram. Een kachel met een vermogen tussen de 0,5 en 1 MW stoot 25,1 kilogram NO_x uit. Er wordt gewerkt aan katalysatoren die er voor moeten zorgen dat de verbranding verbeterd en emissies verminderen. Dit geldt ook voor de uitstoot van stof. Bij houtkachels tussen de 0,1 MW en 0,5 MW is de stofuitstoot per jaar ongeveer 23,6 kg stof (PM10). Een kachel van tussen de 0,5 en 1 MW stoot ongeveer 6 kg stof uit. Ter vergelijking een vleesvarken stoot ongeveer 153 g per dier uit (PM10). Een zeug ongeveer 170 gram per dier volgens de Wet ammoniak en veehouderij (Rijkswaterstaat, Z.D.). De emissies van de kachels komt een rapport van (Koppejan, 2010) uitgevoerd in opdracht van het Agentschap NL (overgegaan in RVO).

3.4. Voer

Ook voer is een belangrijke spil in de kringlooplandbouw. Zowel in de primaire kringloop als de schil daar omheen. Varkens zijn namelijk zeer geschikt om reststromen om te zetten in hoogwaardig eiwit. Dit kan bij uitstek gevoerd worden bij brijvoerinstallaties aangezien veel restproducten (afgekeurde producten van de levensmiddelenindustrie) en co-producten (co-producten zijn restanten die overblijven bij de productie van bijvoorbeeld koek, brood, margarine, bier en suiker) een lage drogestofpercentage hebben. Er kan theoretisch gezien tot 100% bijproducten gevoerd worden. Echter moet er altijd een kernvoer bijgevoegd worden. Kostentechnisch is het voeren van natte bijproducten interessant. Uit cijfers van Agrovision bleek dat bij het gebruik van 58% bijproducten een verschil in het voerpakket per 100 kg van bijna €4, - is te realiseren. Doordat er met een ander voersysteem gevoerd moet worden is het vanaf 2000 vleesvarkens financieel interessant (Burgers, 2015).

Er zijn veel verschillende bijproducten die onderverdeeld worden onder koolhydraatrijke bijproducten, eiwitrijke bijproducten en vetrijke bijproducten (Scholten & Rijnen, 1998). Van (Duynie), (ForfarmersDML) en (Bonda) zoals hieronder in de tabel weergegeven.

Tabel 2 Lijst met meest gebruikte bijproducten (eigen tabel)

Meest voorkomende koolhydraatrijke bijproducten	Meest voorkomende eiwitrijke bijproducten	Meest voorkomende vetrijke bijproducten
Tarwezetmeel	Biergist	Veteiwit
Aardappelstoomschillen	Myceliumspoeling	Hedivis
Kaaswei	Tarwegistconcentraat	Heprovet
Voerwei	Lijnzaadschilfers	
Aardappelpuree	Raapzaadschroot	
Aardappelproducten	Sojahullen	
Aardappelzetmeel	Sojaschroot	
Brood	Tarwegluten	
Cichoreipulp	Triticale	
Tarwezetmeel		
Maïsvoermeel		
Bietenperspulp		
Voerbiergist		
Bierbostel		
CCM		
Zonnebloempitschroot		

Bovendien zijn er partijen grondstoffen (granen, soja etc.) die niet voldoen aan de kwaliteitseisen voor humane consumptie maar wel geschikt zijn voor gebruik als diervoeder. Hierdoor kan een zeer hoog aandeel bijproducten en reststromen gebruikt worden en is er maar een beperkte hoeveelheid landbouwgrond nodig die gericht grondstoffen moet maken voor diervoeding. In Nederland werd in 2015 ongeveer 5 miljoen ton mengvoer gebruikt. In 2015 was het aandeel vochtige bijproducten omgerekend 600.000 ton mengvoer. Hier zijn de droge co-producten zoals soja- en raapzaadschoot nog niet meegerekend (Hoste, 2015).

In (Van Doorn, et al., 2012) is door Commissie- Van Doorn aangegeven dat vanaf januari 2020 minimaal 50 procent van het eiwitrijke diervoeder uit Europa dient te komen. In 2011 was dit 27%. Dit biedt tevens mogelijkheden om meststoffen retour naar deze bedrijven, die de eiwitrijke grondstoffen produceren in Europa, te sturen.

Het voeren van bijproducten is goed mogelijk. De installatie is complexer dan een voor droogvoer. Dit vraagt echter wel meer kennis van grondstoffen en de installatie. Bovendien zit er in droogvoer ook al restproducten verwerkt. Over de gehele varkenssector heeft Agrifirm bijvoorbeeld in 2017 ongeveer 32,1% uit co-producten vanuit de levensmiddelenindustrie in het mengvoer zitten (Queisen, 2018). Hier zitten producten als sojaschroot en raapzaadschroot nog niet bij in berekend. Verwacht wordt dat het percentage co-producten langzaam door zal stijgen. Mede door nieuwe technieken. Zo zijn er onderzoeken waarbij bouwmaterialen en papier gemaakt wordt van bestanddelen uit gras en waterplanten. Hier blijven altijd restproducten over die weer voor de varkenshouderij gebruikt kunnen worden (Lentz, 2016).

De westerse consument verspilt veel voedsel. Hiervan wordt een groot gedeelte verbrand of gecomposteerd (1,8 mln. ton) en ongeveer 0,4 mln. ton wordt in veevoer gebruikt. Terwijl een groot gedeelte van de 1,8 mln. ton geschikt lijkt voor veevoer (Bos- Brouwers, Meesters, & Janssen, 2018).

Een andere ontwikkeling die gaande is, en bijdraagt aan een circulaire varkenshouderij, is het inzetten van insecten als diervoeder. Insecten hebben namelijk een hoog nutritionele waarde voor onder andere varkens. Vooral bevatten insecten veel eiwit (Makkar, Tran, Heuzé, & Ankers, 2014). Onderzoek is er bijvoorbeeld volop naar de Black Soldier Fly (BSF). Deze BSF kan bovendien bijna alles consumeren om in gewicht toe te nemen. Een grote kans ligt er bij het gebruik van mest. Aangezien de BSF ook hier goed op kan groeien.

Net als varkens produceren ook insecten emissies. Deze zijn gelijk of iets lager dan de emissie van varkens. Dit verschilt echter per insect. Over het algemeen is de CO_2 productie per kilogram groei lager dan bij varkens en koeien. De ammoniak productie is ook lager dan veeteelt. Methaan is gelijk of iets lager dan varkens (Rumpold & Schlüter , 2012). Nadeel is dat hierdoor de totale emissie voor de productie van varkensvlees verdubbeld. Ook moet er nog veel onderzocht worden om de inzet van insecten op bedrijfsniveau te kunnen exploiteren. En de regelgeving moet hierin nog veranderen. Zie hiervoor hoofdstuk 4.3.

3.5. Water

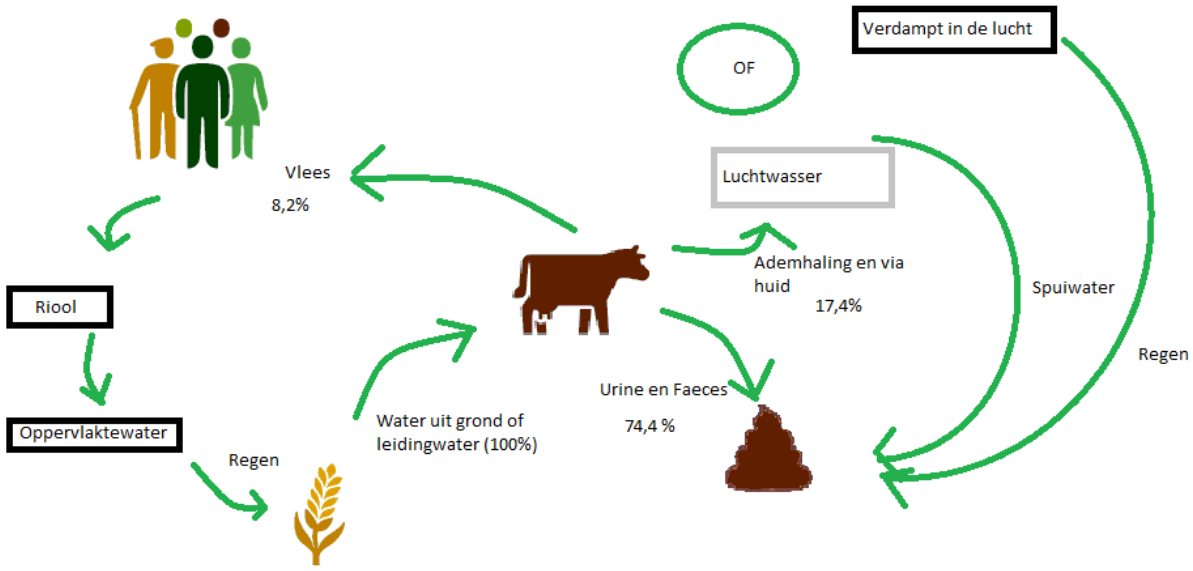
In de kringloop voor het produceren van varkensvlees is ongeveer 4429 m^3 water per ton vlees volgens (Mekonnen & Hoekstra) nodig. Dit is 4429 liter water per kg vlees. Wereldwijd ligt dit gemiddelde op 6.000 m^3/ ton vlees. Van de 4429 liter water per kg vlees is ongeveer 95% (4208 liter) van het water nodig voor de productie van veevoer. Water voor het mengen van voer (brijvoer) en het verstrekken van drinkwater bedraagt 1,18 % water (52 liter). Overig water

gebruik is 4% of 177 liter water voor bijvoorbeeld schoonspuiten, schoonmaken van dieren en andere toepassingen. Van dit water is ongeveer 84% afkomstig van regenwater, 6% van oppervlakten en grondwater en 10% afvalwater. (Baltussen, et al., 2016)

Uit berekeningen (zie Bijlage 5) blijkt dat het waterverbruik voor drinkwater 12 liter per kg (geslacht gewicht) kost of 9 liter per kg wanneer er gerekend wordt met levend gewicht. Per vleesvarken is dit 1128 liter. Hierbij is het water dat de zeug drinkt meegenomen in de berekening. Voor de berekening zijn gegevens gebruikt van (Van der Woude, 2006).

Volgens de gegevens van (Mekonnen & Hoekstra) wordt er per kilogram vlees 266 liter water uit grondwater en oppervlakte onttrokken.

De drijfmestproductie per vleesvarken (mestproductie van de zeug meegerekend) ligt tussen de 0,69 m^3 en 0,94 m^3 blijkt uit berekeningen (zie de bijlage Water) uit (Van Cuyck & den Brok, 1994). Dit bestaat voor ruim 90% uit water (Starmans, et al., 2015). Dit betekent tussen de 621 en 846 liter water wat in de mest terecht komt. Het overige water verdampt of komt voor een klein deel in het vlees terecht. Het verdampte water (afkomstig uit ademhaling en via huid) kan opgevangen worden als er een luchtwasser aanwezig is of het verdampt in de lucht. Dit zal dan uiteindelijk ook weer als regen neerdalen. In Figuur 6 is inzichtelijk gemaakt hoe de water kringloop loopt voor de varkenshouderij.



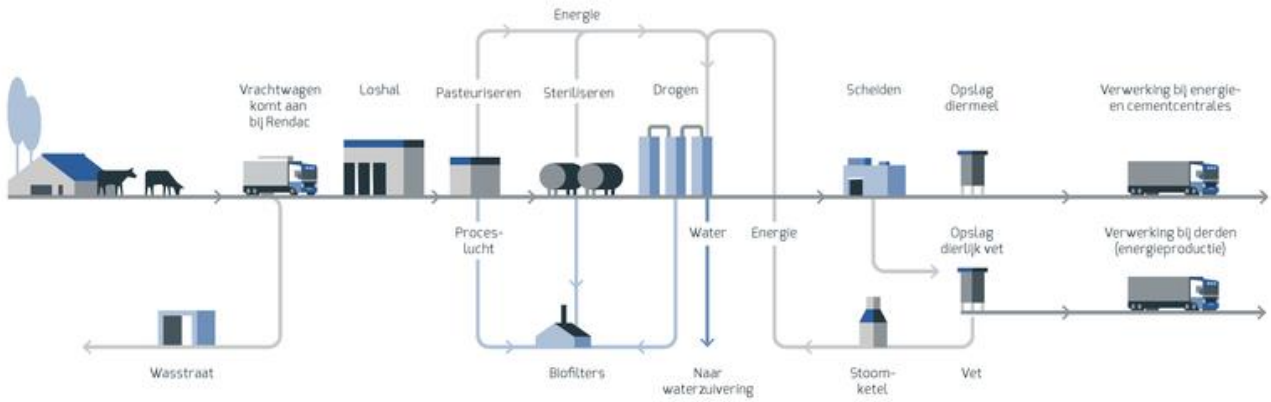
Figuur 5 Kringloop water

Hierbij komt een gedeelte van het water dat in vlees bevindt bij de consument en uiteindelijk in het riool. Vanuit het riool wordt het gezuiverd en komt het water in het oppervlaktewater. Door verdamping (en eventueel sproeien) komt dit weer op het land. Waarna de kringloop rond is. Eventueel zou regenwater opgevangen kunnen worden via de daken van de varkensstallen, en na reiniging, ingezet kunnen worden als schoonmaakwater. Dit moet de water onttrekking uit grondwater reduceren.

3.6. Kadavers

Varkens die in Nederland uitvallen gedurende de productie van varkensvlees moeten in Nederland verplicht opgehaald worden. Dit wordt in Nederland gedaan door de Rendac

(Regelgeving kadavers, Z.D.). Hier worden de kadavers verwerkt waarbij er onder andere diermeel wordt gemaakt. Dit wordt weer gebruikt bij energie- en cementcentrales. Dierlijk vet wordt ook gescheiden en wordt ook weer gebruikt voor energieopwekking. En er komt water gecontroleerd in het oppervlaktewater terecht. Figuur 7 komt van (Rendac, Z.D.). Door het verwerken van kadavers kan er weer energie opgewekt worden. Hierdoor kunnen 40.000 huishoudens van elektriciteit worden voorzien. Tevens wordt er een CO_2-besparing van 200.000 ton gerealiseerd per jaar. Op jaarbasis is dit over de 12.478.594 varkens die er in Nederland waren in 2017 ongeveer 16,03 kg CO_2 per varken. De elektriciteit die nodig is voor 40.000 huishoudens is 114,4 GWh bij een gemiddeld verbruik van 2.860 kWh (CBS, Z.D.). Per varken is dit 9,17 kWh dat er opgewekt wordt door kadaver verwerking.



Figuur 6 Verwerkingsproces kadavers Rendac

Diermeel is echter een hoogwaardig eiwit. Dit zou in principe dus ook heel goed ingezet kunnen worden als eiwitbron in diervoeding. Dit is sinds 2000 verboden door de BSE-uitbraak (Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit; Schuttelaar & Partners, 2005). Hierin beperkt regelgeving op dit moment de pottentiele benutting van dierlijk eiwit. Dit wordt in hoofdstuk 4 verder toegelicht.

4. De belemmeringen met betrekking tot regelgeving voor de kringlooplandbouw in de varkenshouderij

Hoewel de overheid in de landbouwvisie aangeeft te willen sturen op een kringlooplandbouw is deze er zelf ook nog niet klaar voor. Er zijn namelijk verschillende belemmeringen die het volledig circulair maken van een varkensbedrijf tegenhouden of moeilijk maken. In dit hoofdstuk komt de deelvraag 'Waar zitten belemmeringen met betrekking tot regelgeving voor kringlooplandbouw in de varkenshouderij?' aan bod.

