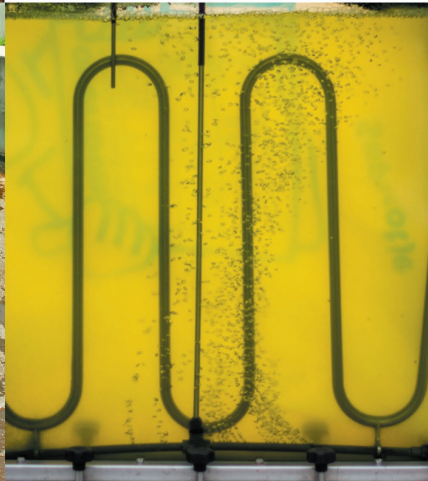




Mest en digestaat als grondstof voor alternatieve teelten

Auteur | Luuk Gollenbeek

Instituut Wageningen Livestock Research



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

WPR-OT 951

Mest en digestaat als grondstof voor alternatieve teelten

Auteur: Luuk Gollenbeek

1 Instituut Wageningen Livestock Research

This study was carried out by the Wageningen Research Foundation (WR), Business Unit Field Crops and was commissioned and financed by the PPP Biobased valorisation of manure and digestate AF-17052b. This project is financially supported by the Dutch Topsector Agri & Food. Within the Topsector, private industry, knowledge institutes and the government are working together on innovations for safe and healthy food for 9 billion people in a resilient world. WR is part of Wageningen University & Research, the collaboration of Wageningen University and Wageningen Research Foundation.

Wageningen, september 2022

WPR-OT 951

Samenvatting NL Deze rapportage kan als startpunt dienen voor de zoektocht naar alternatieve substraten uit dierlijke mest en digestaten van dierlijke mest of plantaardige oorsprong voor alternatieve kweken zoals black soldier fly, wormen, schimmels, bacteriën en algen. Samenstellingen en hoeveelheden van veelvoorkomende dierlijke mestsoorten en producten uit mest en verschillende digestaten zijn verzameld en gebundeld. Tevens is op hoofdlijnen beschreven welke substraateisen er zijn voor de verschillende alternatieve teelten.

Summary UK This report can serve as a starting point for the search for alternative substrates from animal manure and digestates of animal manure or vegetable origin for alternative cultures such as black soldier fly, worms, fungi, bacteria and algae. Compositions and amounts of common animal manure types, products from manure and various digestates were collected and bundled. It also outlines the substrate requirements for the various alternative cultures.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/577915>

© 2022 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten, Postbus 430, 8200 AK Lelystad; T 0300 29 11 11; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapport WPR-OT 951

Inhoud

Woord vooraf	4
Samenvatting	5
1 Inleiding	6
2 Dierlijke mest in Nederland	7
2.1 Hoeveelheden mest	7
2.2 Mestbe/verwerking	8
2.3 Ontwikkeling mestmarkt	9
3 Mestsamenstellingen	11
3.1 Melkveemest	11
3.2 Varkensmest	13
3.3 Kippenmest	14
4 Mest be/verwerkingsproducten	16
5 Digestaat	18
5.1 Vergisting organische (rest) stromen	18
5.2 Aanwezige vergisters volgens SDE subsidies	19
5.3 Kwaliteiten verschillende stromen digestaat	20
5.4 Plantaardige digestaten	22
6 Overige reststromen	25
7 Substraateisen voor alternatieve teelten	26
7.1 Substraten	26
7.2 Black Soldier Fly (BSF)	28
7.3 Compostwormen	28
7.4 Schimmels	30
7.5 Bacteriën	31
7.6 Algen	32
8 Conclusie	33
Literatuur	34
Bijlage 1 Totaal tabel samenstellingen verschillende dierlijke mesten en digestaten	36

Woord vooraf

In Nederland zijn er overschotten aan mest en digestaten (vergiste mest en reststromen) waardoor deze een negatieve waarde vertegenwoordigen. Tegelijkertijd bevatten deze reststromen waardevolle ingrediënten voor de productie van biomassa (als grondstof voor food- en feed producten), voor verbetering van bodemkwaliteit en voor energieproductie. Het aantal haalbare businesscases waarbij de reststroom opgewaardeerd wordt is tot dusver beperkt. Dit heeft zowel te maken met het rendement van de gehanteerde technologieën als de wet- en regelgeving gerelateerd aan de reststromen.

Recente informatie uit onderzoek, wetenschappelijke literatuur en van de bedrijven geeft nieuwe aanknopingspunten voor een biobased opwaardering van mest/digestaat stromen en het verbeteren van het rendement van vergisting. Het vernieuwende aan ons onderzoek is het telen van alternatieve biomassa op de reststromen en het gebruik van omzettingsproducten voor het verbeteren van de vergisting. Het gaat hier om het gebruik van gescheiden mest en digestaat producten voor de teelt van paddenstoelen/schimmels, wormen, insecten, specifieke bacteriën en aquatische biomassa. De ontstane biomassa kan verder geraffineerd en vermarkt worden als food, feed en biobased grondstof. Ook resteren er bewerkte mest en digestaat producten die bovendien waarde hebben als bemestingsproducten voor bodem en plantengroei, als substraat voor verbetering van vergisting of voor export/gebruik buiten de landbouw. Dit geeft een nieuwe invulling aan de verplichte mestverwerking.

Doel van dit project is om deze ideeën verder te exploreren en te onderbouwen/testen op lab- en praktijkschaal, leidend tot een proof of principle voor nieuwe biobased opwaarderingsmethoden van mest en digestaat die in samenhang ingezet kunnen worden om kringlopen beter te sluiten en/of buiten de reguliere landbouw af te zetten. Hierbij worden knelpunten in wet- en regelgeving verkend en geagendeerd. Tevens worden kengetallen berekend die nodig zijn voor beoordeling van de duurzaamheid (o.a. kosten, milieueffecten) en voor dossiervorming over regelgeving (o.a. mineralen, voedselveiligheid). De veehouderijsector krijgt inzicht in de mogelijkheden van biobased verwaarden en beter afzetten van hun belangrijkste reststromen. Voor de betrokken MKB bedrijven levert dit onderzoek o.a. proof of principle voor hun technologie en input in hun business cases. De gecombineerde effecten van de technologieën levert nieuwe kennis, methodes en onderzoeksrichtingen voor de wetenschap. In maatschappelijke context draagt het ook op andere manieren gebruiken en opwaarderen van mest en digestaten bij aan de transitie naar een circulaire bio-economie met een efficiënte en duurzame agrifoodsector.

Meer informatie:

- http://www.acres.nl/projecten_acres/biobased-opwaarderen-mest-en-digestaat/
- Rommie van der Weide: rommie.vanderweide@wur.nl, +31320291631
- Hellen Elissen: hellen.elissen@wur.nl, +31320291223



Samenvatting

Om de zoektocht naar voor alternatieve teelten geschikte reststromen te stroomlijnen hebben we geïnventariseerd welke mest- en digestaatstromen in Nederland geproduceerd worden en wat de karakteristieken van deze substraten zijn. Bij alternatieve teelten denken we dan aan bijvoorbeeld: insecten, wormen, schimmels, bacteriën, algen. Tevens is op hoofdlijnen weergegeven welke substraateisen verschillende teelten hebben.

Van mest en mestproducten en digestaten van dierlijke mest zijn voldoende gegevens bekend over de standaard samenstellingen N,P,K, organische stof en droge stof. Over inhoudsstoffen als vetten, koolhydraten, vezels en eiwitten is minder bekend. Er is een scala aan bewerkingen mogelijk om mest en digestaat zoveel mogelijk op maat te maken voor de beoogde alternatieve teelten. Met een totale productie van 74 miljoen ton dierlijke mest per jaar is er voldoende mest om te gebruiken voor alternatieve teelten. Dierlijke mest is een relatief goedkope grondstof (met tot 2022 zelfs een negatieve waarde), vanwege het mestoverschot in Nederland.

Van digestaten van plantaardige oorsprong is minder informatie beschikbaar over de samenstelling: dit geldt zowel voor de bemestende waarde als voor inhoudsstoffen zoals vetten, koolhydraten, vezels en eiwitten. Wel blijkt uit deze studie dat er vele soorten digestaten geproduceerd worden en dat er voordelen kunnen zijn bij het gebruik van digestaten die niet de status afval of dierlijke mest hebben. Ingeschat is dat grofweg 2 miljoen ton digestaat in Nederland geproduceerd wordt van dierlijke mest, 1,7 miljoen ton van allesvergifters, 0,2 miljoen ton van Groente Fruit Tuin en Organische Natte Fracties (GFT/ONF) en 0,5 miljoen ton van Voedings en Genotsmiddelen Industrie (VGI).

Samenstellingen van de verschillende mest en digestaat producten zijn te vinden in de rapportage en in bijlage 1.

Of een substraat geschikt is voor alternatieve teelten hangt van een aantal factoren af, onder andere;

- de samenstelling van het substraat,
- de juridische status,
- verontreinigende stoffen en
- beschikbaarheid/hoeveelheid

Over het algemeen kan gesteld worden dat de voedingswaarde van de substraten op basis van eiwitten, suikers, zetmeel en vetten hoger is voorafgaand aan het vergistingsproces. Een reststroom is vaak interessanter voor alternatieve teelten als reststroom dan als digestaat.

De producten uit de alternatieve teelten kunnen voor verschillende doeleinden gebruikt worden (veevoer, humane voeding, biostimulanten etc.), de eisen van de gebruikte groeimmedia zal ook hierdoor bepaald worden.

1 Inleiding

Binnen de PPS 'Biobased opwaarderen mest en digestaat' zoekt Wageningen Universiteit & Research (WUR) samen met een aantal bedrijfspartners naar innovatieve manieren om mest en digestaat waardevol te maken door middel van het kweken van organismen in/op deze stromen, waarbij er bijvoorbeeld nieuwe biomassa geproduceerd wordt of de stromen omgezet worden in een ander bemestingsproduct of biogas.

Om de zoektocht naar voor alternatieve teelten geschikte reststromen te stroomlijnen hebben we geïnterviewd welke mest- en digestaatstromen in Nederland geproduceerd worden en wat de karakteristieken van deze substraten zijn. Bij alternatieve teelten denken we dan aan bijvoorbeeld: schimmels, bacteriën, algen, insecten, wormen en aquatische planten.

Hiervoor is een literatuuronderzoek uitgevoerd waarbij wetenschappelijke artikelen en informatie van internet zijn geraadpleegd. Tevens zijn de partners van het project gevraagd om gegevens aan te leveren over de mest- en digestaat gerelateerde stromen die op hun bedrijven vrijkomen.

De volgende stromen zijn uitgewerkt: dierlijke mest, digestaat, en overige stromen (champost, digestaat Ecoson en humuszuren Ecoson).

2 Dierlijke mest in Nederland

2.1 Hoeveelheden mest

In 2020 is circa 74 miljoen ton aan mest geproduceerd (voornamelijk drijfmest maar ook vaste mest), wat resulteerde in een dierlijke fosfaatuitscheiding van circa 150,7 miljoen kg fosfaat (bron CBS statline¹). Tot 2017 nam de hoeveelheid geproduceerde mest en daarmee de fosfaatuitscheiding nog toe. Dit was vooral te wijten aan de groei van de melkveesector door het wegvallen van de melkquota. Om toch onder het Nederlandse fosfaatplafond (172,9 miljoen kg fosfaat) te blijven werden in 2018 fosfaatrechten voor melkvee ingevoerd, wat resulteerde in een sterke daling (circa 10 %) van het aantal melkkoeien. Het fosfaatplafond is een belofte aan de Europese unie om niet teveel mest te produceren (in feite begrenst dit plafond de hoeveelheid vee in Nederland) en in ruil daarvoor mag meer dierlijke mest worden toegepast door melkveehouders die zich aan specifieke voorwaarden houden.

