



Optimalisatiemodel voor de mestketen

Update model input

Jamal Roskam, Harry Luesink, Dominique van Wonderen, Coen van Wagenberg, Auke Greijdanus,
Tanja de Koeijer

Optimalisatiemodel voor de mestketen

Update model input

Jamal Roskam, Harry Luesink, Dominique van Wonderen, Coen van Wagenberg, Auke Greijdanus,
Tanja de Koeijer

Dit onderzoek is uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), Wageningen Economic Research, in het kader van de publiek private samenwerking (PPS) NL Next Level Mestverwaarden (AF-18136)

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research

Wageningen Economic Research
Wageningen, oktober 2020

NOTA
2020-085

Jamal Roskam, Harry Luesink, Dominique van Wonderen, Coen van Wagenberg, Auke Greijdanus, Tanja de Koeijer, 2020. *Optimalisatiemodel voor de mestketen; Update model input*. Wageningen, Wageningen Economic Research, Nota 2020-085. 24 blz.; 0 fig.; 17 tab.; 25 ref.

Het onderzoeksprogramma NL Next Level Mest Verwaarden betreft een samenwerking tussen Agrifirm, Darling Ingredients International, De Heus Voeders, VanDrie Group, FrieslandCampina en ForFarmers, samen met Wageningen University & Research en het Nederlands Centrum Mestverwaarding (NCM) en het ministerie van LNV. Het onderzoeksprogramma richt zich op het verwaarden van mest in de vorm van marktwaardige, duurzame bemestingsproducten. Om inzicht te krijgen in de producten, technieken en hoeveelheden waarmee mest in de keten maximaal kan worden verwaard, is de inzet van het ketenmodel MERIT noodzakelijk. Het MERIT-model (Model for Economically Robust Investment decisions /Model voor Economisch Robuuste Investeringsbesluiten) is ontwikkeld door Wageningen Economic Research om inzicht te krijgen in de economische haalbaarheid en robuustheid van investeringen in een nieuwe technologie of businesscase bij grote onzekerheden rond de prijzen en kwaliteit van grondstoffen en eindproducten. Om het model te kunnen inzetten, is de input geactualiseerd voor de nieuwste inzichten wat betreft kostprijzen en de stand van de techniek. Deze notitie betreft dus feitelijk een actualisatie van de uitgangspunten en input coëfficiënten zoals beschreven in Van Wagenberg et al. (2019).

Trefwoorden: Mest, keten, optimale afzet

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/531981> of op www.wur.nl/economic-research (onder Wageningen Economic Research publicaties).

© 2020 Wageningen Economic Research
Postbus 29703, 2502 LS Den Haag, T 070 335 83 30, E communications.ssg@wur.nl,
www.wur.nl/economic-research. Wageningen Economic Research is onderdeel van Wageningen University & Research.



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

© Wageningen Economic Research, onderdeel van Stichting Wageningen Research, 2020
De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

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

Wageningen Economic Research is ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Wageningen Economic Research Nota 2020-085 | Projectcode 2282200555

Foto omslag: Shutterstock

Inhoud

1	Inleiding	5
2	Afbakening	6
3	Model input	7
3.1	Dieraantallen	7
3.2	Mestafzetruimte in Nederland	7
3.3	Mestafzetruimte buiten Nederland	8
3.4	Voer	9
3.4.1	Vleesvarkens	9
3.4.2	Fokvarkens	9
3.4.3	Melkvee	10
3.5	Vastlegging in dieren	11
3.6	Emissie van stikstof uit stallen en opslag	11
3.7	Mestproductie	11
3.8	Mestverwerkingstechnieken	12
3.8.1	Scheiden	12
3.8.2	Scheiden en composteren van de dikke fractie	13
3.8.3	Scheiden, korrelen en vergisten van de dikke fractie	13
3.8.4	BioEcoSIM-proces	14
3.8.5	RePeatGZ	14
3.8.6	Volledig korrelen	15
3.8.7	Mineralenconcentraten uit mest	15
3.8.8	Scheiden en composteren van de dikke fractie volgens het procedé upcycling	16
3.9	Hygiëniseren	17
3.10	Distributiekosten	17
3.11	Afzetkosten eindproducten	19
3.12	Onbenutte stikstof- en fosfaatafzetruimte	20
3.13	Fraudedruk	20
	Literatuur en websites	21

1 Inleiding

De concurrentiepositie van de Nederlandse veehouderij kan in belangrijke mate worden verbeterd als de huidige mestafzetkosten kunnen worden vermindert en zo mogelijk kunnen omslaan in baten. Het onderzoeksprogramma NL Next Level Mest Verwaarden is opgestart om na te gaan hoe mest optimaal kan worden verwaard. Het onderzoeksprogramma betreft een samenwerking tussen Agrifirm, Darling Ingredients International, De Heus Voeders, VanDrie Group, FrieslandCampina en ForFarmers, samen met Wageningen University & Research en het Nederlands Centrum Mestverwaarding (NCM) en het ministerie van LNV. Het onderzoeksprogramma richt zich op het verwaarden van mest in de vorm van marktwaardige, duurzame bemestingsproducten. Daartoe komen in vier afzonderlijke werkpakketten de volgende onderwerpen aan bod:

1. Kwaliteitseisen specificeren voor marktwaardige, emissiearme bemestingsproducten
2. Technologieën opschalen waarmee die producten kunnen worden geproduceerd
3. Op boerderijniveau maatregelen nemen om gewenste grondstoffen voor mestverwaarden te leveren
4. Komen tot een duurzame, transparante en betrouwbare 'mestketen'

Deze notitie is in het kader van werkpakket 4 geschreven.

Om inzicht te krijgen in de producten, technieken en hoeveelheden waarmee mest in de keten maximaal kan worden verwaard, is de inzet van het ketenmodel MERIT noodzakelijk. Het MERIT-model (Model for Economically Robust Investment decisions / Model voor Economisch Robuuste Investeringsbesluiten) is ontwikkeld door Wageningen Economic Research om inzicht te krijgen in de economische haalbaarheid en robuustheid van investeringen in een nieuwe technologie of businesscase bij grote onzekerheden rond de prijzen en kwaliteit van grondstoffen en eindproducten. Voor een optimale keten voor mestverwaarding kan met MERIT inzicht worden verkregen in de optimale combinatie van mestverwerkingstechnieken, mestproducten en de bijbehorende hoeveelheden. Het model is door Van Wagenberg et al., (2019) toegepast voor een optimalisatie van de mestafzetketen. Voor nieuwe ketenanalyses is het echter gewenst om MERIT eerst te actualiseren voor de nieuwste inzichten wat betreft kostprijzen en de stand van de techniek. De gehanteerde uitgangspunten zijn vastgelegd in deze notitie, zodat deze konden worden voorgelegd aan de andere onderzoekers en experts die zijn betrokken bij het onderzoeksprogramma. Vervolgens zijn de uitgangspunten voor akkoord voorgelegd aan de stuurgroep van het onderzoeksprogramma. Deze notitie betreft dus feitelijk een actualisatie van de uitgangspunten en input coëfficiënten zoals beschreven in Van Wagenberg et al. (2019), waardoor er deels ook overlap is tussen deze notitie en het rapport van Van Wagenberg et al. (2019).

2 Afbakening

Een belangrijk uitgangspunt van het basisscenario in MERIT is de huidige stikstofderogatie. Daarbij focust MERIT op de fosfaat- en stikstofproductie in de mest van vleesvarkens, fokvarkens en melkvee in Nederland en de economisch optimale maatregelen om dit gegeven binnen de beschikbare fosfaatafzetruimte en stikstofafzetruimte voor deze mestsoorten af te zetten. Het model gaat uit van de omvang van de Nederlandse vleesvarkens-, fokvarkens- en melkveestapel aan het eind van 2017, en beschrijft de fosfor- en stikstofketen, van de hoeveelheid fosfor en stikstof die via het voer wordt opgenomen tot de afzet van fosfaat en stikstof via de mestproducten in Nederland en in het buitenland. De aanwending van de mest(producten) op het land zelf valt buiten het model. Dit houdt in dat de aanwending van mest(producten) gaat tot en met de levering van de mest op de kopakker¹. De kosten van aanwending zitten daarom niet in het model.