4.1. Mineralenconcentraat

Een belangrijke belemmering om kringlopen te kunnen sluiten is de toekenning van mineralenconcentraat als kunstmest. Dit is een product dat overblijft bij de mestverwerking van drijfmest. Er blijft een dikke (organische) fractie over, water en een mineralenconcentraat. Om zodoende meer van origine dierlijke mest op het eigen land te kunnen gebruiken. Bovendien kan hierdoor preciezer bemest worden. In het advies van dhr. Nijpels (2018) wordt ook al gesuggereerd om het kunstmest gebruik te verminderen.

De overheid is aan het onderzoeken naar de mogelijkheden met betrekking tot het gebruik van mineralenconcentraat (RVO). Echter heeft de overheid wel enkele zaken die duidelijkheid moeten geven en waarna de overheid kan beslissen of het gebruik van mineralenconcentraat gebruikt kan worden bovenop de gebruiksnormen voor dierlijke mest. Het onderzoek loopt van 1 januari 2015 tot en met 31 december 2019. Onderzocht wordt (RVO):

- Wat de landbouw- en milieukundige effecten van mineralenconcentraat zijn
- Wat de effecten vergelijkbaar of hetzelfde zijn als die van kunstmest
- Beoordelen of het mineralenconcentraat voldoet aan de verwachting op het gebied van (chemische) kenmerken, zoals stabiliteit en opname door de gewassen
- Beoordelen of het concentraat gebruikt kan worden bovenop de gebruiksnorm dierlijke mest, zonder dat dit (extra) risico voor vervuiling (van het milieu) oplevert. Uiteraard wel binnen de gebruiksnorm stikstof en fosfaat
- Producenten en afnemers van mineralenconcentraat in de gelegenheid stellen de markt voor het mineralenconcentraat te onderzoeken
- De borging van de kwaliteit van het mineralenconcentraat beoordelen door het stellen van extra kwaliteitseisen die meetbaar zijn.

Om dit mineralenconcentraat te mogen exporteren naar het buitenland dient er een CE-keurmerk op de stof te komen. Hiermee kan er vrije handel plaatsvinden van mineralenconcentraten. (Van Gruisen, 2017) Er wordt aan gewerkt in Europa om CE-markering op de Europese markt te krijgen voor het mineralenconcentraat. Hiervoor dient 1 algemeen kader gesteld te worden. Onder andere voor de hoeveelheid residuen die in het mineralenconcentraat kunnen zitten (Koenders, 2016).

Een mineralenconcentraat moet op dit moment voldoen aan de volgende eisen (European Commission, Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, 2016):

- 2% van de massa moet stikstof (N) zijn;
- 1% van de massa moet fosfaat (P_2O_5) zijn;
- Of 2% van de massa moet K_2O zijn;

Bovendien moet het product minder dan 40% droge stof bevatten.

Ook in het 6e Nederlandse actieprogramma betreffende de nitraatrichtlijnen 2018-2021 (Directoraat-generaal Agro en Natuur, 2017) is er ruimte gemaakt om te experimenteren met mineralenconcentraat. Dit pilotproject is voor 10 bedrijven. Deze bedrijven scheiden de mest en via concentratie door omgekeerde osmose wordt een hoogwaardige vloeibare stikstof-kaliummeststof gewonnen. De kwaliteitseisen aan dit product zijn dat het ten minste 90% minerale stikstof te bevatten, verhouding tussen gehalte N en gehalte P_2O_5 in het product moet hoger zijn dan 15:1 en de elektrische geleidbaarheid hoger dan 50 mS/cm. Dit onderzoek loopt in de jaren 2018 en 2019. Hierdoor zou het mineralenconcentraat bovenop de gebruiksnormen voor dierlijke mest kunnen komen. Bovendien wordt in dit onderzoek gekeken bij de productiebedrijven naar het te lozen water op het oppervlaktewater. Hierbij wordt gekeken naar emissies van pathogenen en resten van diergeneesmiddelen via het permeaat-water. Dit zal door de waterschappen gebruikt worden voor het opstellen van best beschikbare technieken voor mestverwerking in het kader van het lozingenbesluit. Aangezien op dit moment een lozingsverbod geldt, moet dit worden aangevraagd wanneer er water vanuit het verwerkingsproces op het oppervlaktewater geloosd mag worden (Artikel 5.3 van het (Lozingsbesluit open teelt en veehouderij, 2000)). Hierbij moet aangetoond worden dat er geen gevolgen voor het oppervlaktewaterlichaam zal zijn.

De CO_2-emissie voor kunstmest is tussen de 2,3 en 2,9 kg CO_2 per kg stikstof. Voor fosfaatkunstmest ligt dit rond de 1,3 kg CO_2 per kg fosfaat. Wanneer dit op een energie neutrale manier verwerkt kan worden tot mineralenconcentraat wordt de emissie van deze mineralen weggenomen en geeft dit meteen een besparing van de emissie van CO_2. (de Haas & van Dijk, 2010)

4.2. Diermeel

Diermeel is, na de uitbraak van BSE, verboden om te verstrekken aan varkens. Sindsdien mag alleen Rendac in Nederland de kadavers ophalen en verwerken. De Europese verordening (Europees Parlement, Raad van de Europese Unie, 2011) is leidend in deze regeling. Hierin staat beschreven in Bijlage X hoofdstuk II afdeling onder B.1.b)ii) (pagina L. 54/66 en 67) dat verwerkte dierlijke eiwitten afkomstig van zoogdieren verwerkt moeten worden waarna het verwijderd of verstookt als brandstof dient te worden. Of mogen indien uitsluitend bestemd voor gebruik in voeder voor gezelschapsdieren worden verwerkt tot productie voor voeder in gezelschapsdieren. Landbouwhuisdieren worden hierin expliciet genoemd waar geen dierenmeel heen mag. Vismeel bijvoorbeeld mag wel worden verwerkt in voeders voor landbouwhuisdieren sinds 2015 (Nieuwe Oogst, 2015). Vanuit Nederland is er richting de Europese Commissie wel druk om diermeel van vooral varkens en pluimvee te gebruiken als diermeel in varkens en pluimveevoeding, vooral Jan Huitema zet zich hier voor in (Huitema, 2016). Bovendien zijn varkens en pluimvee ongevoelig voor BSE. Varkens en pluimvee categorie 3 materiaal is geschikt om diermeel van te maken. Categorie 1 en 2 materiaal moet sowieso worden verwerkt en verbrand (Minsterie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Z.D.).

4.3. Insecten

Een andere veelbelovende mogelijkheid voor het verder verduurzamen en het sluiten van de varkenskringloop is de inzet van insecten als potentiële eiwitbron. De eerdergenoemde BSF kunnen goed groeien op reststromen en op mest. Hierdoor wordt de mest geconcentreerder (organisch materiaal wordt voornamelijk genuttigd door de BSF) met betrekking tot mineralen. Echter mag op dit moment enkel het vet na verwerking verstrekt worden aan varkens en

pluimvee (Wageningen UR, Z.D.). Dit komt doordat de insecten zijn ingedeeld bij landbouwhuisdieren. Hierdoor mogen de insecten officieel ook niet gevoed worden met restmaterialen van mest. En wanneer de insecten gevoed worden door plantaardig materiaal moet er in de regelgeving ruimte gemaakt worden om deze insecten en dus ook het eiwit van de insecten kan worden gevoerd worden aan onder andere varkens (Vandenbosch, 2015). Op dit moment valt het nog onder Categorie 3 afvalmateriaal. Hierdoor moet het bij deze bedrijven verwerkt worden en kan het uitsluitend in voeding voor gezelschapsdieren verwerkt worden.

4.4. Afval consumenten

Alhoewel varkens in het verleden in de landbouw de functie had als verwerker van onder ander huisafval/ keukenresten (gft-afval) van de boeren. Is dit door regelgeving vanaf 1986 verboden om afvalresten te verstrekken aan varkens. Directe aanleiding van het verbod op het gebruik van keukenafval is het ontstaan van de Afrikaanse varkenspest (Braks, 1987). Dit huisafval gaat nu naar afvalbergen, compost of verbrandingsoven. Echter wordt in bijvoorbeeld Japan en Zuid-Korea vanaf 2001 gewerkt met 'swill' (verhit etensresten). Hierbij is het belangrijk dat dat deze etensresten worden verhit aangezien in datzelfde jaar in het Verenigd Koninkrijk nogmaals bleek dat in etensresten dierziekten kunnen voorkomen. Destijds voerde een agrariër rauwe etensresten aan de varkens en kreeg een MKZ uitbraak onder de varkens. Hierna verbande heel Europa het gebruik van swill. In Japan wordt in 2009 tot 93% van de etensresten die afkomen van fabrieken gebruikt als veevoeding. 47% van de restproducten van de Retail en 16% van catering en eetservice resten worden verwerkt. Door dit afval 30 minuten 70°C of 3 minuten op 80 °C te verhitten wordt ervoor gezorgd dat virussen en bacteriën vernietigt of onschadelijk gemaakt worden. Uit onderzoek van (zu Ermgassen, Phalan, Green, & Balmford, 2015) van de Cambride University kan er potentieel 1,8 miljoen hectare agrarisch land bespaard worden wanneer swill weer wordt goedgekeurd in Europa. Dit is 1/5^{e} van het totale landgebruik door de varkenshouderij in Europa. Bovendien kunnen de voerkosten met 50% dalen (Burgers, 2018). Om de kringlopen te sluiten zal deze afval 'gerecycled' moeten worden door varkens.

5. Mogelijkheden tot het sluiten van de kringloop van mest

Voor de deelvraag; 'Wat zijn de mogelijkheden tot het sluiten van de kringloop voor mest?' is er gekeken naar de verschillende mogelijkheden die er zijn om mest zo goed mogelijk in te kunnen zetten. Waardoor het mestprobleem wat de sector heeft verholpen zou kunnen worden. Bovendien is de huidige landbouw ingericht op de import van (vee)voeding en de export van producten als vlees. De mest blijft echter in deze regio. Er moet dus mest naar deze gebieden verplaatst worden. Echter bevat drijfmest verhoudingsgewijs veel water en weinig mineralen en organische stof (waar de plant behoefte aan heeft). Dit moet, vanwege kosten en milieu impact, slimmer worden uitgevoerd. De beste optie lijkt dan ook om deze mest te ontdoen van zo veel mogelijk water en eventueel de mineralen van elkaar te scheiden. Hierdoor kan er preciezer bemest worden naar de behoefte van de betreffende gewassen.

Voor het duurzaam verwerken van dierlijke mest zijn er verschillende mogelijkheden welke geschikt zijn voor verschillende bedrijven. Hieronder volgen enkele mogelijkheden. Zowel op boerderijschaal (een installatie die qua omvang en capaciteit op het erf van de ondernemer past) als centrale installaties (dit zijn grote installaties met een capaciteit waarbij er meerder ondernemers mest aan kunnen leveren). De illustraties zijn zelf gemaakt. De zwarte pijlen geven aan dat wat niet meegenomen in dit rapport. Hier ligt een taak voor het betreffende bedrijf om de reststromen (en grondstoffen) circulair te gebruiken.

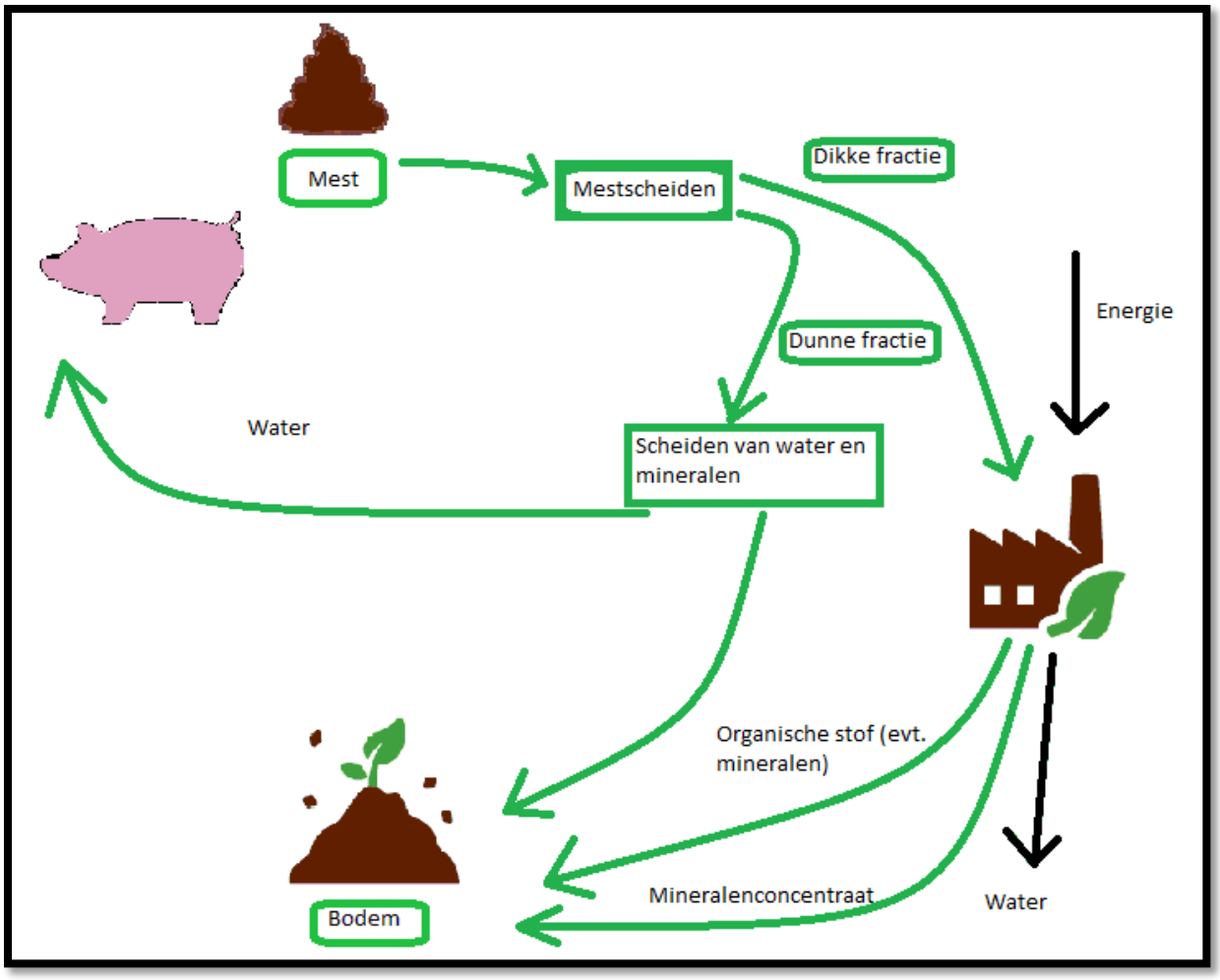
5.1 Boerderijschaal optie 1

De boerderijschaal is een compacte installatie op het erf van de varkenshouder. Een van de mogelijkheden is het overschot van de mest op het bedrijf te scheiden in een dunne en een dikke fractie. De dikke fractie zou dan op een centrale plek geschikt gemaakt kunnen worden voor export. De dunne fractie kan verder verwerkt worden tot water en een stikstof concentraat. Dit water kan of weer hergebruikt worden of op het oppervlaktewater geloosd worden. In Figuur 8 is geïllustreerd hoe de kringloop gerealiseerd wordt. De mest zal in de meeste gevallen worden gescheiden met een centrifugescheider (of filtreren, zeven en bezinken zijn toegepaste mechanische scheidingsmethoden). Deze stap kan eventueel gevolgd worden door een droogtunnel, droogband of een andere installatie om de dikke fractie nog verder in te dikken. De dunne fractie kan op verschillende manieren worden gescheiden. Een mogelijkheid is door ultrafiltratie. Hierbij wordt de dunne fractie door middel van een lagedruk membraanfilter en een omgekeerde osmose installatie gescheiden naar water en een mineralenconcentraat (met voornamelijk stikstof). De bedrijfsgrootte dient rond de 10.000 ton mest te zijn (Pijnenburg, Z.D.). Een andere mogelijkheid is de dunne fractie door een Vacuum Evaporation te leiden. Deze bindt de ammonium (NH_4) in de dunne fractie door zwavelzuur (H_2SO_4). Hierdoor wordt het stikstof gebonden en zit er aan het eind nog 0,12% $(NH_4)_2SO_4$ in het restwater (Simonic & Simonic, 2018). Uiteindelijk zal het water (mits vergund) op het oppervlaktewater geloosd mogen worden. Andere technieken zijn fysische scheiding (strippen, ionenwisseling, verdamping, drogen, aanzuren en absorptie in zuur), microbiologische omzettingsprocessen (aerobe behandeling, anaerobe behandeling, nitrificatie, denitrificatie, composteren, kweken van algen of kweken van eendenkroos) en thermische behandeling (verbranden, pyrolyse, vergassen, hydrothermolyse, superkritische oxidatie, subkritische oxidatie of hygiëniseren). (Rulkens, 2008)

Voordeel:
- Minder transport met in verhouding veel water;
- Er kan telkens verse mest gebruikt worden. Hierdoor ontstaat er minder ammoniak en andere

bovengenoemde gassen;
- Er kan bij eigen grond specifiek bemest worden naar de behoefte van het gewas.