				2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Mestproductie	Totaal alle bedrijfstypen	Nederland	mln kg	75 558	72 172	76 326	78 211	77 878	75 163	74 602	74 328
Totaal mestproductie	Melkveebedrijven	Nederland	mln kg	43 191	45 630	52 489	55 331	54 732	51 994	51 825	52 329
	Varkensbedrijven	Nederland	mln kg	11 726	10 829	9 877	9 619	9 522	9 458	9 378	9 210
	Pluimveebedrijven	Nederland	mln kg	2 099	1 574	1 547	1 494	1 451	1 365	1 319	1 324
Fosfaatuitscheiding (P205)	Totaal alle bedrijfstypen	Nederland	1 000 kg	190 900	178 900	180 100	175 200	169 000	161 800	155 500	150 700
Totaal fosfaatuitscheiding	Melkveebedrijven	Nederland	1 000 kg	79 100	78 500	87 600	84 800	81 600	74 500	71 700	70 000
	Varkensbedrijven	Nederland	1 000 kg	38 700	40 500	37 100	36 200	34 600	34 800	34 500	34 700
	Pluimveebedrijven	Nederland	1 000 kg	28 200	26 200	26 600	26 700	25 300	23 800	23 100	22 200

Bron: CBS

Tabel 2.1 Mestproductie in NL (miljoen kg), 2000-2020. Bron: CBS, statline.

De mestmarkt moet beschouwd worden als het geheel van vraag en aanbod van dierlijke mest. Echter de mest van de verschillende sectoren wordt verschillend gewaardeerd omdat de samenstellingen (en daarmee kwaliteit en toepasbaarheid) verschillend zijn. Op hoofdlijnen geldt het volgende beeld:

- Melkveeouders hebben over het algemeen landbouwgrond in bezit ten behoeve van de productie van gras en voedergewassen. Daarom kunnen melkveeouders gemiddeld circa 80 % van de geproduceerde rundmest op hun eigen land kwijt en de overige 20 % wordt afgevoerd naar akkerbouwbedrijven.
- Rundveedrijfmest wordt vanwege de bruikbaarheid op de Nederlandse markt nauwelijks geëxporteerd naar het buitenland.
- Pluimveemest wordt vanwege de hoge stikstof- en fosfaatgehalten nauwelijks toegepast op Nederlandse landbouwgrond, er kan binnen de toepassingsnormen voor stikstof en fosfaat meer rundvee en varkensmest toegepast worden dan kippenmest, hierdoor wordt ook meer organische stof aangevoerd dan bij kippenmest, ook is kippenmest droger waardoor verbranding en transport efficiënter zijn. Pluimveemest wordt verbrand (bij BMC Moerdijk, ca. 30 %) of geëxporteerd (ca. 60 %). Het overgrote deel van de exportmest gaat naar Duitsland, België en Frankrijk.
- Varkensdrijfmest wordt vanwege de hogere gehalten aan nutriënten vooral als dikke fractie of in gedroogde vorm (bijv. gemengd met pluimveemest en gecomposteerd) naar het buitenland geëxporteerd.
- Varkens en pluimveeouders hebben over het algemeen minder eigen grond dan melkveeouders waardoor ze meer mest moeten afvoeren van het eigen bedrijf en meer mest verplicht moeten verwerken.

¹ <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83983NED/table?ts=1595422864724>

2.2 Mestbe/verwerking

Zowel op bedrijfsniveau als op landelijk niveau is er sprake van een overschot aan dierlijke mest. Op bedrijfsniveau betekent dit dat er meer mest geproduceerd wordt dan dat er uitgereden mag worden op het eigen land uitgaande van maximale toe te passen gehalten aan stikstof en fosfaat. Op landelijk niveau is er sprake van een overschot omdat er meer mest is dan dat er theoretisch gezien uitgereden mag worden in Nederland. Dit is een overschot aan fosfaat. Wel zijn er in Nederland regionale verschillen en zijn de veedichtheden het hoogst in Zuid en Oost Nederland. Dit betekent dus ook dat mest van deze regio's getransporteerd moet worden naar regio's met tekorten aan dierlijke mest.

De mest kan ook bewerkt of verwerkt worden. Mestbewerking is het bewerken van de mest met het doel om de mest effectiever in de Nederlandse landbouw in te kunnen zetten (bijvoorbeeld scheiden en composteren). Mestverwerking is erop gericht om de mest buiten de Nederlandse landbouw krijgen en zodoende overschotten aan nutriënten (fosfaat) weg te werken.

Het huidige Nederlandse beleid is gericht op verplichte mestverwerking: een percentage van het mestoverschot (mest die niet op het eigen bedrijf aangewend kan worden) zal moeten worden verwerkt, dit percentage is per regio vastgesteld en afhankelijk van de veedichtheid binnen de regio (Zuid 59% Oost 52% en overig 10% verplichte mestverwerking). Wettelijk valt onder mestverwerking²:

- 1) Het behandelen van dierlijke meststoffen tot een eindproduct dat voldoet aan de volgende specificaties:
 - a. als uit mestverbranding waarin maximaal 10 % organische stof aanwezig is;
 - b. mestkorrels;
 - c. mengsel van gedroogd digestaat en verwerkt categorie 1-materiaal (dierlijke bijproducten), bedoeld in artikel 8 van verordening (EG) nr. 1069/2009.
- 2) Het exporteren van dierlijke meststoffen.

Overige handelingen met mest, zoals vergisting, scheiding, droging en compostering vallen onder de noemer mestbewerking.

Binnen de mestbe- en verwerking is een scala aan technieken en processen inzetbaar:

- Scheiding dikke en dunne fractie (waterfractie en vaste fractie)
- Nitrificatie/denitrificatie (op riool loosbaar water, slib)
- Ultrafiltratie (waterfractie en slib)
- Omgekeerde osmose (loosbaar water, mineralen concentraat)
- Ammoniak strippen (ammonium sulfaat of ammonium nitraat)
- P winnen (struviet, calciumfosfaat)
- Composteren (dierlijke mest compost)
- Fermenteren (bokashi of digestaat)
- Mengen (mest op maat maken)
- Drogen (droge mest (70-90 droge stof)
- Pelleteren (mestkorrels)
- Verbranden (energie en as)
- Vergassen (gas/energie en biochar/as)

Door processen en technieken te koppelen kunnen verschillende eindproducten geproduceerd worden. In de volgende paragraaf zijn samenstellingen van enkele mestsoorten en een aantal producten die na mest be/verwerking ontstaan beschreven. Hierbij wordt opgemerkt dat dit algemeen geaccepteerde gemiddelde waarden zijn, de spreiding is niet gegeven maar een spreiding van +/- 20 % voor nutriënten/inhoudsstoffen van de verschillende mestsoorten wordt reëel geacht. Hetzelfde geldt voor mestbe/verwerkingsproducten. Door verschillen in input, efficiëntie van technieken en afwijkingen in de analyses kunnen ook hier grote verschillen optreden.

² <https://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mest/mestverwerkingsplicht-veehouder>

Bij verschillende processen kunnen hulpstoffen ingezet worden voor bijvoorbeeld indikken of ontwateren (bijvoorbeeld polymeren, ijzersulfaat, ijzerchloride, aluminiumchloride, zuren en logen): deze hulpstoffen kunnen resulteren in eindproducten die voor (alternatieve) teelten minder geschikt zijn.

In deze rapportage is fosfor uitgedrukt in fosfaat: P_2O_5 . Hiervoor wordt het gehalte aan fosfor P vermenigvuldigd met een factor 2,29.

Hoeksma 2018 (uit Hoeksma et al., 2020) heeft de verschillende verwerkingen en bestemmingen van dierlijke mest op basis van geregistreerde transporten bepaald voor 2017 (zie ook tabel 2.2). Circa 6,3 Mton varkensdrijfmest en circa 8,4 Mton runderdrijfmest worden zonder be/verwerking aangewend op land van derden. Van de rundveemest wordt het overgrote deel aangewend op het eigen land, 46,1 Mton, dit betreft niet geregistreerde transport. Een klein deel van de dierlijke mest wordt maar verwerkt (8,5% o.b.v. data uit Hoeksma 2020). Het deel dat op eigen land aangewend wordt kan ook een vorm van bewerking ondergaan wat niet geregistreerd wordt. Bijvoorbeeld het scheiden van melkveemest in een dikke en dunne fractie zodat de dikke fractie als boxvulling gebruikt kan worden wordt niet geregistreerd terwijl grove schattingen zijn dat circa 1.000 tot 2.000 melkveehouders dit doen.

De hoeveelheden feces en urine die geproduceerd worden door emissiearme systemen die bij de bron scheiden is niet bekend, echter dit zal nu nog minimaal zijn (dergelijke scheidende systemen zijn nog niet wijdverbreid geïmplementeerd en urine en feces fracties worden vaak weer in dezelfde mestput opgeslagen waardoor toch weer sprake is van drijfmest). Ook worden deze fracties vaak in één mestput opgeslagen zodat toch weer sprake is van reguliere drijfmest. Een ander aspect zijn de luchtwassers. Hiermee wordt ammoniak die anders zou emitteren uit de stal vastgelegd in een zure oplossing. Volgens CBS statline is in 2020 8.900 ton N als spuiwater uitgescheiden in Nederland. De hoeveelheid spuiwater wordt niet gegeven. Echter uitgaande van een gemiddelde concentratie van 2 % N (voor een chemische luchtwasser is 2-5% N mogelijk en een biologische 0,01-0,4 %) geeft grofweg 440 kton spuiwater per jaar. Dit spuiwater wordt als kunstmest aangewend in de Nederlandse landbouw. De verdeling van spuiwater die vrijkomen uit biologische-, chemische- en combiluchtwassers is niet bekend, daarom is deze berekening slechts een best guess.

Tabel 2.2 Producten uit dierlijke mestverwerking informatie overgenomen uit Hoeksma et al., 2020. De ingaande stroom voor verwerking is Rundveemest 1,5 Mton, varkensmest 1,9 Mton, pluimvee 1,3 Mton en overig 0,8 Mton.

Proces met dierlijke mest	Product	Hoeveelheid* (Mton/jaar)	Bestemming
Vergisting	Digestaat	0,6	Aanwenden op land
Compostering	Gecomposteerde mest	1,0	Export en privaat gebruik
Drogen	Mest pellets	0,2	Export en privaat gebruik
Verbranden	As	0,1	Export
Membraanfiltratie	Mineralen concentraat	0,2	Aanwenden op land
Membraanfiltratie	Water	0,9	Riool en oppervlaktewater
Nitrificatie/denitrificatie	Slib	0,1	Aanwenden op land
Verhitten	Gehygiëniseerde mest	0,5	Export

* Let op hier valt dus niet het aanwenden op eigen land onder.

2.3 Ontwikkeling mestmarkt

Het beleid en de te verwachten wijzingen hierop zullen een effect hebben op de mestmarkt en ook op het gebruik en be/ver werking van dierlijke mest. Verlangt wordt dat de veehouderij sector moet verduurzamen, echter momenteel is nog zeer onzeker hoe (innovaties of minder dieren) deze sector aan deze verduurzaming kan voldoen. Ontwikkelingen die momenteel spelen en die sterk van invloed kunnen zijn op de ontwikkelingen in de mestmarkt zijn:

- Stemt de Europese Commissie wel of niet in met de derogatie voor 2022-2025? Dit zal sterk sturend zijn over hoeveel dierlijk stikstof in de Nederlandse melkveehouderij toegepast mag worden.

-
- Worden bepaalde dierlijke N-meststoffen als bijvoorbeeld mineralen concentraat of zuivere urine aangemerkt als kunstmestvervangers (RENURE)?
 - Welke krimp van de veestapel wordt door de politiek geïnitieerd en hoeveel krimp wordt daadwerkelijk in de toekomst gerealiseerd?
 - Hoe wordt het beleid omtrent kringlooplandbouw ingevuld?
 - Hoe wordt het beleid rondom grondgebonden veehouderij uitgewerkt?

Maar ook ontwikkelingen van emissiearme innovatieve stalsystemen en de groeiende vraag naar groene energie/groen gas zullen hun uitwerking hebben op de mestmarkt.

3 Mestsamenstellingen

In onderstaande paragrafen zijn verschillende mestsamenstellingen beschreven. Let op in de tabellen worden gemiddelde gemeten gehalten gegeven. Dat betekent dus dat massabalansen niet sluitend hoeven te zijn.