In MERIT worden geen kosten gerekend voor bedrijfsgebouwen en mestopslag op het veehouderijbedrijf. Mestopslagkosten kunnen overigens wel verschillen tussen mestverwerkingstechnieken. Bij volledig korrelen is bijvoorbeeld minder opslagruimte op het bedrijf nodig dan bij afzet van drijfmest, omdat de mest minimaal maandelijks naar de centrale verwerking wordt gebracht en drijfmest maar in een korte periode van het jaar kan worden uitgereden. Dit is vooral een overweging bij nieuwbouw van de mestopslag en minder bij bestaande mestopslag. Als een veehouder een verwerkingstechniek kiest die een kleinere mestopslag behoeft, zal hij zijn grote mestopslag hoogstwaarschijnlijk niet afbreken om een kleinere opslag te bouwen. Hij zal dan slechts een deel van de grotere opslag gebruiken. De afzetprijzen van de mestproducten zijn exogeen en liggen in een modelrun vast.

¹ Kopakkerprijzen zijn de prijzen die de leverancier moet betalen of krijgt wanneer hij de mest levert op de kopakker.

3 Model input

De geanalyseerde oplossingsrichtingen voor het fosfaat- en stikstofprobleem in de Nederlandse vleesvarkens-, fokvarkens- en melkveesector zijn het fosfor- en stikstofgehalte in het voer en mestverwerking. Berekeningen zijn uitgevoerd met diverse niveaus van fosfor- en stikstofgehalte in het voer; het aantal niveaus verschilt per diersoort. Zes mestbewerkings- en verwerkingstechnieken zijn geanalyseerd, naast geen verwerking: scheiden in dikke en dunne fractie, scheiden met composteren van de dikke fractie, scheiden met korrelen van de dikke fractie, centraal verwerken via korrelen, het BioEcoSIM-proces en RePeatGZ.

3.1 Dieraantallen

Voor melkvee hanteren we de dieraantallen melk- en kalfkoeien en jongvee volgens de Landbouwtelling van eind 2017. Net zoals de Werkgroep Uniformering berekening Mest- en mineralencijfers², onderscheiden we voor melkvee twee regio's, Noordwest-Nederland en Zuidoost-Nederland, omdat de rantsoensamenstelling tussen deze regio's verschilt. In de berekeningen gaan we uit van 780.844 melk- en kalfkoeien in Noordwest-Nederland en 912.960 melk- en kalfkoeien in Zuidoost-Nederland (CBS, 2017). Dit is exclusief de mestproductie van jongvee. Hiervoor rekenen we tussen de 22 en 30% extra productie bovenop de productie van melk- en kalfkoeien, afhankelijk van rantsoen, regio en inhoudsstof. Deze factoren zijn ontleend uit de Evaluatie Meststoffenwet van 2016 (EMW2016). Voor vleesvarkens en fokvarkens hanteren we als basis de dieraantallen volgens de Landbouwtelling van 2017. In de berekeningen gaan we uit van 5.630.455 vleesvarkens en 1.015.151 fokvarkens (CBS, 2017). Voor 2020 is een schatting gemaakt van de dieraantallen. Er wordt zowel voor vleesvarkens als voor zeugen uitgegaan van een krimp van 10%.

3.2 Mestafzetruimte in Nederland

De maximale hoeveelheid fosfaat en stikstof die op Nederlandse gronden kan worden aangewend, is verkregen uit het Initiator model van Wageningen Environmental Research. We onderscheiden als afzetmogelijkheden voor melkveemest de grond beschikbaar op het eigen bedrijf (bedrijfseigen grond) en de grond beschikbaar op andere niet-melkvee- of niet-varkensbedrijven (bedrijfsvreemde grond). Binnen de bedrijfseigen grond onderscheiden we twee regio's, Noordwest en Zuidoost. Binnen bedrijfsvreemde grond onderscheiden we de afzetmogelijkheden gras, snijmais, en akkerbouw. Akkerbouw staat hierbij voor alle mogelijkheden die niet onder gras en snijmais vallen. We veronderstellen dat varkensbedrijven geen eigen grond hebben. Het Initiator model geeft de plaatsingsruimte van fosfaat en stikstof op deze vijf onderscheiden afzetmogelijkheden weer. In tabel 3.1 staat de hoeveelheid afzetruimte in Nederland voor fosfaat en stikstof in de verschillende scenario's per afzetmogelijkheid. Zonder derogatie is de totale stikstofafzetruimte 59,6 mln. kg stikstof kleiner. Met gebruik van fosfaat uit zuiveringslib in de landbouw is de totale fosfaatafzetruimte 9,7 mln. kg fosfaat kleiner dan zonder dit gebruik.

² Werkgroep Uniformering berekening Mest- en mineralencijfers (WUM) is een structureel samenwerkingsverband van deskundigen, bestaande uit een vertegenwoordiger van het ministerie van EZ, het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Wageningen Livestock Research, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), Wageningen Economic Research en RIVM, die organisatorisch valt onder de Emissieregistratie. De WUM is verantwoordelijk voor de berekeningswijze en het juist gebruiken van databronnen en stelt jaarlijks de mestproductie en mineralenuitscheiding in Nederland vast ten behoeve van de (inter)nationale beleidsverantwoording.

Tabel 3.1 Per afzetmogelijkheid de fosfaat- en stikstofplaatsingsruimte in Nederland met en zonder stikstofderogatie en zonder en met gebruik van fosfaat uit zuiveringsslib (mln. kg)

Afzetmogelijkheid	Stikstof met derogatie	Stikstof zonder derogatie	Fosfaat zonder gebruik slib	Fosfaat met gebruik slib
Melkvee Noordwest (bedrijfseigen grond)	89,9	66,9	32,1	32,1
Melkvee Zuidoost (bedrijfseigen grond)	105,5	78,6	37,8	37,8
Gras (bedrijfsvreemde grond)	30,8	24,5	12,1	9,4
Snijmais (bedrijfsvreemde grond)	19,2	16,2	5,2	4,0
Akker- en tuinbouw (bedrijfsvreemde grond)	95,9	95,5	25,7	19,9
Totaal	341,3	281,7	112,9	103,2

Bron: Initiator van Wageningen Environmental Research.

3.3 Mestafzetruimte buiten Nederland

Voor mestafzet buiten Nederland, bij een rijafstand enkele reis tot ongeveer 150 km, is er ruimte beschikbaar voor Nederlandse drijfmest en dunne en dikke fractie van gescheiden mest in de Duitse regio's Osnabrück, Munster, Düsseldorf en Keulen (Broens et al., 2012). Door Broens et al. (2012) is de potentiële ruimte voor de afzet van Nederlandse drijfmest in deze gebieden geschat op 11,5 mln. kg fosfaat. Voor stikstof is geen schatting gemaakt van de potentiële afzetruimte, als maximum wordt daarvoor een afzetruimte aangehouden die driemaal zo groot is als voor fosfaat: 35 mln. kg stikstof.

De eerstvolgende afzetgebieden voor de afzet van Nederlandse overschotmest liggen verder weg dan 250 km en zijn vanwege de hoge transportkosten (€ 40 à € 45 per ton) economisch niet aantrekkelijk voor Nederlandse gehygiëniseerde drijfmest en gehygiëniseerde dunne fractie van gescheiden mest: verwerken van mest is dan namelijk aanzienlijk goedkoper (Broens et al., 2012).

De verwachting is dat de boeren in de genoemde Duitse regio's inmiddels zo veel dierlijke mest krijgen aangeboden, dat ze niet bereid zijn om te betalen voor dierlijke mest. Er wordt dan ook van uitgegaan dat de kopakkerprijs € 0 per ton is.

3.4 Voer

De kengetallen voor voer komen van Wageningen Livestock Research (WLR).

3.4.1 Vleesvarkens

Tabel 3.2 geeft de gehalten aan fosfor, stikstof en kalium in voer van vleesvarkens weer en de bijbehorende extra voerprijzen ten opzichte van de basisprijs bij de hoogste gehalten. We rekenen in het model alleen met de extra voerprijzen ten opzichte van de prijs bij het normale fosfor- en stikstofgehalte, omdat het besluit om deze gehalten te verlagen afhangt van de extra prijs. Het voerverbruik van een vleesvarken is 756 kg per jaar (Van Bruggen, 2018).