Nadeel:
- Grote investering in een installatie voor het scheiden van mest en dunne fractie;
- Zekere bedrijfsgrootte is essentieel voor de continuïteit van het proces.



Figuur 7 Mestverwerking boerderijschaal optie 1 (eigen illustratie)

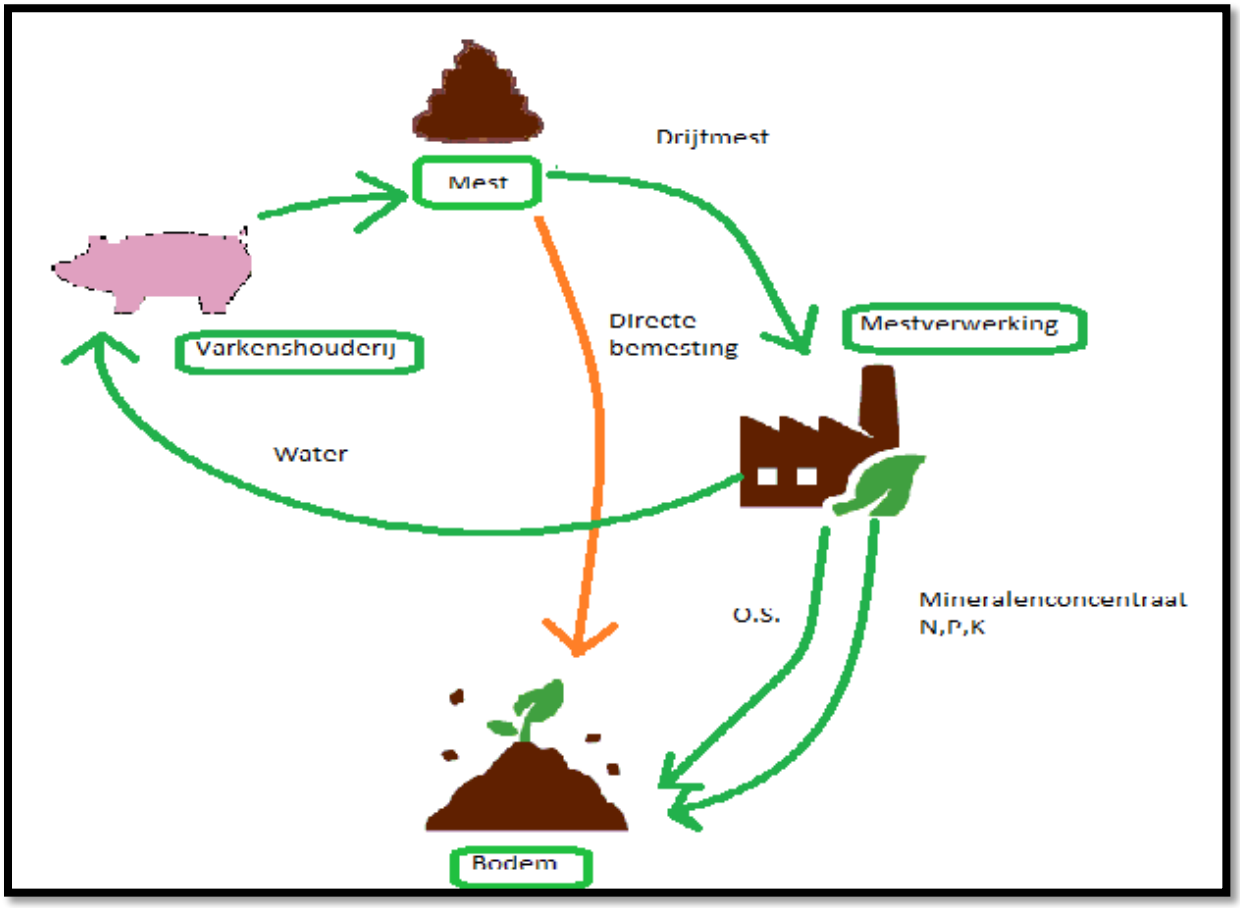
5.2. Boerderijschaal optie 2

Een andere mogelijkheid op boerderijschaal is het volledig verwerken van mest. Dit is vooral een optie voor de grote bedrijven met veel mest. Hierbij wordt drijfmest verwerkt tot een mineralenconcentraat, water en dikke fractie. De dikke fractie en mineralenconcentraat zouden dan geëxporteerd kunnen worden naar nabij gelegen landen of in de omgeving worden afgezet om preciezer te bemesten. Figuur 9 illustreert mestverwerking op boerderijschaal. Hierbij is de oranje lijn een bedrijfsspecifieke optie. In deze is de mogelijkheid om eigen drijfmest op eigen grond aan te wenden zonder dat het eerst de verwerker in moet. Met mineralenconcentraat en of organisch stof kunnen tekortkomen door drijfmest aangevuld worden op het bedrijf. Ook hier zijn er verschillende technieken mogelijk. Deze zijn bij paragraaf

5.1 Boerderijschaal optie 1 benoemd. Voor deze verwerkingsmogelijkheid is veel mest nodig om het enigszins rendabel te houden. Dit is dus alleen voor de grootste bedrijven weggelegd.

Voordelen:
- Een constant proces met verse mest, er kan dan direct gestuurd worden en naar de behoefte van de klant geleverd worden.
- Kringloop wordt op de boerderij zelf gesloten.
- Geen transportbeweging met water

Nadeel;
- Grote investering in een installatie
- Vraag technische kennis van de ondernemer
- Aanvraag voor vergunningen duurt lang
- Vraagt veel ruimte (in de bouwkavel)

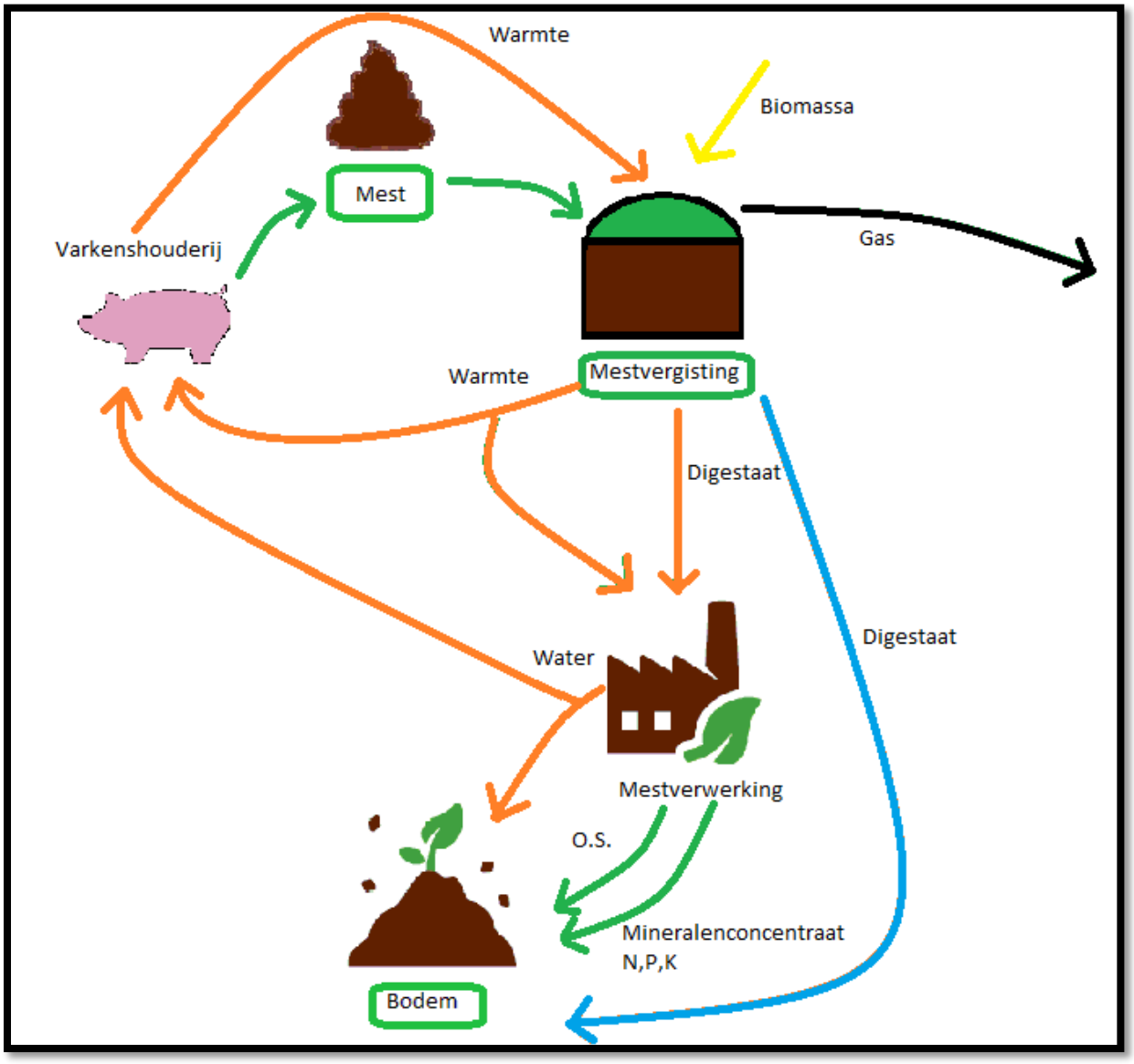


Figuur 8 Mestverwerking boerderijschaal optie 2 (eigen illustratie)

5.3. Boerderijschaal optie 3

Op een boerderij kan ook de verse mest vergist worden. Door een monovergister kan er zelf energie (of gas) opgewekt worden. Het rendement van vergisting van mest ligt waarschijnlijk tussen de 65% en 90% biogas. Bij 15m^3 mest zal er dan 11m^3 gas geproduceerd worden. Bovendien wordt er warmte geproduceerd welke voor een deel terug naar de vergister kan geleid worden (37,1%). Of een gedeelte kan worden gebruikt om het digestaat te drogen (rond de 12 %) (Kasper & Peters, 2012). Een monovergister zal volgens de modelberekeningen echter nooit een positief rendement behalen. In hoofdstuk 3.3.2. Mestvergisting is daarom de co-vergisting verder uitgewerkt. In Figuur 10 is schematisch afgebeeld hoe de mest verwerkt kan worden waarbij de drijfmest eerst vergist wordt. Om hiermee gas te kunnen produceren wat

weer verkocht kan worden. Hierna wordt de mest verwerkt op het bedrijf of de digestaat (blauwe lijn) wordt op het eigen land of dichtbijgelegen velden uitgereden. Voor een beter rendement zoals hierboven aangegeven wordt, kan er biomassa toegevoegd aan de mestvergister (gele lijn). Hierdoor zal de hoeveelheid organische stof aan het eind van de mestverwerking een stuk hoger liggen (of meer organische stof in het digestaat). Dit biomassa zal voornamelijk van bermgras, riet (uit de sloot) en dergelijke reststromen moeten komen. Het is niet wenselijk (met de circulaire gedachte) om hier landbouwgrond voor te gebruiken om speciaal gewassen te produceren bedoeld voor een mestvergister.



Figuur 9 Mestverwerking boerderijschaal optie 3 (eigen illustratie)

5.4. Centrale verwerking optie 1

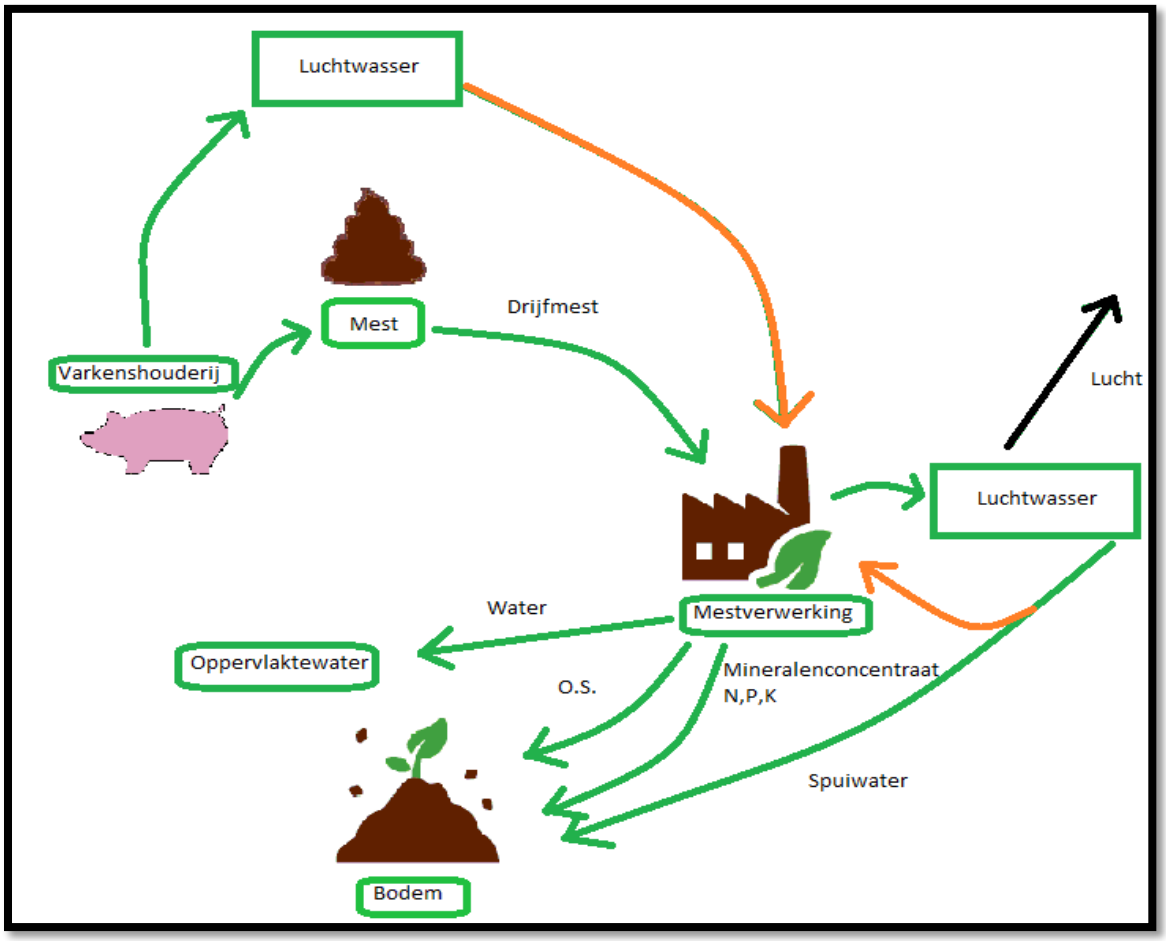
Ook kan er centraal mest verwerkt worden. Een van de mogelijkheden is drijfmest aan te voeren op een centrale mestverwerkingslocatie. Deze verwerkingslocatie maken dan waarschijnlijk ook een dikke fractie (geschikt voor export), water en een mineralenconcentraat. Mogelijk kan er op

deze locaties de mest eerst door een vergister gehaald worden. Om een gedeelte van de energiebehoefte van de verwerker zelf op te wekken. (Verdoes & Starmans, Mestverwerking varkenshouderij, 2002)

In Figuur 11 is een centrale mestverwerkingskringloop afgebeeld. Hierbij wordt drijfmest naar de mestverwerking gebracht. Hier wordt het verwerkt tot water, organische stof en mineralenconcentraat. Bovendien wordt de uitgaande lucht gefilterd door een luchtwasser. Dit kan ook weer verwerkt worden tot mineralenconcentraat (Stikstof) of als spuiwater op het land gebracht worden. Ook zou het mogelijk zijn dat varkenshouders het spuiwater van de eigen luchtwasser ook kunnen aanbieden aan deze verwerking.