3.1 Melkveemest

Rundermest betreft meestal drijfmest oftewel een mengsel van feces en urine, voerresten, ligboxvulling en spoelwater. De mest en urine gaan door de roosters waarna deze drijfmest veelal opgeslagen wordt in een kelder onder de dieren. Naast deze gangbare manier van mest verzamelen en opslaan kunnen de dieren ook op strooisel staan waardoor een stapelbare mest ontstaat (bijvoorbeeld stro met feces en urine). Vanwege de zoektocht naar emissie arme systemen zijn er systemen ontwikkeld waarbij feces en urine gescheiden worden, waarbij nu al scheidende vloersystemen aanwezig zijn (mest/feces en gier), en voor de toekomst wordt ook gekeken of feces en urine gescheiden opgevangen kunnen worden direct onder de staart. Met urine wordt de urine bedoeld zonder feces deeltjes en gier is niet zuivere urine, dus met feces deeltjes. In tabel 3.1 zijn de nutriëntgehalten weergegeven in runderdrijfmest, vaste (stapelbare) rundermest, gier, feces en urine.

Tabel 3.1 Nutriëntgehalten in g/kg totaal product. Nederlandse rundermest

Grondstof	Runderdrijfmest	Stapelbare mest	Gier	Feces	Urine
Droge stof	92	267	25	162	46
Organische stof	71	155	10		
N-Totaal	4,0	7,7	4,0	4,4	9,13
N-NH ₄	1,9	1,1	3,8		
N-org (Ntotaal-N-NH ₄)	2,1	6,6	0,2		
P ₂ O ₅	1,5	4,3	0,2	2	0,041
K ₂ O	5,8	8,8	8,0	3,8	9,5
MgO	1,2	4,1	0,2		
Na ₂ O	0,8	1,1	1,0		
Bron	van Middelkoop et al., 2017	van Middelkoop et al., 2017	Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al 2017	van Middelkoop et al., 2017	van Middelkoop et al., 2017

Op de boerenbedrijven zelf blijft het meestal bij mestbewerking. Bijvoorbeeld een simpele mechanische scheiding in een dikke en een dunne fractie eventueel gevolgd door de compostering van de dikke fractie. De dikke fractie wordt ook op melkveebedrijven gebruikt als boxstrooisel. Verdergaande mestverwerkingsprocessen zijn in hoofdstuk 4 beschreven. Het belangrijkste verschil in samenstelling van dikke en dunne fractie is het verhoogde drogestof gehalten in de dikke fractie en het lagere fosfaat gehalte in de dunne fractie. Indien de dikke fractie na scheiden gecomposteerd wordt zal vanwege warmteontwikkeling ook een deel van het vocht verdampen waardoor het drogestof gehalte nog verder toeneemt (zie tabel 3.2).

Uit deze gegevens blijkt ook dat de samenstelling van de dunne fractie verkregen uit mechanische scheiding sterk afwijkt van die van urine en gier.

Tabel 3.2 *Nutriëntengehaltes in g/kg totaalproduct. Nederlandse gescheiden rundermest.*

Grondstof	Dikke fractie	Dunne fractie	Gecomposteerde dikke fractie
Droge stof	189	47,5	278
Organische stof	180	33,5	155
N-Totaal	4	2,9	5,3
N-NH ₄	1,5	1,5	
N-org (Ntotaal-N-NH ₄)	2,5	1,4	
P ₂ O ₅	1,6	0,9	3,6
K ₂ O	4,9	5,4	10,5
MgO			
Na ₂ O			
Bron	Databank samenstelling meststoffen 2011	PRI-rapport 287 (Schröder et al., 2009) - mestscheidingstechnieken	Databank samenstelling meststoffen 2011

3.2 Varkensmest

De varkensmest wordt in gangbare systemen verzameld door roostervloeren en opgeslagen in kelders onder de dieren wat resulteert in drijfmest. Daarnaast zijn er systemen waar de varkens op strooisel worden gehouden (bijvoorbeeld Canadese strooiselstal) en een stapelbare mest ontstaat. Vanwege de benodigde emissiereductie zijn stalsystemen bedacht waarbij feces en urine zoveel mogelijk gescheiden worden afgevoerd. Het verkrijgen van een zuivere urine fractie is mogelijk met een koeientoilet, echter systemen met scheidende vloeren, urine gootjes, hellende vloeren en mestbanden is meestal sprake van enige verontreiniging van de urine met feces (en andersom). Dus de samenstelling zal dan veelal aansluiten bij gier. In tabel 3.3 zijn de gehalten weergegeven van de verschillende varkensmestproducten.

Tabel 3.3 *Nutriëntengehaltes in g/kg totaal product. Nederlandse vleesvarkensmest.*

Grondstof	Drijfmest	Stapelbare mest	Gier	Feces	Urine
Droge stof	107	260	20	274	33,3
Organische stof	79	153	5		
N-Totaal	7	7,9	6,5	9,2	9,6
N-NH ₄	3,7	2,6	6,1		
N-org (Ntotaal-N-NH ₄)	3,3	5,3	0,4		
P ₂ O ₅	3,9	7,9	0,9	3,5	0,28
K ₂ O	4,7	8,5	4,5		
MgO	1,5	2,5			
Na ₂ O	1,2	0,9			
Bron	Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al., 2017	Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al., 2017	Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al., 2017	Unpublished P- recovery KB onderzoek	Unpublished P- recovery KB onderzoek

Het overschot aan varkensmest wordt veelal door centrale mestverwerkers en vervoerders verwerkt. In tabel 3.4 zijn de producten weergegeven die worden gemaakt met een mechanische scheiding wat vaak de eerste stap van mestbe- en mestverwerking is. Het effect van de mechanische scheiding op de nutriëntengehaltes in de twee producten is groter dan in melkveedrijfmest. De Buissonjé, 2002 vond hogere gehalten aan drogestof in de dikke fractie (nabij 30 % ds) en de gehanteerde scheidingsmethode en gebruik van hulpstoffen zijn van invloed op de efficiency van de scheiding.

Tabel 3.4 Gehaltes in g/kg. Producten gemaakt uit NL varkensmest.

Grondstof	Dikke fractie	Dunne fractie
Droge stof	246	30
Organische stof	185	15
N-Totaal	10,2	4,4
N-NH ₄	4,0	3,7
N-org (Ntotaal- N-NH ₄)	6,2	0,7
P ₂ O ₅	12,7	1,0
K ₂ O	5,3	5,2
MgO		
Na ₂ O		
Bron	Databank samenstelling meststoffen 2011	Databank samenstelling meststoffen 2011

3.3 Kippenmest

Kippenmest is relatief droog (>60 % ds) omdat er warmteproductie optreedt bij afbraak van de kippenmest, de temperaturen in de stal relatief hoog zijn en er strooisel gebruikt wordt. Hierna kan de kippenmest nog verder gedroogd en/of gecomposteerd worden tot 70-90 % ds. Een groot gedeelte van de kippenmest wordt verbrand waarbij een as ontstaat die rijk is aan fosfaat en kalium. In tabel 3.5 zijn de gegevens van leghennen- en vleeskuikensmest weergegeven.

Tabel 3.5 Nutriëntengehaltes in g/kg totaalproduct kippenmest.

Grondstof	Leghennen vast	Vleeskuikens vast
Droge stof	573	626
Organische stof	416	419
N-Totaal	25,6	32,1
N-NH ₄	2,5	8,0
N-org (Ntotaal- N-NH ₄)	23,1	24,1
P ₂ O ₅	19,6	16,8
K ₂ O	15,5	20,5
MgO	5,5	7,1
Na ₂ O	1,7	3
Bron	Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al., 2017	Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al., 2017

Van oudsher wordt mest benaderd vanuit de landbouwkundige bemestende waarde. Dus bemestende parameters als NPK en organische stof gehalten worden veelal bepaald, maar voor alternatieve teelten

kunnen juist inhoudsstoffen als eiwitten, vezels, suikers, zetmeel interessante parameters zijn. Chen (2003) heeft geïnventariseerd welke inhoudsstoffen er in mest zitten. In figuur 3.1 is een uitkomst hiervan gegeven voor eiwitten en vezels. Duidelijk te zien is dat koeienmest ten opzichte van varkens en pluimveemest relatief veel vezels bevat. Varkensmest bevat na pluimveemest de meeste eiwitten.

		Crude protein, % DM	Total fiber, % DM	Hemicellulose, % DM	Cellulose, % DM	Lignin, % DM
Cattle manures	Dairy	18.1	52.6	12.2	27.4	13.0
	Beef	12.1	51.5	17.4	21.9	12.2
	Feedlot	17.0	41.7	21.4	14.2	6.1
Swine manures	Nursery	25.1	39.2	21.9	13.2	4.1
	Grower	22.7	40.8	20.5	13.9	6.4
	Finisher	22.0	39.1	20.4	13.3	5.4
Poultry manures	Chick starter	39.8	31.7	18.3	8.5	4.9
	Pullet grower	48.4	36.4	21.5	7.7	7.2
	17-40 weeks	31.6	34.5	20.2	12.0	2.3
	Post-molt	28.0	31.2	16.4	10.7	4.1

DM = dry matter

Figuur 3.1 Andere bestanddelen dan nutriënten in verschillende mestsoorten overgenomen uit Chen 2003

4 Mest be/verwerkingsproducten

In hoofdstuk 2 is aangegeven dat mestbe- en mestverwerking een scala aan producten kan opleveren. In tabel 4.1 zijn een aantal producten weergegeven die geproduceerd kunnen worden met de huidige stand van mestverwerkingstechnieken. De getoonde gehalten zijn gemiddelden of de mediaan, afhankelijk van het ingangsmateriaal; door specifieke technieken en gekozen hulpstoffen zullen samenstellingen van de eindproducten verschillen. Spuiwater kan geproduceerd worden in luchtwassers waarmee de uitgaande stallucht wordt gezuiverd maar ook bij het strippen van ammonium uit dierlijke mest wordt met luchtwassers de gestripte lucht gezuiverd.

Tabel 4.1 Nutriëntengehaltes in g/kg totaalproduct mestbewerkingsproducten.

Grondstof	Mineralen concentraat	Dikke fractie	Spui-water*	Spui-water*
Droge stof	35	283	171,1	1,3
Organische stof	3,4	2,8	166,9	0,7
Ruw as			4,2	0,6
N-Totaal	6,4	12,0	32,7	4,1
N-NH ₄	5,4	2,6	35,3	2,5
N-NO ₂	0,004**	0,008		1,5
N-NO ₃				0,1
Totaal-P	0,16	16,4	0,06	0,008
Totaal-K	7,2	3,8	0,1	0,05
Bron	Hoekstra et al., 2021	Hoekstra et al., 2021	Dataset bij (Verhoeven et al., 2015)	Dataset bij (Verhoeven et al., 2015)

*Grote verschillen kunnen verklaard worden door werking luchtwasser (chemische, biologische en combinatie) en condities in de stal.

**NO₂ + NO₃

In tabel 4.2 zijn de verwachte producten weergegeven die geproduceerd kunnen worden bij Groot Zevert in het kader van het Europese project SYSTEMIC. Deze gehalten zijn bepaald op basis van pilot proeven ([Factsheet GZV \(systemicproject.eu\)](https://systemicproject.eu)).

