



# Afbraak van organische meststoffen

R.P.J.J. Rietra, J.P. van 't Hull, G.L. Velthof



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH



# Afbraak van organische meststoffen

R.P.J.J. Rietra, J.P. van 't Hull, G.L. Velthof

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research en gesubsidieerd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoekthema 'Verminderen fossiele nutriënten en emissies naar bodem, water en lucht' (projectnummer BO-43-012.02-056).

Wageningen Environmental Research  
Wageningen, november 2023

---

Gereviewd door:  
Lotte Veenemans, onderzoeker team Duurzaam bodemgebruik

Akkoord voor publicatie:  
Gert Jan Reinds, teamleider van Duurzaam Bodembeheer

Rapport 3297  
ISSN 1566-7197

De afbraak van organische meststoffen is bepaald in een incubatie-experiment waarin varkens- en rundermest, compost, strorijke vaste dierlijke mest, champost en dikke fractie van gescheiden mest zijn toegediend aan grond. De koolstofafbraak is bepaald door middel van CO<sub>2</sub>-productie tijdens incubatie. De resultaten zijn omgerekend naar een humificatiecoëfficiënt (percentage koolstof dat, één jaar na toediening, nog aanwezig is in de bodem). De humificatiecoëfficiënt van digestaat van monomest vergisters is met 82% hoger dan van onbehandelde runderdrijfmest (RDM) (64%), vaste strorijke vaste mest van rundvee (60%) en de dikke fractie van gescheiden RDM (55%). Hoge humificatiecoëfficiënten worden gevonden voor champost (82%) en compost (90%). De humificatiecoëfficiënten van stal mest van varkens was 68%, die van de dikke fractie van gescheiden varkensmest 79% en van onbehandelde varkensmest 56%. De lachgasemissie is ook bepaald in dit onderzoek. De lachgasemissie was het hoogst na toediening van onbehandelde varkensdrijfmest.

Trefwoorden: humificatiecoëfficiënt, koolstof, lachgas, organische meststoffen, dierlijke mest

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/638513> of op [www.wur.nl/environmental-research](http://www.wur.nl/environmental-research) (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2023 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, [www.wur.nl/environmental-research](http://www.wur.nl/environmental-research). Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

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



Wageningen Environmental Research werkt sinds 2003 met een ISO 9001 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem.

In 2006 heeft Wageningen Environmental Research een milieuzorgsysteem geïmplementeerd, gecertificeerd volgens de norm ISO 14001.

Wageningen Environmental Research geeft via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

---

# Inhoud

<b>Verantwoording</b>	<b>5</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>7</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>9</b>
1.1 Aanleiding	9
1.2 Doelstelling	9
<b>2 Materiaal en methoden</b>	<b>11</b>
2.1 Samenstelling grond en meststoffen	11
2.2 Incubatiestudie	12
2.3 Berekeningen	16
<b>3 Resultaten en discussie</b>	<b>18</b>
3.1 Samenstelling meststoffen	18
3.2 Metingen van N <sub>2</sub> O- en CO <sub>2</sub> -emissies	18
3.3 Lachgasemissie	22
3.4 Grondanalyse na incubatieperiode	23
3.5 Voorspellen van humificatiecoëfficiënten (HC's) op basis van laboratoriumanalyses	24
<b>4 Beoordeling van producten</b>	<b>25</b>
<b>Literatuur</b>	<b>26</b>
<b>Bijlage 1 Analysemethoden grond</b>	<b>28</b>
<b>Bijlage 2 Samenstelling meststoffen</b>	<b>29</b>
<b>Bijlage 3 Samenstelling meststoffen in vergelijking tot landelijke gemiddelden</b>	<b>33</b>
<b>Bijlage 4 Validatiemethode</b>	<b>34</b>
<b>Bijlage 5 Humificatiecoëfficiënten en de daarvoor gebruikte variabelen in 'two pool'-model</b>	<b>35</b>
<b>Bijlage 6 Vergelijking met andere humificatiecoëfficiënten</b>	<b>39</b>
<b>Bijlage 7 Vergelijking lab met veld</b>	<b>41</b>
<b>Bijlage 8 Analyse grond na incubatie</b>	<b>42</b>

---

---

# Verantwoording

Rapport: 3297

Projectnummer: 5200047777

Wageningen Environmental Research (WENR) hecht grote waarde aan de kwaliteit van zijn eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard onderdeel uit van ons kwaliteitsbeleid.

Akkoord referent die het rapport heeft beoordeeld,

functie: onderzoeker

naam: Lotte Veenemans

datum: oktober 2023

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: Gert Jan Reinds

datum: oktober 2023



---

# Samenvatting

Organische meststoffen kunnen bijdragen aan het verhogen of in stand houden van het gehalte aan organische stof in de bodem. De bijdrage van een meststof aan het gehalte aan organische stof in de bodem wordt vaak uitgedrukt als effectieve organische stof (EOS), de organische stof die een jaar na toediening nog in de bodem aanwezig is.

De humificatiecoëfficiënt (HC) van een meststof is de fractie EOS van de totale organische stof in die meststof. In het verleden zijn HC's vaak afgeleid uit veldproeven, waardoor per studie slechts van één of enkele meststoffen metingen beschikbaar zijn. Het vergelijken van de HC's voor een groot aantal meststoffen is daardoor niet goed mogelijk. In deze studie zijn van 75 organische meststoffen de HC's bepaald door middel van CO<sub>2</sub>-metingen in een incubatieproef met een zandgrond. Daarnaast is het effect van toediening van deze meststoffen op lachgasemissie onderzocht. De incubatie heeft drie maanden geduurd en de data zijn modelmatig geëxtrapoleerd naar één jaar. In het experiment is de HC van acht soorten organische meststoffen bepaald: 1) compost, 2) stroprijke vaste varkensmest, 3) stroprijke vaste rundermest, 4) champost, 5) dikke fractie van gescheiden varkensmest, 6) dikke fractie van gescheiden runderdrijfmest, 7) onbehandelde varkensmest en 8) onbehandelde runderdrijfmest (RDM). Per meststofsoort zijn vijf tot tien verschillende meststoffen onderzocht. De gemiddelde humificatiecoëfficiënten van de organische meststoffen 1 t/m 8 zijn respectievelijk 90, 68, 60, 82, 79, 55, 56 en 64%.

Van alle meststoffen zijn ook de verhoudingen EOS/N en EOS/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> bepaald. Meststoffen met een hoge EOS/N en EOS/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> hebben als voordeel dat er veel EOS per eenheid N en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kan worden toegediend. Van de geteste meststoffen heeft groencompost de hoogste verhouding EOS/N (25) en EOS/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (50). Andere meststoffen met zowel een hoge EOS/N (> 15) als EOS/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (> 30) zijn champost, de dikke fractie van RDM en gift-compost.

De lachgasemissie was in dit onderzoek het hoogst na toediening van onbehandelde varkensmest (3% van toegevoegde N). Hierbij moet worden opgemerkt dat het vochtgehalte van de grond in de proef was geoptimaliseerd naar de afbraak organische stof en daarom niet te nat was. Dit zal de productie van lachgas waarschijnlijk beperkt hebben, omdat de hoogste productie van lachgas plaatsvindt onder zuurstofarme omstandigheden



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

In het Zesde actieprogramma Nitraatrichtlijn (LNV & I&W, 2017) wordt een verruiming van fosfaatgebruiksnorm aangegeven (paragraaf 5.3.3 in 6<sup>e</sup> Actieprogramma). De verruiming in de ontwerperegeling Uitvoeringsregeling Meststoffenwet luidt (artikel 33b): in het algemeen van 40 naar 45 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per hectare bouwland met de fosfaattoestand 'hoog', indien ten minste 20 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> van de totale fosfaattoediening bestaat uit specifieke organischestof-rijke meststoffen. Bij biologische bedrijven is de verruiming van 40 naar 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per hectare bij bouwland.

In het Zesde Actieprogramma staat dat het bij deze maatregel gaat om meststoffen als groen- en gft-compost, champost en strorijke vaste dierlijke mest. De dikke fractie van gescheiden runderdrijfmest wordt ook meegenomen als toepassing in het kader van deze maatregel. Verder staat er dat de definitieve lijst van organischestof-rijke meststoffen tegelijk met de inwerkingtreding van deze maatregel zal vastgesteld worden, te weten op 1 januari 2020. In het Zesde Actieprogramma worden als criteria voor het maken van de definitieve lijst van deze maatregel genoemd:

1. Een hoog gehalte aan effectieve organische stof. Die kan berekend worden door de humificatiecoëfficiënt te bepalen.
2. Een laag gehalte aan stikstof in relatie tot het gehalte aan (effectieve) organische stof.

De humificatiecoëfficiënt is de fractie van de organische stof in een product dat één jaar na toediening aan de bodem nog niet is afgebroken (Kortleven, 1963; Janssen & Reuler, 1986; op basis van Hénin & Dupuis, 1945). De humificatiecoëfficiënt wordt in Nederland en Duitsland (VDLUFA, 2014) (CBAV, 2019) in bemestingsadviezen gebruikt voor het opstellen van een organischestofbalans. Daarnaast wordt het in enkele modellen toegepast als invoerparameter om organische meststoffen te kwalificeren: het AMG-model (Clivot et al., 2019) en in RothC (Dechow et al., 2019). Data van de humificatiecoëfficiënten zijn echter onzeker (Bijlage 1 in (CDM, 2017), omdat recente onderzoeken ontbreken: de meeste humificatiecoëfficiënten zijn afkomstig van onderzoek uit de jaren 60 en 70 van de vorige eeuw. Veevoeding en mestopslag zijn sterk veranderd en daarmee mogelijk ook de samenstelling en afbreekbaarheid van organische stof in mest.

## 1.2 Doelstelling

Het doel van het onderzoek is het bepalen van de afbreekbaarheid (humificatiecoëfficiënt) en chemische samenstelling van verschillende soorten organische meststoffen (Tabel 2). De afbreekbaarheid is bepaald middels een incubatieproef.

**Tabel 1**      *Overzicht van de onderzochte meststoffen.*

Meststof	Toelichting
Compost	Groencompost en gft-compost
Champost	Met of zonder dekaarde
Stalmest (strorijke vaste mest)	Varkens, rundvee
Dikke fractie gescheiden mest	Varkens, rundvee
Digestaat rundermest van monovergisting	Rundvee
Onbehandelde dierlijke mest	Varkens (VDM), rundvee (RDM)

Incubatieproeven worden door veel onderzoekers gebruikt voor het vast stellen van de afbraak van toegevoegde organische stof (Groenigen & Zwart, 2007; Lashermes et al., 2009; Jäger et al., 2013;

---

Cotrufo et al., 2015; Mewes, 2017; Mondini et al., 2017; Levavasseur et al., 2021). Het voordeel van incubatieproeven is dat een groot aantal producten gelijktijdig onder dezelfde omstandigheden kan worden getoetst in een relatief korte periode. Om onder veldomstandigheden de afbreekbaarheid van organische stof vast te stellen, zijn proeven over een langere periode (tot meer dan tien jaar) nodig. In dit soort proeven kunnen slechts enkele producten worden getest vanwege de hoge kosten (Kortleven, 1963). In de genoemde incubatieproeven wordt onder laboratoriumomstandigheden (donker, constante temperatuur, constant vochtgehalte) gedurende een periode van één of enkele maanden de CO<sub>2</sub>-emissie bepaald, door binding van bij afbraak vrijkomende CO<sub>2</sub> in een sterk basische oplossing of door de meting van de CO<sub>2</sub>-concentratie in de bovenstaande lucht, nadat een potje met grond en organische stof gedurende korte tijd afgesloten is. Om de humificatiecoëfficiënt te berekenen, worden de laboratoriummetingen met een model beschreven en worden de data geëxtrapoléerd naar één jaar bij een standaardbodemtemperatuur (vaak de gemiddelde temperatuur in Nederland). De humificatiecoëfficiënt vermenigvuldigd met het gehalte organisch C in de meststof is de hoeveelheid effectieve organische stof (EOS).