Tabel 3.2 *Gehaltes (g/kg) aan fosfor (P), stikstof (N) en kalium (K) in voer van vleesvarkens (vv) en de bijbehorende extra voerprijzen (€/100 kg)*

Optie	P	N	K	Extra prijs a)
vv1 b)	4,6	25,0	9,3	0,00
vv2	4,2	22,8	7,1	0,03
vv3	4,1	23,0	6,7	0,01
vv4	3,9	22,5	6,7	0,05
vv5	3,8	22,2	6,9	0,10
vv6	3,5	21,5	6,3	0,34
vv7	3,3	20,0	6,2	3,03

Bron: Persoonlijke mededeling P. Bikker, Wageningen Livestock Research (2017).

- a) De voerprijs hangt af van de markt van veevoergrondstoffen. We veronderstellen dat de extra voerprijs bij een lager fosfor- of stikstofgehalte niet afhankelijk is van de markt van veevoergrondstoffen en er is uitgegaan van voersoorten met de laagste kosten.
- b) Gehalten in WUM-rantsoen van 2017; Er zijn luxere voerlijnen op de markt, waarbij de veevoederfabrikanten extra eisen stellen waardoor de gehalten in de praktijk wat hoger uitkomen.

3.4.2 Fokvarkens

Tabel 3.3 geeft de gehalten aan fosfor, stikstof en kalium in voer van fokvarkens weer en de bijbehorende extra voerprijzen ten opzichte van de basisprijs bij de hoogste gehalten. Dit zijn gemiddelde gehalten over alle voer voor zeugen en biggen. Het voerverbruik van een fokvarken is 2.036 kg per jaar en omvat 835 kg biggenvoer (Van Bruggen, 2018), 804 kg drachtvoer en 397 lactovoer (Persoonlijke mededeling R. Hoste, 2018).

Tabel 3.3 *Gehaltes (g/kg) aan fosfor (P), stikstof (N) en kalium (K) in voer van fokvarkens (fv) en de bijbehorende extra voerprijzen (€/100 kg)*

Optie	P	N	K	Extra prijs a)
fv1 b)	5,1	24,3	9,2	0,00
fv2	4,8	23,4	8,3	0,01
fv3	4,6	23,0	8,3	0,03
fv4	4,6	22,0	8,0	0,17
fv5	4,4	22,4	8,3	0,25
fv6	4,4	22,0	8,1	0,25
fv7	4,4	21,0	7,8	1,02
fv8	4,4	20,0	7,7	2,42
fv9	4,2	21,7	7,7	0,40

Bron: Persoonlijke mededeling P. Bikker, Wageningen Livestock Research (2017).

- a) De voerprijs hangt af van de markt van veevoergrondstoffen. We veronderstellen dat de extra voerprijs bij een lager fosfor- of stikstofgehalte niet afhankelijk is van de markt van veevoergrondstoffen en er is uitgegaan van voersoorten met de laagste kosten.
- b) Gehalten in WUM-rantsoen van 2017; Er zijn luxere voerlijnen op de markt, waarbij de veevoederfabrikanten extra eisen stellen waardoor de gehalten in de praktijk wat hoger uitkomen.

3.4.3 Melkvee

Voor melkvee bestaat er een hele reeks krachtvoerders die variëren in gehalte darmverteerbaar eiwit (DVE). Welk krachtvoer aan de dieren wordt verstrekt, is afhankelijk van het ruwvoerrantsoen en de eiwitgehalten daarin. DVE-gehalten in de krachtvoerders voor Nederlands melkvee variëren van 85 tot 240 g/kg. De WUM-werkgroep gaat uit van twee rantsoenen: (1) Een gemiddeld rantsoen voor een melkkoe in Noordwest-Nederland en (2) een gemiddeld rantsoen voor een melkkoe in Zuidoost-Nederland inclusief standaard- en eiwitrijk krachtvoer (zie tabel 3.4).

Tabel 3.4 Rantsoenen voor Noordwest- en Zuidoost-Nederland (kg droge stof (ds) per melkkoe per jaar) en de gemiddelde gehalten (g/kg ds) aan stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K)

	Droge stof		N	P	K
	Noordwest	Zuidoost			
Weidegras	1.160	217	29,0	4,1	33,3
Graskuil en hooi stal	1.986	1.100	27,0	3,9	31,8
Graskuil en hooi weide	1.072	1.345	27,1	4,0	32,1
Snijmais kuil stal	561	1.757	11,1	2,0	10,4
Snijmais kuil weide	240	725	11,4	1,9	10,5
Vochtrijk krachtvoer in stal	179	179	25,5	3,6	9,4
Vochtrijk krachtvoer in weide	119	119	25,5	3,6	9,4
Standaardkrachtvoer in stal	770	71	26,8	3,7	13,2
Standaardkrachtvoer in weide	736	736	26,8	3,7	13,2
Eiwitrijk krachtvoer in stal	333	1.032	36,3	5,0	14,8
Eiwitrijk krachtvoer in weide	0	0	36,3	5,0	14,8

Bron: Werkgroep Uniformering berekening Mest- en mineralcijfers, jaar 2016.

Tabel 3.5 geeft de gehalten aan fosfor, stikstof en kalium in standaard- en eiwitrijk krachtvoer van melkvee weer en de bijbehorende extra voerprijzen ten opzichte van de basisprijs bij de hoogste gehalten in Noordwest- en Zuidoost-Nederland. In beide gebieden kan het fosforgehalte verlaagd worden. Om te voldoen aan de minimale voederbehoeften van een melkkoe, krijgt een koe met relatief veel snijmais in het rantsoen, zoals in Zuidoost-Nederland, krachtvoer met een hoger eiwitgehalte (stikstof is onderdeel van eiwit) dan een melkkoe met veel gras in het rantsoen, zoals in Noordwest-Nederland. Dat houdt in dat het stikstofgehalte in het rantsoen voor melkvee in Zuidoost-Nederland niet verder verlaagd kan worden. We veronderstellen dat het gehalte aan stikstof in het rantsoen aan melkvee in Noordwest-Nederland wel verlaagd kan worden door meer snijmais aan het rantsoen toe te voegen. Tabel 3.6 geeft de, op basis van bovenstaande gegevens, berekende gemiddelde gehalten aan stikstof, fosfor en kalium in de rantsoenen van melkvee in Noordwest- en Zuidoost-Nederland weer.

Tabel 3.5 Gehaltes (g/kg) aan fosfor (P), stikstof (N) en kalium (K) in het standaard- en eiwitrijk krachtvoer van melkvee en de bijbehorende extra voerprijzen (€/100 kg)

	P normaal				P laag				P zeer laag			
	P	N	K	Extra prijs a)	P	N	K	Extra prijs a)	P	N	K	Extra prijs a)
Standaard krachtvoer	3,7	26,8	13,2	0,00	3,5	24,6	13,4	0,15 - 0,40	3,1	22,5	14,6	0,39 - 0,74
Eiwitrijk krachtvoer	5,0	36,3	14,8	0,00	4,6	33,4	16,2	0,00 - 0,12	4,2	30,5	17,1	0,22 - 0,52

Bron: Rammelink (2018).

a) De voerprijs hangt af van de markt van veevoergrondstoffen. We veronderstellen dat de extra voerprijs bij een lager fosfor- of stikstofgehalte niet afhankelijk is van de markt van veevoergrondstoffen en er is uitgegaan van voersoorten met de laagste kosten. Er zijn luxere voerlijnen op de markt, waarbij de veevoederfabrikanten extra eisen stellen waardoor de prijzen en de gehalten in de praktijk wat hoger uitkomen.

Tabel 3.6 Gehaltes (g/kg) aan fosfor (P), stikstof (N) en kalium (K) in het rantsoen van melkvee in Noordwest- (mnw) en Zuidoost-Nederland (mzo) en de bijbehorende extra rantsoenprijzen (€/100 kg)

Optie	Noordwest-Nederland				Zuidoost-Nederland				
	P	N	K	Extra prijs a)	Optie	P	N	K	Extra prijs a)
mnw1 b)	3,73	25,90	24,06	0,00	mzo1 b)	3,39	22,92	19,23	0,00
mnw2	3,67	25,30	24,16	0,06	mzo2	3,31	22,27	19,45	0,04
mnw3	3,66	25,25	22,93	0,19	mzo3	3,21	21,62	19,71	0,12
mnw4	3,59	24,64	23,07	0,24					
mnw5	3,56	24,72	24,46	0,14					
mnw6	3,49	24,04	23,36	0,32					

Bron: R Emmelink (2018).

a) De voerprijs zelf hangt af van de markt van veevoergrondstoffen. We veronderstellen dat de extra voerprijs bij een lager fosfor- of stikstofgehalte niet afhankelijk is van de markt van veevoergrondstoffen en er is uitgegaan van voersoorten met de laagste kosten.

b) Gehalten in WUM-rantsoen van 2017; Er zijn luxere voerlijnen op de markt, waarbij de veevoederfabrikanten extra eisen stellen waardoor de gehalten in de praktijk wat hoger uitkomen.