Tabel 4.2: *Nutriëntengehaltes in g/kg totaalproduct Systemic*

Grondstof	Dikke fractie P arm	P rijk product	NK oplossing	NH3SO4 oplossing	K oplossing
Droge stof	320	820			
Organische stof	280	370	3	1	8
Ruw as					
N-Totaal	5	20	11	80	23
N-NH ₄					
N-NO ₂					
N-NO ₃					
Totaal-P	3,2	140	0,3	0,1	1,5
PO ₄ -P					
Nmin/PO ₄ -P					
Totaal-K	0,2	5,0	14,0	0,1	70
Bron	Factsheet SYSTEMIC	Factsheet SYSTEMIC	Factsheet SYSTEMIC	Factsheet SYSTEMIC	Factsheet SYSTEMIC

5 Digestaat

5.1 Vergisting organische (rest) stromen

In 2011 werd in Nederland ongeveer 1,9 miljoen ton totaalproduct aan digestaat geproduceerd. Er werd in dat jaar 1,35 miljoen ton dierlijke mest voor gebruikt, grotendeels rundvee- en varkensmest, bij een totale Nederlandse mestproductie van ongeveer 70 miljoen ton. Dit houdt in dat maar een kleine 2 % van de totale hoeveelheid geproduceerde mest in Nederland werd gebruikt voor vergisting (van Bruggen, 2012). In tabel 2.2 (hoofdstuk 2) wordt een lagere productie van digestaat uit dierlijke mest genoemd, de hoeveelheid in deze tabel is gebaseerd op aangemelde transporten gebruik op eigen grond is daar niet bij inbegrepen. Recentere gegevens over digestaatproductie zijn niet gevonden; uit cijfers die gebruikt worden voor de berekeningen van de Klimaat en Energie Verkenning (KEV) blijkt wel dat de vergisting van varkensdrijfmest sinds 2012 enkele procenten is gegroeid en voor rundveedrijfmest is een stabiele of licht dalende lijn te zien. Verwacht wordt dat vergisting van dierlijke mest vanwege de klimaatdoelstellingen wel meer gestimuleerd zal gaan worden vanuit de overheid. In 2019 heeft de HAS (Bakker et. al., 2019) door middel van enquêtes geïnventariseerd hoe de vergistingssector er voor staat. In 2011 was al een soortgelijk onderzoek uitgevoerd waardoor trends waargenomen kunnen worden. Het betreft een kwantitatief onderzoek. Op basis van de ingevulde enquêtes met een respons van 36 % zijn de volgende trends indicatief bepaald:

- De hoeveelheid vergiste mest is gestegen ten opzichte van vergisting van co producten sinds 2011.
- Er is een sterke stijging van de verdere verwerking van digestaat (scheiden, drogen, hygiëniseren). Hiervan wordt een groter deel (dikke fractie) geëxporteerd dan in 2011.
- De benutting van de subsidie is gedaald sinds 2011. De redenen hiervoor zijn niet vastgesteld, mogelijke oorzaken kunnen zijn: tijdelijke stilstand door storing of onderhoud of verminderde productie vanwege hoge kostprijs van substraten. Ongeveer 1/3 van de ondervraagden benut minder dan 75% van de maximale te behalen subsidie.
- De meeste ondernemers verwachten geen sterke wijzigingen in substraatkeuzes, wel wordt vanwege de verandering in regelgeving het gebruik van co-substraat bij monomestvergisting verlaagd naar nul.
- Door de ondernemers wordt verwacht dat in de toekomst de afzet van digestaat en ook producten uit digestaat makkelijker gaat worden. Onder andere door technische ontwikkelingen, maar ook door het produceren van kunstmestvervangers uit dierlijke mest.
- Zonder verlenging van de subsidie regeling (SDE, subsidie duurzame energie) geven de meeste individuele vergisters aan in 2019 (meer dan 75 %) dat ze na aflopen van hun subsidieregeling zullen stoppen met vergisten. Echter nu in 2022 de energie prijzen sterk gestegen zijn is de businesscase van vergisters in veel gevallen ook zonder SDE positief en wordt verwacht dat een lager percentage zal stoppen na aflopen van hun SDE subsidie.

Anders dan bij dierlijke mest wordt de productie van digestaat niet bijgehouden door het CBS. Er zijn namelijk verschillende soorten vergisters waarvan de digestaten een andere status hebben (Rietstra et al. 2015). Op hoofdlijnen zijn te onderscheiden:

- Mono-mestvergisting; maximaal 5% (huidige regelgeving 0%) bijmenging van co producten, digestaat wordt gezien als dierlijke mest
- Co-mestvergisting; maximaal 50 % bijmenging van erkende co producten, digestaat wordt gezien als dierlijke mest
- Plantaardige vergisters: 100 % input van plantaardige afkomst, digestaat wordt gezien als overige organische meststof
- Slibvergisting; input slib (afvalstof uit de riool/afvalwaterzuivering), het digestaat wordt gezien als afvalstof (eventueel 'end of waste (EoW)' status te verkrijgen)

Als de vergister gevoed wordt met een afvalstof dan zal het digestaat ook de status afvalstof hebben. Indien co producten gebruikt worden die niet op de lijst met goedgekeurde producten³ voorkomen dan zal het digestaat tevens de status afvalstof krijgen.

5.2 Aanwezige vergisters volgens SDE subsidies

Om een beeld te krijgen van de hoeveelheid vergisters in Nederland is het SDE bestand uit 2019 bekeken, verwacht wordt dat bijna alle vergisters een SDE subsidie hebben (Subsidie Duurzame Energie, hiermee kunnen duurzame energie producenten uit wind, zon en biomassa ondersteuning krijgen om het verschil in kostprijs tussen reguliere grijze energie en groene energie goed te maken) hiermee in kaart zijn gebracht. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat een aantal gegevens niet volledig in het totaalbestand zit (onder andere vanwege Wet Openbaarheid van Bestuur). Ook zitten er mogelijk dubbelingen in. In figuur 5.1 zijn alle vergisters in Nederland weergegeven bekend bij RVO vanwege SDE subsidies. Bij het verschijnen van deze rapportage is deze kaart niet meer op deze manier online in te zien. Volgens de inventarisatie in Panorama Groen Gas 2021 zijn er echter 270 installaties die biogas omzetten in groengas of warmte en/of elektriciteit waarvan vergisters: 169 WKK, 23 direct warmte en 60 installaties groen gas. Terwijl de SDE lijst 150 gerealiseerde installaties laat zien in 2019. De SDE lijst levert dus geen complete lijst van het aantal biogasinstallaties, echter het geeft wel een eerste beeld van installaties die perspectief kunnen hebben voor alternatieve teelten.

In de SDE lijst uit 2019 zijn opgenomen:

- Mestvergisting; 116 subsidies (verwerking van 2 miljoen ton biomassa)
 - Dit betreft vergistingsinstallaties met co- en mono-mestvergisting, met verschillende mestsoorten als input (varkens-, kippen- en koeienmest)
- Allesvergisting; 27 subsidies (verwerking van 1,7 miljoen ton biomassa)
 - Hieronder vallen onder andere vergisting van vetafval, GFT/groenafval, slachtafval, afvalverwerking, suikerbieten (Suikerunie), bermgras en swill
- GFT/ONF (groente fruit en tuinafval en organische natte fractie) vergisting; 2 subsidies (125 duizend ton biomassa)
 - Betreft vergisting van GFT afval door Attero en Orgaworld.
- VGI (voedings en genotsmiddelen industrie) vergisting; 7 installaties (90 duizend ton biomassa, maar de hoeveelheid biomassa moet veel hoger zijn want deze informatie ontbreekt bij de meeste VGI vergisters)
 - Vergisten van schillen, vaste organische reststoffen, reststromen van McCain (aardappelproducten), organische reststromen van Unilever (Ben en Jerry's)

De indeling in de categorieën mestvergisting, allesvergisting GFT/ONF en VGI is niet in beton gegoten, en volgt slechts uit de aanvraag SDE subsidie.

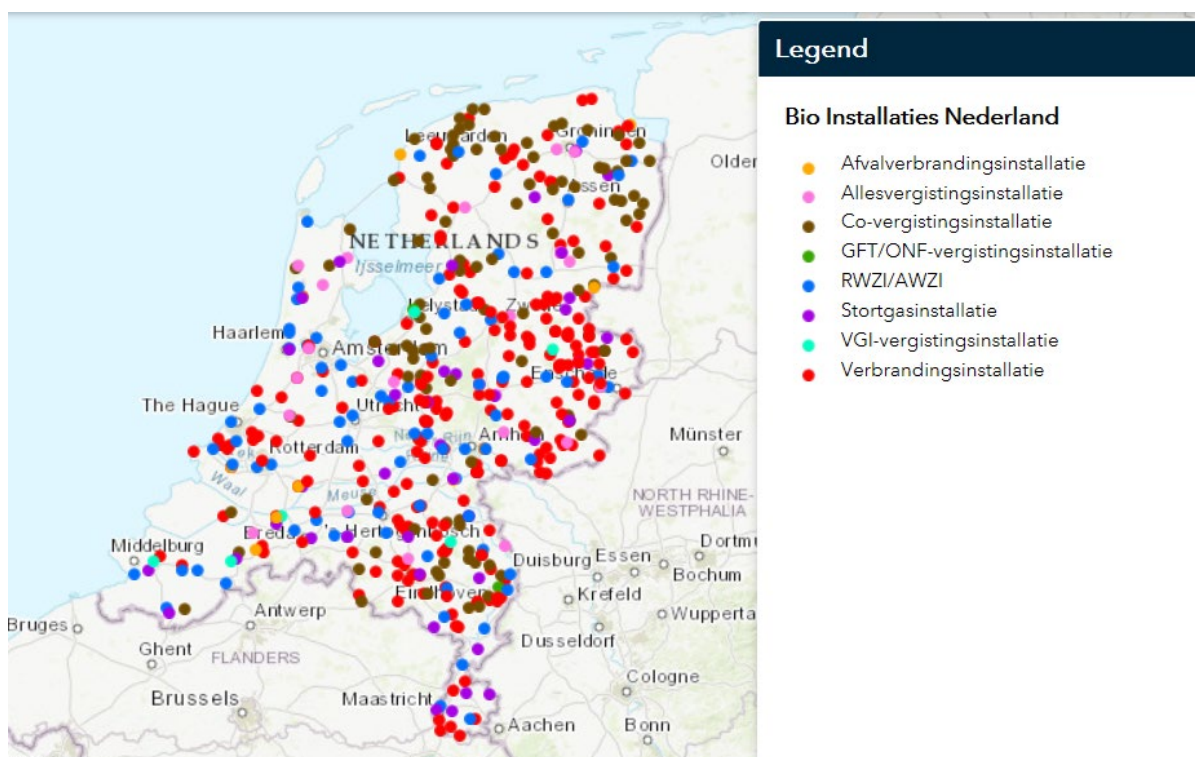
Voor alternatieve teelten is het van belang dat geen sprake is van afval als substraat en het kan ook voordelen hebben als digestaat niet aangemerkt wordt als dierlijke mest. De status van de digestaten moet op voorhand uitgezocht worden, voor co-mestvergisters is het echter duidelijk dat de status dierlijke mest is. Digestaten uit allesvergisters of GFT/ONF vergisters kunnen interessant zijn voor alternatieve teelten vanwege een andere samenstelling en een andere status dan digestaten met mest als oorsprong. Hieronder zijn een aantal mogelijk voor alternatieve kweken interessante vergisters zonder mest weergegeven:

- A v/d Groep en Zonen BV, visafval, Zeeland
- BioGast Agro Hensbroek BV, bollenafval, Noord Holland
- Landbouwbedrijf Kloosterman B.V. , mais, graan en glycerine, Drenthe
- Orgaworld B.V., VGI, Noord Holland
- Suiker Unie, suikerbieten, Groningen en Noord Brabant
- Doehler Roggel B.V., Limburg
- Mars Nederland B.V., Noord Brabant

³ <https://wetten.overheid.nl/BWBR0018989/2020-04-16#BijlageAa>

- Ecofuels B.V., VGI, Limburg
- Halambco B.V., stoomschillen en vaste reststoffen, Friesland
- Lamb Weston/Meijer – Econvert, VGI, Noord Brabant
- McCain Foods Holland B.V., VGI, Zeeland en Flevoland
- OMR Moerdijk B.V., organische reststromen, Noord Brabant
- Unilever Ben & Jerry's, VGI, Overijssel
- Attero Venlo, vergisting GFT, Limburg
- Orgaworld B.V., droge vergisting GFT, Flevoland

Daarnaast zijn er waterzuiveringsinstallaties op locaties van verschillende bedrijven, zoals bij Avebe, Bavaria en Aviko, die ook een vergistingsstap omvatten, bijvoorbeeld van het secundaire slib. Het digestaat dat uit deze installaties komt kan als 'plantaardig' worden gezien indien de waterzuivering geen andere stromen behandelt. Deze installaties zijn mogelijk ook interessant maar zijn niet makkelijk uit de SDE lijst te halen. Het hoofddoel van dergelijke installaties is het zuiveren van afvalwater en de vergistingsstap is een onderdeel van deze installatie. Bij waterzuivering zal het digestaat voor een groter deel bestaan uit microbiële biomassa (eiwit), en bij een zogenaamde 'dedicated' vergister (mest, gft, VGI) bestaat het meer uit vezels en ander onverteerd substraat-materiaal.