De verhoudingen EOS/N en EOS/P zijn indicators voor de aanvoer van EOS per eenheid stikstof en fosfaat. De hoeveelheden stikstof en fosfaat die mogen worden toegediend als meststof worden wettelijk begrensd door de gebruiksnormen uit de Meststoffenwet. Met meststoffen die zowel een hoge verhouding EOS/N als EOS/P hebben kan de grootste hoeveelheid EOS aan bodems worden toegediend binnen de gebruiksnormen. In het kader van het Zesde Actieprogramma mag extra fosfaat worden toegediend met organischestof-rijke meststoffen. Dit zijn, volgens de beschrijving in het Zesde Actieprogramma, meststoffen met een hoog EOS/N-gehalte. Van alle in deze studie geteste meststoffen zijn de EOS/N- en EOS/P-verhoudingen bepaald en gerapporteerd.

Gelijktijdig aan de CO<sub>2</sub>-metingen zijn ook lachgasmetingen (N<sub>2</sub>O) uitgevoerd. De gegevens over effectieve organische stof en lachgasemissie kunnen worden gebruikt in het kader van onderzoek naar broeikasgasemissies en circulaire economie. Om koolstofopslag in landbouwgronden te verhogen, kunnen meststoffen met veel EOS worden gebruikt. Er is echter een risico dat een hoge lachgasemissie het effect van koolstofopslag tenietdoet, omdat N<sub>2</sub>O een sterk broeikasgas is. Om de lachgasemissie te beperken, zijn in deze studie de condities geoptimaliseerd en gebaseerd op de afbraak van organische stof. Dat wil zeggen dat de grondmonsters goed doorlucht en niet te nat waren. Dit zal de productie van lachgas waarschijnlijk beperkt hebben, omdat de hoogste productie van lachgas plaatsvindt onder zuurstofarme omstandigheden.

---

## 2 Materiaal en methoden

### 2.1 Samenstelling grond en meststoffen

De afbreekbaarheid van organische stof van verschillende soorten organische meststoffen is bepaald middels een incubatie-experiment. Hierbij is een bepaalde hoeveelheid meststof gemengd met een zandgrond, afkomstig van het proefbedrijf van Wageningen University & Research Centre (N 51° 59.218', E 005° 39.344' WGS84), die geclassificeerd is als een Haplic podzol. In december 2018 is er in totaal 400 kg zandgrond bemonsterd, gemixt en gezeefd (8 mm). De gezeefde en veldvochtige grond is bewaard in een onverwarmde ruimte. De zandgrond is geanalyseerd door Eurofins Agro in Wageningen. De analysemethoden en de accreditatie, indien aanwezig, zijn vermeld bij de resultaten in 0. Een aantal meststoffen heeft een laag organischestofgehalte en een hoog vochtgehalte. Twee weken voor gebruik in de incubatieproef (maart 2019) is veldvochtige grond daarom aan de lucht gedroogd bij 10 à 20°C in een verwarmde open schuur tot een vochtgehalte van 1,1%. Het drogen van de verse grond was noodzakelijk om in de incubatieproef – na toedienen van de mest – uiteindelijk één vast vochtgehalte voor alle behandelingen te krijgen.

Verschiedende meststoffen zijn verzameld. Gestreefd is naar 5 à 10 verschillende leveranciers per type meststof. De methode om de verschillende meststoffen te verzamelen, varieerde per type meststof en wordt hier toegelicht, omdat de keuze van agrarische bedrijven en de monsternamen invloed kan hebben op de samenstelling van de mestmonsters.

- De composten zijn aangeleverd door vijf verschillende groencompostbedrijven en zes verschillende gft-composteerbedrijven in afgesloten 10 literemmers.
- Tien champost-monsters, alle van verschillende bedrijven, zijn door één transporteur verzameld in afgesloten 10 literemmers. Het betreft drie monsters gescheiden champost (exclusief dekaarde), en zeven ongescheiden champost-monsters (dekaarde + onderlaag champost).
- Stalmest (strorijke vaste mest) van varkens van vijf bedrijven en stalmest (strorijke vaste mest) van runderen van drie bedrijven zijn bemonsterd door een monsternemer van WUR bij biologische bedrijven. De biologische bedrijven zijn geselecteerd en benaderd doordat ze zich via openbare websites presenteren.
- Digestaat van monovergisting van rundermest is bemonsterd door een monsternemer van WUR. Er zijn weinig bedrijven met mono-mestvergisters. De vijf verschillende bedrijven die bekend zijn bij WUR-medewerkers zijn benaderd. Indien mogelijk is ook steeds de ongescheiden RDM bemonsterd op dezelfde locatie, en bij één bedrijf ook de dunne fractie van digestaat van rundermest.
- De dikke fractie gescheiden rundermest is bemonsterd door een monsternemer van WUR. Hiervoor zijn bedrijven benaderd die mestscheiders in hun bezit hebben en zijn de contactgegevens door de producenten van de mestscheiders verstrekt. Indien mogelijk is ook steeds de ongescheiden RDM bemonsterd op locatie en bij één bedrijf ook de dunne fractie. De vaste mestmonsters zijn genomen door verschillende steken te nemen uit één hoop. De vloeibare mestmonsters zijn genomen door verschillende grepen met een emmer aan een steel in de mestopslag.
- De dikke fractie gescheiden varkensmest is verkregen bij vier mestverwerkers. Indien mogelijk is ook de onbehandelde varkensmest op locatie verkregen. Indien producten voorhanden waren van verdere mestverwerking zijn die ook verkregen (bijvoorbeeld extra gedroogd of chemisch behandeld voor P-arme mest). Een deel van de varkensmest is sterk verhit: extra verhitte gedroogde dikke fractie varkensmest.
- Op één bedrijf is zogenaamde bokashi<sup>1</sup> bemonsterd uit de hoop door een monsternemer van WUR. In dit geval is de bokashi een hoop bestaande uit gewasresten en rundveedrijfmest die enige maanden heeft gelegen en is gefermenteerd.
- Er zijn twee mesttransporteurs/verkopers benaderd die elk 4-5 verschillende mestmonsters konden leveren: dunne zeugenmest, dunne vleesvarkensmest, dikke fractie van gescheiden varkensmest, dikke fractie van gescheiden rundermest, digestaat van covergiste mest. Dit zijn mestmonsters die veel verhandeld worden.

---

<sup>1</sup> Zo genoemd door de producent. Over het algemeen wordt gefermenteerd organisch materiaal aangeduid als bokashi (bijvoorbeeld door afdekken met plastic).

---

Er zijn uiteindelijk in totaal 75 <sup>\*2</sup> organische meststoffen (Bijlage 2) verzameld in december 2018 bij boeren, mestverwerker en transporteurs. De mestmonsters zijn afgesloten bewaard bij 4°C tot de start van het experiment op 28 maart 2019. De mestanalyses zijn uitgevoerd in januari 2018.

Van alle meststoffen konden monsters van ongeveer 1 à 74 gram genomen worden voor het incubatie-experiment met het doel om 3 gram C kg<sup>-1</sup> grond toe te dienen aan 200 g grond per incubatiefles. Bij tien meststoffen moest minder dan 3 gram C kg<sup>-1</sup> grond gebruikt worden, omdat ze veel water t.o.v. C bevatten (dosis in Bijlage 5).

Om dergelijke kleine en toch representatieve hoeveelheden vaste mest te krijgen ten behoeve van de incubatieproef, is per monster van vaste mest een deelmonster gemaakt. Ongeveer de helft van de verzamelde meststof (ongeveer 3 liter) is op tafel gelegd, gemengd en gekwartierd (conform Uitvoeringsregeling Meststoffenwet, Bijlage H, § 5.1.2). Twee kwartdelen vormden een nieuw deelmonster, en de andere helft is weggegooid. Het zo verkregen deelmonster van ongeveer 1,5 liter is ook weer op tafel gelegd, gemengd en gekwartierd. Dit laatste deelmonster (ongeveer 0,75 liter) is in een zakje gedaan. Bij natte storrige meststoffen is het monster niet op een tafel gelegd, maar in een emmer gedaan, omdat er anders verlies is van vocht. Eerst is het monster in de emmer met de hand gemengd. Met de hand zijn grepen genomen uit die emmer en is een deelmonster gemaakt in een tweede emmer (ongeveer 3 liter). Het deelmonster is met de hand gemengd en hieruit zijn met de hand tien kleine greepjes genomen en in een zakje gedaan (ongeveer 0,5 liter). Alle zakjes met mestmonsters zijn gesloten bewaard bij 4°C voor de incubatieproef. Er zijn verder geen acties genomen om de mestmonsters te verkleinen, te malen of te drogen.

De 75 organische meststoffen zijn geanalyseerd op: totaal stikstof (N) en totaal fosfor (P) volgens methoden beschreven in AP05 van Uitvoeringsregeling meststoffen door Eurofins Agro, en waarvoor ze geaccrediteerd zijn. Daarnaast zijn standaardanalyses gedaan van organischestofgehalte, kalium, magnesium en natrium, en de zogenaamde celwandanalyse volgens Van Soest die bij diervoeders normaal is. Naast de ruwe celstof (RC: EC Regulation 152/2009, ISO 6865) onderscheidt de Van Soest-analyse drie fracties voor celwandcomponenten: 1) de fractie die niet oplost in neutraal detergens = NDF ('Neutral Detergent Fibre', NEN-EN-ISO 16472), 2) de fractie die niet oplost in zuur detergens = ADF ('Acid Detergent Fibre': NEN-EN-ISO 13906) en 3) de fractie die niet oplost in sterk zuur (72% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) = ADL ('Acid Detergent Lignine', NEN-EN-ISO 13906) (CVB, 2021).

Daarnaast zijn pyrolysemetingen gedaan aan alle grondmonsters door Eurofins-Agro (De Boer et al., 2020). De methoden en de accreditatie, indien aanwezig, zijn vermeld bij de resultaten in 0. De pyrolysemetingen zijn uitgevoerd aan de grondmonsters. Additioneel is HCO<sub>3</sub> in de vloeibare fase van de mest bepaald bij de 24 vloeibare meststoffen door CBLB-WUR. Hiervoor is 3 gram natte mest gedurende 2 uur geschud met 30 ml 0,01 M CaCl<sub>2</sub> en is de anorganische koolstof bepaald in het 1:100 verdunde en gefilterde supernatant met een *segmented flow analyzer* (Skalar).