3.5 Vastlegging in dieren

De vastlegging van de mineralen in dieren en dierlijke producten is gebaseerd op Van Bruggen (2018): 1,6 kg fosfor, 7,4 kg stikstof en 0,7 kg kalium per gemiddeld aanwezig vleesvarken per jaar en 4,2 kg fosfor, 19,7 kg stikstof en 1,9 kg kalium per gemiddeld aanwezige zeug (inclusief biggen) per jaar. Per gemiddeld aanwezige melkkoe in Zuidoost-Nederland is het 8,7 kg fosfor, 48,3 kg stikstof en 13,7 kg kalium per jaar, en in Noordwest-Nederland 8,2 kg fosfor, 46,2 kg stikstof en 13,1 kg kalium per jaar (Van Bruggen, 2018).

Bovengenoemde hoeveelheden zijn afkomstig van de WUM-werkgroep. Dat wordt breed gedragen door de WUR, CBS RIVM, PBL en LNV. Deze hoeveelheden worden jaarlijks door het CBS gepubliceerd in een CBS-rapport.

3.6 Emissie van stikstof uit stallen en opslag

Op basis van Van Bruggen (2018) is geschat dat van varkensdrijfmest gemiddeld 10% van de geproduceerde stikstof uit stallen en opslagen emitteert. Op basis van gemeten gehalten van stikstof en fosfaat in varkensdrijfmest die in 2015 met een VDM (Vervoersbewijs Dierlijke Mest) is afgevoerd (RVO, 2016), is berekend dat er gemiddeld 40% van de volgens de WUM (Werkgroep berekening en Uniformering Mestcijfers) in 2016 geproduceerde stikstof in varkensdrijfmest uit stallen en opslagen is geëmitteerd (Van Bruggen, 2018). De onzekerheid over de hoeveelheid stikstof die uit varkensstallen emitteert is dus groot.

3.7 Mestproductie

De mestproductie is 1.000 kg per gemiddeld aanwezig vleesvarken per jaar (Van Bruggen, 2018). Vleesvarkensmest bevat 107 kg droge stof en 79 kg organische stof per 1.000 kg drijfmest (Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen, 2017). Voor zeugen inclusief biggen is de volumeproductie 4.500 kg per gemiddeld aanwezige zeug per jaar (inclusief biggen) en voor een melkkoe 27.000 kg (Van Bruggen, 2018). De droge stof in zeugenmest is 67 kg en de organische stof 25 kg per 1.000 kg mest en voor rundveedrijfmest zijn deze hoeveelheden 85 kg droge stof en 64 kg organische stof (Haan et al., 2013). De gehalten aan fosfor, stikstof en kalium in de mest worden berekend als de hoeveelheid fosfor, stikstof en kalium dat de dieren opnemen via het voer minus de hoeveelheid fosfor, stikstof en kalium die de dieren vastleggen en de hoeveelheid stikstof die emitteert uit stallen en opslagen.

3.8 Mestverwerkingstechnieken

Het model MERIT krijgt mest en technieken aangeboden. Op basis van kosten en producten die gemaakt worden, kiest MERIT de technieken per mestsoort op basis van nationaal gezien de laagste kosten.

Er zijn meer technieken mogelijk maar er is gekozen voor technieken die momenteel in de praktijk worden toegepast. Er zijn wel een aantal technieken toegevoegd (Repeat en BioEcoSIM) waarvan de verwachting is dat deze veelbelovend en praktijkrijp zijn. Wij hebben een aantal keuzes gemaakt en daar is op verzoek van de stuurgroep nog een aantal aan toegevoegd.

Pluimveemest hebben we niet in het MERIT-model gezet omdat de problemen rond de mestafzet daar veel minder urgent zijn dan bij varkens- en rundveemest. Daarom staan technieken voor verwerking van pluimveemest er ook niet in.

Er wordt in het model onderscheid gemaakt tussen acht soorten mestbewerkings- of verwerkingstechnieken die volledig op bedrijfsniveau, volledig centraal en deels op bedrijfsniveau en deels centraal plaats kunnen vinden:

1. Scheiden (bedrijfsniveau) van drijfmest van vleesvarkens, fokvarkens en melkvee. Bij vleesvarkensdrijfmest en fokvarkensdrijfmest gebeurt scheiden met een mobiele decanteercentrifuge en bij melkveedrijfmest met een vijzelpers.
2. Scheiden (bedrijfsniveau) en composteren (centraal) van de dikke fractie van drijfmest van vleesvarkens, fokvarkens en melkvee. De scheidingstechnieken zijn hetzelfde als bij 1.
3. Scheiden (bedrijfsniveau) en korrelen (centraal) van de dikke fractie van drijfmest van vleesvarkens, fokvarkens en melkvee. De scheidingstechnieken zijn hetzelfde als bij 1.
4. BioEcoSIM-proces (bedrijfsniveau) van drijfmest van vleesvarkens en fokvarkens.
5. RePeatGZ (centraal) van drijfmest van vleesvarkens en fokvarkens.
6. Volledig korrelen (centraal) van drijfmest van vleesvarkens, fokvarkens en melkvee.
7. Mineralenconcentraten uit mest (centraal).
8. Scheiden (bedrijfsniveau) en composteren (centraal) van de dikke fractie volgens het procedé upcycling.

3.8.1 Scheiden

Tabel 3.7 geeft het scheidingsrendement van een mobiele decanteercentrifuge voor vleesvarkens- en fokvarkensdrijfmest en van een mobiele vijzelpers voor melkveedrijfmest weer. Het scheidingsrendement geeft aan welk deel van de massa, droge stof, organische stof, fosfaat, stikstof en kalium uit de drijfmest terecht komt in elke fractie. Op dit moment worden onderstaande scheidingsrendementen gehanteerd. In een later stadium moeten deze getallen vanuit WP2 worden aangeleverd met de kennis en inzichten vanuit dit werkpakket.

Tabel 3.7 *Scheidingsrendement (% van inkomende hoeveelheden) van een decanteercentrifuge bij vleesvarkensdrijfmest (drogestofgehalte van 11,0%) en fokvarkensdrijfmest (drogestofgehalte 6,5%) en van een vijzelpers bij melkveedrijfmest (drogestofgehalte van 8,5%)*

Element	Deel in de dikke fractie (%)		
	Vleesvarkensdrijfmest a)	Fokvarkensdrijfmest a)	Melkveedrijfmest b)
Fosfaat	80,0	77,0	28,0
Stikstof	34,0	23,0	18,0
Kalium	25,0 c)	15,0 c)	15,0
Organische stof	68,0 d)	57,0 d)	60,0
Droge stof	68,0	57,0	53,0
Massa	25,0	15,0	15,0

a) Melse et al. (2017).

b) Persoonlijke mededeling De Buisonjé (2018) op basis van 'Quick calculation tool for manure separation and distribution of mass, minerals and dry matter' (Melse en De Buisonjé, 2015; <http://www.sdddc.org/en/download/detail-155.aspx>).

c) Het rendement wordt verondersteld hetzelfde te zijn als bij massa.

d) Het rendement wordt verondersteld hetzelfde te zijn als bij droge stof.

3.8.2 Scheiden en composteren van de dikke fractie

Tabel 3.8 geeft het scheidingsrendement van een mobiele decanteercentrifuge weer gevolgd door het composteren van de dikke fractie voor vleesvarkens- en fokvarkensdrijfmest en van een mobiele vijzelpers gevolgd door het composteren van de dikke fractie van melkveedrijfmest.