Figuur 5.1 Bio installaties in Nederland met SDE subsidie (bron: map viewer RVO 2019)

5.3 Kwaliteiten verschillende stromen digestaat

Er is een scala aan digestaten mogelijk, bijvoorbeeld door de combinatie van dierlijke mest met verschillende co-producten. De grondstoffen die gebruikt worden zijn bepalend voor de samenstelling van de digestaten die gevormd worden. Daarnaast zijn zaken als voorbehandeling, procesparameters (temperatuur en verblijftijd) uiteraard ook van invloed op de samenstelling van het digestaat.

Tabel 5.1 geeft de samenstelling van digestaat van mono-runderdrijfmestvergisting en co vergisting (rundveemest en varkensmest). Broeze et al., 2005 hebben berekend wat het effect is van verschillende co substraten op de samenstelling van het digestaat (zie figuur 5.2), uitgaande van 50 % bijmenging van co-substraat. Het effect van het toevoegen van organische stof via co-substraten op de uiteindelijke gehaltes aan organische stof in het digestaat is laag omdat organische stof van deze co substraten vaak relatief goed

afbreekt tijdens de vergisting. De gehalten gepresenteerd in tabel 5.1 en figuur 5.2 zijn niet gelijk omdat er verschillende basisgegevens gebruikt zijn.

Tabel 5.1 Nutriëntengehaltes in g/kg totaal product in digestaten van dierlijke mest.

Grondstof	Digestaat runderdrijfmest,	Co-digestaat, runderdrijfmest	Digestaat varkensdrijfmest co vergisting
Droge stof	60	67	55
Organische stof	42	50	34
N-Totaal	4,0	4,0	6,0
N-NH ₄	2,5	2,1	
N-org (Ntotaal-N-1,3 NH ₄)		1,9	
P ₂ O ₅	1,5	1,5	2,9
K ₂ O	5,4	5,3	5,0
Bron	(van Middelkoop et al., 2017)	(van Geel & van Dijk, 2013)	(van Middelkoop et al., 2017)

Bemestende stof	Co-substraat	Digestaat uit vleesvarkens- drijfmest g/kg	Digestaat uit runder- drijfmest g/kg	Vergiste vleesvarkens- drijfmest g/kg	Vergiste runder- drijfmest g/kg
Organische stof	Melasse	71.7	67.7	41	31
	Snijmais	63.2	59.3		
	Koolzaadschroot	61.7	57.7		
	Dierlijk vet	52.0	48.0		
Stikstof (N-totaal)	Koolzaadschroot	36.3	34.8	8.0	5.0
	Slachtafval (veren, flotatieslib)	18.5	17.0		
Minerale Stikstof (NH ₄ ⁺ -N)	Koolzaadschroot	22.7	21.4	6.6	4.0
	Slachtafval (veren, flotatieslib)	12.6	11.3		
Fosfaat (P)	Koolzaadschroot	6.6	6.0	2.0	0.9
Kalium (K)	Melasse	18.6	17.7	7.0	5.1
	Aardappelstoom- schillen	16.8	15.8		

Figuur 5.2 Berekende nutriëntengehaltes in digestaten van co-vergisting met verschillende substraten (kolommen drie en vier) vergeleken met de berekende samenstelling van digestaten uit mono-mestvergisting (kolommen vijf en zes). Tabel overgenomen uit Broeze et al., 2005.

De vrijkomende digestaten worden vaak bewerkt waardoor een dikke en een dunne fractie geproduceerd worden. In figuur 5.2 is een tabel weergegeven met de vastgestelde samenstellingen van fracties rundveemest en digestaat hiervan (gegevens uit Verloop 2009). In figuur 5.3 is dat voor varkensmest weergegeven (gegevens uit Buissonjé 2002). Als stelregel wordt vaak gebruikt dat bij mechanische scheiding

25% van het ingaande gewicht in de dikke fractie terecht komt en 75% in de dunne fractie. Dit is natuurlijk sterk afhankelijk van de efficiency van de gehanteerde scheidingsmethode.

Mest(fractie)	Stikstofgehalte (N) g/kg	Fosfaatgehalte (P ₂ O ₅) g/kg	Kaligehalte (K ₂ O) g/kg
A drijfmest	3,4	1,0	5,7
A dikke fractie	4,0	1,9	4,8
A dunne fractie	3,2	0,8	5,6
B vergiste drijfmest	3,5	1,0	6,0
B dikke fractie	4,5	3,6	5,2
B dunne fractie	3,1	0,7	5,6

Figuur 5.2 Samenstelling in g/kg voor de verschillende fracties uit (vergiste) rundveedrijfmest (Verloop 2009).

	Dr. stof	Org. stof	N-totaal	N-NH ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Centrifuge						
Ingaande vergiste drijfmest	41	23	5,2	3,6	1,5	4,8
Dikke fractie	270	190	9,2	5,1	17,2	4,8
Dunne fractie	26	13	4,7	3,5	0,4	4,7
Vijzelpers						
Ingaande vergiste drijfmest	38	23	5,2	3,7	1,3	4,9
Dikke fractie	240	210	7,8	4,1	4,8	5,1
Dunne fractie	34	18	5,0	3,7	1,2	4,9

Figuur 5.3 Samenstelling in g/kg voor de verschillende fracties uit (vergiste) varkensdrijfmest (Buissonjé 2002).

5.4 Plantaardige digestaten

Ook is er een groep digestaten van plantaardige oorsprong. In tabel 5.3 is van een aantal plantaardige digestaten de samenstelling weergegeven. Vaak worden dergelijke digestaten als organische bodemverbeteraars afgezet zoals ook het geval is bij bijvoorbeeld Darlingi⁴, Ecofuels⁵ en Orgaworld⁶.

Er zijn geen gegevens gevonden van inhoudsstoffen als zetmeel, suikers, vetten, eiwitten en vezels van dierlijke of plantaardige digestaten. In onderstaande tabel zijn de samenstellingen van enkele (co) vergistingssubstraten weergegeven. Zetmeel, suikers, vetten en eiwitten kunnen theoretisch voor 100% afgebroken worden tijdens de vergisting. In de praktijk zal dit eerder tussen de 90 en de 100% liggen. Ruw celstof (vezels) zal maar deels afbreken, waarbij cellulose en hemicellulose nog redelijk afbreekbaar zijn maar lignine is lastig afbreekbaar. Daarnaast wordt er tijdens de vergisting microbiel materiaal geproduceerd waardoor het inschatten van de samenstelling van de verschillende digestaten complex maakt. In tabel 5.4 is de samenstelling van een aantal co vergistingsmaterialen weergegeven.

⁴ <https://www.rendac-omgeving.nl/over-ons/ecoson>

⁵ <http://www.ecofuels.nl>

⁶ <https://orgaworld.nl/>

Tabel 5.3 Nutriëntengehaltes in g/kg totaalproduct in digestaten van plantaardige oorsprong.

	Bietenpulp digestaat	Mais digestaat
Droge stof	75	88
Organische stof	40	71
Ruw as	50	
N-Totaal	4,0	5,0
N-NH ₄		7
N-NO ₂		2,5
N-NO ₃		2,6
Totaal-P (P ₂ O ₅)	1,5	1,9
Totaal-K	1,7	0,6
Bron	Dinteloord,SuikerUnie (CropSolutions, 2015)	Nieuweroord (Zanen, 2007)

Tabel 5.4 Samenstelling van een aantal covergistingsmaterialen. Overgenomen uit Ehlert 2010

Parameter	Snijmais	Bietenpulp	Aardappelvezel	Tarwegistconcentraat	Plantaardige vetemulsie
ds (g/kg product)	296	173	144	271	433
Ruw eiwit (g/kg ds)	63	81	81	261	
Ruw celstof (g/kg ds)	159	218	214	23	22
Ruw as (g/kg ds)	40	43	30	114	67
Suiker (g/kg ds)	11	24	17	141	25
Zetmeel (g/kg ds)	408	10	308	10	11
Ruw vet (g/kg ds)	47	8	8	22	256
N totaal (g/kg ds)	12,3	15	14	42,9	3,3
P totaal (g/kg ds)	1,7	0,9	0,8	8,6	7,5

In het samenwerkingsverband Dutch Biorefinery Cluster (met Cosun, Avebe, VNP, Lamb Weston, Friesland Campina en Royal Flora Holland; <https://www.dutchbiorefinerycluster.nl/>) werd onderzoek uitgevoerd naar alternatieve verwaardingsroutes voor organische reststromen. Onder het onderzoeksprogramma BIOCAP zijn drie onderzoekssporen uitgewerkt van 2009 tot 2014 te weten BioFib (ontsluiten van vezels), BioNPK (winnen van mineralen) en BioSyn (produceren chemicaliën door middel van fermentatie). In het programma BIONPK (Vermeulen et. al., 2013) werd geïnterpreteerd in welke mate de mineralen NPK teruggewonnen konden worden uit organische reststromen. Op basis van het onderzoek werd geconcludeerd dat terugwinnen van mineralen een duurzame oplossing kon zijn voor het sluiten van kringlopen, echter economisch kon dit nog niet uit. Als interessantere optie werd het produceren van concentraten gezien waarin verschillende mineralen zitten. Als kans voor de toekomst werd het fixeren van N en P uit waterige stromen door middel van bijvoorbeeld eendenkroosteelt genoemd. Binnen het BioSyn project (Maathuis en Winters 2014) werd gezocht naar manieren om door middel van fermentatie vetzuren te produceren uit de organische reststromen die van waarde kunnen zijn. Geconcludeerd werd dat dit in 2014 nog niet economisch rendabel was, en de chemische industrie was niet klaar voor dergelijk product van mogelijk wisselende kwaliteit. Het BioFib project was gericht op het verwaarden van vezels in organische reststromen. Hieruit zijn enkele interessante mogelijkheden voortgekomen. Van sommige stromen (bijvoorbeeld champost) is duidelijk geworden dat de vezels moeilijk te isoleren zijn. Voor een economisch rendabel proces zouden ook andere stoffen dan de vezels verwaard moeten worden.

Dit cluster kan een interessante partner zijn voor onderzoek naar nieuwe biobased manieren om digestaten te verwaarden.

6 Overige reststromen

Vanuit het project Biobased opwaarderen mest en digestaat staan een drietal reststromen extra in de belangstelling voor verdere biobased verwaarding:

- Bij de teelt van champignons wordt naast champignons ook champost geproduceerd. Omdat in het substraat van de champignonteelt ook dierlijke mest is verwerkt, is de champost wettelijk gezien ook dierlijke mest. De samenstelling wordt getoond in tabel 6.1. Daarnaast zijn bewerkingen mogelijk van de champost bijvoorbeeld spoelen zodat het gehalte aan zouten verlaagd wordt, waarbij tevens een zoute reststroom ontstaat.
- Ecoson heeft een monovergister die gevoed wordt met varkensmest (bron: Vlaardingerbroek, Darling Ingredients, persoonlijke communicatie). Het product is niet-ontwaterd digestaat. Uit het 'ontwaterd digestaat' wordt een humuszuurproduct geproduceerd. In tabel 6.1 zijn de samenstellingen getoond van de Ecoson stromen.