Voordelen:
- Investeringen (in bijvoorbeeld emissie maatregelen) worden over meer kubieke meters mest verdeeld. Hierdoor daalt de kostprijs;
- Betere afzetkanalen door meer massa;
- Varkenshouder heeft nagenoeg geen (financiële) risico.

Nadelen:
- Veel vrachtbewegingen door de grote hoeveelheid water in drijfmest;
- Op en rondom de verwerking kan een grote milieu belasting ontstaan;
- Afhankelijk van meerdere partijen.



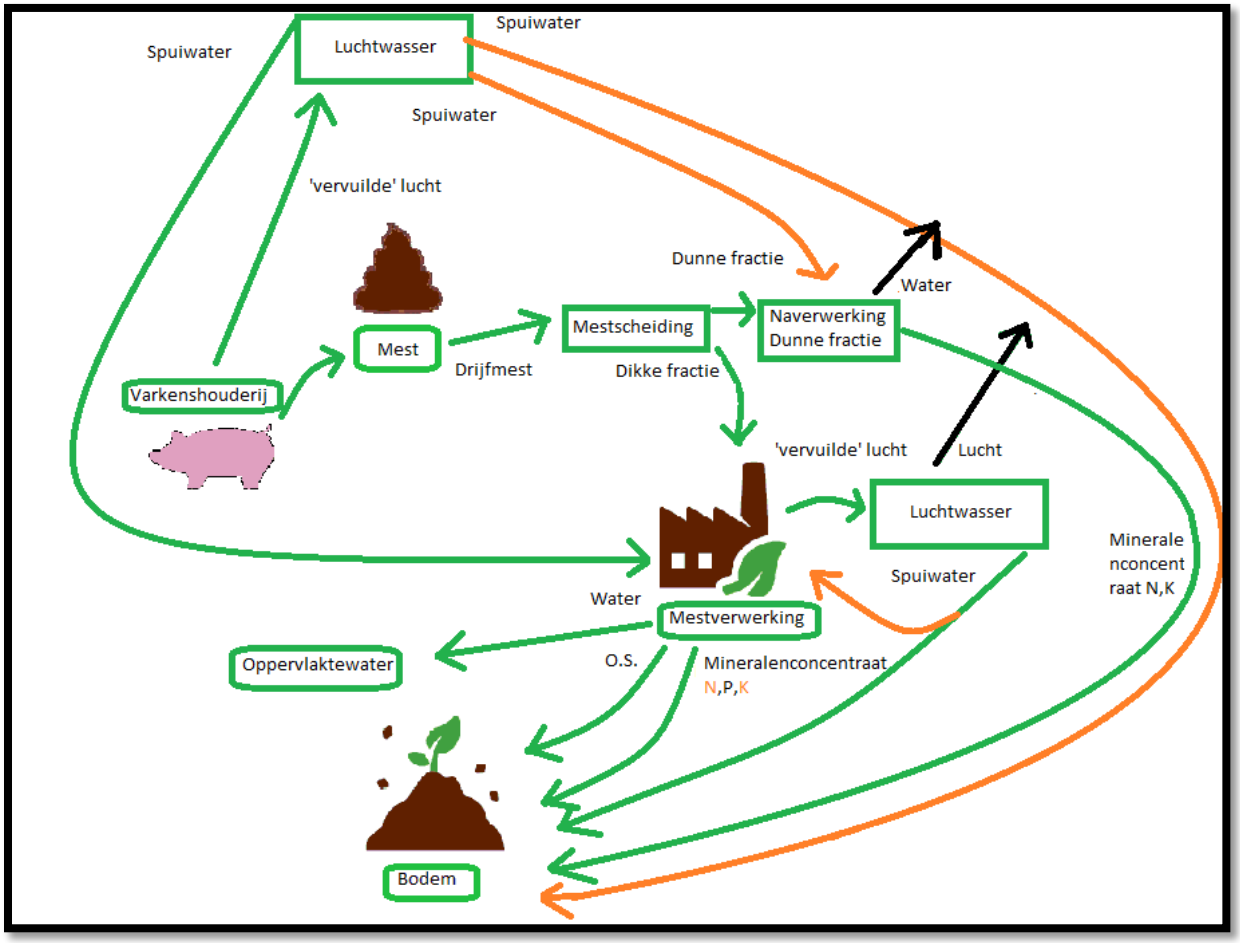
Figuur 10 Mestverwerking centrale verwerking optie 1 (eigen illustratie)

5.5. Centrale verwerking optie 2

Centraal mestverwerking kan ook door dikke fractie aan te voeren bij mestverwerkers. Deze kan er organische stof en fosfaat mest van maken. Op het bedrijf van de boer kan dan dunne fractie op het land uitgereden worden of de dunne fractie worden verwerkt tot loosbaar water en stikstof mest (Verdoes & Starmans, Mestverwerking varkenshouderij, 2002). In Figuur 12 is te zien hoe de stromen lopen bij een centrale mestverwerking waarbij eerst op het bedrijf de drijfmest gescheiden wordt in een dikke en een dunne fractie.

Voordeel:
- Beperkte investering voor de boer;
- De boer kan preciezer bemesten met eigen mest (extra stikstof wanneer de stikstof/fosfaat balans bij drijfmest niet overeenkomt met de behoefte van het gewas).

Nadeel;
- Boer moet individueel een vergunning voor het lozen van 'loosbaar' water aanvragen en het proces zelf beheersen. (zie hoofdstuk 4.1 voor nadere toelichting);
- Afhankelijk van een andere partij.



Figuur 11 Mestverwerking centrale verwerking optie 2 (eigen illustratie)

5.6. Ander stalsysteem

Een heel andere optie. En bijna alleen mogelijk bij nieuw te bouwen stallen is het creëren van vaste stalmest. En de dunne fractie (urine) meteen uit het hok of de stal te verwijderen. Dit kan door dagontmesting. De mest zou daarna door een droogtunnel kunnen gaan om zodoende de

mest in te dikken. Dit zorgt ervoor dat er veel mineralen en organische stof in de mest zit. Wanneer dit verhit wordt, mag dit geëxporteerd worden (Wageningen, 2009). In vaste mest, zoals deze nu forfaitair aangenomen is door de RVO, zit 8,1 kg stikstof en 8,0 kg fosfaat per ton (RVO, 2018). Dit is aanzienlijk meer dan drijfmest van vleesvarkens 6,4 kg stikstof en 3,8 kg fosfaat of 3,8 kg stikstof en 2,4 kg fosfaat bij zeugen. Bovendien kan dit de verwerking aanzienlijk goedkoper maken doordat er minder of geen vocht onttrokken hoeft te worden.

Voordeel:
- Beperkte investering in installaties (geen mestscheiding);
- Minder ammoniak vorming (Verdoes i. , 2015);
- Minder vocht in de dikke mestfractie.

Nadeel:
- Alleen mogelijk bij nieuwbouw;
- Is nog weinig praktijkervaring mee in de sector.

Bij hoofdstuk 6 wordt verder ingegaan op verschillende stalsystemen. In hoofdstuk 4.1 is ingegaan op het feit dat het mineralenconcentraat die vrij kan komen bij verschillende processen nog niet geldt als kunstmest. Dit is een voorwaarde om het gebruik van regulier kunstmest te kunnen verwijderen uit de Nederlandse agrarische sector en deze kringloop te kunnen sluiten.

6. Huisvesting en emissies van de varkenshouderij

Verschillende huisvestingstypen kunnen van grote invloed zijn op het verminderen van emissies. Waaronder ammoniak die in dit hoofdstuk wordt uitgewerkt. En waarmee de deelvraag; 'Hoe kan huisvesting bijdragen aan het verminderen van emissies in de varkenshouderij?' beantwoord wordt.

6.1 Verminderen ammoniak emissie door huisvestingsaanpassing

Uit Vergelijking 1 blijkt dat ureum (wat vrij komt bij eiwit vertering) met water reageert tot onder andere ammoniak (Udert, Tove, Biebow, & Gujer, 2003). Dit proces wordt in gang gezet door het enzym urease welke voorkomt in feces van varkens en koeien blijkt uit (AgriHolland B.V., 2018). Ook de bodem bevat ureasevormers.

Vergelijking 1 Ammoniak vorming uit ureum

$$NH2(CO)NH2 + 2H2O \rightarrow NH3 + NH4 + HCO3$$

Om de vorming van ammoniak tegen te gaan zal voorkomen moeten worden dat water met NH2(CO)NH2 reageert. Hiervoor zijn verschillende mogelijkheden. Er zijn onderzoeken gedaan naar urease remmers. Deze zorgen ervoor dat er minder ammoniak gemaakt zal worden. Dit zorgt voor emissiereductie tussen de 20 en 40% ammoniak. Echter moet hier nog nader onderzoek naar gedaan worden aangezien dit om een verkenningsonderzoek in de melkveehouderij gaat. (Smits & Bokma, 2008)

De emissie van ammoniak kan nog verder verlaagd worden door de uitgaande lucht te wassen. Hierbij wordt de ammoniak uit de lucht gehaald. Er zijn op dit moment al luchtwassers welke 95% ammoniak uit stallucht kunnen verwijderen (Rijkswaterstaat, Z.D.). Deze chemische wassers verwijderen ammoniak uit de lucht door de stallucht langs een pakket te leidden die wordt besprenkeld met zwavelzuur. Hierdoor bindt het zwavelzuur de ammoniak tot ammoniumsulfaat wat weer gebruikt kan worden als kunstmest voor stikstofbemesting. Hierdoor wordt er nog maar een heel klein gedeelte van de oorspronkelijke ammoniak in de omgeving geëmitteerd. Er kan dan een ammoniakemissie van 1.354.819 kg NH_3 gerealiseerd worden. Dit betekent een emissie per varken van 0,1086 NH_3 in de omgeving. Zonder enige vorm van reductie produceert de Nederlandse varkensstapel 27.096.380 kg NH_3. Dit betekent 2,1714 kg NH_3 gemiddeld per varken. Waarvan dus 2,0628 kan worden opgevangen door de 95% chemische luchtwasser.

Nadeel van spuiwater is dat het een verzurende werking heeft (Vaneeckhaute, Meers, Michels, & Tack, 2011). Bovendien moet dit zuur speciaal gemaakt worden voor de luchtwassers. Bronaanpak is mogelijk een betere oplossing. Wat er niet is hoeft immers ook niet gereduceerd te worden. Hier wordt dan ook nog volop onderzoek naar gedaan. Emissie bij de bron aanpakken wordt ook op aangestuurd door de overheid. Gelet op de 80 miljoen euro die beschikbaar is gesteld voor onderzoek (varkens.nl, 2018). Bestaande emissie beperkende maatregelen die goedgekeurd zijn en op de Rav lijst staan zijn (luchtwassers zijn hierbij niet meegenomen) (Winkel, Ellen, Aarnink, & Ogink, 2018):

- Roosters met goede doorlaat toepassen (o.a. metalen driekantroosters diverse Rav codes);
- Verkleind emitterend oppervlak helder (o.a. stankafsluiters en schuine putwanden diverse Rav codes);
- Toplaag mengmest in kelder koelen (koeldeksysteem Rav D3.2.3);
- Mestbanden onder roostervloer (kempfarmsysteem Rav D3.2.16);
- Drijvende ballen in mest in kelder (balansballensysteem Rav D4.1);

- Mestopvang in water (Cavardosysteem Rav D 3.2.5);
- Mest in kelder aanzuren (Rav D3.2.2).

Deze hebben de volgende emissiefactoren uit Info Mil (Alle BB- en BWL-nummers van de geldende Rav, Z.D.). De investeringen per dierplaats en jaarkosten komen uit de KWIN (2018).

Tabel 3 Rav emissiefactoren (vleesvarkens), investering en jaarkosten per jaar (energie en investering)

	Categorie	Ammoniak	Geur	Fijnstof	Investering €/dierplaats	Jaarkosten per jaar €
D 3.100	Overige huisvestingsystemen	3,0	23,0	153		
D 3.2.2	Mestopvang in en spoelen met NH3 arme vloeistof	1,6	17,9	153	-	-
D 3.2.3	Koeldeksysteem met metalen rooster	1,7	23,0	153	37	6,20
D 3.2.4	Mestopvang in met formaldehyde behandelde mestvloeistof	1,0	17,9	153	57	11
D 3.2.5	Mestopvang in water in combinatie met metalen driekant –roostervloer	1,3	17,9	153	-	-
D 3.2.6.1.1	Emitterend mestoppervlak max. 0,8 m2 per varken (+ koeldeksysteem en metalen roostervloer)	1,5	17,9	153	37	6,2
D 3.2.6.1.2	Emitterend mestoppervlak max. 0,5 m2 per varken (+ koeldeksysteem en metalen roostervloer)	1,2	17,9	153	37	6,2
D 3.2.6.2.1	Emitterend mestoppervlak max. 0,6 m2 per varken (+ koeldeksysteem en metalen roostervloer)	1,6	17,9	153	37	6,2
D 3.2.6.2.2	Emitterend mestoppervlak groter dan 0,6 m2, maar kleiner dan 0,8 (+ koeldeksysteem en metalen roostervloer)	2,4	23	153	37	6,2
D 3.2.7.1.1	Emitterend mestoppervlak max. 0,18 m2 per varken (met schuine putwand en metalen driekantroosters op het mestkanaal)	1,0	17,9	153	40	4,5
D 3.2.7.1.2	Emitterend mestopp. Groter dan 0,18, maar kleiner dan 0,27 (met metalen driekantroosters op het mestkanaal)	1,4	17,9	153	40	4,5
D 3.2.7.2.1	Emitterend mestopp. Max. 0,18m2 per varken (met roosters anders dan metalen driekant op het mestkanaal)	1,5	17,9	153	32	3,1

D.3.2.7.2.2	Emitterend mestoppervlak groter dan 0,18 maar kleiner dan 0,27 m2 per varken (met roosters anders dan metalen driekant op het mestkanaal)	1,9	23,0	153	32	3,1
D 3.2.10.1	Emitterend mestoppervlak max. 0,22 m2 per varken (bollevloerhok met betonnen morsrooster en metalen driekantrooster)	1,4	17,9	153	-	-
D 3.2.10.2	Emitterend mestoppervlak max. 0,33 m2 per varken (bollevloerhok met betonnen morsrooster en metalen driekantrooster)	2,0	23,0	153	-	-
D 3.2.11	Hok met gescheiden mestkanalen	1,7	23,0	153	14	2,1
D 3.2.12	Spoelgotensysteem met metalen driekantroosters	1,2	23,0	153	-	-
D 3.2.13	Spoelgotensysteem met roosters (Groen label)	1,7	23,0	153	-	-
D 3.2.16	Gescheiden afvoer van mest en urine door middel van een V-vormige mestband in het mestkanaal met metalen driekantroosters op het mestkanaal	1,1	17,9	153	Kosten niet bekend (Voordeel €8,07 t.o.v. traditioneel bouw *)	N.B.
D 3.3.1	Beddenstal met maximaal 0,14 m2 emitterend mestoppervlak per dier tot 50 kg levend gewicht en met maximaal 0,29 m2 emitterend mestoppervlak per dier vanaf 50 kg levend gewicht (scharrel vleesvarkens)	1,9	23,0	153	--	

*Bron (Aarnink, Huis in 't Veld, Hol, & Vermeij, 2007) waarbij voordeel geldt over de volledige bouw.