## 2.2 Incubatiestudie

Op basis van eerder onderzoek (Groenigen & Zwart, 2007; Mewes, 2017) is duidelijk dat minimaal een toevoeging van 3 g C kg<sup>-1</sup> nodig is om een twee keer zo hoge CO<sub>2</sub>-concentratie te krijgen dan de blanco (grond zonder mest). Dit resulteert in een toevoeging van mest aan grond die bij benadering past bij de jaarlijkse mestgift.<sup>3</sup>

In de incubatiestudie is meststof toegevoegd aan 200 gram luchtdroge zandgrond (vochtgehalte 1,1%) in een plastic pot. De pot had een inhoud van 500 ml en een diameter van 6,5 cm (Figuur 1). De meststof is homogeen door grond gemengd. De exacte hoeveelheid toegevoegde meststof is berekend op basis van een vaste hoeveelheid C-gift, te weten 3 g C kg<sup>-1</sup> grond. De hoeveelheid C per mestmonster is berekend op basis van het gemeten organischestofgehalte (OS) en de vuistregel dat het C/OS=0,45 die gehanteerd wordt door

---

<sup>2</sup> Het aantal meststoffen waaraan uiteindelijk HC is gemeten: 75.

<sup>3</sup> 3 g C kg<sup>-1</sup> grond bij onbehandelde rundermest (C/N = 7,5 g g<sup>-1</sup>) is bij een potje (diameter 6,5 cm) met 200 gram grond als 241 kg N ha<sup>-1</sup>.

Eurofins Agro. We hanteren die vuistregel, omdat er heel weinig metingen zijn van het C-gehalte van organische stof in mest (UCCE, 2010).

Vervolgens is er water toegevoegd om het vochtgehalte naar 60% van de vloeigrens<sup>4</sup> te brengen. Hierbij is rekening gehouden met de hoeveelheid water die met de meststof werd toegediend. Voor enkele monsters zou de 60%-vloeigrens overschreden worden bij 3 g C kg<sup>-1</sup> grond, waardoor de C-giften voor deze monsters zijn aangepast. De toediening is gebaseerd op de maximale hoeveelheid vocht die kon worden toegediend. De hoeveelheid toegevoegde C is beschreven in Tabel 2 en per monster in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..**

De incubatiestudie is gedaan voor de 75 verschillende organische meststoffen, met daarnaast negen blanco's (grondmonsters zonder toevoeging van mest) en twee referenties: glucose (Merck) en gemalen tarwestro (1-3 mm). De gemalen tarwestro is een standaard commercieel verkrijgbaar product waarvan de deeltjesgrootte is opgegeven. Daarnaast zijn er vier extra monsters opgenomen waarbij de C-gift is verhoogd naar respectievelijk 5 en 7 g C kg<sup>-1</sup> grond ter verificatie van de meetmethode (monster 16, 35, 56 uit Bijlage 2). De incubatiestudie is gedaan in tweevoud, wat tot een totaal aantal incubatiemonsters leidt van 184.

De potjes stonden gedurende de incubatieperiode in contact met lucht van het laboratorium, omdat het deksel los op de potjes was geplaatst. Hierdoor is er enig verlies van vocht door verdamping. Het vochtgehalte van de geïncubeerde grondmonsters is gedurende de proef constant gehouden door na elke meting het potje op het oorspronkelijk gewicht te brengen met gedemineraliseerd water. De hoeveelheid was 1 à 2 ml water per potje en per meting. De monsters zijn donker bewaard gedurende het incubatie-experiment met behulp van zwart plastic dat losjes over de potten lag, en de potten zijn gedurende de incubatieperiode niet verplaatst.



**Figuur 1** Voorbereiding van het incubatie-experiment. Na toevoeging van de organische meststof aan de zandgrond wordt het monster gehomogeniseerd (links) en vervolgens in een plastic pot gedaan ter analyse (rechts).

Het bevochtigen van de grond en het mengen van de mest door de grond is gebeurd op dag 0. Op dag 1 zijn de eerste CO<sub>2</sub>- en N<sub>2</sub>O-metingen gedaan. De afbraak van organische stof van de toegevoegde materialen is gedurende een incubatieperiode van drie maanden gemeten bij een constante temperatuur van 17°C. Hierin is

<sup>4</sup> De vloeigrens: vochtgehalte van grond waarbij grond gaat vervloeien bij geringe verstoring.

de CO<sub>2</sub>-flux op negen verschillende dagen gemeten gedurende het experiment: op dag 1, 3, 7, 11, 15, 33, 47, 68, en 92. Voorafgaand aan de metingen werden de plastic potjes afgesloten met een deksel voorzien van een septum (Figuur 2). Vervolgens werden ze voor een bepaalde tijd afgesloten om de CO<sub>2</sub>-concentratie te laten oplopen. De sluitingstijd bedroeg één uur voor dag 1, 3, 11, 15, 33 en twee uur voor de overige dagen (om CO<sub>2</sub> nauwkeurig te kunnen bepalen). De toename van de CO<sub>2</sub>- en N<sub>2</sub>O-concentraties na afloop van de sluitingstijd is gemeten m.b.v. een foto-akoestische gasmonitor (Innova 1312, Lumasense Technologies). De berekende flux per kg grond is het verschil tussen de CO<sub>2</sub>- en N<sub>2</sub>O-concentratie (C<sub>t</sub>) na sluitingstijd (Δt in uur) minus de CO<sub>2</sub>- (μL) en N<sub>2</sub>O-concentratie (nL) op het moment van sluiten (C<sub>a</sub>) (achtergrondwaarde), het volume (V) headspace (liter) en de hoeveelheid grond per potje (m<sub>soil</sub> in kg). De concentratie CO<sub>2</sub> en N<sub>2</sub>O is omgerekend naar gram C en N door te delen door het molair volume van een gas (V<sub>m</sub> = 22,4 L/mol) en te vermenigvuldigen met de molaire massa (m<sub>CO2</sub> = 44,01 en m<sub>N2O</sub> = 44 gram mol<sup>-1</sup>) en een conversiefactor (β) van mol CO<sub>2</sub> en N<sub>2</sub>O naar resp. mol C en N (12,01/44,01 en 28/44):

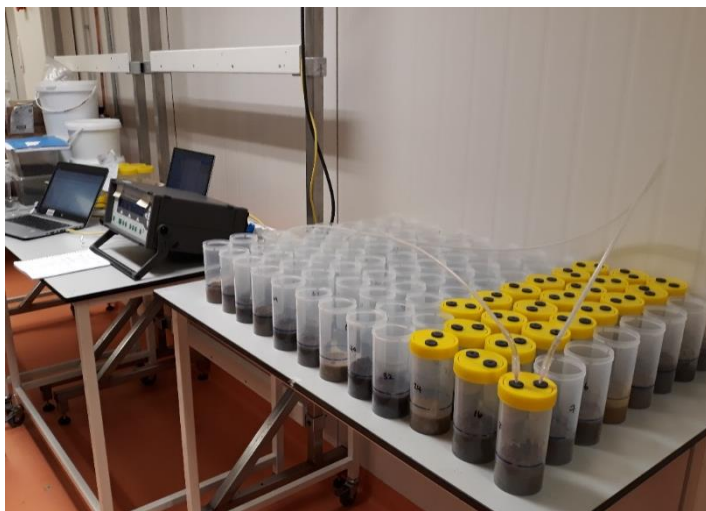
$$Flux = \frac{(C_t - C_a)V}{\Delta t \cdot m_{soil} V_m \cdot \beta} \quad \text{g C} - \text{CO}_2 \text{ (mg C} - \text{CO}_2 \text{ uur}^{-1} \text{kg}^{-1}) \text{ of } \mu\text{g N} - \text{N}_2\text{O (}\mu\text{g N} - \text{N}_2\text{O (uur}^{-1} \text{kg}^{-1}) \quad (1)$$

**Tabel 2**      *Overzicht van aantal monsters per categorie en totaal aantal monsters\*.*

Categorie	Aantal monsters per categorie**	C-gift in g C kg <sup>-1</sup> grond (min; max)
Champost (dekaarde + onderlaag champost)	7	3
Champost (gescheiden, d.w.z. excl. dekaarde)	3	3
Groencompost	5	3
Gft-compost	6	3
Stalmest (strorijke vaste mest) varkens	5	3
Varkensmest (onbehandelde varkensdrijfmest) (VDM)	6	0,4 ; 3
Dikke fractie gescheiden varkensmest	5	3
Gedroogde dikke fractie gescheiden varkensmest	1	3
Rundermest (onbehandelde runderdrijfmest) (RDM)	9	2,4 ; 3
Stalmest (strorijke vaste mest) runderen	10	2,8 ; 3
Digestaat rundermest (monovergisting)	5	3
Dikke fractie gescheiden rundermest	3	3
Dikke fractie gescheiden digestaat rundermest (monovergisting)	2	3
Digestaat dikke vast (geen monovergisting)	2	3
P verarmde dikke fractie digestaat (geen monovergisting)	1	3
Bokashi van diverse materialen	1	2
Dunne fractie gescheiden rundermest	1	2,1
Dunne fractie varkensmest	1	3
Digestaat rund dunne fractie na scheiden	2	2,1 ; 2,5
Extra verhitte gedroogde dikke fractie varkensmest	1	3

\* Als controle zijn glucose en gemalen stro meegenomen als aparte monsters.

\*\* De humificatiecoëfficiënt is van elk monster in duplo bepaald.



**Figuur 2** Werkwijze van de metingen. De potjes worden voor één of twee uur gesloten met een deksel, die voorzien is van een septum. Na sluitingstijd meet de gasmonitor de CO<sub>2</sub>- en N<sub>2</sub>O-concentraties in de potjes, waarna de flux kan worden berekend.

De compostmonsters bevatten volgens de Eurofins-Agro-analyse 0,5-2,1% kalk (Bijlage 2). De vloeibare meststoffen bevatten opgelost bicarbonaat (HCO<sub>3</sub>). Bij de interpretatie van de CO<sub>2</sub>-metingen gaan we ervan uit dat de bijdrage van kalk aan de gemeten CO<sub>2</sub>-productie verwaarloosbaar is.

Van de 23 vloeibare meststoffen in deze studie is het bicarbonaatgehalte bepaald (paragraaf 2.1). Hieruit blijkt dat deze vloeibare meststoffen zo'n 1 à 4 g C per kg product bevatten in de vorm van HCO<sub>3</sub>. Dat komt overeen met metingen in de literatuur (Japenga & Harmsen, 1990). Het bicarbonaat kan leiden tot een verhoogde CO<sub>2</sub>-emissie in de eerste dagen nadat mest aan grond is toegediend (Rochette et al., 2004; Fanguiero et al., 2007). Er wordt in deze studie aangenomen dat het bicarbonaat de bepaling van de humificatiecoëfficiënt niet verstoord doordat de vloeibare mest aan een relatief zure bodem wordt toegevoegd (pH<sub>KCl</sub>=5,7) en de CO<sub>2</sub>-metingen pas na één dag starten.