Tabel 3.8 Scheidingsrendement (% van inkomende hoeveelheden) van vleesvarkensdrijfmest (drogestofgehalte van 11,0%) en fokvarkensdrijfmest (drogestofgehalte 6,5%) bij een decanteercentrifuge gevolgd door het composteren en van melkveedrijfmest (drogestofgehalte van 8,5%) bij een vijzelpers gevolgd door composteren

Element	Vleesvarkensdrijfmest a)			Fokvarkensdrijfmest a)			Melkveedrijfmest b)		
	Dunne fractie	Compost	Waterdamp c)	Dunne fractie	Compost	Waterdamp c)	Dunne fractie	Compost	Waterdamp c)
Fosfaat	20,0	80,0	0	23,0	77,0	0	72,0	28,0	0
Stikstof	66,0	34,0	0	77,0	23,0	0	82,0	18,0	0
Kalium	75,0	25,0	0	85,0	15,0	0	85,0	15,0	0
Organische stof	32,0	68,0	0	43,0	57,0	0	47,0	53,0	0
Droge stof	32,0	68,0	0	43,0	57,0	0	40,0	60,0	0
Massa	75,0	17,5	7,5	85,0	10,5	4,5	85,0	10,5	4,5

a) Melse et al. (2017).

b) Persoonlijke mededeling De Buisonjé (2018) op basis van 'Quick calculation tool for manure separation and distribution of mass, minerals and dry matter' (Melse en De Buisonjé, 2015; <http://www.sdddc.org/en/download/detail-155.aspx>).

c) Expertkennis Wageningen Economic Research.

Naast de kosten van mestscheiding met een mobiele decanteercentrifuge (varkens) of een mobiele vijzelpers (melkvee) nemen we kosten van het composteren van de dikke fractie van ongeveer € 10 per ton (Broens et al., 2012) tot € 12 per ton (BioEcoSIM, 2017) mee. Opgeteld zijn de kosten ongeveer € 6,25 per ton ingaande drijfmest voor varkens en € 3,77 voor melkveedrijfmest.

3.8.3 Scheiden, korrelen en vergisten van de dikke fractie

Tabel 3.9 geeft het scheidingsrendement van een mobiele decanteercentrifuge weer gevolgd door het korrelen en vergisten van de dikke fractie voor vleesvarkens- en fokvarkensdrijfmest en van een mobiele vijzelpers gevolgd door het korrelen van de dikke fractie van melkveedrijfmest.

Tabel 3.9 Scheidingsrendement (% van inkomende hoeveelheden) van vleesvarkensdrijfmest (drogestofgehalte van 11,0%) en fokvarkensdrijfmest (drogestofgehalte van 6,5%) bij een decanteercentrifuge gevolgd door het korrelen en vergisten en van melkveedrijfmest (drogestofgehalte van 8,5%) bij een vijzelpers gevolgd door korrelen

Element	Vleesvarkensdrijfmest a)				Fokvarkensdrijfmest a)				Melkveedrijfmest b)			
	Dunne fractie	Korrelen	Biogas	Loosbaar water	Dunne fractie	Korrelen	Biogas	Loosbaar water	Dunne fractie	Korrelen	Biogas	Loosbaar water
Fosfaat	20,0	80,0	0,0	0,0	23,0	77,0	0,0	0,0	72,0	28,0	0,0	0,0
Stikstof	66,0	34,0	0,0	0,0	77,0	23,0	0,0	0,0	82,0	18,0	0,0	0,0
Kalium	75,0	25,0	0,0	0,0	85,0	15,0	0,0	0,0	85,0	15,0	0,0	0,0
Organische stof	32,0	48,0	20,0	0,0	43,0	40,0	17,0	0,0	47,0	37,0	16,0	0,0
Droge stof	32,0	53,0	15,0	0,0	43,0	50,7	6,3	0,0	40,0	48,0	12,0	0,0
Massa	75,0	6,5	1,6	16,9	85,0	3,8	0,4	18,0	85,0	3,9	1,1	10,0

a) Melse et al. (2017) en Ecoson (2015).

b) Persoonlijke mededeling De Buisonjé (2018) op basis van 'Quick calculation tool for manure separation and distribution of mass, minerals and dry matter' (Melse en De Buisonjé, 2015; <http://www.sdddc.org/en/download/detail-155.aspx>) en Ecoson (2015).

Naast de kosten van mestscheiding met een mobiele decanteercentrifuge (varkens) of een mobiele vijzelpers (melkvee) nemen we kosten van korrelen van de dikke fractie mee. Per ton ingaande drijfmest plus de mestscheidingskosten zijn de totale kosten ongeveer € 8,45 per ton ingaande drijfmest voor varkens (Van Wagenberg et al., 2018). We veronderstellen dat de kosten voor het korrelen van de dikke fractie van varkensmest gelijk zijn aan die van het korrelen van de dikke fractie van melkveemest. Omdat de kosten van de vijzelpers lager zijn dan die van de decanteercentrifuge, zijn de kosten per ton ingaande melkveedrijfmest € 5,99.

3.8.4 BioEcoSIM-proces

In het model is het BioEcoSIM-proces op bedrijfsniveau meegenomen voor vleesvarkens- en fokvarkensdrijfmest. Bij het BioEcoSIM-proces worden de mineralen fosfor en stikstof en de organische stof zo zuiver mogelijk uit de mest gehaald. Hiervoor worden tijdens het proces zuren en basen toegevoegd die de massa (of het gewicht), de hoeveelheid droge stof en de hoeveelheid kalium verhogen. Tabel 3.10 geeft de ontstane mestproducten en het scheidingsrendement van het BioEcoSIM-proces weer.

Bij een installatie op het varkensbedrijf met een capaciteit van 20.000 ton mest per jaar is de kostprijs € 18,50 per ton ingaande drijfmest (BioEcoSIM, 2017).

Tabel 3.10 Scheidingsrendement (% van inkomende hoeveelheden) van BioEcoSIM-proces voor vleesvarkens- en fokvarkensdrijfmest a)

Inhoudsstof	Mestproduct				
	Calciumfosfaat	Struviet	Ammoniumsulfaat	Organisch stofproduct	Restproduct
Fosfaat	38,5	51,3	0	10,3	0
Stikstof	0	2,9	46,7	6,7	43,8
Kalium	0	5,9	0	1,5	119,1
Organische stof	0	0	0	54,8	45,2
Droge stof	3,1	6,8	21,8	62,9	36,0
Massa	0,3	0,7	2,3	7,5	95,4

Bron: BioEcoSIM (2017).

a) Bij het BioEcoSIM-proces worden er zuren en basen aan het proces toegevoegd die ook massa (62,9 kg per 1.000 kg mest), droge stof (32,7 kg per 1.000 kg mest) en kali (1,8 kg per 1.000 kg mest) bevatten, waardoor de som meer is dan 100%.

3.8.5 RePeatGZ

In het model wordt het RePeatGZ-proces meegenomen voor vleesvarkens- en fokvarkensdrijfmest op een centrale locatie. Bij RePeatGZ wordt het mineraal fosfor zo zuiver mogelijk uit de drijfmest gehaald. De drijfmest wordt, na co-vergisting, gescheiden in een dikke en dunne fractie. De dikke fractie, 10-15% van de ingaande massa, wordt behandeld met zuur en base om een geconcentreerd P-product en organische bodemverbeteraar te produceren. Tabel 3.11 geeft de ontstane mestproducten en het scheidingsrendement van RePeatGZ weer. De kosten van het RePeatGZ proces worden nu geschat op € 16 per ton dikke fractie, oftewel € 2 per ton ingaande drijfmest (Regelink, 2018). Dit is exclusief het scheiden van de drijfmest à € 3 per ton ingaande drijfmest (Schröder et al., 2009). De totale verwerkingskosten zijn € 5 per ton ingaande drijfmest. In een robuustheidsanalyse berekenen we ook de resultaten voor een kostprijs van € 0 en € 10 per ton ingaande drijfmest.

Tabel 3.11 Scheidingsrendement (% van inkomende hoeveelheden) van RePeatGZ voor vleesvarkens- en fokvarkensdrijfmest a)

Element	Deel in de dikke fractie (%)				
	Dunne fractie	Bodemverbeteraar	P-product	Restproduct	Biogas
Fosfaat	26,8	7,3	65,9	0	0
Stikstof	73,8	18,0	7,4	0,8	0
Kalium	76,2	20,8	1,7	1,3	0
Organische stof	24,3	40,0	5,3	0,4	30,0
Droge stof	36,5	47,5	2,7	1,5	17,9
Massa	85,9	12,3	1,1	1,2	2,1

Bron: Regelink (2018).

a) Bij het RePeatGZ-proces wordt zwavelzuur en magnesiumhydroxide aan het proces toegevoegd die ook massa (26,0 kg per 1.000 kg mest) en droge stof (6,0 kg per 1.000 kg mest) bevatten, waardoor de som meer is dan 100%.