Luchtwassers in deze kosten ongeveer €30-€40 per dierplaats. Hier komen jaarlijkse kosten bij van rond de €10-€13 per dierplaats (Blanken, et al., 2018). Dit is een hoger bedrag dan de in Tabel 3 vermelde maatregelen.

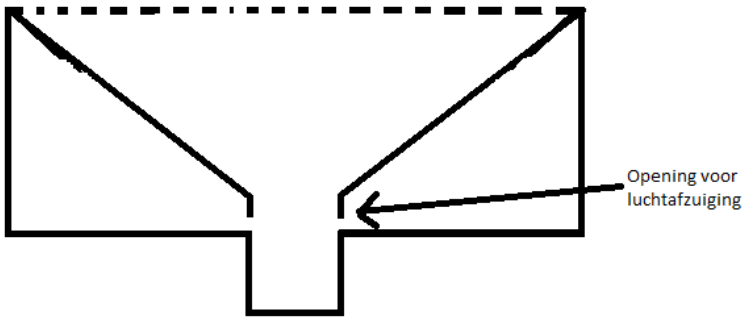
Een voorbeeld van nieuwe ontwikkelingen met betrekking tot bronaanpak wordt door de 'Stal van de Toekomst' (Stal van de toekomst, Z.D.) gedaan. Deze doen onderzoek naar dagontmesting om ammoniak vorming tegen te gaan. Hier zijn emissie waarden gevonden die uitkomen op 0,3 kg NH_3 per jaar per vleesvarkensplaats (Verdoes i. , 2015). De mest wordt een aantal keren per dag weg gespoeld uit een ondiepe gekoelde mestgoot. Dit geeft een ammoniakreductie van 90% blijkens uit de eerste onderzoeken.

Er zijn op het moment een 20-tal andere onderzoeken gaande om vooral de bron van ammoniak aan te pakken (Provincie Noord-Brabant, 2018). Hiermee wordt tevens meestal geur en stof gereduceerd. Een voorbeeld van bronaanpak is varkens toiletteren. Hierbij worden deze varkens geleerd om op een specifieke plek te mesten. Verwacht wordt een emissie van 85% ammoniak, officiële metingen zijn er (nog) niet voor gedaan. Door een combinatie van geen vervuiling op de vloer en een klein emitterend oppervlakte. In Figuur 1213 is een varkenstoilet die Wageningen UR heeft onderzocht afgebeeld (Verdoes N. , 2015).



Figuur 12 Varkenstoilet (Verdoes N. , 2012).

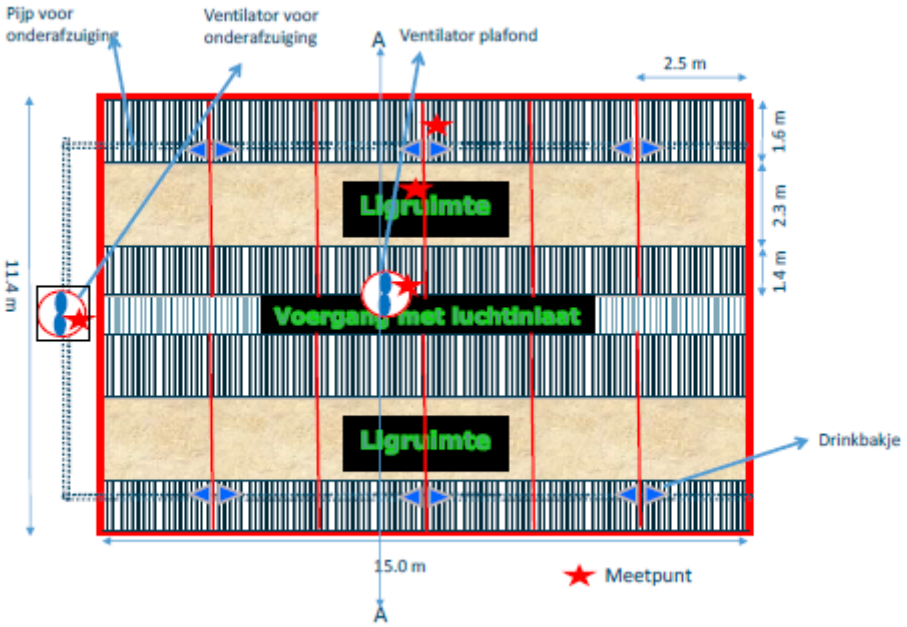
Mestpannen zijn ook een mogelijkheid zoals in Figuur 14. Hierbij zorgt een klein emitterend oppervlakte samen met het continu leeg laten lopen van deze bakken in een rioolsysteem ervoor dat er een heel hoog reducerend effect gehaald kan worden. Bovendien kan er eventueel continu lucht afgezogen worden die naar de luchtwasser geleid wordt. In Denemarken wordt dit nu getest en een ammoniakemissie met 90% gehaald (Van Dooren, 2018). Het in Nederland erkende mestpannensysteem heeft in de RAV lijst 65% ammoniak emissie toegekend gekregen (Rijkswaterstaat, 2012). Dit is zonder luchtafzuiging.



Figuur 13 Mestpannen (eigen illustratie)

Een andere mogelijkheid om ammoniak te reduceren is het houden van varkens op stro. Uit onderzoek is gebleken dat een 100% strobed ongeveer 20% reductie van ammoniak geeft (Gilhespy, et al., 2009). Hierbij werden de varkens opgepot. Dit wil zeggen dat er telkens stro toegevoegd wordt en aan het eind van de ronde alle stro in één keer verwijderd werd.

Ook een mogelijkheid is om de lucht via onder afzuiging uit de hokken te verwijderen. Hierbij wordt de ‘vuile’ lucht in de put gezogen. Hiervoor moet circa 10 – 20% van de maximum ventilatie capaciteit afgezogen worden in de put. Hierdoor kan een reductie gerealiseerd worden van tussen de 50 en 70%. In Figuur 14 15 is de situatie geschetst voor een ventilatiesysteem waarbij ‘vuile’lucht afgezogen wordt uit de mestput. (Aarnink, Hol, Troquet, & Ogink, 2015)



Figuur 14 onder afzuiging ventilatie

6.2 Verminderen stikstofoxide, methaan en lachgas door huisvestingaanpassing

Uit het rapport van (Mosquera, Groenestein, Timmerman, Aarnink, & Winkel, 2013) blijkt dat het ontstaan van stikstofoxide, methaan en lachgas samenhangen. Er zal dan ook een allesomvattende oplossing gevonden moeten worden.

De sleutelfactoren die de N_2O en CH_4 productie kunnen beïnvloeden zijn weergegeven in Tabel 4 waarbij een + een positieve correlatie betekent en een – een negatieve correlatie. Een 0 betekent geen relevant effect.

Tabel 4 Sleutelfactoren die de emissie van N2O en CH4 kunnen beïnvloeden (Mosquera, Groenestein, Timmerman, Aarnink, & Winkel, 2013).

	N_2O	CH_4
Dierfactoren		
Dierlijke massa (leeftijd/gewicht)	+	+
Hoeveelheid en samenstelling voer	+	+
Mesteigenschappen		
Mestsamenstelling		
NH_4^+-concentratie	+	-
pH	6	7
Organisch stofgehalte	0	+
Drogestofgehalte	0	-
C/N-ratio	+	+
O_2-concentratie	+/-	-
Mestoppervlakte	0	0
Leeftijd mest / Opslagtijd	+	+
Mesttemperatuur	+	+
Omgevingsfactoren		
Stalinrichting	+/-	+/-
Lucht-/windsnelheid	0	0
Temperatuur binnenlucht	+	+
Temperatuur buitenlucht	+	+

De dierlijke massa (leeftijd/gewicht) hebben een indirect effect op de hoeveelheid N-, C- en stofcomponenten doordat er meer mest geproduceerd wordt. Een toename van de dierlijke massa zorgt voor een stijging in de dierlijke warmteproductie. Waardoor er meer geventileerd dient te worden en er meer lachgas en methaan uit de stal wordt geventileerd.

Uit **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** 4 blijkt dat voer een positieve correlatie heeft op zowel lachgas als methaan. Een hogere ruwe celstof in het voer zorgt ervoor dat er meer methaan ontstaat wat uit het dier komt. En bij opslag in de mest kan er ook meer methaan ontstaan. Echter het verlagen van het ruwe celstof kan er in de mest weer voor zorgen dat er onder anaerobe omstandigheden meer methaan wordt omgezet omdat de makkelijk omzetbare koolhydraten die gevoerd worden ook in de mest komen. Hier ontstaat vervolgens methaan uit. De voersamenstelling heeft indirect effect op lachgas. Wanneer er veel eiwit in het voer zit (en dit matig benut wordt) dan zal de N en TAN (totale aanwezig stikstof) excretie hoger zijn. Hierdoor kan er meer lachgas ontstaan.

Een lagere ammoniak concentratie betekent een lagere lachgas emissie en een hogere methaan emissie. Dit is positief voor het rendement op mestvergisting.

De optimale pH voor lachgas is 6 en voor methaan 7. Echter is hier met stalmaatregelen maar beperkt op te sturen. De mest verzuren is echter niet wenselijk met het oog op bemesting op het land. En wat de effecten zijn van mest basischer maken is (nog) niet bekend.

Een hogere C/N-ratio zorgt ervoor dat er zowel meer N_2O als CH_4 emissie plaatsvindt. Hier kan op gestuurd worden door, zoals hierboven al benoemd, de voersamenstelling aan te passen. Hoe

lager de C/N-ratio des te lager is ook de ontwikkeling van N_2O en CH_4. De C/N-ratio is een maat voor de hoeveelheid stikstof die vrij kan komen bij afbraak van organische stof.

Zuurstof heeft een directe invloed op de emissie van beide gassen. Voor de productie van methaan is een anaerobe omgeving nodig. Voor N_2O is eerst een aerobe en daarna anaerobe omgeving nodig. Een mogelijkheid ligt er voor het beluchten van de mest. Uit onderzoek blijkt een reductie van methaan van ongeveer 70%-90% haalbaar (Martinez, Guiziou, Peu, & Gueutier, 2003). Voor vaste mest kan bij het actief composteren een reductie gehaald worden van CH_4 van ongeveer 90% ten opzichte van het passief composteren (vaste mest stapelen en laten liggen). Bij goed composteren kan tevens de lachgas emissie gereduceerd worden, echter bij slecht composteren wordt de emissie van lachgas hoger. Blijkt uit onderzoek naar vaste mest bij melkvee van (Amon, Amon, Boxberger, & Alt, 2001).

Mestoppervlakte heeft alleen invloed op vaste mest. Door meer contactoppervlak tussen lucht en vaste mest zal er meer O_2 beschikbaar zijn. Waardoor er meer lachgas geproduceerd kan worden. Deze, aerobe, omstandigheden zorgen er wel voor dat de methaan emissie daalt. Door de mest af te dekken wordt de uitwisseling tussen het mestoppervlak en de omringende lucht verminderd dus neemt de ontwikkeling van lachgas en methaan af met 42% lachgas en 45% methaan volgens (Yamulki, 2005). Ook is er onderzoek gedaan naar de dikke fractie van vergiste varkensmest om deze af te dekken. Hieruit blijkt dat hier voor 99% gereduceerd kan worden in lachgas. En 87% in methaan. De drijfmest opslag afdekken heeft wel een reducerend effect op de emissie van methaan. In Tabel 6 zijn de resultaten van het onderzoek uitgevoerd door (Amon, et al., 2007) weergegeven. Hier is te zien dat het grootste resultaat geboekt kan worden door de mest te bedekken en koel te houden. Dit zorgt voor zowel de laagste emissie van methaan, lachgas en ammoniak. Deze cijfers zijn gaan over een periode van 50 dagen.

Tabel 5 Emissies bedekt en onbedekte mestopslag

	Temperatuur (°C)	CH_4 (kg/m^3) (50 dagen)	CH_4 (kg/m^3) (365 dagen)	N_2O (g/m^3) (50 dagen)	N_2O (g/m^3) (365 dagen)	NH_3 (g/m^3) (50 dagen)	NH_3 (g/m^3) (365 dagen)
Warm							
Bedekt	16,4	0.17	1,24	30	219	66	482
Onbedekt	17,9	0.25	1,83	23	168	118	861
Koud							
Bedekt	12,9	0.10	0,73	18	131,4	19	139
Onbedekt	11,6	0.16	1,17	36	263	22	161

Het mest koelen blijkt ook uit andere studies van onder andere (Sommer, Petersen, & Moller, 2004) en (Groenestein, Mosquera, & van der Sluis, 2012) een effectief middel. Hierbij is tussen de 30% en 40% reductie van methaan gevonden.

Navolgend op de resultaten hierboven is het wenselijk om mest zo snel mogelijk uit de stal te verwijderen. Hiermee kan namelijk het ontstaan van lachgas en methaan respectievelijk 40% en 50% gereduceerd worden. Het frequent verwijderen van de mest zorgt voor ruim 80% reductie. Waarbij de emissie uit opslag lineair toeneemt van 25 naar 200 dagen met 2 naar 15 kg/jaar methaan.

Een beeld op de emissies van methaan en lachgas zijn niet eenduidig bij mestvergisting en/of scheiden. Er zijn namelijk zowel reducties als toenames waargenomen. Voor zowel scheiden zijn

er lagere emissies als hogere emissies waargenomen van tussen de 90% reductie en 3% toename voor methaan. Bij vergisting zijn er wel lagere methaan en lachgas emissies waargenomen maar ook hogere waarden.

In Tabel 67 is inzichtelijk gemaakt hoe de methaan en lachgas emissie zo ver mogelijk beperkt kan worden. Uitgaande van de cijfers van (Van Bruggen, et al., 2018) voor methaan en lachgas dan stoot een varken 37,5 kg CO_2 uit fermentatie en 165 kg CO_2 uit opslag door de emissie van methaan. Voor stikstof is de emissie voor vleesvarkens 0,69 kg CO_2 en voor zeugen 1,77 kg CO_2. Reducties van methaan zijn dus van het grootste belang om te reduceren.