Een controle van de bepaling van de humificatiecoëfficiënt is niet goed mogelijk. Overwogen is het terug meten van toegevoegd C in de grondmonsters, maar de toegevoegde hoeveelheid C (3 gram C toegevoegd via mest ten opzichte van 15 gram bodemorganische C per kg grond) is te klein om een verandering te meten. Het gebruik van standaardmaterialen zoals glucose en/of stro maakt een vergelijking mogelijk met andere studies. Verder is in deze studie getest wat het effect is van toediening van verschillende hoeveelheden meststof. Bij drie meststoffen (monster 16, 35, 56 uit Bijlage 2) zijn drie verschillende hoeveelheden meststof toegevoegd. De bepaling is goed als de hoeveelheid meststof geen invloed heeft op de humificatiecoëfficiënt. Uit de literatuur is bekend dat het toevoegen van een meststof effect heeft op de afbraak van de bodemorganische stof. Dat kan – bij toediening van meer meststof en daardoor een verhoogde afbraak van de bodemorganische stof – leiden tot schijnbaar lage humificatiecoëfficiënten. Dat is relevant voor de metingen, aangezien de gebruikte hoeveelheden mest hoger zijn dan praktijkhoeveelheden.

Na het afronden van de incubatieperiode zijn de grondmonsters gedroogd en geëxtraheerd met 0,01 M CaCl<sub>2</sub> (NEN 5704) en geanalyseerd (B, K, Mg, Mn, Na, S met ICP-AES volgens NEN 6966; Mo, Se, Cu en Co met ICP-MS volgens NEN-EN-ISO 17294-2, P met discreet analysesysteem (DA) en spectrofotometrische detectie volgens NEN-ISO 15923-1, en N-NO<sub>3</sub> en N-NH<sub>4</sub> met DA spectrofotometrisch via eigen methode) door Eurofins Agro (zie Bijlage 1).

## 2.3 Berekeningen

De CO<sub>2</sub>- en N<sub>2</sub>O-flux-metingen (g C of N kg<sup>-1</sup> grond) zijn gemeten per potje. Ook bij potjes met grond zonder toegevoegde meststof wordt een flux gemeten uit onbemeste grond. Het verschil tussen de flux bij het potje met en het potje zonder toegevoegde meststof wordt toegerekend aan de meststof. Voor de blanco is de gemiddelde flux van negen potjes met onbemeste grond gebruikt.

De fluxmetingen zijn geïntegreerd over de tijd waarin afbraak heeft plaatsgevonden, waardoor de totale afbraak in de incubatieperiode wordt verkregen per kg grond (g C kg<sup>-1</sup>). Daarna wordt op basis van de afbraak de relatieve afname in procent van de toegediende C berekend op basis van de toegevoegde hoeveelheid C. De afname van C uit de toegevoegde materialen, gedurende de incubatieperiode, is gemodelleerd met een standaard 'twee-pool'-model, waarin rekening wordt gehouden met een relatief stabiele C-pool en instabiele C-pool (Heinen & de Willigen, 2005; Cotrufo et al., 2015):

$$C_t = C_0 * f * e^{-k_1 t} + C_0 * (1 - f) * e^{-k_2 t} \quad (2)$$

Hierin is C<sub>0</sub> (=100%) het relatieve C-gehalte aan het begin van het experiment; C<sub>t</sub> (%) is het relatieve C-gehalte op tijdstip t; f (dimensieloos) is de fractie van C<sub>0</sub> in pool 1; (1-f) is de fractie van C<sub>0</sub> in pool 2; k<sub>1</sub> (dag<sup>-1</sup>) is de afbraakconstante van pool 1, k<sub>2</sub> (dag<sup>-1</sup>) is de afbraakconstante van pool 2; t (dag) is de tijd. De berekende fluxen op de negen verschillende meetdagen zijn aan de hand van dit model gefit. Hierbij konden de fractie (f) en de afbraakconstanten, k<sub>1</sub> en k<sub>2</sub>, bepaald worden. Het verschil tussen de werkelijk gemeten waarden en de gemodelleerde waarden moeten hierbij zo klein mogelijk worden gehouden. Dit wordt uitgedrukt in Root Mean Square Error (RMSE), wortel van de gemiddelde kwadratische fout.

Het 'twee-pool'-model is gekozen omdat het eerder gebruikt is voor de beschrijving van incubatie-experimenten (Groenigen & Zwart, 2007) en omdat het de data goed beschrijft vergeleken met drie andere modellen (Mewes, 2017). Een nadeel is dat het verschillende humificatiecoëfficiënten geeft, afhankelijk van de incubatietijd, waardoor de incubatietijd zo lang mogelijk moet zijn (Mewes, 2017). In deze studie gebruiken we een incubatietijd van 92 dagen. Voor een onderlinge vergelijking van meststoffen gedurende eenzelfde periode in een incubatiestudie heeft de methode van fitten geen invloed, wel op de berekende hoogte van de humificatiecoëfficiënt.

De berekende afbraakconstanten, k<sub>1</sub> en k<sub>2</sub>, zijn gebaseerd op metingen bij een temperatuur van 17°C. De definitie van de humificatiecoëfficiënt hanteert een gemiddelde bodemtemperatuur van 9°C (gemiddelde jaartemperatuur in Nederland). De afbraakconstanten zijn daarmee omgerekend voor die temperatuur (Janssen, 1996):

$$f_T = 2^{\left(\frac{T-9}{9}\right)} \quad (3)$$

Hier is f<sub>T</sub> de correctiefactor en T de temperatuur in graden Celsius. Deze correctiefactor voorspelt dat de decompositiesnelheid verdubbelt voor elke temperatuurstijging van 9°C. Dit komt neer op het delen van de C-afbraak bij 17°C met een factor 1,85. De verkregen afbraakconstanten zijn vervolgens gebruikt in het twee-poolmodel en geëxtrapoleerd naar t = 365 dagen, om de C-afbraak na 365 dagen te modelleren. De humificatiecoëfficiënt kan dan bepaald worden volgens:

$$\text{Humificatiecoëfficiënt} = \frac{\text{Hoeveelheid toegediend C na 365 dagen} - \text{C van CO}_2\text{-emissie}}{\text{Hoeveelheid toegediende C op dag 0}} \quad (4)$$

Door de temperatuurcorrectie met factor 1,85, en doordat de laatste metingen plaatsvonden op dag 92, wordt de curve bij 9°C verschoven tot 1,85\*92 = 170 dagen. De berekening naar 365 dagen is dus een extrapolatie. Als er geen extrapolatie zou zijn geweest, zou de keuze van het model geen invloed hebben op de verkregen humificatiecoëfficiënt.

Ondanks dat temperatuurcorrecties vaak gehanteerd worden, is er geen eenduidige manier om de effecten van temperatuur mee te nemen in organischestof-modellen (zie o.a. (Braakhekke & De Bruijn, 2007; Conant

---

et al., 2011; Bai et al., 2017). Het gebruik van de temperatuurcorrectie in deze studie is slechts bedoeld om humificatiecoëfficiënten op een gestandaardiseerde manier te berekenen.

Onderzocht is de humificatiecoëfficiënt (HC) beschreven kan worden via een regressievergelijking op basis van de chemische mestanalyses. De regressie is uitgevoerd met de RSELECT-procedure uit de Biometris bibliotheek (Goedhart & Thissen, 2021). Hierin is steeds het model geselecteerd met de hoogste  $R^2$ -adj waar alle parameters significant zijn. Deze procedure maakt het mogelijk om bij heel veel variabelen te komen tot een selectie van de parameters die de beste beschrijving geven.

De data zijn geanalyseerd met GenStat 19<sup>e</sup> editie (VSNi, Hemel Hempstead, UK). Verschillen tussen de mestcategorieën zijn getoetst met Fisher's protected LSD analyse. Het twee-poolmodel is per monster door de data gefit met Matlab (Mathworks, Natrick, MA, USA).

---

## 3 Resultaten en discussie

### 3.1 Samenstelling meststoffen

Er zijn in totaal 75 organischestof-rijke producten verzameld in december 2018 bij commerciële boeren en bedrijven. Deze zijn gegroepeerd in verschillende categorieën (Tabel 2). Bij de varkensmest was het bij de bewerkte producten niet duidelijk of het vleesvarkens- of zeugenmest betrof, daarom is daar geen onderscheid in gemaakt in deze studie. De samenstelling per categorie volgt in de volgende paragraaf (Tabel 3) bij de metingen uit het incubatie-experiment. De samenstelling van de individuele monsters staan in 0.

De gemiddelde samenstelling van de monsters komt overeen met de landelijke gemiddelden voor dergelijke monsters (zie Bijlage 3). In de tabel staan alleen de typen meststoffen waarvoor landelijke gemiddelden bekend zijn, in tegenstelling tot digestaat, dikke fractie etc.

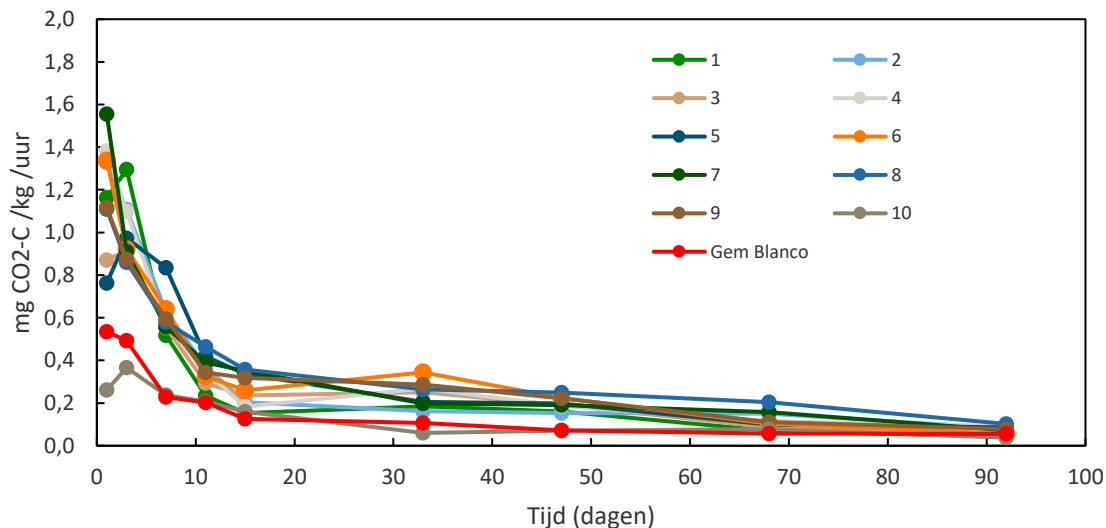
Het moment van bemonsteren, en de periode en methode van opslag van de mest, kan invloed hebben op de humificatiecoëfficiënt. In een studie (Patni & Jui, 1987) bleek bij opslag van rundveedrijfmest het totaal C-gehalte met respectievelijk 24 en 28% gedaald te zijn na 146 en 285 dagen. Afbraak van organisch materiaal treedt dus vooral bij verse mest op. Dat suggereert dat de humificatiecoëfficiënt toeneemt van monsters die langer bewaard zijn. De CO<sub>2</sub>-emissie van rundveedrijfmest die anaeroob was opslagen gedurende 0, 4 of 20 weken was respectievelijk met 847, 848 en 789 mg C kg<sup>-1</sup> grond weinig verschillend vergeleken met een oude incubatiestudie (Sørensen, 1998). De mestmonsters in de huidige studie komen uit mestopslagen in de praktijk die gevuld zijn geraakt tussen september en december.