Tabel 6.1 Gehaltes in g/kg van overige reststromen

Grondstof	Champost	Ongescheiden digestaat Ecoson	Humuszuren Ecoson
Droge stof	336	72	200
Organische stof	211	52	160
N-Totaal	7,6	6,5	18
N-NH ₄	0,4	3,5	8
N-org (Ntotaal-N-NH ₄)	7,2	3,0	10
P ₂ O ₅	4,5	1,9	1,7
K ₂ O	10,0	4,4	11
MgO	2,3		0
Na ₂ O	0		3.4
Cu (mg/kg)			37
Zn (mg/kg)			119
pH (-)		8,2	9,0
Bron	(van Middelkoop et al., 2017)	Darling Ingredients	Darling Ingredients

7 Substraateisen voor alternatieve teelten

7.1 Substraten

Of een substraat geschikt is voor alternatieve teelten hangt van een aantal factoren af, onder andere;

- de samenstelling van het substraat,
- de juridische status,
- verontreinigende stoffen en
- beschikbaarheid/hoeveelheid

Voor de kweek van insecten als bijvoorbeeld de zwarte soldaten vlieg of black soldier fly veelal afgekort als BSF is een substraat nodig met voldoende eiwitten, suikers, zetmeel en vetten. Voor productie van schimmels is dit voor sommige soorten in mindere mate van belang, schimmels kunnen namelijk ook (een deel van) de vezels als koolstofbron gebruiken. Compostwormen leven op gedeeltelijk verteerd organisch materiaal. Het substraat dient een goede balans te hebben in stikstof en koolstof. Voor algen zijn vooral de mineralengehalten en de beschikbaarheid (opgeloste stoffen) van belang en in het geval van autotrofe algen is het belangrijk dat de vloeistof transparant is (vanwege de lichtbehoefte), voor heterotrofe algen en/of bacteriën is dit weer minder van belang. Voor alle teelten geldt dat het vochtgehalte van het substraat erg belangrijk is. Maar dit kan ook bijgestuurd worden door water toe te voegen of door verschillende substraten te mixen. Voor algenteelt zal een waterige substantie nodig zijn (bijvoorbeeld dunne fractie of gierfractie). Eventueel kunnen deze waterige fracties verder verdund worden om de juiste concentraties aan nutriënten te verkrijgen, dit kan echter wel leiden tot een groter volume restproduct. Voor de teelt van insecten en wormen is een droger substraat nodig met een droge stof gehalte van ca. 70-80 %. Ook het gemak van 'oogsten' van de organismen uit het substraat kan sommige substraten minder geschikt maken. Bij algen kunnen bijvoorbeeld zwevende deeltjes moeilijk te scheiden zijn van de microbiële biomassa, of bij BSF larven kunnen onverteerde grove stukjes in het substraat of kleverigheid van het substraat ervoor zorgen dat scheiding door middel van zeven bemoeilijkt wordt.

Over het algemeen kan gesteld worden dat de voedingswaarde van de substraten op basis van eiwitten, suikers, zetmeel en vetten hoger voorafgaand aan het vergistingsproces. Het verwachte kweekresultaat zal dan vermoedelijk lager zijn met de vergiste of verteerde producten, maar de prijs van digestaat zal ook lager liggen (-5 tot +5 euro per ton afgeleverd op locatie) dan gebruikte co-substraten (gemiddeld 30 euro per ton, bron: Basisbedragen SDE 2022, Lensink en Schoots).

De alternatieve teelten kunnen uitgevoerd worden met verschillende doeleinden. Gedacht kan worden aan: voeding voor mens of dier, verwijderen nutriënten uit waterfractie, grondstoffen voor producten, meststof of biostimulant. Bij deze verschillende producten gelden ook verschillende wet- en regelgeving. Zo zal het substraat voor de productie van diervoeders moeten voldoen aan o.a. GMP+ en Europese wetgeving over diervoeders, waardoor mest en digestaat van dierlijke afkomst bij de huidige wetgeving niet gebruikt mogen worden. Echter voor biostimulanten en meststoffen is de status dierlijke meststof een minder grote belemmering is.

Vanuit de relevante wetgeving worden ook grenswaarden voor verontreinigingen als zware metalen opgegeven (zie RICHTLIJN 2002/32/EG). Daarnaast kan de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen in het substraat ervoor zorgen dat bepaalde teelten niet mogelijk zijn. Bekend voorbeeld hiervan is GMP+ gecertificeerd voer dat vanwege de gehalten aan pesticiden niet gebruikt kan worden voor de kweek van BSF, ondanks dat het wel voldoet als diervoeder.

Ook de beschikbaarheid van substraten kan een belemmering zijn voor het gebruik voor alternatieve teelten. Om een idee te krijgen van de grootte van de reststromen in Nederland is in figuur 7.1 een tabel opgenomen van de biotische reststromen in Nederland zoals vastgesteld voor 2013 (Fijn et al., 2019). Dergelijke stromen kunnen ook ingezet worden als co vergistingsmateriaal. De inventarisatie van destijds was vooral

gericht op potentiële alternatieve veevoerders, echter dit geeft wel een indicatie van de beschikbaarheid van deze biotische reststromen.

Naast de alternatieve teelten wordt er ook onderzoek gedaan naar het verhogen van de waarde van organische meststoffen in de reguliere landbouw in het project NL Next Level Mestverwaarden⁷. In dit project is de behoefte van bodem en gewas bepalend voor welke organische of mineraal organische mestproducten er nodig zijn binnen de landbouw in Nederland maar ook daarbuiten. Op basis van de vraag naar bepaalde bemestingsproducten wordt de mestverwerkingsinstallatie vormgegeven. Een onderdeel hierin kan ook een vergistingsstap zijn. Er worden twee functies onderscheiden: bemesting en bodemverbetering. Er kunnen minerale producten gemaakt worden die lijken op kunstmest, organische meststoffen die bestaan uit mineralen en organische stof en organische bodemverbeteraar waarin zo min mogelijk mineralen zitten zodat zoveel mogelijk organische stof op de bodem gebracht kan worden.

Biotische reststroom	Nu ingezet voor ...	Beschikbaarheid
Gemengd afval keuken & supermarkten	-	100.000
Diermeel Cat 1 & Cat 2	- (verwerking i.v.m. risico prionen)	90.000
Verenmeel	Warmte	37.000
Veilingafval	Compostering	125.000
Plantenresten tuinbouw	Compostering	220.000
GFT-afval	Compostering, vergisting	1.297.000
Uienafval	Vergisting	60.000
Bietenblad	-	3.000.000
Visafval	Nertsenvoer, vergisting t.b.v. biogas	76.000
Aardappelloof	-	1.756.700
Biergist (nat)	Veevoer	67.500
Aardappelstoomschillen	Veevoer	450.000
Korrelmaaisstengels en -kolven	Veevoer	512.000
Aardappelpersvezels	Veevoer	395.000
Natte bietenperspulp	Veevoer, vergisting t.b.v. biogas	445.000
Cacaodoppen		66.000
Bierbostel	Veevoer, vergisting	500.000
Graanbijproducten	Veevoer, tarwegries	250.000
Droge bietenperspulp	Veevoer	310.000
Raapzaadschroot	Veevoer	1.105.000
Zonnebloemschroot	Veevoer	555.000
Diermeel C3 en food	Huisdiervoer	300.000
Frituurolie	Veevoer, 2G biodiesel	120.000
Dierlijk vet C1	Vee- en huisdiervoer, 2G biodiesel	40.000
Weipoeder	Veevoer	93.000
Sojaschroot	Veevoer	2.390.000
Dierlijk vet (cat3 + food)	Vee- en huisdiervoer	200.000
TOTAAL (ton/jr)		14.560.200

Bron: TNO 2013 R10864 Kansen voor de circulaire economie in Nederland

Figuur 7.1 Biotische reststromen Nederland in 2013 in tonnen per jaar (bron Fijn et al., 2019).

⁷ <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksprojecten-LNV/Expertisegebieden/kennisonline/Next-Level-mestverwaarden.htm>

7.2 Black Soldier Fly (BSF)

Black soldier fly larven groeien op veel verschillende organische substraten, maar voor een optimale groei en samenstelling van de larven is een optimaal substraat nodig. Belangrijk hierbij zijn koolhydraten, eiwitten en vetten, en de opname van deze nutriënten is belangrijk voor de levenscyclus, reproduceerbaarheid en overleving (Ribeiro, 2017). Een vochtgehalte van 70-80 % wordt geadviseerd en 36-46 % eiwitten per kg ds (Nyakeri et al, 2017). Het substraat moet wel nat zijn maar er moet ook lucht in kunnen komen (Hasnol et al., 2020). Hoge gehalten aan eiwitten en vetten zorgen voor grotere en snellere groei/ontwikkeling, de ratio tussen eiwitten en vetten/koolhydraten is van minder belang (Barragán-Fonseca 2018).



Figuur 7.2 figuur overgenomen uit Barragán-Fonseca 2018

In Europa moet het groeimedium voldoen aan GMP + normen, m.a.w. kwalificatie veevoeder hebben. De black soldier fly komt van nature voor in gebieden met een (sub) tropisch klimaat en is dan ook gebaat bij temperaturen van circa 27°C. Singh 2019 heeft een review geschreven over black soldier fly larven en het gebruik van afvalstromen om ze te kweken. Alleen in het larfstadium voedt het insect zich aan rottend dood organisch materiaal. Dit kan zijn: fruit, groenten, voedselresten maar ook mest afkomstig van dier of mens. Bekend is dat black soldier fly larven groeien op dierlijke mest (Oonincx et al., 2015), ook zijn er experimenten gedaan met mengsels van dierlijke mest en bijvoorbeeld etensafval. De samenstelling van de groeimedia is van invloed op de samenstelling van de larven (onder andere de verhouding tussen vet en eiwit). Hiermee dient rekening gehouden te worden voor het beoogde gebruik van de larven (bijvoorbeeld diervoeder voor kippen of vis). Als het substraat hogere gehalten aan vezels heeft dan kan dit de groei remmen (afbraak kost meer energie). Bijvoorbeeld bij rundveemest kan dit aan de hand zijn. Het mengen met andere makkelijker verteerbare grondstoffen kan dan nodig zijn. Het gebruikte substraat wordt met circa 50% in volume gereduceerd (Sing et al., 2019). Het product (de frass = insectenpoep) is droger en ruller dan de ingaande reststromen.

7.3 Compostwormen



Er zijn verschillende soorten compostwormen die gekweekt worden. *Eisenia fetida* (compostwormen), *Dendrobaena veneta* (viswormen) en *Lumbricus rubellus* zijn de meest gebruikte in Nederland. Ali et al. (2015) heeft een review uitgevoerd naar vermicompostering van verschillende organische stromen. Vermicompostering wordt wereldwijd toegepast en er kunnen twee producten worden vermarkt: de wormen en de wormen(vermi)compost. Net als dat er vele soorten wormen zijn die gebruikt kunnen worden zijn er ook vele systemen: ruggen compostering, continue flow systeem (container op maaiveld), stapel systeem (kratten met geperforeerde vloer gestapeld), batch systeem (boxen gestapeld), wedge systeem (hoop waar nieuwe substraat tegen de zijkant wordt aangebracht), kuil systeem, hoop systeem, tanks en cementringen (bovengrondse silo structuur). De substraten die gebruikt worden zijn vaak mengsels van dood organisch materiaal (onder andere dierlijke mest, gft afval, afvalstromen VGI, papier en textiel afval, slib, bladafval en maaisel). Voor een goede start wordt ook wel in de startlaag turf en zaagsel toegevoegd. De meeste systemen werken met een systeem waarbij telkens nieuw voedsel wordt toegevoegd aan de bestaande hoop, rug of bak. De wormen kruipen dan steeds van verwerkte wormencompost naar het nieuwe voedsel. In tabel 7.1 zijn de optimale parameters opgenomen voor wormenkweek. Deze kunnen echter wel sterk per soort verschillen. De groeisnelheid en reproductie hangt onder andere af van het soort

voedsel en de mate van aanbieden. Belangrijk hierin is dat er geen anaerobe omstandigheden ontstaan. Daarnaast zijn factoren als zoutgehalte, gehalte zware metalen, voedingswaarde en ammonium gehalte van invloed op groei en ook op voortplanting. Vooral de combinatie van composteren en vermicomposteren blijkt betere resultaten te geven. Dus of eerst een voorcompostering en daarna vermicompostering, of eerst een beperkte vermicompostering en daarna composteren.

Tabel 7.1 sturende parameters substraat wormenkweek (overgenomen uit Ali et al. 2015)

Parameter	Eenheid	Optimum
Wormendichtheid	Wormen per kg	27-53
Temperatuur	°C	25-37
Voeding	Kg Voeding/ kg worm /dag	1,25
Vochtigheid	Relatief %	65-70
C/N ratio		25
pH		4,2-8,0

7.4 Schimmels



Voor een beoordeling van alternatieven voor substraten voor de teelt van schimmels /paddenstoelen moet onderscheid worden gemaakt tussen de verschillende teeltsystemen die in gebruik zijn. Er worden in Europa op dit moment 3 hoofdsystemen gebruikt (met gecomposteerd, gepasteuriseerd en gesteriliseerd substraten). Belangrijk is dat er geen vrij water aanwezig is in het substraat (vochtgehalte circa 70%), een pH 6,5 tot 7, en dat er zoveel mogelijk moeilijk afbreekbare componenten in zitten als vezels maar ook bij voorkeur

moeilijk afbreekbare eiwitten. Het substraat moet niet alleen voldoen aan de eisen van de schimmel maar moet ook van dien aard zijn dat andere concurrerende organismen er slecht in gedijen (bijvoorbeeld bacteriën).