3.8.6 Volledig korrelen

Voor de mestverwerkingstechniek volledig korrelen baseren we ons op het procedé van Ecoson te Son en Breugel. Daarbij wordt de vleesvarkensdrijfmest centraal verwerkt. De drijfmest wordt eerst vergist en het digestaat omgezet tot mestkorrels met 90% droge stof en loosbaar water. Tabel 3.12 geeft de ontstane mestproducten en het scheidingsrendement weer.

Voor de vergelijking met de praktijk is uitgegaan van een prijs van € 18 per ton drijfmest³. De verwerkingskosten (berekend als poorttarief plus geschatte opbrengsten eindproduct) van dit proces zijn € 25 per ton ingaande drijfmest.

Tabel 3.12 Scheidingsrendement van volledig korrelen voor vleesvarkens-, fokvarkens- en melkveedrijfmest (% van inkomende hoeveelheden)

Element	Vleesvarkensdrijfmest a)			Fokvarkensdrijfmest			Melkveedrijfmest		
	Korrels	Biogas	Loosbaar water	Korrels	Biogas	Loosbaar water	Korrels	Biogas	Loosbaar water
Fosfaat	100,0	0	0	100,0	0	0	100,0	0	0
Stikstof	100,0	0	0	100,0	0	0	100,0	0	0
Kalium	100,0	0	0	100,0	0	0	100,0	0	0
Organische stof	70,0	30,0	0	70,0	30,0	0	70,0	30,0	0
Droge stof	76,0	24,0	0	88,0	12,0	0	75,0	25,0	0
Massa	8,3	2,6	88,1	6,6	0,8	92,6	7,3	2,1	90,6

Bron: Persoonlijke mededeling Ecoson (2015).

3.8.7 Mineralenconcentraten uit mest

Bij dit proces worden zuren, flocculanten en zouten toegevoegd aan de mest om de behandelingsprocessen efficiënter te laten verlopen dan zonder deze additieven. De mest wordt vervolgens met een centrifuge gescheiden in een dunne en een dikke fractie. Met flotatie wordt de dunne fractie nog zuiverder gemaakt, waarbij het dikkere deel weer teruggevoerd wordt naar het begin van het proces en het resterende effluent met omgekeerde osmose wordt bewerkt tot mineralenconcentraat en permeaat (loosbaar water). De gemiddelde massabalans van de bedrijven die dit procedé toepasten in 2013/2014 staat in tabel 3.13. Dit procedé is sinds die tijd niet meer veranderd. Er is een tiental bedrijven die dit in Nederland doen, waarvan Kumac in Deurne de grootste is met een capaciteit van 70.000 ton varkensdrijfmest per jaar. Het mineralenconcentraat dat Kumac produceert wordt zo veel

³ Bij Ecoson is het poorttarief in 2020 € 21,50 per ton drijfmest (Persoonlijke mededeling Ecoson, 2020).

mogelijk in de directe omgeving afgezet, het permeaat wordt geloosd op het oppervlaktewater en de dikke fractie wordt afgezet in Frankrijk.

Tabel 3.13 Massabalans (% van inkomende hoeveelheden) van vleesvarkensdrijfmest bij scheiden met centrifuge bij toevoeging van additieven en omgekeerde osmose

Element	Dikke fractie	Mineralenconcentraat	Permeaat	Onbekend
Fosfaat	96	4	0	0
Stikstof a)	44	53	2	6
Kalium	18	78	1	3
Organische stof a)	94	12	0	-2
Droge stof a)	86	21	0	-5
Massa b)	21	36	43	0

Bron: Velthof (2015).

a) Door toevoeging van additieven als flocculanten, zuren en zouten is de som hoger dan 100%.

b) Realisatie van Kumac (Persoonlijke mededeling, bestuurder Kumac); Volgens de website van Kumac (http://www.weda-mestverwerking.nl/wp-content/uploads/2017/06/Referenz-Kumac-Deurne_niederl_WM.pdf) is het 55% water, 25% dikke fractie en 20% mineralen concentraat.

Volgens De Hoop et al (2011) zijn de proceskosten € 7 à 8 per ton en was het in 2009/2010 rendabel bij een poorttarief van € 12 per ton en een kopakkerprijs van € 2,80 per ton voor het mineralenconcentraat. Deze prijzen zijn niet meer actueel: momenteel krijgt een afnemer van mineralenconcentraat geld toe, namelijk € 5 a 2,50 per ton en ook de afzet van de dikke fractie is duurder geworden. Het poorttarief was in 2017 € 17,50 per ton varkensdrijfmest (persoonlijke mededeling, bestuurder Kumac). Het mineralenconcentraat heeft gemiddelde gehalten van 0,7% N, 0,7% K₂O en 0,3% P₂O₅ (Velthof, 2015).

3.8.8 Scheiden en composteren van de dikke fractie volgens het procedé upcycling

Tabel 3.14 geeft het scheidingsrendement van een mobiele decanteercentrifuge weer gevolgd door het composteren van de dikke fractie van vleesvarkens- en fokvarkensmest en van een mobiele vijzelpers gevolgd door het composteren van de dikke fractie van melkveemest. Het composteren gebeurt volgens het procedé upcycling, waarbij er een compostproduct ontstaat met een drogestofgehalte van 70% (Persoonlijke mededeling Upcycling). Bij het composteren wordt een klein deel van de organische stof omgezet in energie, wat de warmte oplevert voor het composteringsproces. In zowel Van Wagenberg et al (2019) als bij dit procedé is daar geen rekening mee gehouden, omdat niet bekend is hoeveel organische stof dit betreft. Bij het proces van upcycling wordt de energie die vrijkomt bij het composteringsproces hergebruikt, waardoor de netto-verwerkingskosten € 5 per ton gecomposteerde dikke fractie zijn. Vanwege het hoge drogestofgehalte (70%) van deze compost, kan deze over de hele wereld worden vervoerd. Momenteel wordt deze compost afgezet in Myanmar in de intensieve opengrondstuinbouw. Er wordt dan zowel betaald voor de mineraleninhoud als voor de organische stofinhoud. Het transport naar de eindbestemming kost Upcycling € 80 per ton product.

Tabel 3.14 Scheidingsrendement (% van inkomende hoeveelheden) van vleesvarkensdrijfmest (drogestofgehalte van 11%) en fokvarkensmest (drogestofgehalte 6,5%) bij een decanteercentrifuge gevolgd door composteren volgens het procedé upcycling en van melkveemest (drogestofgehalte van 8,5%) bij een vijzelpers gevolgd door composteren volgens het procedé upcycling

Element	Vleesvarkensmest a)			Fokvarkensmest a)			Melkveemest b)		
	Dunne fractie	Compost d)	Water-damp c)	Dunne fractie	Compost 4)	Water-damp c)	Dunne fractie	Compost d)	Water-damp c)
Fosfaat	20,0	80,0	0	23,0	77,0	0	72,0	28,0	0
Stikstof	66,0	34,0	0	77,0	23,0	0	82,0	18,0	0
Kalium	75,0	25,0	0	85,0	15,0	0	85,0	15,0	0
Organische stof	32,0	68,0	0	43,0	57,0	0	47,0	53,0	0
Droge stof	32,0	68,0	0	43,0	57,0	0	40,0	60,0	0
Massa	75,0	10,7	14,3	85,0	6,5	8,5	85,0	6,5	8,5

a) Melse et al. (2017).

b) Persoonlijke mededeling De Buisonjé (2018) op basis van 'Quick calculation tool for manure separation and distribution of mass, minerals and dry matter' (Melse en De Buisonjé, 2015; <http://www.sdddc.org/en/download/detail-155.aspx>).

c) Expertkennis Wageningen Economic Research.

d) Gebaseerd op drogestofgehalte van compostproduct Upcycling te Gemert.