Analysemethoden die normaal zijn voor diervoeders zijn toegepast op de meststoffen. Bepaald is het ADF (Acid Detergent Fibre), NDF (Acid Detergent Fibre), ruwe celstof, ADL (Acid Detergent Lignine).

### 3.2 Metingen van N<sub>2</sub>O- en CO<sub>2</sub>-emissies

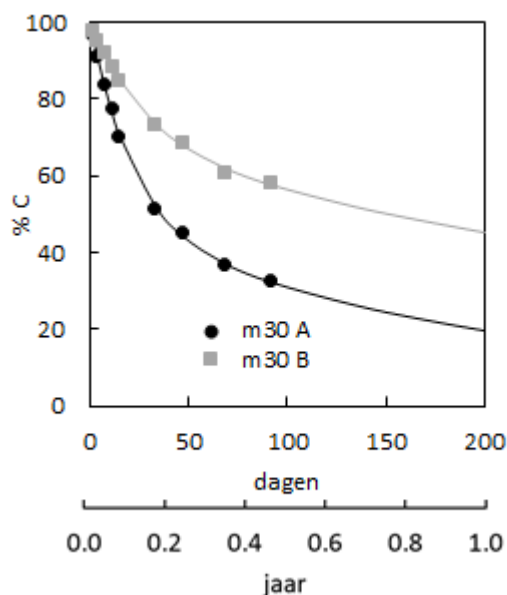
Gedurende de hele meetperiode zijn er CO<sub>2</sub>-fluxen gemeten, dat wil zeggen een verschil tussen de potjes grond met meststof ten opzichte van de potjes grond zonder meststof. Fout! Verwijzingsbron niet gevonden. geeft bijvoorbeeld de CO<sub>2</sub>-fluxen na toediening van compost gedurende de incubatieperiode. De fluxen pieken voor bijna alle materialen op dag 3, en nemen daarna vrij snel af. Ook de CO<sub>2</sub>-emissie uit onbemeste grond (blanco) is hoog in de eerste tien dagen. Dat kan het gevolg zijn doordat gedroogde grond weer bevochtigd werd vlak voor toediening. Het drogen en bevochtigen kan leiden tot een sterk verhoogde CO<sub>2</sub>-productie.

Aan het eind van de incubatieperiode van 92 dagen zijn de fluxen laag. De CO<sub>2</sub>-flux bij de blanco is gemiddeld 0,055 ± 0,024 mg C kg<sup>-1</sup> uur<sup>-1</sup> en bij de in grond geïncubeerde mestmonsters 0,15 ± 0,13 mg C kg<sup>-1</sup> uur<sup>-1</sup> (zonder correctie op de blanco). Hieruit volgt dat het verschil, waaruit de humificatiecoëfficiënt berekend wordt, bij de meeste mestmonsters nog meetbaar is, maar bij een aantal monsters niet meer.



**Figuur 3** CO<sub>2</sub>-fluxen van alle compostmonsters en blanco gedurende de incubatieperiode (monstercodes verwijzen naar Bijlage 2).

In **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**5 worden de afbraakconstanten bij 17°C gegeven. Vervolgens zijn de afbraakconstanten gedeeld door de factor 1,85 (zie hoofdstuk 2) om de afbraak gedurende een jaar te berekenen onder gemiddelde bodemomstandigheden en zijn gebruikt om de C-afbraak te extrapoleren naar een jaar (aanname dat bodem één constante temperatuur en vochtgehalte heeft). Figuur 4 geeft een voorbeeld van de metingen bij twee monsters en de extrapolatie naar één jaar. De curve bij 17°C tot dag 90 (0,25 jaar) is identiek aan de curve bij 9°C na een 0,51 jaar. Om de humificatiecoëfficiënt te berekenen, is een extrapolatie nodig van de curve bij 9°C na één jaar. De extrapolatie is modelafhankelijk: indien in plaats van het two-pool-model een ander model gekozen wordt, kan het zijn dat een andere humificatiecoëfficiënt wordt berekend. Bij vergelijkbare metingen gebruikten Van den Burgt et al. (2011) twee modellen, waarbij de verschillen in humificatiecoëfficiënt kleiner dan 0,04 waren. Mewes (2017) gebruikte vier modellen waarbij het two-pool-model de beste beschrijving gaf van de data.



**Figuur 4** Gemeten afbraak bij 17 °C en extrapolatie met model (bovenste x-as) en model bij 9°C (onderste x-as).

De methode die gehanteerd wordt in deze studie is getoetst door de hoeveelheid meststof in de incubatieproef te variëren (0). De humificatiecoëfficiënt zou onafhankelijk moeten zijn van de toegevoegde hoeveelheid meststof. De resultaten in Bijlage 4 geven aan dat bij verschillende hoeveelheden meststof meestal dezelfde humificatiecoëfficiënt wordt gemeten.

In deze studie is niet getoetst hoe de meting van de humificatiecoëfficiënt varieert bij gebruik van verschillende gronden. De humificatiecoëfficiënten van negen meststoffen gemeten in een klei- en een zandgrond in een andere proef lieten iets hogere waarden voor humificatiecoëfficiënt zien bij de klei (Van den Burgt et al., 2011). Metingen van twee meststoffen (stro, digestaat) in vier gronden met sterke variatie in textuur laten echter verschillen zien tussen de gronden die niet hetzelfde zijn bij beide meststoffen (Mewes, 2017). De interactie tussen meststof en grond laat zien dat bij de beoordeling van de meststoffen de gebruikte grond ook een factor is.

De humificatiecoëfficiënt is in dit rapport gedefinieerd als de C-fractie die overblijft na een jaar zoals in andere Nederlandse onderzoeken ook wordt toegepast (Groenigen & Zwart, 2007; Van den Burgt et al., 2011; Postma & Ros, 2016). Tabel 11 geeft de samenstelling en de gemiddelde humificatiecoëfficiënten per categorie meststof. Bijlage 5 geeft de individuele humificatiecoëfficiënten voor elk gemeten potje.

**Tabel 3** Samenstelling per categorie mest, aantal mestmonsters ( $n^{**}$ ), stikstof totaal ( $N_{tot}$ ), fosfaat totaal ( $P_2O_5$ ), organische stof (OS), humificatiecoëfficiënten (HC), effectieve organische stof (EOS) en de verhouding  $EOS/P_2O_5$  (tussen haakjes de standaarddeviatie). Alles in gram  $kg^{-1}$  vers product, behalve HC (-) en  $EOS/P_2O_5$  in  $kg/kg$ .

meststof	n	$N_{tot}$	$P_2O_5$	OS	HC**	EOS	EOS/N	EOS/ $P_2O_5$
<b>Champost</b>								
Champost	7	7 (1)	4 (1)	189 (17)	0,82 (0,04)	154 (13)	21 (2)	41 (5)
Champost (exclusief dekaarde)	3	9 (1)	5 (0)	220 (26)	0,91 (0,08)	200 (26)	21 (3)	42 (7)
<b>Compost</b>								
Groencompost	5	5 (2)	3 (0)	145 (62)	0,91 (0,08)	131 (54)	25 (6)	50 (18)
GFT-compost	6	8 (2)	5 (1)	198 (37)	0,90 (0,05)	176 (31)	21 (3)	36 (10)
<b>Varkensmest</b>								
Stalmest	5	8 (2)	8 (2)	170 (27)	0,68 (0,05)	115 (13)	16 (4)	15 (5)
Onbehandeld (VDM)	6	6 (3)	3 (2)	43 (30)	0,56 (0,15)	27 (21)	4 (2)	15 (14)
Dikke fractie gescheiden	5	11 (2)	16 (2)	220 (9)	0,79 (0,03)	174 (7)	16 (3)	11 (1)
<b>Rundermest</b>								
Onbehandeld (RDM)	9	4 (0)	1 (0)	65 (18)	0,64 (0,07)	41 (10)	9 (2)	31 (4)
Stalmest	9	5 (1)	3 (2)	150 (37)	0,60 (0,14)	82 (48)	15 (7)	32 (26)
Digestaat (*)	5	5 (1)	2 (1)	54 (7)	0,82 (0,05)	44 (6)	10 (2)	28 (9)
Dikke fractie gescheiden	3	9 (3)	5 (2)	298 (124)	0,55 (0,04)	165 (75)	18 (3)	33 (8)
Dikke fractie gescheiden digestaat (*)	2	8 (1)	6 (3)	242 (35)	0,64 (0,12)	157 (51)	20 (4)	25 (3)
Digestaat dunne fractie na scheiden	2	4 (0)	1 (0)	32 (4)	0,72 (0,10)	23 (6)	5 (1)	18 (3)
<b>Overige monsters</b>								
Digestaat dikke fractie vast ***	2	10 (1)	21 (5)	197 (16)	0,81 (0,03)	158 (8)	15 (1)	8 (2)
Gedroogde dikke fractie VDM	1	24	42	561	0,75	419	18	10
Verhitte/gedroogde dikke fractie VDM	1	6	104	219	1	219	35	2
Bokashi ****	1	3	2	69	0,68	47	16	24
Dunne fractie gescheiden VDM	1	4	1	29	0,73	21	5	29
Dunne fractie gescheiden RDM	1	7	2	38	0,60	23	3	9
P verarmde dikke fractie digestaat	1	7	5	377	0,48	181	25	38
Totaal 74								

\* monomestvergisting.

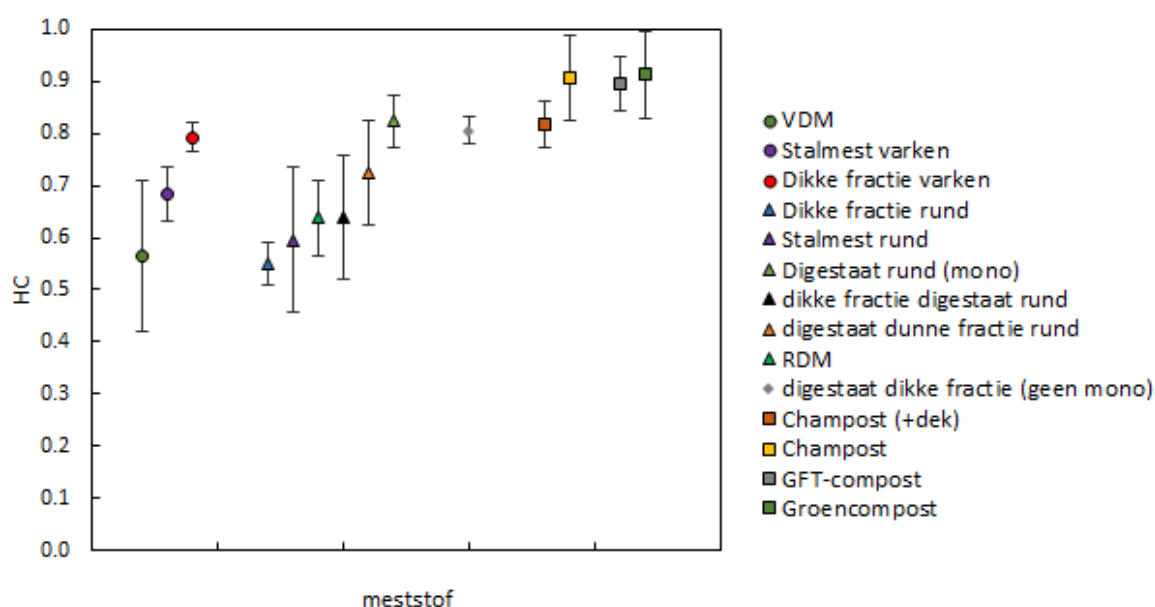
\*\* n=aantal mestmonsters, de HC van elk mestmonster is in duplo bepaald. De standaarddeviatie is bepaald op basis van de gemiddelde analyses van het aantal monsters (n) en niet van de individuele metingen (duplos).