Teelt op een gecomposteerd substraat (champignon)

Teelt van champignons is de meest omvangrijke teelt van paddenstoelen in Europa. Champignons worden geteeld op een substraat dat rijk is aan cellulose, hemicellulose en lignine. In de praktijk wordt gebruik gemaakt van stro-rijke paardenmest (of zoals in andere landen op tarwestro). Het in het stro aanwezige cellulose en hemicellulose moet door compostering worden ontsloten (=toegankelijk gemaakt voor enzymatische afbraak). Dit vindt plaats in een atmosfeer met veel ammonia, bij een hoge pH (8.2) en hoge temperatuur (80°C). Onder deze omstandigheden treden er chemische veranderingen op in de binding van lignine aan hemicellulose (Mouthier et al., 2017) waardoor er middels enzymatische werking gemakkelijk suikers kunnen worden vrijgemaakt uit het stro waarop de schimmels kunnen groeien.

Om de hoge temperatuur en het hoge gehalte aan ammonia in de proceslucht te kunnen bereiken wordt kippenmest toegevoegd aan de stro-rijke paardenmest. Door het mengsel te beluchten ontstaat broei die het onder de juiste beluchtingscondities mogelijk maakt om de temperatuur van het mengsel in een dag tot op 80°C te krijgen. Om de beluchtingsomstandigheden te verbeteren wordt aan het grondstoffen-mengsel naast stro-rijke paardenmest en kippenmest ook gips toegevoegd.

In principe zou in dit proces de kippenmest (eventueel gedeeltelijk) vervangen kunnen worden door andere ingrediënten die broei mogelijk maken en zorgen voor een hoog ammonia gehalte in de proceslucht. In perioden dat vanwege besmettelijke kippenziekten geen mest vervoerd mag worden, kan (minder superieure) champignoncompost gemaakt worden door een proces te draaien met tarwestro, ureum (stikstofrijk) en bijvoorbeeld bietenpulp (suiker-rijk). Echter, bij sommige compostbedrijven, zoals bijvoorbeeld CNC Grondstoffen, is de infrastructuur niet optimaal geschikt voor de productie van compost op basis van stro en ureum.

Eventuele vervangers voor componenten in het grondstoffenmengsel voor de compostering moeten a) in staat zijn om de microbiële activiteit in het mengsel zodanig aan te jagen dat binnen een dag een temperatuur van 80°C gehaald kan worden, b) stikstofrijk zijn, c) geen negatieve invloed hebben op de doorluchtbaarheid van de compost, en d) met de huidige infrastructuur van de composteringsfabrieken verwerkt kunnen worden.

Naast compost kent de champignonteelt nog een tweede grondstof en dat is dekaarde. Compost vormt de voedingsbodem voor het mycelium, maar dat mycelium kan alleen paddenstoelen maken als er een goede laag dekaarde op de compost aanwezig is. Dekaaarde bestaat uit een mengsel van zwartveen en een kalksoort (in de praktijk vaak schuimaarde). Dit type dekaarde is een superieur product en om die reden wordt bijvoorbeeld in Nederland geproduceerde dekaarde geëxporteerd naar landen zoals Australië, Nieuw-Zeeland en Zuid-Afrika. Het gebruik van veen staat onder druk en om die reden wordt er door de dekaarde-producenten gezocht naar alternatieven voor veen. Deze alternatieven moeten echter wel een dekaarde opleveren die dezelfde opbrengsten aan champignons met dezelfde hoge kwaliteit mogelijk maken. Wat veen bijzonder geschikt maakt voor gebruik in dekaarde is het waterhoudend vermogen en de "air-filled porosity" van het product. Een alternatief voor veen moet dus op deze beide gebieden even goed scoren als veen. Verder moet het alternatief een bijzonder lage zuurstofopneembaarheid vertonen. Het alternatief mag dus geen gemakkelijk metaboliseerbare stoffen bevatten (die de groei van ongewenste schimmels en bacteriën mogelijk maken). Afwezigheid van vrij ammonia in een dekaarde is cruciaal voor een goed verloop

van de teelt. Daarnaast moet het product geen pathogene bacteriën bevatten die een gevaar voor de voedselveiligheid kunnen opleveren.

Teelt op een gepasteuriseerd substraat (oesterzwam)

Oesterzwam wordt in de meeste gevallen geteeld op substraat dat bestaat uit tarwestro. Dit tarwestro wordt vermengd met water en een aantal supplementen. Vervolgens wordt het substraat gepasteuriseerd op 65-70°C. Een van die supplementen zorgt er voor dat in het natte tarwestro voldoende broei ontstaat om deze temperaturen te bereiken. Op dit moment worden geen mestproducten gebruikt in de bereiding van dit type substraat voor oesterzwamteelt. Verwerken van mestproducten zou betekenen dat afzet van het afgewerkte substraat, champost genoemd, aan het einde van de teelt moeilijker wordt. Dikke fracties van plantaardige digestaten kennen dit nadeel niet.

Teelt op een gesteriliseerd / op hoge temperatuur gepasteuriseerd substraat

De teelt van shiitake, koningsoesterzwam en veel andere "exoten" vindt plaats op een substraat dat bestaat uit beukenzaagsel aangevuld met zetmeel en eiwitrijke producten. Na bevochtiging van het substraat steriliseren een aantal producenten het op 121°C. Andere producenten verhitten het substraat gedurende enige tijd bij 100°C. Na afkoelen wordt het substraat ge-ent met graankorreltjes waarop de gewenste schimmel aanwezig is, waarna het substraat een aantal weken wordt geïncubeerd bij 25°C om de schimmel het substraat volledig te laten koloniseren. Op dit moment worden geen mestproducten gebruikt in de bereiding van dit type substraat. Verwerken van mestproducten zou betekenen dat afzet van het afgewerkte substraat aan het einde van de teelt moeilijker wordt, wat niet geldt voor plantaardige digestaten.

7.5 Bacteriën

Om bacteriën te kweken zijn een energie- en een koolstofbron nodig (Lengeler 1998). Hierbij kan de energiebron per bacteriesoort verschillen. We onderscheiden op hoofdlijnen:

- Fototrofe bacteriën: Deze bacteriën halen hun energie uit licht.
- Lithotrofe bacteriën: maken gebruik van een anorganische bron (zuurstof, nitraat, ijzer, sulfaat).
- Organotrofen: bacteriën die gebruik maken van een organische (koolstofhoudende) elektronendonor.

Afhankelijk van de koolstofbron die gebruikt wordt worden de bacteriën ingedeeld in autotroof (CO₂) of heterotroof (organisch materiaal). De substraten die gebruikt worden hangen dus af van de soort bacteriën die gekweekt worden. Naast de energie en koolstofbron zijn ook andere nutriënten (stikstof, fosfaat, zwavel en micronutriënten) nodig.

Bij het kweken van bacteriën is het van belang dat het groeimedium en de bacteriën goed te scheiden zijn (oogst). Relatief schone stromen met weinig vaste deeltjes zijn dus nodig, dit kunnen bijvoorbeeld spuiwater of mineralenconcentraten zijn. Bijvoorbeeld de Startup MyPro⁸ produceert met afgekeurde siropen (koolstofbron) en spuiwater (stikstof en zwavel bron) eiwitten voor diervoeders. Maar ook vuilere reststromen kunnen gebruikt worden. Een voorbeeld hiervan is de productie van PHA (bioplastic) uit waterzuiveringsbacteriën (STOWA, <https://www.efgf.nl/projecten/grondstoffenfabriek-rwzi-bath/>). Maar ook bijvoorbeeld Avecom en Calysta zijn spelers op deze eiwit uit micro-organismen markt.

⁸ <https://my-pro.nl>

7.6 Algen



Algen kunnen gekweekt worden in zoet- en zoutwater en zelfs afvalwater. Chew et al., 2018 heeft een review geschreven over het gebruik van verschillende mediums waarin algen gekweekt kunnen worden. Afstemmen van algensoort op groeimedium en kweekstelsel is cruciaal, evenals het doel waarvoor de algen bedoeld zijn. Er zijn vele soorten algen en daarmee ook optimale samenstellingen van groeimedia. Onder andere stikstof en fosfaat gehalten zijn belangrijk voor groei, maar ook lichtdoorlatendheid en koolstofdioxide gehalten. Sommige algen kunnen niet tegen hoge ammoniak

gehalten. Bij afvalwater is van belang dat geen toxische stoffen en pathogenen aanwezig zijn.

Foto autotrofe algen hebben licht nodig en gebruiken CO₂ als koolstofbron, hiertegenover staan de heterotrofe algen die voor energie en koolstofbron organische verbindingen gebruiken en geen licht nodig hebben. Ook is een mixotrofe kweek mogelijk waarbij fotosynthese de energie bron is en CO₂ of organische stof als koolstofbron dienen, afhankelijk van de licht en koolstofcondities zijn de algen heterotroof of autotroof. In een fotoheterotrofe kweek gebruiken de algen licht als energiebron en organische stof als koolstofbron. Deze algen kunnen zonder licht niet groeien. Er zijn vele systemen om algen in te kweken, buizen, vijvers, tanks, panelen waarbij al dan niet belichting met direct zonlicht of led licht wordt toegepast. Waterige reststromen komen in aanmerking voor algenkweek. Net als bij bacteriën is het belangrijk dat de micro-organismen van het kweekmedium gescheiden kunnen worden. Mogelijke toepassingen zijn onder andere veevoer, voedingsmiddelen, biostimulanten/bemesting en chemie en biodiesel. De algen kunnen ook toegepast worden om de waterige reststromen te zuiveren (opname van stikstof en fosfaat maar ook zware metalen).

8 Conclusie

Van mest en mestproducten en digestaten van dierlijke mest zijn voldoende gegevens bekend over de standaard samenstellingen N,P,K, organische stof en droge stof. Over inhoudsstoffen als vetten, koolhydraten, vezels en eiwitten is minder bekend. Er is een scala aan bewerkingen mogelijk om mest en digestaat zoveel mogelijk op maat te maken voor de beoogde alternatieve teelten. Met een totale productie van 74 miljoen ton dierlijke mest per jaar is er voldoende mest om te gebruiken voor alternatieve teelten. Dierlijke mest is een relatief goedkope grondstof (met tot 2022 zelfs een negatieve waarde), vooral vanwege het mestoverschot in Nederland.

Van digestaten van plantaardige oorsprong is minder informatie beschikbaar over de samenstelling: dit geldt zowel voor de bemestende waarde als voor inhoudsstoffen zoals vetten, koolhydraten, vezels en eiwitten. Wel blijkt uit deze studie dat er vele soorten digestaten geproduceerd worden en dat er voordelen kunnen zijn bij het gebruik van digestaten die niet de status afval of dierlijke mest hebben. Ingeschat is dat grofweg 2 miljoen ton digestaat in Nederland geproduceerd wordt van dierlijke mest, 1,7 miljoen ton van allesvergieters, 0,2 miljoen ton van GFT/ONF en 0,5 miljoen ton van VGI.

Voorliggende rapportage geeft een startpunt in de zoektocht naar alternatieve substraten voor alternatieve teelten. Indien een potentiële reststroom wordt geïdentificeerd als kansrijk voor de teelt van alternatieve biomassa dan wordt geadviseerd met de producent te bepalen of deze inderdaad voldoet aan de eisen van de betreffende teelt.