Tabel 6 Aanpassing voor reductie van methaan en lachgas

Aanpassing		CH_4	N_2O	NH_3	
Voersamenstelling aanpassen		-	-	-	
Ammoniak (lager)		Hoger	Lager	Lager	
Beluchten (zuurstof toevoegen)		70-90%	N.B.	NVT	Bij niet correct gebruik stijgt N_2O.
Mestoppervlakte	Vaste mest	42%	45%		
	Gescheiden koek varkensmest	87%	99%		
Mestopslag bedekken	Regulier	70%	4%		
	+ Koelen	41,2%	40%		(uitgaande van een bedekte opslag)
Mest kort opslaan in de stal	Varkens (na elke ronde)	56%	39%		
	Frequent mest verwijderen	50-86%	0%		Meerdere keren per dag
Opslag vergiste drijfmest		32-68%	9%		Stijging N_2O bij hogere temperatuur
Scheiding		8%-93%	Geen of toename		

De meeste reductie kan behaald worden door technieken aan elkaar te schakelen. De mest meteen (het liefst iedere dag) uit de stal verwijderen, beluchten in een overdekte mestopslag waarbij de mest gekoeld wordt lijkt een hoge reductie van methaan gehaald te kunnen worden. De mest vervolgens scheiden draagt bij aan een nog verdere reductie. Concrete cijfers kunnen niet gegeven worden aangezien dit om verschillende losse onderzoeken gaan. Mochten er inderdaad meer dan 90% reductie mogelijk zijn dan betekent dit een daling van de CO_2 naar 16,5 kg per varken door methaan uit opslag.

7. Discussie

In deze scriptie is gekeken naar de mogelijkheden voor de varkenshouderij in een kringlooplandbouw. Hierbij is er per kringloop of schakel aangegeven welke mogelijkheden er zijn voor een varkenshouder. Hiervoor is een literatuurstudie gedaan.

Alhoewel de meeste cijfers die gebruikt zijn in dit verslag komen van publicaties door overheidsinstellingen en wetenschappelijke bronnen geven deze zelf aan dat er onzekerheidsfactoren in de cijfers zit. Dit is van belang voor varkenshouders omdat dit invloed kan hebben om nieuw te maken beleid vanuit de overheid. Bij lage betrouwbaarheid kan hier ook geen eisen aan gesteld worden. Of is het verstandig aan deze emissie minder prioriteit te geven. Voor N_2O- en NO-emissies geldt een onzekerheid van 36% en 93%. Voor methaan geldt 10%, PM_{10} 18% en $PM_{2,5}$ heeft tot slot een onzekerheidsfactor van 31%. Dit zorgt er voor dat uitkomsten van berekeningen niet 1-op-1 overgenomen kunnen worden. Maar er zeker een marge aangehouden moet worden. Bovendien moet er rekening gehouden worden met het feit dat er gebruik is gemaakt van veel bronnen. Er is getracht de cijfers zo helder mogelijk te houden. Overlap of vertroebeling van cijfers is echter niet te voorkomen.

Uit de resultaten van dit onderzoek komen per schakel verschillende mogelijkheden om kringlopen te sluiten. Dit biedt voor de varkenshouders de mogelijkheid om bij te dragen aan kringlooplandbouw.

Ammoniak emissie kan met de huidige systemen beperkt worden (luchtwassers) of door nieuwe technieken zoals dag ontmesting of verwerking van mest ruimschoots gereduceerd worden om aan de klimaat doelen te voldoen. Voor stikstofoxiden, methaan en lachgas betekent vooral dat het snel verwijderen en verwerken van mest zorgt voor reductie van de emissie van deze gassen. Door deze technieken aan elkaar te schakelen wordt tevens het fijnstof en de geur emissie beperkt.

Mest is van groot belang in de kringlooplandbouw. En door dit te verwerken naar verschillende mineralen en stoffen kan dit beter ingezet worden. Bovendien voorkomt dit bovengenoemde emissies. Er zijn verschillende mogelijkheden om dit te realiseren zowel op het varkensbedrijf als op een centrale verwerkingslocatie. De overheid belemmert op dit moment echter met regelgeving waardoor de planten nog niet volledig naar behoefte gevoed kunnen worden met mineralen (N en P).

Ook voor energie geldt dat er door de varkenshouderij bijgedragen kan worden aan de klimaatdoelstelling voor Nederland. En tevens kan dit de kosten drukken van de bedrijfsvoering. Als ook het voer wat, ondanks belemmeringen van de overheid, cyclisch gemaakt kan worden. En bovendien sterk bijdraagt aan de volledige kringlooplandbouw. Aangezien varkens veel reststromen en bijproducten kunnen omzetten. Voor water geldt dat deze in principe cyclisch is wanneer er enkel water uit de natuur wordt onttrokken en dicht rond de onttrekking blijft. Kadavers passen alleen in de kringloop wanneer de regelgeving omtrent dierlijk eiwit veranderd.

Dit resultaat geeft mevr. Schouten in de landbouwvisie (Schouten, 2018) ook weer. Door te stellen dat de veehouderij een cruciale rol speelt in de kringlooplandbouw. Dit is met dit onderzoek verder verklaard.

Hierbij is het huidige onderzoek een aanvulling doordat het allereerst thema's (of schakels) geeft waar varkenshouders rekening mee moeten houden. En waar deze op kunnen sturen en waar (nog)

niet. Bovendien kan een varkenshouder met dit rapport nadenken over het investeren in een van schakels waardoor het eigen bedrijf cyclische wordt.

8. Conclusie en aanbevelingen

In dit onderzoek is gezocht naar een antwoord op de vraag: '*Hoe kan een varkenshouder bijdragen aan een kringlooplandbouw?*' Hiervoor is een literatuurstudie uitgevoerd.

Allereerst blijkt uit de deelvraag: 'welke kringlopen worden er in de varkenshouderij gemaakt en welke dienen er nog gemaakt te worden' dat de varkenshouderij al druk bezig is met het sluiten van kringlopen. Bovendien is het bezig met het verminderen van emissies. Doordat veel stallen zijn voorzien van een luchtwasser of ander reducerende maatregel. Mest kan een kans in de kringlooplandbouw bieden wanneer de mest beter op maat gemaakt kan worden naar de wens van akkerbouwers. Dit is tevens de kern van de kringloop voor de varkenshouderij. Voor energie geldt dat er veel mogelijkheden zijn voor varkenshouders om energie op te wekken en of te besparen. Hierbij zijn windmolens, mestvergisters of houtkachels het best voor het milieu (gelet op de CO_2 afdruk). Ook voer geldt als een kern in de kringloop voor de varkenshouderij. Hier kan de sector ook het bestaansrecht aan kunnen ontleden met betrekking tot kringlooplandbouw. Door nog meer gebruik te maken van reststromen uit de verschillende industrieën en sectoren kan deze schakel verder versterkt worden. Water is in de basis al een kringloop. Aangezien water niet kan verdwijnen maar altijd weer ergens neerdaalt of uitgereden wordt. Kadavers is op dit moment met oog voor kringlopen nog niet optimaal benut. Aangezien er nu energie van gemaakt wordt.

Vervolgens blijkt uit het onderzoek dat de grootste belemmeringen met betrekking tot regelgeving voor kringlooplandbouw in de varkenshouderij op het gebied van het niet erkennen van mineralenconcentraat als kunstmest waardoor dit niet als kunstmest op het land toegediend kan worden. Net als het gebruikt van diermeel wat tegen gehouden wordt doordat diermeel van landbouwhuisdieren niet aan andere landbouwhuisdieren gevoerd mag worden. Wat tevens de kern van het probleem voor het gebruikt van insecten is. Een andere belemmering zit in de regel dat afval van consument (swill) niet gebruikt mag worden in diervoeders. Dit kan de voer schakel in de kringloop verder cyclisch maken.

De mogelijkheden voor het sluiten van de mest kringloop zijn er vooral wanneer de mest verwerkt wordt en in mineralenstromen en organische stof wordt ontleed. Hierdoor kan het specifiek naar behoefte van de grond en gewas toegediend worden. Dit kan alleen succesvol wanneer eerder genoemde belemmering (mineralenconcentraat) weg wordt genomen. Bovendien zal dit, afhankelijk van de soort verwerking, veel transport kilometers schelen.

De huisvesting kan bijdragen in het verminderen van emissies door snelle afvoer van mest uit de afdelingen. En daarna zo snel mogelijk verwerkt worden om verdere ontwikkeling van gassen te voorkomen. De opslag dient daarnaast zoveel mogelijk overdekt te zijn om emissie te voorkomen. En mest gekoeld bewaren geeft ook een verlaging van de emissie. Dit alles moet de emissie van ammoniak, lachgas en methaan verminderen.

Uit het onderzoek blijkt dat varkenshouders kunnen bijdragen aan een kringlooplandbouw. De varkenshouderij blijkt hierbij van groot belang om de kringloop sluitend te krijgen. Hiervoor zijn er in individuele bedrijven wel aanpassingen nodig. Waarbij het per bedrijf verschild welke maatregel doeltreffend is. Een varkenshouder kan inspelen op onder meer de mestverwerking met het vooruitzicht dat mineralenconcentraten goedgekeurd worden om als plaatsingsruimte te dienen voor kunstmest. Of een ondernemer kan al meer restproducten gaan voeren. Om zodoende voorbereid te zijn op de vraag naar een varken als kringloopdier. Hierbij kan ook gekeken naar brijvoedering. Energie kan zelf opgewekt worden of bespaard worden met de verschillende gegeven mogelijkheden. Een varkenshouder zou verder met dit onderzoek kunnen zoeken naar een concept

of markt voor kringloopvarkens. Waarbij de CO_2 productie bijvoorbeeld een bepaalde prijs of beloning vertegenwoordigd.

Verder onderzoek zou er gedaan kunnen worden naar de impact van de verschillende maatregelen op de periferie er om heen. Wat gaat dit betekenen voor bijvoorbeeld de kunstmest industrie. Of hoe kan een veevoerfabriek inspelen op de omschakeling naar meer restproducten. Ook zou er een model gemaakt kunnen worden naar de financiële gevolgen van het cyclisch maken van een van de schakels in de kringloop van de varkenshouderij.

Bibliografie

Aarnink, A., Hol, J., Troquet, L., & Ogink, N. (2015). *Emissies bij gedeeltelijke onderafzuiging in stallen voor vleesvarkens en zeugen.* Wageningen: Wageninge UR Livestock Research.

Aarnink, A., Huis in 't Veld, J., Hol, A., & Vermeij, I. (2007). *Kempfarm vleesvarkensstal: milieu-emissies.* Lelystad: Animal Science Group van Wageningen UR.

Agriculture and Rural Development. (2016). *Strategic Plan 2016-2020* .* Brussel: Directorate-General for Agriculture and Rural Development.

AgriHolland B.V. (2018). *Ammoniak*. Opgeroepen op november 15, 2018, van agriholland.nl: https://www.agriholland.nl/dossiers/ammoniak/home.html

Amon, B., Amon, T., Boxberger, J., & Alt, C. (2001). *Emissions of NH3, N2O and CH4 from dairy cows housed in a farmyard.* Nutrient Cycling in Agroecosystems, Volume 60, Issue 1-3. doi:https://doi-org.aeres.idm.oclc.org/10.1023/A:1012649028772

Amon, B., Kryvoruchko, V., Fröhlich, M., Amon, T., Pöllinger, A., Mösenbacher, I., & Hausleitner, A. (2007). *Ammonia and greenhouse gas emissions from a straw flow system for fattening pigs: Housing and manure storage.* Livestock Science, Volume 112, Issue 3. doi:https://doi-org.aeres.idm.oclc.org/10.1016/j.livsci.2007.09.003

Animal Science Group. (2012). *Energiebesparing varkens : bodembuffer benutten voor klimaatconditionering koelen in de winter en verwarmen in de zome.* Opgehaald van Wageningen UR: https://library.wur.nl/WebQuery/groenekennis/2010013

Baltussen, W., Dolman, M., Hoste, R., Janssens, S., Reijs , J., & Smit, A. (2016). *Grondstofefficiëntie in de zuivel-, varkensvlees, aardappel- en suikerketen.* Wageningen: LEI Wageningen UR. Opgehaald van http://edepot.wur.nl/368103

Bauwens, A., de Groot, M., & Poppe, K. (1990). *Agrarisch bestaan.* Assen: Van Gorcum & Comp B.V.

Bijen, M. (Z.D.). *Gratis warmte winnen en benutten in de varkenshouderij [Powerpoint].* Opgehaald van inno-plus.nl: https://www.inno-plus.nl/filemanager/Presentaties/Gratis_warmte_winnen_en_benutten_in_de_varkenshouderij__Marcel_Bijen_.pdf

Blanken, K., de Buisonje, F., Evers, A., Holster, H., Ouweltjes, W., Verkaik, J., . . . Wemmenhove, H. (2018). *KWIN 2018 - 2019.* Wageningen: Wageningen Livestock Research.

Bonda. (Z.D.). *Productinformatie*. Opgeroepen op December 13, 2018, van bonda.nl: https://www.bonda.nl/varkensvoeder/productinformatie.html

Bos- Brouwers, H., Meesters, L., & Janssen, A. (2018). *Handboek hergebruik reststromen supermarkt.* Wageningen: Wageningen Food & Biobased Research. doi:http://dx.doi.org/10.18174/464639/

Braks, G. (1987). *Mestactieprogramma.* 's-Gravenhage: Tweede kamer der Staten-Generaal.

Burgers, R. (2015). Forse besparing op voerkosten mogelijk. *Pig Business*, 26-28. Opgehaald van http://edepot.wur.nl/335447

Burgers, R. (2018, Augustus 17). *Voorzorgsprincipe noodrem voor angstige politici.* Opgehaald van vork.org: https://www.vork.org/nieuws/voorzorgsprincipe-noodrem-voor-angstige-politici/

CBS. (2018, september 10). *CO2-uitstoot in 2017 gelijk aan die in 1990*. Opgehaald van Centraal Bureau voor de Statistieken: https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2018/37/co2-uitstoot-in-2017-gelijk-aan-die-in-1990

CBS. (2018, September 10). *Emissies naar lucht op Nederlands grondgebied; totalen*. Opgehaald van statline: https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/37221/table?dl=110EB

CBS. (2018, Juli 02). *Energiebalans; Aanbod, omzetting en verbruik*. Opgehaald van opendata.cbs.nl: https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83140NED/table?ts=1544430251742

CBS. (2018, Januari 23). *Fosfaatproductie dierlijke mest onder fosfaatplafond*. Opgehaald van www.cbs.nl: https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2018/04/fosfaatproductie-dierlijke-mest-onder-fosfaatplafond

CBS. (2019, Maart 01). *Vooral meer groene stroom uit zon*. Opgehaald van cbs.nl: https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2019/09/vooral-meer-groene-stroom-uit-zon

CBS. (Z.D.). *Energieverbruik particuliere woningen; woningtype en regio's*. Opgeroepen op September 05, 2018, van statline.cbs.nl: http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=81528NED

Chum, H., Faaij, A., & Moreira, J. (2012). *Renewable Sources and Climat Change Mitigation.* New York USA: Cambridge University Press.

Commissie Deskundige Meststoffenwet. (2017). *Advies Mestverwerkingspercentages 2018.* Wageningen: Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu.

Compendium voor de Leefomgeving. (Z.D.). *Stikstof en fosfaat in dierlijke mest en kunstmest.* Opgeroepen op Januari 03, 2019, van https://www.clo.nl/indicatoren/nl0106-stikstof-en-fosfaat-in-mest

Convertworld. (Z.D.). *kWh (metrisch), energie*. Opgeroepen op December 10, 2018, van convertworld.com: https://www.convertworld.com/nl/energie/kwh.html

Davis, K., Grephart, J., Emery, K., Leach, A., Galloway, J., & D'Odorico, P. (2016). *Meeting future food demand with current agricultural resources.* Charlottesville: Elsevier. doi:https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.004

de Haas, M., & van Dijk, T. (2010). *Inventarisatie klimaatvriendelijke kunstmest.* Wageningen: NutriËnten Management Instituut NMI B.V., rapport 1379.09.

den Boer, D., Reijneveld, J., Schröder, J., & van Middelkoop, J. (2012). *Mestsamenstelling in Adviesbasis Bemesting Grasland en Voedergewassen.* Lelystad: Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen, Rapport 1.