\*\*\* geen monomestvergisting.

\*\*\*\* dierlijke mest + plantaardig.

De humificatiecoëfficiënt (HC) is bij de champost en compost hoger (0,82-0,91) dan bij de andere meststoffen (Tabel 3). De hoogste HC heeft de extra verhitte gedroogde dikke fractie varkensmest. De laagste HC is gemeten bij de P verarmde dikke fractie digestaat (0,48) en de onbehandelde varkensmest (0,56). De verschillen tussen de andere meststoffen zijn echter gering en meestal niet significant.

De vergisting, het drogen en andere processen kunnen een effect hebben op de humificatiecoëfficiënt (Tabel 3). Het digestaat van monomestvergisters gevoed met RDM is met 0,82 hoger dan de 0,64 van de onbehandelde RDM. Een selectie van de vijf bedrijven waar digestaat van monomestvergisters én de onbehandelde rundermest is bemonsterd, laat ook zien dat de humificatiecoëfficiënt van het digestaat in alle gevallen hoger is dan van de onbehandelde rundermest (RDM) (gepaarde t-test;  $p=0,016$ ). De dikke fractie van gescheiden varkensmest heeft een hogere HC dan van onbehandelde varkensmest. Bij rundermest is er geen verschil in HC tussen onbehandelde RDM en digestaat. Een gedroogde dikke fractie varkensmest heeft een HC (0,75) die vergelijkbaar is met de dikke fractie varkensmest (0,79) waaruit het geproduceerd is. Er is ook één monster van een met zuur gewassen dikke fractie digestaat, om zodoende fosfaat te verwijderen met een HC die lager is (0,48) dan het dikke fractie digestaat (0,81). Het monster heeft door de bewerking echter een veel hogere EOS/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-verhouding (38) dan andere producten van varkensmest (EOS/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> van 11-15). Het maken van een extra verhitte gedroogde dikke fractie varkensmest verhoogt de HC van 0,79 tot 1. De hogere HC gaat wel gepaard met een lager gehalte EOS van de extra verhitte gedroogde dikke fractie varkensmest, omdat er in het proces organische stof verloren gaat.



**Figuur 5** Humificatiecoëfficiënt gesorteerd (vanaf punt tot whisker is eenmaal stdev) voor meststoffen met meerdere metingen.

Er zijn vier Nederlandse studies waarin ook via incubatie-experimenten de humificatiecoëfficiënt (HC) is bepaald (0). Daarnaast is er een tabel met HC in *Handboek Bodem en bemesting* (CBAV, 2019) (0), waarvan echter de referenties niet gegeven zijn, en die mogelijk deels op veldexperimenten gebaseerd zijn (Kortleven, 1963; De Haan, 1977). De HC in Tabel 3 voor compost is vergelijkbaar met andere studies. Ook de HC voor onbehandelde RDM (0,64) en stalmest van rundvee (0,60) in deze studie lijkt sterk op de waarden in het handboek *Bodem en bemesting* (0) en voorgaande metingen (Van den Burgt et al., 2011), maar niet op het gemiddelde van 15 RDM-monsters (0,38)(CDM, 2017). De HC voor onbehandelde VDM (0,56) en stalmest van varkens (0,68) is ook vergelijkbaar met een ander incubatie-experiment (VDM 0,67 – dikke fractie digestaat VDM 0,76) (Van den Burgt et al., 2011). De genoemde HC voor onbehandelde VDM en stalmest van varkens is echter aanmerkelijk hoger dan die in *Handboek Bodem en bemesting* (beide 0,33) (0). Deze vergelijking laat zien dat incubatieproeven voor de vaste meststoffen een goede overeenkomst geven, maar niet voor de vloeibare meststoffen. Mogelijke oorzaken voor de verschillen zijn: vloeibare meststoffen bevatten veel opgelost HCO<sub>3</sub> (zoals aangegeven in paragraaf 2.2) en het is ook aannemelijk dat

verse monsters een hogere CO<sub>2</sub>-emissie hebben dan de mestmonsters die uit een mestopslag komen. De vijftien mestmonsters genoemd in CDM (2017) kwamen uit mestopslagen die bemonsterd zijn in de maand maart.

Na bovenstaande vergelijking met Nederlandse data wordt hieronder een vergelijking met buitenlandse data gemaakt. Er is een literatuurverzameling van 440 monsters die verschillen laat zien tussen meststoffen met een HC van 0,35 bij onbehandelde meststoffen tot 0,75 bij compost, maar ook met grote verschillen binnen deze categorieën van meststoffen (Lashermes et al., 2009). In Belgisch onderzoek zijn incubatie-experimenten gedaan met digestaat-producten uit dierlijke mest en zijn HC-waarden van 0,79 tot 0,87 afgeleid (VLACO, 2015), wat vergelijkbaar is met de HC-waarden in deze studie (Tabel 3: 0,62-0,85). In Duits onderzoek zijn incubatie-experimenten uitgevoerd zoals in deze studie (incubatietijd 200 dagen) (Reinhold et al., 2016; Mewes, 2017). Ook hier hebben de composten hoge HC-waarden (0). Vaste rundermest heeft een waarde (0,59) die vergelijkbaar is met waarden van vaste rundermest in de huidige studie (0,60 ± 0,14), maar onbehandelde rundermest (één monster) heeft een veel lagere HC (0,32) dan de onbehandelde RDM in deze studie (0,64 ± 0,07).

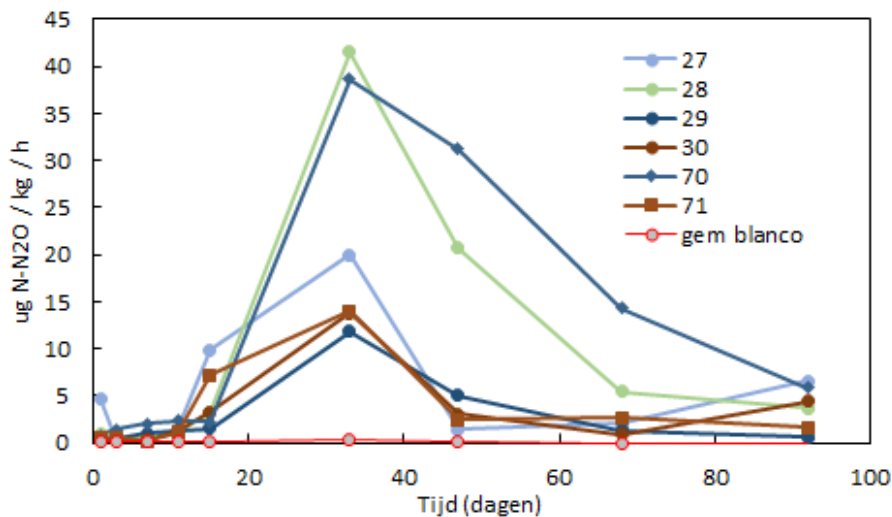
Ten slotte moet nog vermeld worden dat onzeker is of de incubatiemetingen in het laboratorium extrapol eerbaar zijn naar veldomstandigheden. Een vergelijking tussen het Duitse advies dat op langdurige veldexperimenten gebaseerd is (Körschens et al., 2004; VDLUFA, 2014) en de hier gevonden EOS-gehalten wijst op vergelijkbare waarden voor compost, maar op veel lagere waarden voor dierlijke mest (0).

### 3.3 Lachgasemissie

In deze studie is naast CO<sub>2</sub> ook lachgas (N<sub>2</sub>O) gemeten tijdens de incubatie van de meststoffen in grond. Er wordt bij vochtgehalten lager dan veldcapaciteit weinig lachgas verwacht (De Klein & Van Logtestijn, 1996). Er is pas emissie mogelijk nadat er nitraat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) gevormd wordt, omdat lachgas ontstaat tijdens nitrificatie en denitrificatie. Er wordt dan ook pas lachgas gemeten na 15 dagen incubatie (Figuur 6). De vloeibare meststoffen met ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) – onbehandelde varkensmest, onbehandelde RDM en digestaat – geven een meetbare lachgasemissie. De fractie toegevoegde N die gedurende de proef als lachgas vrijkomt, de emissiefactor, is lager dan 3%. De hoogste lachgasemissie wordt gevonden voor onbehandelde varkensmest. Metingen in het veld lieten ook hogere lachgasemissies zien voor dunne varkensmest dan voor dunne rundermest (Velthof & Mosquera, 2011). Mogelijk wordt dit veroorzaakt door een hogere fractie ammonium in totaal N in varkensmest en een betere beschikbaarheid van de organische stof in varkensmest voor denitrificerende bacteriën.

**Tabel 4** Cumulatieve lachgasemissie (mg N per kg grond, emissiefactor op basis van gedoseerde N).

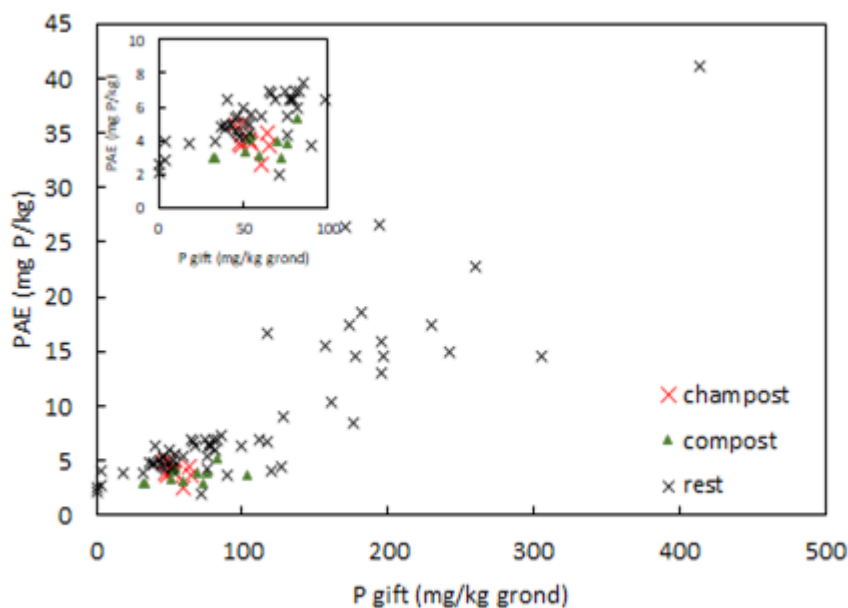
Meststof	n	N <sub>2</sub> O (mg N per kg grond)	Emissiefactor (%) gebaseerd op N gift
<b>Champost</b>			
Champost	7	0 (0,1)	0,1 (0,0)
Champost (exclusief dekaarde)	3	0 (0,1)	0,0 (0,0)
<b>Compost</b>			
Groencompost	5	0 (0,1)	0,0 (0,0)
Gft-compost	6	0 (0,2)	0,0 (0,1)
<b>Varkensmest</b>			
Stalmest	5	2 (3)	0,6 (0,6)
Onbehandeld (VDM)	6	18 (12)	3,0 (1,8)
Dikke fractie gescheiden	5	0,8 (0,5)	0,3 (0,2)
<b>Rundermest</b>			
Onbehandeld (RDM)	9	2 (2)	0,4 (0,4)
Stalmest	9	1 (2)	0,6 (1,2)
Digestaat (*)	5	7 (8)	1,1 (1,3)
Dikke fractie gescheiden	3	0,3 (0,05)	0,2 (0,0)
Dikke fractie gescheiden digestaat (*)	2	0,4 (0,2)	0,2 (0,1)
Digestaat dunne fractie na scheiden	2	9 (2)	1,4 (0,0)



**Figuur 6** Lachgasemissie bij zes VDM (onbehandeld) en het gemiddelde van alle blanco's (n=19).

### 3.4 Grondanalyse na incubatieperiode

De beschikbaarheid van fosfaat in compost wijkt af van dierlijke mesten (Regelink & Rietra, 2021). In deze studie is de grond geanalyseerd na de incubatieperiode met de  $\text{CaCl}_2$ -extractiemethode die Eurofins Agro hanteert (PAE-methode).