Literatuur

- Adriaanse M. et. al., Eindrapport BioFib, September 2014,
<https://www.dutchbiorefinerycluster.nl/media/rapporten--artikelen/>
- Ali, U., Sajid, N., Khalid, A., Riaz, L., Rabbani, M. M., Syed, J. H., et al. (2015). A review on vermicomposting of organic wastes. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 34(4), 1050–1062.
- Bakker R., S Grootelaar, L. Van Roosmalen., Evaluatie van de Nederlandse Vergistingssector, 8 februari 2019, HAS 18200213
- Barragán-Fonseca K.B., 2018 Flies are what they eat Tailoring nutrition of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) for larval biomass production and fitness, DOI: <https://doi.org/10.18174/449739>
- Bruggen van, C., 2012. Co-vergisting van dierlijke mest 2006-2011. CBS.
- Bruggen, C. van, A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, G.L. Velthof & J. Vonk (2020). Emissies naar lucht uit de landbouw, 1990-2018. Berekeningen met het model NEMA. Wageningen, WOT Natuur & Milieu, WOT-technical report 178. 224 p.; 25 tab.; 8 figs.; 74 ref.; 32 bijl.
- Broeze J., P. Hoeksma, H. Willers en W. Corré, De waarde van digestaat van Co-vergisting ten opzichte van dierlijke mest, April 2005, rapport 411
- Buissonjé, F.E. de & M. Smolders, 2002. Mest vergisten verlaagt scheidingsrendement, Praktijkkompas Varkens, Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad.
- Chew K.W, S.R. Chia, P.L. Show, Y.J. Yap, T.C. Ling, J.-S. Chang, 2018, Effects of water culture medium, cultivation systems and growth modes for microalgae cultivation: a review, *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.*, 91 (2018), pp. 332-344
- CropSolutions. 2015. CropFert meststoffen - betafert - veilige humus van eigen akker!
- Ehlert P.A.I., K.B. Zwart en J.H. Spijker, Biogas uit bermmaaisel. Duurzaam en haalbaar? Wageningen, Alterra, Rapport 2064, 2010
- Elissen, H. & R. van der Weide, 2019. Bioconversie van digestaat door wormen: productie van eiwit en compost. Wageningen Research, Rapport WPR-815. 24 blz.; 5 fig.; 3 tab.; 9 ref.
- Geel, van, W., van Dijk, W. 2013. Toepassing van digestaat in de landbouw: bemestende waarde en de risico's-Deskstudie in het kader van Energierijk. PPO AGV.
- Hoeksma P., Verwerking van digestaat uit co-vergisting, Augustus 2013, PPO nr. 564
- Hoeksma P, A. Aarnink, T. De Koeijer en W. Blokland, Milieurisico van antibiotica in mest voor bodem en grondwater mogelijk beperkt, *Tijdschrift Milieu - Dossier* - juni 2020
- Maathuis G. en R. Winters., Eindrapport BioSyn, September 2014,
<https://www.dutchbiorefinerycluster.nl/media/rapporten--artikelen/>
- Middelkoop, van, J., Philipsen, A., Velthof, G., de Haan, J., Schroder, J. 2017. Bemestingsadvies Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen. Wageningen UR Livestock Research, Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen.
- Mouthier T.M.B., Kilic B, Vervoort P, Gruppen H, Kabel MA (2017) Potential of a gypsum-free composting process of wheat straw for mushroom production. *PLoS ONE* 12(10): e0185901.
- Panorama Groen Gas 2021, Platvorm Groen Gas https://platformgroengas.nl/wp-content/uploads/2021/02/Panorama_GroenGas_brochure_interactief.pdf
- Rietra, R.P.J.J. en T.J.A. Gies, 2015. Toepasbaarheid en effecten van bemesting met digestaat; Sluiten van mineralenkringloop in Groene Cirkels. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2664. 34 blz.; 4 fig.; 8 tab.; 70 ref.
- Verhoeven, J., van Dijk, W., Timmerman, M. 2015. Microalgae production using low solid liquid fertilizers derived from animal husbandry: initial tests.
- Verloop, J.; Hilhorst, G.J.; Meerkkerk, B.; Buissonjé, F.E. de; Schröder, J.J.; Haan, M. (2009) Mestscheiding op melkveebedrijven; resultaten van MOBIEDIK, Mobiele Mestschijding in Dik en Dun. Wageningen : Plant Research International, Wageningen UR, (Rapport / Plant Research International 284) - p. 60.
- Vermeulen D. et. al., Eindrapport BioNPK, December 2013,
<https://www.dutchbiorefinerycluster.nl/media/rapporten--artikelen/>
- Vijn, M., A. Dawson, P. de Wolf en M. van der Voort, I. Vermeij, 2019. Mogelijkheden verhogen productie diervoeders in Nederland; Verkenning van de mogelijkheden tot het verhogen van de productie van

diervoeders uit reststromen in Nederland op basis van beschikbare kennis en data. Wageningen Research, Rapport WPR-796.

Zanen, M. 2007. Inzet van plantaardig digestaat. Louis Bolk Institute.

Bijlage 1 Totaal tabel samenstellingen
verschillende dierlijke mesten en
digestaten

Gemiddelde samenstelling												Bron			
Product	Soortelijk gewicht (ton/m ³)	Droge stof (kg/ton)	Organische stof (kg/ton)	N-totaal (kg/ton)	Nm (kg/ton)	Norg (kg/ton)	Norg (%)	P ₂ O ₅ (kg/ton)	K ₂ O (kg/ton)	MgO	Na ₂ O				
Drifmest															
Rundvee	1005	92	71	4,0	1,9	2,1	53%	1,5	5,8	1,2	0,8	Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al 2017			
Rundvee, biologisch		82	60	3,6	1,7	1,9	52%	1,5	6,0			Databank samenstelling meststoffen 2011			
Vleesvarkens	1040	107	79	7,0	3,7	3,3	47%	3,9	4,7	1,5	1,2	Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al 2017			
Zeugen		67	25	5,0	3,3	1,7	34%	3,5	4,9	1,4	0,9	Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al 2017			
Rosé kalveren		94	71	5,6	3,0	2,6	46%	2,6	5,0	1,6	1,2	Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al 2017			
Witvlees kalveren		22	17	2,6	2,1	0,5	19%	1,1	4,5	1,6	1,2	Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al 2017			
Kippen	1020	145	93	10,2	5,8	4,4	43%	7,8	6,4			Databank samenstelling meststoffen 2011			
Vaste mest															
Rundvee	900	267	155	7,7	1,1	6,6	6,6	4,3	8,8	4,1	1,1	Van Middelkoop et. al 2017			
Rundvee grupstal	900	194	152	5,3	0,9	4,4	83%	2,8	6,1			Databank samenstelling meststoffen 2011			
Rundvee (biologisch)		236	140	5,4	1,0	4,4	81%	3,2	8,7			Databank samenstelling meststoffen 2011			
Rundvee potstal (biologisch)		247	167	6,1	1,3	4,8	79%	3,1	9,9			Databank samenstelling meststoffen 2011			
Varkens (stro)	800	260	153	7,9	2,6	5,3	67%	7,9	8,5	2,5	0,9	Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al 2017			
Varkens (biologisch)		286	151	6,3				5,9	9,2			Databank samenstelling meststoffen 2011			
Leghennen (mestbaar)	605	573	416	25,6	2,5	23,1	90%	19,6	15,5	5,5	1,7	Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al 2017			
Leghennen (mestbaar)	605	810	427	34,1	3,9	30,2	89%	27,8	20,1	11,7	4,9	Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al 2017			
Kippenstrooiselmest	600	713	359	28,0	3,6	24,4	87%	25,6	20,8	7,5	3,4	Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al 2017			
Vleeskuikens + parel	605	626	419	32,1	8,0	24,1	75%	16,8	20,5	7,1	3	Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al 2017			
Kippenmest (biologisch)		580	370	22,0	4,6	17,3	79%	23,9	15,5			Databank samenstelling meststoffen 2011			
Kalkoenen	535	520	427	23,3	6,0	17,3	74%	19,7	13,4	5,8	6,7	Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al 2017			
Paarden	700	287	160	4,6	0,5	4,1	89%	2,7	8,1	1,8	1,6	Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al 2017			
Schapen	700	276	195	8,8	2,0	6,8	77%	4,5	15,6	1,8	1,6	Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al 2017			
Geiten	900	291	174	9,9	2,4	7,5	76%	5,3	12,8	2,7	2,2	Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al 2017			
Nertsen	700	452	293	28,3	16,1	12,2	43%	26,9	5,4	3,5	8,1	Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al 2017			
Eenden	900	275	237	8,9	1,6	7,3	82%	7,3	8,4	3,4	1,3	Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al 2017			
Konijnen	600	408	332	9,4	2,3	7,1	76%	6,7	10,7	10,7	5,2	Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al 2017			
Vossen	700	285	185	17,7	10,1	7,6	43%	27,0	0,4			Databank samenstelling meststoffen 2011			
Gier															
Rundvee	1030	25	10	4,0	3,8	0,2	5%	0,2	8,0	0,2	1,0	Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al 2017			
Rundvee, biologisch		26	14	1,8	1,1	0,7	36%	0,5	5,6	0,2	1,0	Databank samenstelling meststoffen 2011			
Vleesvarkens	1010	20	5	6,5	6,1	0,4	6%	0,9	4,5			Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al 2017			
Zeugen	1020	10	10	2,0	1,9	0,1	5%	0,9	2,5	0,2	0,2	Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al 2017			
Urine en feces															
Urine rundvee		46		9,13				0,041	9,5			Bron: H. de Boer (juli 2013); onderzoek Faes			
Feces rundvee		162		4,4				2	3,8			Bron: H. de Boer (juli 2013); onderzoek Faes			
Urine varkens		33,3		9,6				0,28				Unpublished P-recovery KB onderzoek			
Feces varkens		274		9,2				3,5				Unpublished P-recovery KB onderzoek			

Dunne fractie na mestscheiding											
Dunne fractie rundvee	47,5	33,5	2,9	1,5	1,4	49%	0,9	5,4			PRI-rapport 287 (Schröder et al., 2009) - mestscheidingstechnieken
Dunne fractie varkens	30	15	4,4	3,7	0,7	17%	1,0	5,2			Databank samenstelling meststoffen 2011
Dikke fractie na mestscheiding											
Dikke fractie VDM		246	185	10,2	4,0	6,2	61%	12,7	5,3		Databank samenstelling meststoffen 2011
Dikke fractie RDM		189	180	4	1,5	2,5	63%	1,6	4,9		Databank samenstelling meststoffen 2011
Dikke fractie gecomposteerd RD		278	155	5,3				3,6	10,5		Databank samenstelling meststoffen 2011
Mineralenconcentraat											
Mineralen concentraat		35	3,4	6,4	5,4	1	16%	0,16	7,2		Hoeksma et al., 2021
Minerale reststromen											
Spuihoog/spuiwater	1100			35							
Spuihoog/spuiwater		171	167	33	35			0,06	0,10		Hoeksma et al., 2021
Spuihoog/spuiwater		1,3	0,7	4	3			0,01	0,05		Hoeksma et al., 2021
Producten SYSTEMIC											
Dikke fractie -P		320	280	5,0				3,2	0,2		Factsheet SYSTEMIC
P rijk product		820	370	20,0				140,0	5,0		Factsheet SYSTEMIC
NK oplossing			3	11,0				0,3	14,0		Factsheet SYSTEMIC
NH3SO4 oplossing			1	80,0				0,1	0,1		Factsheet SYSTEMIC
K oplossing			8	23,0				1,5	70,0		Factsheet SYSTEMIC
Digestaat van (co-)vergiste mest											
VDM-digestaat	1030	55	34	6,0	4,3	1,7	28%	2,9	5,0		Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al 2017
RDM-digestaat		64	45	4,4	2,4	1,8	40%	1,8	5,3		Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al 2017
RDM-digestaat		60	42	4,0	2,5	1,3	12%	1,5	5,4		Van Geel en van Dijk 2013
Digestaat van plantaardige oorsprong											
Bietenpulp		75	40	4,0				1,5	1,7		Crop solutions 2015
Maisdigestaat		88	71	5,0				1,9	0,6		Zanen 2007
Maisdigestaat		79	68	4,8	1,8	3	63%	2,1	5,9		Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al 2017
Vinassekali		620	410	38				5	102		Nedalco
Protamylasse (Avebe)	1300	550	430	20					70		
Compost											
GFT-compost	800	696	242	12,8	1,2	11,6	91%	6,3	11,3	3,3	Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al 2017
Groencompost		599	179	5,0	0,5	4,5	90%	2,2	4,2	1,8	Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al 2017
Overige stoffen											
Stro, tarwe-				5,0				1,8	13,3		Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al 2017
Champost	550	336	211	7,6	0,4	7,2	95%	4,5	10,0	2,3	Databank samenstelling meststoffen 2011 en Van Middelkoop et. al 2017

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



Wageningen University & Research

Open Teelten

Edelhertweg 1

Postbus 430

8200 AK Lelystad

T (+31)320 29 11 11

www.wur.nl/openteelten

Report WPR-OT 951

De missie van Wageningen University & Research is 'Toexplore 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, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers 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.