Department of Economic and Social Affairs. (2017). *World Population Prospects.* 2017: United Nations.

Deutscher Bauernverband. (2017, November 28). *Ressourcenschutz in der Landwirtschaft*. Opgehaald van bauernverband.de: https://www.bauernverband.de/21-flaechennutzung-und-biodiversitaet-803603

Dieleman, P. (2012). Warmtepomp verwarmt varkensstallen. *Management&Techniek 22*, 36-37.

Directoraat-generaal Agro en Natuur. (2017). *Zesde Nederlandse actieprogramma betreffende de Nitraatrichtlijn (2018-2021) .* Den Haag: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

DLV advies. (2015, Mei 19). *Energieverbruik tussen varkensbedrijven verschilt sterk*. Opgehaald van dlvadvies.nl: https://www.dlvadvies.nl/nieuws/energieverbruik-tussen-varkensbedrijven-verschilt-sterk/11

Duynie. (sd). *Diergroepen Varkens Producten*. Opgeroepen op December 13, 2018, van duynie.nl: https://www.duynie.nl/diergroepen/varkens/producten

Edenhofer, O., Madruga, R., Sokona, Y., Seyboth, K., Matschoss, P., Kadner, S., . . . von Stechow, C. (2012). *Renewable Energy Sources and Climate.* New York (USA): Cambridge University Press.

EGKS. (Z.D.). Opgehaald van webquesteuropeseunie: https://webquesteuropeseunie.weebly.com/egks.html

Ellen, H., Jansen, J., Smit, A., & Vermeij, I. (2014). *Luchtconditionering met WKO in varkenstallen.* Lelystad: Wageningen UR Livestock Research 302616.

Eskens, J., Van den Bogaert, T., Van Gansbeke, S., Vettenburg, N., Degroote, T., & Vuylsteke, I. (2015). *Bespaar Watt op je varken.* Varkensloket.

European Commission, Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs. (2016). Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL . *Pakket circulaire economie* (p. 6). Brussel: European Commission.

Europees Parlement, Raad van de Europese Unie. (2011, Februari 25). *VERORDENING (EG) nr. 1069/2009 VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD*. Opgehaald van https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/ALL/?uri=CELEX:32009R1069

Europese Commissie. (Z.D.). *The common agricultural policy at a glance*. Opgeroepen op april 10, 2019, van ec.europe.eu: https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agricultural-policy/cap-glance_nl#thepurposeandbenefitsofthecap

Fijnstof: De Bron. (2014). Wageningen: Wageningen Universiteit & Research.

ForfarmersDML. (Z.D.). *Producten varkens*. Opgeroepen op December 13, 2018, van forfarmersdml.nl: https://www.forfarmersdml.nl/producten/varkens.aspx

Gilhespy, S., Webb, J., Chadwick, D., Misselbrook, T., Kay, R., Camp, V., . . . Bason, A. (2009). *Will additional straw bedding in buidlings housing cattle and pigs reduce ammonia emissions?* Biosystems Engineering Volume 102, Issue 2. doi:https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2008.10.005

Government of the Netherlands. (2018, Oktober 03). *Nederlandse doelen binnen de EU*. Opgeroepen op November 12, 2018, van government.nl: https://www.government.nl/topics/climate-change/eu-policy

Groenestein, C., Mosquera, J., & van der Sluis, S. (2012). *Emission factors for methane and nitrous oxide from manure management and mitigation options.* Journal of integrative Environmental Sciences.

Hoste, R. (2015). Nederlandse varkens koploper in duurzaamheid. *Varkensbedrijf.nl*, 12-15. Opgehaald van

https://www.researchgate.net/publication/283087002_Nederlandse_varkens_koploper_in_duurzaamheid

Huitema, J. (2016, Februari 22). *Gebruik diermeel in veevoer voorlopig niet toegestaan*. Opgehaald van janhuitema.nl: https://www.janhuitema.nl/gebruik-diermeel-in-veevoer-voorlopig-niet-toegestaan/

Kasper, G., & Peters, B. (2012). *Monovergisting varkensmest op boerderijschaal.* Lelystad: Wageningen UR Livestock Research.

Kebreab, E., Clark, K., Wagner- Riddle, C., & France, J. (2006). *Methane and nitrous oxide emissions from Canadian animal agriculture: A review.* Canadian Journal of Animal Science, 86 (2). doi:https://doi.org/10.4141/A05-010

Koenders, A. (2016). Nieuwe Commissievoorstellen en initatieven van de lidstaten van de Europese Unie. *Fiche: EU- Meststoffenverordening.* Den Haag: Tweede Kamer.

Kool, A., Timmerman, M., de Boer, H., van Dooren, H.-J., van Dun, B., & Tijmensen, M. (2005). *Kennisbundeling covergisting.* Culemborg: CLM Onderzoek en Advies BV.

Koppejan, I. (2010). *Statusoverzicht Houtkachels in Nederland.* Utrecht: AgentschapNL.

Lentz, J. (2016). Coproducten verwaarden. *V-focus*, 20-21.

LNV Consumentenplatform. (2005). *Diermeel, voer voor discussie.* Den Haag: Ministerie LNV.

Lozingsbesluit open teelt en veehouderij. (2000, Januari 27). Opgeroepen op December 20, 2018, van https://wetten.overheid.nl/BWBR0011133/2011-12-16#HoofdstukII

Makkar, H., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014). *State-of-the-art on use of insects as animal feed.* Rome: Animal Feed Science and Technology. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008

Martinez, J., Guiziou, F., Peu, P., & Gueutier, V. (2003). *Influence of Treatment Techniques for Pig Slurry on Methane Emissions during Subsequent Storage.* Biosystems Engineering, Volume 85, Issue 3. doi:https://doi.org/10.1016/S1537-5110(03)00067-9

Mekonnen, M., & Hoekstra, A. (2010). *The Green, Blue and Grey water footprint of farm animals and animal products.* Delft: UNESCO-IHE Institute for Water Education.

Milieu en Natuur Planbureau. (2005). *Fijn stof nader bekeken.* Bilthoven: Milieu- en Natuurplanbureau.

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit; Schuttelaar & Partners. (2005). *Diermeel, voer voor discussie.* Ministerie van LNV. Opgehaald van http://edepot.wur.nl/117939

Ministerie voor Infrastructuur en Waterstaat. (Z.D.). *Energiegebruik*. Opgehaald van Klimaatmonitor: https://klimaatmonitor.databank.nl/dashboard/Dashboard/Energiegebruik/

Minsterie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. (Z.D.). *de 3 categorieën bijproducten*. Opgeroepen op December 20, 2018, van nvwa.nl: https://www.nvwa.nl/onderwerpen/dierlijke-bijproducten/de-3-categorieen-dierlijke-bijproducten

Mosquera, J., Groenestein, C., Timmerman, M., Aarnink, A., & Winkel, A. (2013). *Deskstudie naar maatregelen ter vermindering van broeikasgasemissies uit varkens- en pluimveestallen.* Lelystad: Wageningen UR Livestock Research.

Nieuwe Oogst. (2015). Voorlopig geen diermeel in veevoer. *NieuweOogst*. Opgehaald van https://www.nieuweoogst.nu/nieuws/2015/11/09/voorlopig-geen-diermeel-in-veevoer

Nijpels, E. (2018). *Voorstel voor hoofdllijnen van het Klimaatakkoord.* Den Haag: Sociaal-Economische Raad.

Oenema, O., Velthof, G., Verdoes, N., Groot Koerkamp, P., Monteny, G., Bannink, A., . . . van der Hoek, K. (2000). *Forfaitaire waarden voor gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen.* Wageningen: Alterra.

Peng, J., Lu, L., & Yang, H. (2012). *Review on life cycle assessment of energy payback and greenhouse gas emission of solar photovoltaic systems.* Renewable and Sustainable Energy Reviews. doi:https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.035

PIG BUSINESS. (2012). Vergisten niet rendable met huidige subsidies. *PIG BUSINESS*, 6-9.

Pijnenburg, J. (Z.D.). *Perspectieven mest vewerken.* Opgeroepen op December 27, 2018, van verantwoordeveehouderij.nl: https://www.verantwoordeveehouderij.nl/upload_mm/5/3/4/a807f088-f935-4b0d-9f81-2a55f1f56e6c_14-01mestverwerkingstechnieken.pdf

Provincie Noord-Brabant. (2018, November 26). *Stand van Zaken innovatieve stalsystemen.* Opgehaald van brabant.nl: https://www.brabant.nl/dossiers/dossiers-op-thema/platteland/agrofood-in-brabant/versnelling-transitie-duurzame-veehouderij/ondersteunende-maatregelen/innovatieve-stalsystemen

Queisen, G. (2018, November 29). *Afval levensmiddelen goed voer voor dieren*. Opgehaald van nijsen-granico.nl: https://www.nijsen-granico.nl/actueel/afval-levensmiddelen-goed-voer-voor-dieren/

Regelgeving kadavers. (Z.D.). Opgeroepen op December 14, 2018, van nvwa.nl: https://www.nvwa.nl/onderwerpen/kadavers-verwijderen-van-dode-dieren/regelgeving

Rendac. (Z.D.). *Het proces*. Opgeroepen op December 14, 2018, van rendac.nl: https://www.rendac.nl/over-ons/onze-werkwijze/het-proces/

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (Z.D.). *Wet milieubeheer en informatieplicht energiebesparing*. Opgeroepen op November 12, 2018, van rvo.nl: https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/energie-besparen/wet-milieubeheer

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. (2018, November 02). *Emissies*. Opgeroepen op November 22, 2018, van rivm.nl: https://www.rivm.nl/ammoniak/emissies

Rijksoverheid. (Z.D.). *Begrippen*. Opgeroepen op November 15, 2018, van emissieregistratie: http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/misc/glossary.nl.aspx

Rijksoverheid. (Z.D.). *Uitstoot broeikasgassen licht gedaald*. Opgeroepen op December 13, 2018, van emissieregistratie.nl: http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/erpub/uitstoot_gedaald.aspx

Rijkswaterstaat. (2012, December). *D 1.2 diercategorie kraamzeugen (incl. biggen tot spenen)*. Opgehaald van infomil.nl: https://www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw/ammoniak/rav-0/bijlage-1/emissiefactoren-per/map-staltypen/1-2-diercategorie/

Rijkswaterstaat. (Z.D.). *Alle BB- en BWL-nummers van de geldende Rav.* Opgeroepen op November 22, 2018, van infomil.nl: https://www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw/ammoniak/rav-0/bijlage-1/stalbeschrijvingen/#hde80935f-6880-426e-ad0e-8ae877a9f30d

Rijkswaterstaat. (Z.D.). *Beëindiging Stoppersregeling*. Opgeroepen op November 22, 2018, van infomil.nl: https://www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw/ammoniak/actieplan-stoppers/stoppers/beeindiging-0/

Rijkswaterstaat. (Z.D.). *Fijn stof*. Opgeroepen op November 26, 2018, van infomil.nl: https://www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw/stof/handreiking-fijn-1/sitemap/fijn-stof/

Rulkens, W. (2008, Januari 06). *Opties voor mestverwerking.* Opgehaald van pbl.nl: https://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/rulkens_-_mestverwerking.pdf

Rumpold, B., & Schlüter , O. (2012). *Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production.* Potsdam: Innovative Food Science & Emerging Technologies. doi:https://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.11.005

RVO. (2018). *Tabel 5 Forfaitaire stikstof- en fosfaatgehalten in dierlijke mest.* Den Haag: Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

RVO. (Z.D.). *Onderzoek mineralenconcentraat*. Opgeroepen op December 19, 2018, van rvo.nl: https://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mestbeleid/mest/mest-bewerken-en-behandelen/onderzoek-mineralenconcentraat

Scholten, R., & Rijnen, M. (1998). *Het gebruik van vochtrijke bijproducten Een literatuuroverzicht.* Rosmalen: Praktijkonderzoek Varkenshouderij.

Schouten, C. (2018). *Landbouw, natuur en voedsel: waardevol en verbonden | Nederland als koploper in kringlooplandbouw.* Den Haag: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

Simonic, T., & Simonic, M. (2018). *Vacuum Evaporation of liquid fraction of digestate.* Slovenië: University of Maribor.

Smits, M., & Bokma, S. (2008). *Verkenning perspectief van ureaseremmers voor beperking van ammoniakemissie uit Nederlandse melkveestallen.* Lelystad: Animal Sciences Group.

Smits, M.-J., & Linderhof, V. (2014). *Circulaire economie in de landbouw.* Den Haag: LEI Wageningen UR 336217.

Sommer, S., Petersen, S., & Moller, H. (2004). *Algorithms for calculating methane and nitrous oxide emissions from manure management.* Nutrient Cycling in Agroecosystems 69.

Stal van de toekomst. (Z.D.). *De nieuwste technieken*. Opgeroepen op November 23, 2018, van stalvandetoekomst.nl: https://stalvandetoekomst.nl/techniek/

Starmans, D., de Buisonjé, F., van Dijk, W., de Haan, J., Timmerman, M., & de Visser, C. (2015). *Mest vol verwaarden?* Wageningen: ACRRES - Wageningen UR. Opgehaald van http://edepot.wur.nl/358252

Timmerman, M. (2016). *Ontwikkeling van de mestverwerkingscapaciteit in Nederland.* Wageningen: Wageningen Livestock Research.

Udert, K. M., Tove, L. A., Biebow, M., & Gujer, W. (2003). Urea hydrolysis and precipitation dynamics in a urine-collecting system. *Water Research*, 37 (2003) 2571-2582.

Udo de Haes, H., Jansen, J., van der Weijden, W., & Smit, A. (2009). *Fosfaat- van te veel naar tekort.* Utrecht: Stuurgroep Technology Assessment van het ministerie van LNV.

UNFCCC. (Z.D.). *Nationally Determined Contributions*. Opgeroepen op Mei 2019, 22, van United Nations Climat Change: https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_english_.pdf

Van Bruggen, C., Bannink, A., Groenestein, C., Huijsmans, J., Lagerwerf, L., Luesink, H., . . . Vonk, J. (2018). *Emissies naar lucht uit de landbouw in 2016.* Wageningen: Wageningen UR.

Van Bruggen, C., Bannink, A., Groenestein, C., Huijsmans, J., Lagerwerf, L., Luesink, H., . . . Vonk, J. (2018). *Emissies naar lucht uit de landbouw in 2016.* Wageningen: Wageningen UR.

Van Cuyck, J., & den Brok, G. (1994). *Mestproduktie en waterverbruik: vergelijking tussen praktijk en theorie.* Rosmalen: Praktijkonderzoek Varkenshouderij.

Van der Woude, M. (2006). *Winst uit water Varkenshouderij.* Culemborg: CLM Onderzoek en Advies BV.

Van Dooren, K. (2018, September 21). *Frisse stal door ondergrondse ammoniakafvoer*. Opgehaald van boerderij.nl: https://www.boerderij.nl/Varkenshouderij/Foto-Video/2018/9/Frisse-stal-door-ondergrondse-ammoniakafvoer-333333E/?cmpid=NLC|boerderij_varkenshouderij|2018-09-21|Frisse_stal_door_ondergrondse_ammoniakafvoer

Van Doorn, D., Klink, A., Hectors, A., Rottenberg, F., Naaijkens, J., Vos, M., . . . Arntz, R. (2012). *Al het vlees duurzaam.* Den Bosch: Commissie Van - Doorn. Opgehaald van http://edepot.wur.nl/176874

Van Gruisen, W. (2017). Mineralenconcentraat dichtbij EU-erkenning. *Pig Bussines*, 34-37.