3.9 Hygiëniseren

Drijfmest mag op basis van Europese regelgeving alleen maar geëxporteerd worden als deze is gehygiëniseerd, ook wanneer deze naar een vergistingsinstallatie in Duitsland gaat (Verkerk, 2018, persoonlijke mededeling). Er zijn twee uitzonderingen: (1) export van vaste pluimveemest naar Duitsland en (2) export van gecomposteerde mest naar Frankrijk. Bij de mestverwerkingsprocessen van korrelen, het BioEcoSIM-proces, RePeatGZ (het P-product en de bodemverbeteraar) en het upcycling-composteringsproces zijn de eindproducten door het verwerkingsproces al gehygiëniseerd.

De kosten van hygiëniseren zijn ongeveer € 5 per ton ingaande mest (De Buisonjé, 2018).

3.10 Distributiekosten

Tabel 3.15 geeft de distributiekosten van de mogelijke mestproducten naar de mogelijke eindlocaties weer. Distributiekosten omvatten de kosten van transport, monsternamen, wegen en bij export ook de kosten van extra faciliteiten, certificeren en schoonmaken van de vrachtwagen. De distributiekosten zijn exclusief tussenopslag, mestopslag bij de ontvangende partij, aanwenden van de mest en bijdragen aan de akkerbouwer of, in geval van export, betalingen van de akkerbouwer die de mest ontvangt. De distributiekosten zijn berekend op basis van de volgende informatie uit de praktijk en expertkennis:

- Laden, wegen en bemonsteren: € 2 per ton voor drijfmest en € 3 per ton voor vaste mest. Dat is onder praktijkomstandigheden voor vaste mest: vanuit de stal direct storten in een container die om de paar dagen wordt opgehaald of laden met een shovel.
- Extra kosten onafhankelijke monsternamen voor dikke fractie van gescheiden drijfmest: vanaf 1 oktober 2017 is er sprake van onafhankelijke monsternamen bij de dikke fractie van gescheiden mest. Door De Koeijer et al. (2016) worden die kosten geschat op € 175 per vracht bij handmatige bemonstering, € 100 per vracht bij automatische monsternamen en € 25 per vracht bij partijbemonstering (twee vrachten per partij). Wanneer we ervan uitgaan dat alle drie de vormen van bemonstering evenveel gaan plaatsvinden en de kosten van handmatig bemonsteren door de transporteur € 1,75 per vracht zijn, dan zijn de extra kosten bij een vracht van 35 ton bij onafhankelijke monsternamen afgerond € 3 per ton.
- Faciliteiten en extra kosten bij export: € 6 per ton voor drijfmest en € 5 voor vaste mest.
- Minder dan 20 km: € 0,13 per ton per km voor drijfmest en € 0,16 voor vaste mest. 20 km is alleen de gemiddelde transportafstand naar een verwerker. Bij afzet van de overschotmest (125 km) en export wordt met andere afstanden gerekend.

- Meer dan 100 km: € 0,08 per ton per km voor drijfmest en € 0,10 voor vaste mest. Bij export van gehygiëniseerde drijfmest naar Duitsland € 0,10 per ton per km.
- Tussen 20 en 100 km: geleidelijke overgang van prijzen van 20 naar 100 km.
- Verpakte mestkorrels en verpakte kunstmestachtige producten € 4,20 per ton per 100 km (Uenk, 2012).
- De transportkosten naar Duitsland zijn € 20-25 per ton drijfmest. Door extra veterinaire eisen (certificaten en schoonmaken vrachtauto) en doordat in Duitsland maximaal 25 ton mag worden geladen, zijn de transportkosten hoger dan bij vergelijkbare afstanden in Nederland (Broens et al., 2012).
- Transportafstand voor varkensdrijfmest in Nederland 125 km. Drijfmest van varkens wordt in de praktijk niet afgevoerd naar de rest van de wereld. Het model heeft echter wel gegevens nodig, want als er niets staat dan gaat het model ervan uit dat het 0 is en dan berekent het model juist dat dit de goedkoopste oplossing is. Daarom moet er wat ingevuld worden.
- Transportafstand van melkveedrijfmest uit Noordwest-Nederland en dunne fracties van gescheiden melkveedrijfmest uit Noordwest- en Zuidoost-Nederland 50 km.
- Transportafstand van melkveedrijfmest uit Zuidoost-Nederland 75 km.
- Transportafstand bij afzet in Duitsland 150 km.
- Transportafstand van drijfmest, dunne fractie, dikke fractie en compost (exclusief compost upcycling) is gelijk aan 400 km.
- Transportafstand van overige producten van mestverwerking zoals korrels, kunstmestachtige producten en het compostprocedé upcycling 1.000 km.

Tabel 3.15 Distributiekosten mestproducten (€ per ton product)

Techniek	Mestproduct	Nederland		Duitsland		Rest van de wereld	
		Varkens	Melkvee a)	Varkens	Melkvee	Varkens	Melkvee
Geen bewerking	Drijfmest	12	7-10 b)	18	18	50	50
Scheiden inclusief mineralen-concentraat	Dikke fractie	18	18	23	23	53	53
	Dunne fractie/mineralenconcentraat	12	7	18	18	50	50
Scheiden en composteren dikke fractie	Compost c)	15	15	20	20	50	50
	Waterdamp	0	0	0	0	0	0
	Dunne fractie	12	7	18	18	50	50
Scheiden en korrelen dikke fractie	Korrelen	15	15	20	20	50	50
	Biogas a)	0	0	0	0	0	0
	Loosbaar water	0	0	0	0	0	0
	Dunne fractie	12	7	18	18	50	50
BioEcoSIM-proces	Calciumfosfaat	15		20		50	
	Struviet	15		20		50	
	Ammoniumsulfaat	15		20		50	
	Organisch stofproduct	15		20		50	
	Restproduct	5		13		50	
RePeatGZ	Dunne fractie	12		18		50	
	Bodemverbeteraar	15		20		50	
	Droog P-product	15		20		50	
	Restproduct	5		13		50	
Korrelen	Korrelen	15	15	20	20	50	50
	Biogas a)	0	0	0	0	0	0
	Loosbaar water	0	0	0	0	0	0

a) Voor melkvee gelden voor drijfmest kortere transportafstanden, waardoor de kosten lager zijn. Wij gaan uit van het systeem dat Smits te Wanroij toepast en daarbij wordt de mest eerst vergist.

b) In Noordwest-Nederland € 7 per ton, in Zuidoost-Nederland € 10 per ton vanwege het verschil van 25 km in transportafstand.

c) Inclusief het compostprocedé upcycling, maar voor de rest van de wereld € 80.

3.11 Afzetkosten eindproducten

De spreiding in afzetkosten en prijzen van de eindproducten die ontstaan uit de verschillende mestverwerkingstechnieken staat in tabel 3.16. De afzetkosten of prijzen van compost, korrels en de mineralenproducten uit het BioEcoSIM-proces en RePeatGZ worden in het model bepaald op basis van de mineralen- en organische stofinhoud van deze producten. De productwaarde is de som van de waarde per mineraal en de organische stofwaarde. Voor de waarde per mineraal worden kunstmestprijzen gebruikt (tabel 3.17).

Tabel 3.16 Afzetkosten of prijzen voor veehouders om de mogelijke mestproducten af te zetten (€ per ton product). Negatieve afzetkosten of prijzen zijn opbrengsten

Techniek	Mestproduct	Nederland		Duitsland		Rest van de wereld	
		Varkens	Melkvee	Varkens	Melkvee	Varkens	Melkvee
Geen bewerking	Drijfmest	10	5	0	0	0	0
Scheiden	Dikke fractie	12	7	2	-3	Op basis van gehalten	Op basis van gehalten
	Dunne fractie	8	4,37	-2	-0,63	-2	-0,63
Scheiden en composteren dikke fractie	Compost b)	12	7	2	-3	Op basis van gehalten	Op basis van gehalten
	Waterdamp	0	0	0	0	0	0
	Dunne fractie	8	4,37	-2	-0,63	-2	-0,63
	Mineralenconcentraat	3,75	3,75	-3	-3	Op basis van gehalten	Op basis van gehalten
Scheiden en korrelen dikke fractie	Korrels	12	7	2	-3	Op basis van gehalten	Op basis van gehalten
	Biogas a)	0	0	0	0	0	0
	Loosbaar water	0	0	0	0	0	0
	Dunne fractie	8	4,37	-2	-0,63	-2	-0,63
BioEcoSIM-proces	Calciumfosfaat	12		2		Op basis van gehalten	
	Struviet	12		2		Op basis van gehalten	
	Ammoniumsulfaat	12		2		Op basis van gehalten	
	Organisch stofproduct	-5		-5		Op basis van gehalten	
	Restproduct	5		5		5	
RePeatGZ	Dunne fractie	8		-2		-2	
	Bodemverbeteraar	-5		-5		Op basis van gehalten	
	Droog P-product	12		2		Op basis van gehalten	
	Restproduct	5		5		5	
Korrelen	Korrels	12	7	2		Op basis van gehalten	Op basis van gehalten
	Biogas a)	0	0	0		0	0
	Loosbaar water	0	0	0		0	0

a) Opbrengsten van biogas zijn verrekend in de kostprijs van de mestbewerking.

b) Inclusief compostprocedé upcycling.