**Figuur 7** Fosfaatbeschikbaarheid na toediening organische stofrijke meststoffen.

In bovenstaande figuur is te zien dat de fosfaatbeschikbaarheid sterk samenhangt met de P-gift via de meststoffen. Er is geen duidelijk onderscheid tussen de effecten van verschillende meststoffen, en tussen 0-100  $\text{mg P kg}^{-1}$  zijn er ook monsters zonder duidelijke toename in fosfaatbeschikbaarheid (inzet in Figuur 7). Voor andere, meer oplosbare stoffen zoals K, Na, Mg, is er een simpele relatie tussen de gift en de beschikbaarheid (Bijlage 8). De beschikbare koper en zinkgehalten in de grond nemen sterk toe onder invloed van de organischestof-rijke meststoffen: van 20 tot maximaal 127  $\mu\text{g Cu kg}^{-1}$  grond, en van 640 tot

maximaal 4500 µg Zn kg<sup>-1</sup>. De koper- en zinkgehalten in de verschillende meststoffen zijn niet gemeten, waardoor hiertussen geen relatie vastgesteld kan worden.

### 3.5 Voorspellen van humificatiecoëfficiënten (HC's) op basis van laboratoriumanalyses

In dit onderzoek zijn naast de standaard chemische samenstelling van de meststoffen (zie Bijlage 2, Tabel 6, 7 en 8) ook parameters bepaald die normaal gebruikt worden voor de verteerbaarheid van veevoer (Bijlage 2, Tabel 8) (celwandonderzoek: ADF, NDF, ruwe celstof, en ADL<sup>5</sup>), omdat Frans onderzoek (Lashermes et al., 2009) eerder heeft laten zien dat de HC sterk gecorreleerd bleek met parameters uit een Franse standaard (XPU 44-162) voor celwandonderzoek.

Bij de onderzochte mestmonsters zijn de verschillen in de metingen groot als je kijkt naar het minimum en maximum bij ADF 72-568, NDF 94-704, ruwe celstof 27-373 en ADL 26-298 (Tabel 8 in Bijlage 2). Ter vergelijking: bij graskuil zijn de streeftrajecten ADF 240-290, NDF 420-500, ruwe celstof 203-280 en ADL 20-30. De organische meststoffen hebben dus een hogere ADF en ADL dan graskuil en een grotere variatie bij NDF en ruwe celstof.

Regressieanalyse is gebruikt om de mest- en bodemanalyses te relateren aan de gemeten HC-waarden. De mestanalyses zijn de parameters uit celwandonderzoek en de gemeten nutriëntengehalten (zie Bijlage 2). Berekend zijn de regressievergelijkingen met de hoogste R<sup>2</sup>adj waarbij de parameters significant zijn (zie materiaal en methoden) (Goedhart, 2021 #75). Uit de berekeningen (Tabel 5) blijkt dat de celwandmetingen, het drogestofgehalte van mest (DS) en de magnesiumgehalten van mest (MgO), significante parameters zijn in de regressievergelijkingen om de HC te verklaren. De verklaarde variantie is echter klein bij alle modellen.

**Tabel 5** Regressieanalyse voor de humificatiecoëfficiënt (HC) op basis van verschillende mestparameters (zie toelichting bij parameters in Bijlage 2).

Model	%variatie verklaard	Standard error	Parameters
1	27,5	0,0947	0,7454+ 0,00116 RAS -0,00791 C/N
2	42,0	0.0868	0.8428 + 0.0075 MgO -0.001017 ADF+ 0.001596 ADL
3	54,5	0,0815	0.7893- 0.000520 ds + 0.001356 MgO -0.000888 ADF+ 0.001938 ADL
4	50,8	0.0832	0.8648 + 0.00783 MgO -0.001058 ADF+ 0.001556 ADL

Heel recent bleek in onderzoek met verschillende Nederlandse meststoffen dat HC gecorreleerd is met ADL, zoals in dit onderzoek, maar vooral ook met MicroResp<sup>TM</sup> (Campbell et al., 2003) (Schoumans, 2023). MicroResp<sup>TM</sup> is in dit onderzoek niet bepaald.

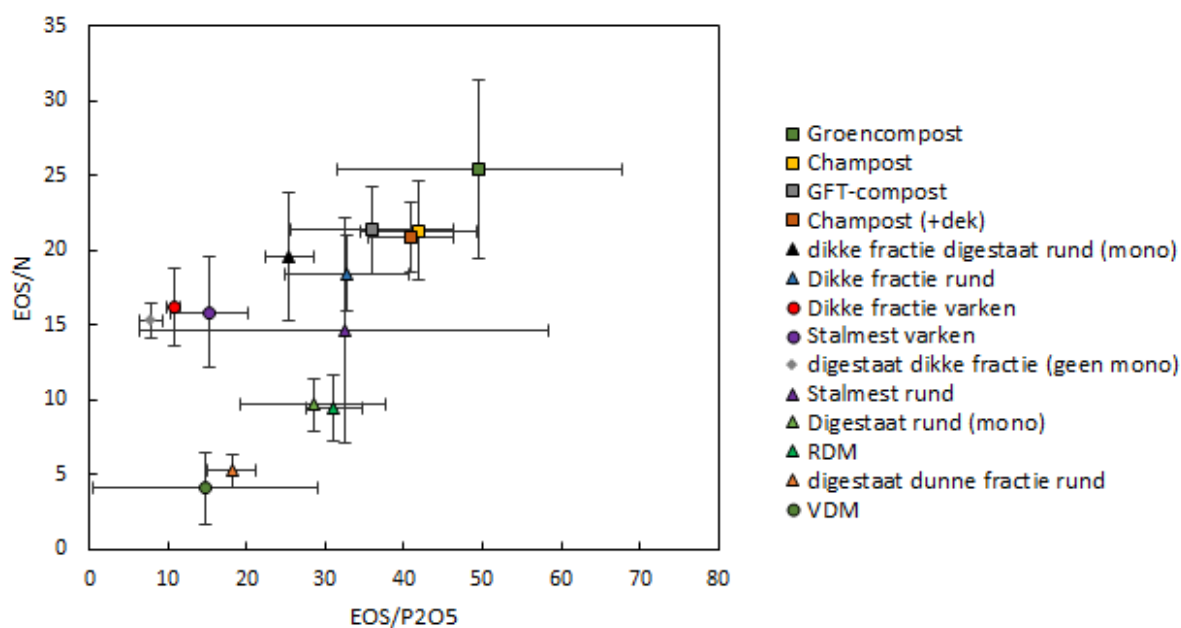
<sup>5</sup> ADF, NDF, ruwe celstof en ADL, zogenaamde Van Soest-analyse: acid detergent fibre (ADF), neutral detergent fibre (NDF), ruwe celstof (RC), acid detergent lignin (ADL). Zie paragraaf 2.1.

## 4 Beoordeling van producten

Om te beoordelen welke meststof het meest kan bijdragen aan het in stand houden van bodemorganische stof, wordt gekeken naar de EOS-gehalten: uitgedrukt als EOS of per nutriënt (EOS/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en EOS/N). Een meststof met een hoog EOS-/nutriëntgehalte leidt tot een relatief hoge mogelijke toediening van organische stof binnen de gebruiksnormen. Een hoog EOS-/nutriëntgehalte leidt ook tot een lager risico op uitspoeling van stikstof en fosfaat. Criteria op grond van ratio's van EOS/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, EOS/N, en EOS/N<sub>niet-werkzaam</sub> zijn gesuggereerd voor de beoordeling van organischestof-rijke meststoffen (Moolenaar et al., 2002; CDM, 2017; Postma & Veeken, 2017; Van Geel et al., 2019). Uit Tabel 3 en Figuur 8 blijkt dat binnen de verschillende type meststoffen relatief grote verschillen zijn tussen de monsters.

De EOS-gehalten (Tabel 3) variëren van 30 g per kg<sup>-1</sup> voor onbehandelde varkensmest tot 185 g per kg<sup>-1</sup> voor de dikke fractie van rundermest. De meststoffen met veel EOS (>100 g per kg product) zijn champost, compost, varkensstalmest en dikke fractie van varkensmest, rundermest en digestaten. Stalmest van rundermest heeft een EOS-gehalte van 91 g per kg product.

De mestproducten met EOS/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-gehalten groter dan 30 zijn champost, compost en een aantal meststoffen van rundermest (onbehandelde RDM, dikke fractie, en stalmest van runderen). De mestproducten met EOS/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-gehalten lager dan 20 zijn meststoffen uit varkensmest, met uitzondering van het mestproduct van digestaat waaruit fosfor verwijderd is.



**Figuur 8** EOS/N-totaal tegen EOS/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-totaal in mestproducten. Balken geven standaarddeviatie (vanaf punt tot whisker is 1x stdev).

Recent is bij compost naast de reguliere metingen ook extraheerbaar ijzer (Fe), aluminium (Al) en fosfaat bepaald (Regelink & Rietra, 2021) zoals bij de bepaling van de fosfaatbezetting van bodems. De hoeveelheid Fe en Al in compost geven de mate van binding van P, maar toont ook eenvoudig aan dat compost veel grond bevat, omdat meststoffen normalerwijze nauwelijks Fe en Al bevatten.<sup>6</sup> Dergelijke metingen onderschrijven dat sommige meststoffen, zoals compost maar ook bokashi, een werkingscoëfficiënt voor P hebben die aanmerkelijk lager is dan 100%. Een vertaling van de oxalaat-extraheerbare gehalten naar werkingscoëfficiënten is nog niet getoetst.

<sup>6</sup> Alleen aan digestaat wordt soms Fe toegevoegd om H<sub>2</sub>S te voorkomen in de vergister.