Vandenbosch, A. (2015). Insecten in veevoeding of als mestverwerker? *Managment&techniek*, 32-38.

Vaneeckhaute, C., Meers, E., Michels, E., & Tack, F. (2011, September 14). *Recuperatie en hergebruik van nutrienten uit digestaat als groene kunstmeststoffen*. Opgehaald van biblio.ugent.be: https://biblio.ugent.be/publication/1901560/file/1901561

varkens.nl. (2018, Juli 09). *80 miljoen voor bronaanpak*. Opgehaald van Varkens.nl: https://varkens.nl/80-miljoen-voor-bronaanpak/

Varkensloket . (2018). *Emissie van geur en fijn stof*. Opgehaald van varkensloket.be: https://www.varkensloket.be/NL/Biggen/Mest-Milieu/Emissievangeurenfijnstof/tabid/7040/language/nl-NL/Default.aspx

Veerman, D. (2005). *Kiezen voor landbouw; Een visie op de toekomst van de Nederlandse agrarische sector.* Den Haag: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

Verbandes der Landwirtschafskammern e.V. (2010). *Phosphor- und Kaliumdüngung- brauchen wir neue Düngekonzepte?* Frankfurt am Main (Duitsland): Bundesarbeitskreis Düngung.

Verdoes, i. (2015, Februari 27). *Stal van de toekomst: Demo- en proefbedrijf voor de KDV*. Opgehaald van wur.nl: https://www.wur.nl/nl/nieuws/Stal-van-de-toekomst-Demo-en-proefbedrijf-voor-de-KDV.htm

Verdoes, N. (2012, April 23). *Belonen helpt varkens op het toilet*. Opgehaald van wur.nl: https://www.wur.nl/nl/show/Belonen-helpt-varkens-op-het-toilet.htm

Verdoes, N. (2015, December 31). *Innovaties in varkensstallen*. Opgehaald van wur.nl: https://www.wur.nl/nl/show/Toiletstal-varkens.htm

Verdoes, N., & Starmans, D. (2002). *Mestverwerking varkenshouderij.* Lelystad: Praktijkonderzoek veehouderij.

Vreuls, H. (2005, November). *Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO2-emissiefactoren.* Opgehaald van Rvo.nl: https://www.rvo.nl/sites/default/files/2013/10/Vreuls%202005%20NL%20Energiedragerslijst.pdf

Wageningen. (2009). *Mest, een kwestie van afzetten : hygiëniseren van mest biedt mogelijkheden!* Opgeroepen op November 27, 2018, van library.wur.nl: http://library.wur.nl/WebQuery/groenekennis/1922831

Wageningen UR. (Z.D.). *Insecten als voedsel en veevoer*. Opgeroepen op December 20, 2018, van wur.nl: https://www.wur.nl/nl/Dossiers/dossier/Insecten-als-voedsel-en-veevoer.htm#

Winkel, A., Ellen, H., Aarnink, A., & Ogink, N. (2018). *Stalmaatregelen voor het reduceren van geuremissie uit de intensieve veehouderij.* Wageningen: Wageningen Livestock Research.

Yamulki, S. (2005). *Effect of straw addition on nitrous oxide and methane emissions from stored farmyard manures.* Agriculture, Ecosystems & Environment, Volume 112, Issues 2-3. doi:https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.08.013

Zantinge, E., van Bakel, A., van Loon, A., & Ocké, M. (2017). *Drijvende krachten van de voedselconsumptie en het voedselaanbod.* Bilthoven: RIVM.

zu Ermgassen, K., Phalan, B., Green, R., & Balmford, A. (2015). *Reducing the land use of EU pork production: where there's swill, there's a way.* Food Policy. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2015.11.001

Bijlagen

Voor deelvraag 1 zijn er meerdere berekeningen gemaakt voor de scriptie. Deze zijn bijgevoegd als bijlage in het rapport.

1. Emissie; Ammoniak

Een luchtwassysteem met 95% reductie zorgt voor de volgende emissies per dier:

Diersoort	Aantal dieren 2016	Ammoniak emissie in kg
Biggen 0,03 NH_3	5.595.261	167.857
Zeugen: (gemiddeld) 0,315 NH_3	930.976	293.257
Dekbeer 0,28 NH_3	6.554	1.835
Vleesvarkens (en opfok) 0,15 NH_3	5.945.803	891.870
Totaal	**12.478.594**	**1.354.819**

2. Emissie; Methaan

De Varkenshouderij produceert 101,3 mln. kg methaan.
Waarvan 18.9 mln. kg uit fermentatie. = 1,5 kg per dier
en 82.9 mln. kg uit opslag = 6,6 kg per dier uit opslag.

1 gram methaan = 25 gram CO_2
Dit is 2532,5 mln. kg CO_2
Wat 12.478.594 varkens zijn.

Per varken = 2.532.500.000/12.478.594= 202,95 kg CO_2 uit methaan.

3. Emissie; Lachgas

Vleesvarkens emissiefactor = 0,2 % van excretie van de totale N-excretie.
Een vleesvarken heeft 11,6 kg N productie dus 11,6*0,002 = 0,00232 kg N_2O per vleesvarken

Dit vermenigvuldigd met de CO_2 equivalent voor lachgas geeft 0,00232 * 298= 0,69 kg CO_2 .

Een zeug heft 29,7 kg N- productie dus 29,7*0,002 = 0,00594 kg N_20
Dit vermenigvuldigd met de CO_2 equivalent voor lachgas geeft 0,00594 * 298= 1,77 kg CO_2

4. Energie

Aardgas = 31,65 MJ per M^3

4m^3 gas (vleesvarken) = 126,6 MJ
1 MJ= 0,0561 kg CO_2
Dus 4 m^3 aardgas is 0,0561 * 126,6= 7,102.. Kg CO_2

5, 33 m^3 gas (1/3^e hoger) = 168, 8 MJ
1 MJ = 0,0561 kg CO2
Dus 5, 33 m^3 is 0, 0561 * 168, 8 = 9,469 kg CO_2

65 m3 gas (zeug) = 2057, 25 MJ
1 MJ= 0,0561 kg CO_2
Dus 65 M3 aardgas is 0.0561 * 2057, 25= 115, 41 kg CO_2

Aardgas zeug (1/3e hoger) = 31, 65 MJ per m^3
86, 66 m3 = 2742, 93
1 MJ = 0.0561 CO_2
Dus 86, 66 aardgas is 0.0561 * 2742, 93 = 153, 88 kg CO_2

Elektrische energie (40 kWh); Vleesvarken
Bij gebruik van aardgas = 56,1 kg/ GJ = 0.0561 kg per MJ

40 kWh = 3,6 * 40 = 144 MJ
144 MJ * 0.0561 = 8,078 kg CO_2

Elektrische energie (53,33 kWh) Vleesvarken 1/3e hoger
Bij gebruik van aardgas = 56,1 kg/ GJ = 0.0561 kg per MJ

53,33 kWh = 3,6 * 53,33 = 191,99
191,99 * 0,0561 = 10,770 CO_2

Elektrische energie (160 KWh) Zeug
aardgas = 0.0561 kg per MJ

160 KWh = 3,6 *160= 576 MJ
576 MJ * 0.0561= 32,3136 CO_2

Elektrische energie (213,328 KWh) zeug 1/3e hoger
aardgas = 0.0561 kg per MJ

213,328 KWh = 3,6 *213,328= 767,9808
767,9808 * 0.0561= 43,0837 kg CO_2

4.1 Zonnepanelen

Zonnepanelen elektrische energie;
Vleesvarkens;
Elektriciteit vraag; 40 kWh per vleesvarken
CO_2 tussen de 29 en 45 gram per kWh

Dus 29 * 40 = 1160 gram CO_2 =1, 16 kg CO_2
Of 45 * 53, 33 = 2399, 85 gram CO_2 = 1, 8 kg CO_2

Verwarmingsvraag vleesvarkens voor zonnepanelen
Warmtevraag; 126,6 MJ. Tot 164,58 MJ
1 kWh = 3,6 MJ

Elektriciteitsbehoefte voor 126,6 MJ-warmte = 126,6 /3,6 = 35,167 kWh.
Voor 164,58 MJ warmte si 164,58/3,6= 45,72 kWh

Dit geeft tussen de
29*35,167 = 1019 g CO_2
en 45 * 45,72 = 2057,25 g CO_2

Totaal per vleesvarken is dus tussen de 2,179 en 3,86 kg CO_2

Zeug;
Elektriciteitsvraag tussen de 160 KWh en 213,33 KWh per zeug
Warmtevraag tussen de 2057,25 en = 2742,93MJ

Dus 29 *160 = 4.640 g
en 45 * 213,33 = 9,599 kg CO2 Voor de elektriciteit

1 kWh = 3,6 MJ
2057,25/ 3,6 MJ= 571,46 kWh
2742,93/ 3,6 = 761,93 kWh

29* 571, 46 = 16,572 kg CO_2
45 * 761, 93 = 34,287 kg CO_2

4.2 Co-vergisting

600 zeugen (5,3 m^3 per zeug per jaar)
4800 vleesvarkens (1,1 m^3 per vleesvarken per jaar)

9.400 m^3 mest
3000 ton gist
1500 ton vleeskuikenmest

Dit levert 1.500.000 kWh op.

Per m^3 varken mest levert dit 1.500.000/ 9400 = 159,6 kWh.

Per gemiddeld aanwezige vleesvarken wordt er dan 159,6*1,1 = 175,5 kWh opgewekt
Per gemiddeld aanwezig zeug wordt er dan 159,6 * 5,3 = 845,7 kWh opgewekt

Er is per m^3 mest 3000/9400 =0,319 ton gist nodig.
En 1500/9400= 0,160 ton vleeskuikenmest.

Per vleesvarkens is dit 1,1*0,319 = 0,3509 ton gist en 1,1*0,160= 0,176 vleeskuikenmest. Totaal 0,53 ton
Per zeug is dit 5,3*0,319= 1,691 ton gist en 5,3*0,160= 0,848 vleeskuikenmest. Totaal 2,54 ton

16-74 gram CO2 productie.

CO2 productie zeug is tussen de
731,5 * 16= 11,704 kg
975,23 * 74 = 72,167 kg

= 11,704 is 92,08% reductie ten opzichte van 147,72 kg
= 72,167 is 63,35% reductie ten opzichte van 196,96 kg

CO2 productie vleesvarkens is tussen de
75,167 *16 = 1,20267 kg
99,05 * 74= 7,3297 kg

= 1,203 is 92,10% reductie ten opzichte van 15,18 kg
= 63,75 is 63,75% reductie ten opzichte van 20,22 kg

4.3 Windmolen

Een windmolen van 1MW kost ongeveer €1.000.000

Levensduur 20 jaar
Onderhoud gem. 2,5%

Jaarkosten = (1.000.000/ 20= €50.000) + (2,5% * 1000000 = €25.000)= €75.000
Gemiddeld zijn er in Nederland zo'n 2000 vollasturen
Er wordt dan 2000 MWh opgewekt= 2.000.000 kWh
Per kWh kost dit 75.000/2000000= €0,0375

CO2-emissie tussen de 8 en 20 gram per kWh.

Vleesvarkens CO_2;

8* 75,167= 0,601 kg
20* 99,05 = 1,981 kg

Reductie naar 0,601 is 96,04% ten opzichte van 15,18
Reductie van 1,981 is 90,20% ten opzichte van 20,22

Zeugen CO_2;
8* 731,5= 5,852 kg
20*975,23= 19,505 kg

Reductie naar 5,852 kg is 96,04% ten opzichte van 147,72 kg
Reductie naar 19,505 kg is 90,10% ten opzichte van 196,96 kg

4.4 Warmtepomp

Een warmtepomp kan met input van 1 kW elektriciteit 3 tot 5 kW warmte op (Dieleman, 2012).

Voor zeugen betekent dit bij een gemiddelde

Vleesvarkens

1 kWh= 3,6 MJ
126,6 MJ / 3,6 = 35.1666 kWh

168,8 MJ/3.6= 46.889 kWh

Average: Hier is dan op z'n gunstigst 35.167/ 5= 7,03 kWh elektriciteit
Worst: 46,889/3= 15,63 kWh Elektriciteit nodig.

Zeugen;

Average 571,46 kWh/ 5= 114,29 kWh Elektriciteit
Worst; 761.93 kWh / 3= 253,98 kWh Elektriciteit

Average Elektriciteit + warmte; 160+114,29= 274,29 kWh
Worst Elektriciteit + warmte; 213.33+ 253,98= 467,31

4.5 Warmtewisselaar

Een warmtewisselaar bespaart bij zeugen ongeveer 30 kuub. Dit is bij verbruik van 65 kuub per jaar. Hiermee vermindert het gasverbruik met ongeveer 46%. Er moet nog 35 kuub gas aangekocht worden. (Animal Science Group, 2012)

Bij 86.66 kuub gasverbruik bespaart de warmtewisselaar 34,6% kuub gas. Nog 56.66 kuub gas aangekocht worden.

In warmte zoals bij gangbaar geeft dit een CO2-emissie van 35*31.65= 1.107,75
Average 1.107,75* 0,0561 = 62,14 kg CO2

Worst 56.66*31.65= 1793,289
1793,289 * 0,0561 = 100,6 kg CO2

Vleesvarkens;

Vleesvarkens verbruiken 4 tot 5,32 m^3 gas per vleesvarken. Bij eenzelfde reductie van gas zoals bij zeugen (46%) dan zal er nog ongeveer 1,84 tot 2,4472 m^3 gas verstookt moeten worden.

Dit betekent een CO^2 emissie van tussen de 3,27 kg en 4,35 kg.

5. Water

4.429 m^3 per ton vlees

= 4.429.000 liter water voor 1000 kg vlees

4429 liter water per kg vlees

1800 liter per varken

Varken leeft ongeveer 4 weken + 50 dagen + 100 dagen = 178 dagen
365/178=2,05 varken per jaar

1800/2,05 = 878 liter per vleesvarken

Zeug = 7000/28 = 250 (uitgaande van 28 biggen per jaar)

Totaal = 1128 per varken
groeitraject van 1 kg naar 123 kg (levend gewicht) (95 kg geslacht gewicht). Dus een toename van 94 kg slachtgewicht of 122 kg levend gewicht.
Waterverbruik per kg slachtgewicht =11,87 liter
Waterverbruik per kg levend gewicht = 9,25 liter

Mestproductie zeug incl. biggen = 5,7 m^3
Mestproductie vleesvarken = 1,0 m^3 brijbak
1,5 m^3 brijvoer of waterbak

Mestproductie per varken 1,0/2.05 vleesvarken per jaar=0,487 m3

Of 1,5 /2,05 = 0,73 m3

Mestproductie per big = 5,7/28= 0,203 m3

Geeft in totaal een mestproductie van = 0,69 m3

Tot 0,935 m3 per afgemest varken.

6. Kadavers

CO_2 besparing= 200.000 ton
12.478.594 varkens in Nederland

Per varken =200.000.000/12478594 = 16.03 CO_2 dat er bespaard wordt door de uitgevallen varkens te verbranden.

40.000 huishoudens
Per huishouden 2.860 kWh

= 40.000 *2860= 114.400.000 kWh of 114,4 GWh

Per varken= 114.400.000/ 12478594 = 9,17 kWh wordt er opgewekt per vleesvarken