Tabel 3.17 Waarde fosfaat, stikstof en kalium in kunstmestproducten (€ per kg)

	Kunstmest	Prijs (€/kg)	Bron
Fosfaat	Tripelsuperfosfaat	0,72 tot 0,88	www.agrimatie.nl a)
Stikstof	Kalkammonsalpeter	0,68 tot 1,14	www.agrimatie.nl a)
Kalium	Kali60	0,47 tot 0,59	www.agrimatie.nl a)
Organische stof	n.v.t.	0 tot 0,01	Uenk (2012)

a) Spreiding in prijzen van 2014 tot en met juni 2017.

3.12 Onbenutte stikstof- en fosfaatafzetruimte

Omdat de samenstelling van mest mogelijk niet goed aansluit bij de behoeftes van het gewas, kan een deel van de stikstof- of fosfaatafzetruimte onbenut blijven als alleen dierlijke mest wordt gebruikt. We veronderstellen dat de gebruiker van de grond (akkerbouwer of melkveehouder) kunstmest zal gebruiken om deze onbenutte stikstof- en fosfaatafzetruimte op te vullen. In het model rekenen we deze kosten toe aan onbenutte afzetruimte. Hiervoor gebruiken we de kunstmestprijzen uit tabel 3.17.

3.13 Fraudedruk

Bij een vergelijking met de praktijk moet er rekening mee worden gehouden dat er niet alleen verschillen zijn als gevolg van optimalisatie op ketenniveau versus bedrijfsniveau in de praktijk. Daarnaast was de fraudedruk in de praktijk relatief groot. Hierdoor kunnen de berekende modeluitkomsten afwijken van de praktijk. Hier kan in door te rekenen scenario's eventueel rekening mee worden gehouden door aan te nemen dat een deel van de niet plaatsbare mest in de Nederlandse landbouw toch in de Nederlandse landbouw kan worden afgezet.

Literatuur en websites

- BioEcoSIM, 2017. Nog niet gepubliceerd resultaat van het BioEcoSIM-project.
- Broens, D.F., H. Luesink en M. van Galen, 2012. Bio-based park Cuijk, innovatieve contracten in de mestmarkt. Rapport VR 2012-001, LEI Wageningen UR, Den Haag.
- CBS, 2017. Dieraantallen. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag.
- Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen, 2017. Bemestingsadvies. Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen, p.a. Wageningen Livestock Research, Wageningen. Gedownload van <http://edepot.wur.nl/413891> op 4 oktober 2017.
- De Buisonjé, F., 2018. Scheidingsrendement van rundveemest met een vijzelpers. Lelystad, Wageningen Livestock Research, persoonlijke mededeling op basis van: Quick calculation tool for manure separation and distribution of mass, minerals and dry matter, Melse en De Buisonjé (2015), (<http://www.sdddc.org/en/download/detail-155.aspx>).
- De Koeijer, T., C. de Lauwere, H. Luesink en H. Prins, 2018. Handelsverkeer in de mestmarkt: opties voor interventies. Rapport 2018-057, Wageningen Economic Research, Den Haag.
- Dijkhuizen, A.A. en R.S. Morris, 1997. Animal Health Economics. 1st ed. Postgraduate Foundation in Veterinary Science, University of Sydney, Sydney, Australië.
- Ecoson, 2020. Son, Ecoson, persoonlijke mededeling Richard van Lijssel.
- Haan, J.J. en W.C.A. Geel, 2013. Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. Lelystad, PPO AGV Team, Research report.
- Hoop, J.G., de, C.H.G. Daatselaar, G.J. Doornewaard en N.C. Tomson, 2011. Mineralenconcentraten uit mest, economische analyse en gebruikerservaringen uit de pilots mestverwerking in 2009 en 2010. Den Haag, LEI Wageningen UR, LEI-rapport 2011-030.
- Melse, R.W., P. Hoeksma en N.W.M. Ogink, 2017. Technische bovengrenzen van P2O5 gehalte dikke fractie na scheiding drijfmest met decanteercentrifuge. Vertrouwelijk rapport, Wageningen Livestock Research, Wageningen.
- Nieuwe Oogst, 2018. Schouten wil varkensstapel met miljoen dieren inkrimpen. Artikel J. Boonen, Nieuwe Oogst, 2 juni 2018. Gedownload van <https://www.nieuweoogst.nu/nieuws/2018/06/02/schouten-wil-varkensstapel-met-miljoen-diereninkrimpen>.
- Regelink, I., 2018. Fosfaatscheiding met het RePeat-proces. Wageningen, Wageningen Environmental Research, persoonlijke mededeling.
- Rommelink, G., 2018. Prijzen en stikstof en fosforgehalten in krachtvoer met verlaagde stikstof- en fosforgehalten. Lelystad, Wageningen Livestock Research, persoonlijke mededeling.
- Romijn, G. en G. Renes, 2013. Algemene leidraad voor maatschappelijke kosten-batenanalyse. CPB/PBL, Den Haag.
- RVO, 2016. Getransporteerde hoeveelheid dierlijke mest in 2015 op basis van vervoersbewijzen dierlijke mest. Assen, RVO, persoonlijke mededeling.
- Schröder, J., F. de Buisonjé, G. Kasper, N. Verdoes en K. Verloop, 2009. Mestscheiding: relaties tussen techniek, kosten, milieu en landbouwkundige waarde. Wageningen Plant Research International, Rapport 287, Wageningen.
- Uenk, J.H., M. Vermeulen en H. Luesink, 2012. Afzetmarkt voor varkensmestkorrels. Rapport DOFCO BV.
- Van Bruggen C., A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, H.H. Luesink, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof en J. Vonk, 2018. Emissies naar de lucht uit de landbouw in 2016. WOt technical report 119, Wageningen UR, Wageningen.
- Van Bruggen, 2018. Dierlijke mest en mineralen 2016. Den Haag, Centraal Bureau voor de Statistiek.
- Van Horne, P.L.M. en H.H. Luesink, 2009. Market for dry poultry manure 2008-2019. Interne notitie, LEI, Den Haag.
- Van Wagenberg, C.P.A., A.F. Greijdanus en H.H. Luesink, 2018. Kosteneffectieve oplossing voor fosfaatprobleem met Nederlandse vleesvarkensmest; Toepassing van MERIT-model. Rapport 2018-020, Wageningen Economic Research, Den Haag.

-
- Wagenberg, C.P.A., van, A.F. Greijdanus en H.H. Luesink (2019). Economische optimalisatie van de afzetketen voor varkens- en melkveemest: scenarioanalyse met het MERIT-model. Wageningen, Wageningen Economic Research, Rapport 2019-051.
- Van Wagenberg, C.P.A. en G.B.C. Backus, 1999. Model MINERALENSTROOM. Proefverslag nummer P1.221, Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen.
- Velthof G.L. (2015). Mineral concentrate from processed manure as fertilizer. Wageningen, Alterra Wageningen UR, Alterra report 2650.

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



Wageningen Economic Research
Postbus 29703
2502 LS Den Haag
T 070 335 83 30
E communications.ssg@wur.nl
www.wur.nl/economic-research

Nota 2020-085

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers (5.500 fte) en 12.500 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.



Wageningen Economic Research
Postbus 29703
2502 LS Den Haag
T 070 335 83 30
E communications.ssg@wur.nl
www.wur.nl/economic-research

Wageningen Economic Research
NOTA
2020-085

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers (5.500 fte) en 12.500 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