---

# Literatuur

- Bai, Z., Lin, J., Wu, J., Shi, R., Li, X. & Chen, B. 2017. Q10 values vary with different kinetic properties of C mineralization. *Pedobiologia*, **63**, 8-13.
- Braakhekke, W. & De Bruijn, A. 2007. Modelling decomposition of standard plant material along an altitudinal gradient: A re-analysis of data of Couteaux et al.(2002). *Soil Biology and Biochemistry*, **39**, 99-105.
- Campbell, C. D., Chapman, S. J., Cameron, C. M., Davidson, M. S. & Potts, J. M. 2003. A rapid microtiter plate method to measure carbon dioxide evolved from carbon substrate amendments so as to determine the physiological profiles of soil microbial communities by using whole soil. *Applied and environmental microbiology*, **69**, 3593-3599.
- CBAV 2019. Handboek Bodem en Bemesting. Hoofdstuk: Organische-stofbalans opstellen. <https://www.handboekbodemenbemesting.nl/>. In., Commissie Bemesting Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt
- CBGV 2012. *Rapport 1. Mestsamenstelling in Adviesbasis Bemesting Grasland en Voedergewassen* (<https://edepot.wur.nl/413891>), Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen, Wageningen.
- CDM 2017. CDM-Advies 'Criteria voor organischestofrijke meststoffen' <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/459080>.
- Clivot, H., Mouny, J.-C., Duparque, A., Dinh, J.-L., Denoroy, P., Houot, S., Vertès, F., Trochard, R., Bouthier, A., Sagot, S. & Mary, B. 2019. Modeling soil organic carbon evolution in long-term arable experiments with AMG model. *Environmental Modelling & Software*, **118**, 99-113.
- Conant, R. T., Ryan, M. G., Ågren, G. I., Birge, H. E., Davidson, E. A., Eliasson, P. E., Evans, S. E., Frey, S. D., Giardina, C. P. & Hopkins, F. M. 2011. Temperature and soil organic matter decomposition rates—synthesis of current knowledge and a way forward. *Global Change Biology*, **17**, 3392-3404.
- Cotrufo, M. F., Soong, J. L., Horton, A. J., Campbell, E. E., Haddix, M. L., Wall, D. H. & Parton, W. J. 2015. Formation of soil organic matter via biochemical and physical pathways of litter mass loss. *Nature Geoscience*, **8**, ngeo2520.
- CVB 2021. *CVB Veevoedertabel 2021, Chemische samenstellingen en nutritionele waarden van voedermiddelen*, CVB.
- de Boer, H., Broelsma, K., Fleurkens, B., Schoonbergen, A. & van Vliet, P. 2020. Pyrolyse ter bepaling van de kwaliteit van organische stof in mest. In., Wageningen Livestock Research.
- De Haan, S. 1977. Humus, its formation, its relation with the mineral part of the soil, and its significance for soil productivity. *Soil organic matter studies*, **1**, 21-30.
- De Klein, C. & Van Logtestijn, R. 1996. Denitrification in grassland soils in the Netherlands in relation to irrigation, N-application rate, soil water content and soil temperature. *Soil Biology and Biochemistry*, **28**, 231-237.
- Dechow, R., Franko, U., Kätterer, T. & Kolbe, H. 2019. Evaluation of the RothC model as a prognostic tool for the prediction of SOC trends in response to management practices on arable land. *Geoderma*, **337**, 463-478.
- Fangueiro, D., Chadwick, D., Dixon, L. & Bol, R. 2007. Quantification of priming and CO<sub>2</sub> emission sources following the application of different slurry particle size fractions to a grassland soil. *Soil Biology and Biochemistry*, **39**, 2608-2620.
- Goedhart, P. W. & Thissen, J. T. N. M. 2021. *Biometris GenStat Procedure Library Manual 21th Edition. Report 46.02.21*, Wageningen.
- Groenigen, J. W. v. & Zwart, K. B. 2007. *Koolstof en stikstof mineralisatie van verschillende soorten compost: een laboratorium studie*, Alterra, Wageningen.
- Heinen, M. & de Willigen, P. 2005. Vergelijking van de organische stofmodellen MOTOR en MNIP. In. (ed A.-r. 1260), Wageningen.
- Hénin, S. & Dupuis, M. 1945. *Essai de bilan de la matière organique du sol*, Dudod.
- Jäger, N., Duffner, A., Ludwig, B. & Flessa, H. 2013. Effect of fertilization history on short-term emission of CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O after the application of different N fertilizers—a laboratory study. *Archives of Agronomy and Soil Science*, **59**, 161-171.
- Janssen, B. H. 1996. Nitrogen mineralization in relation to C:N ratio and decomposability of organic materials. *Plant and Soil*, **181**, 39-45.

- Janssen, B. H. & Reuler, H. 1986. *Het effect van de toediening van organisch materiaal aan de grond*. Consultantschap in Algemene Dienst voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond: proefstation voor de akkerbouw en de groenteteelt in de vollegrond, Lelystad.
- Japenga, J. & Harmsen, K. 1990. Determination of mass balances and ionic balances in animal manure. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, **38**, 356-367.
- Körschens, M., Rogasik, J., Schulz, E., Böning, H., Eich, D., Ellerbrock, R., Franko, U., Hülsbergen, K., Köppen, D. & Kolbe, H. 2004. VDLUFA Standpunkt: Humusbilanzierung-Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland. *Verband Untersuchungs-Deutscher und Forschungsanstalten Landwirtschaftlicher (VDLUFA)*, **12**.
- Kortleven, J. 1963. Kwantitatieve aspecten van humusopbouw en humusafbraak. In., Pudoc, Wageningen.
- Lashermes, G., Nicolardot, B., Parnaudeau, V., Thuriès, L., Chaussod, R., Guillotin, M. L., Linères, M., Mary, B., Metzger, L., Morvan, T., Tricaud, A., Vilette, C. & Houot, S. 2009. Indicator of potential residual carbon in soils after exogenous organic matter application. *European Journal of Soil Science*, **60**, 297-310.
- Levassasseur, F., Mary, B. & Houot, S. 2021. C and N dynamics with repeated organic amendments can be simulated with the STICS model. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **119**, 103-121.
- LNV & I&W 2017. Zesde Nederlandse actieprogramma betreffende de Nitraatrichtlijn (2018 - 2021). December 2017. Bijlage bij kamerbrief van minister Schouten (LNV) over het zesde actieprogramma Nitraatrichtlijn. Kamerstuk 22-12-2017. In: *Dossierrnr. 33037, nr. 250*. Tweede Kamer der Staten Generaal, Den Haag.
- Mewes, P. 2017. Persistence of exogenous organic carbon in soil as a cultivation property.
- Mondini, C., Cayuela, M. L., Sinicco, T., Fornasier, F., Galvez, A. & Sánchez-Monedero, M. A. 2017. Modification of the RothC model to simulate soil C mineralization of exogenous organic matter. *Biogeosciences*, **14**, 3253-3274.
- Moolenaar, S. W., Veeken, A. & Postma, R. 2002. Toetsen en normeren stabiliteit van bodemverbeteraars. Rapport 844.02. In., Nutrienten Management Instituut NMI B.V., Wageningen.
- Patni, N. & Jui, P. Y. 1987. Changes in solids and carbon content of dairy-cattle slurry in farm tanks. *Biological wastes*, **20**, 11-34.
- Postma, R. & Ros, G. 2016. Bepalen van stabiliteit van GFT- en groencomposten. Rapport 1580. In., Nutrienten Management Instituut NMI B.V., Wageningen.
- Postma, R. & Veeken, A. 2017. Karakterisering van organische meststoffen. 1716.N.16. In., Nutrienten Management Instituut NMI B.V., Wageningen.
- Regelink, I. & Rietra, R. 2021. Fosfaatvormen in compost en andere organische meststoffen.
- Reinhold, J., Engels, C., Mewes, P. & Bürger, R. 2016. Ermittlung der Stabilitätsfaktoren nach VDLUFA-Humusbilanzmethode für verschiedene organische Materialien durch Inkubationsversuche. In. (ed K. R. A. a. d. V. v. R. i. d. L. V.-S. 73).
- Rochette, P., Angers, D. A., Chantigny, M. H., Bertrand, N. & Côté, D. 2004. Carbon dioxide and nitrous oxide emissions following fall and spring applications of pig slurry to an agricultural soil. *Soil Science Society of America Journal*, **68**, 1410-1420.
- Schoumans, O. F., P.A.I Ehlert, L. Veenemans, W. Vervuurt, W. van den Berg, J.T.W. Verhoeven, T.J. de Koeijer, M. Manshanden, J. Middelkoop, A.M. Pustjens, M. Trip 2023. *Conceptual framework to evaluate organic fertilisers on C and N mineralisation and economic aspects (in prep.)*, Wageningen.
- Sørensen, P. 1998. Effects of storage time and straw content of cattle slurry on the mineralization of nitrogen and carbon in soil. *Biology and Fertility of Soils*, **27**, 85-91.
- UCCE 2010. *Dairy Manure Nutrient Content and Forms*. University of California Cooperative Extension.
- Van den Burgt, G., Dekker, P., Van Geel, W., Bokhorst, J. & Van den Berg, W. 2011. Duurzaamheid organische stof in mest; analysemethoden om de stabiliteit van de organische stof van verschillende organische meststoffen inclusief digestaat te beoordelen. PPO-rapport 446 In., PPO-AGV.
- Van Geel, W., de Haan, J., Hanegraaf, M. & Postma, R. 2019. Doorontwikkeling classificatieschema organische-stofrijke meststoffen. Deskstudie in het kader van de PPS Beter Bodembeheer / Effecten van organische stof. In., Lelystad.
- VDLUFA 2014. *Humusbilanzierung. Eine Methode zur Analyse und Bewertung der Humusversorgung von Ackerland.*, Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, Speyer.
- Velthof, G. & Mosquera, J. 2011. The impact of slurry application technique on nitrous oxide emission from agricultural soils. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **140**, 298-308.
- VLACO 2015. *Karakterisatie eindproducten van biologische verwerking*.

# Bijlage 1 Analysemethoden grond

**Tabel 6** Samenstelling grond op basis van droge stof.

Parameter	Eenheid	Waarde	RvA*	Methode**
<b>Bij aanvang (1 monster)</b>				
Organische stof	%	3,1	Q	(COR6)
Lutum (<2 µm)	%	3	Q	NEN 5753 (LUT2)
Silt (2-50µm)	%	15		NIRS
Kalk	%	<0,2		NIRS
Extraheerbaar NO <sub>3</sub> in 1:10 0.01 M CaCl <sub>2</sub>	mg NH <sub>4</sub> -N kg <sup>-1</sup>	<1,3	Q	NEN 5704 (NCC3)
Extraheerbaar NH <sub>4</sub> in 1:10 0.01 M CaCl <sub>2</sub>	mg NO <sub>3</sub> -N kg <sup>-1</sup>	9,5	Q	NEN 5704 (NCC3)
Pw	mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> L <sup>-1</sup>	54	Q	ISO 15923-1(PWT1)
PAI	mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 100 g <sup>-1</sup>	62	Q	NEN 5793 (PAL1)
PH-KCl	-	5,7	Q	(PHC3)
CEC met cobalthexamine	mmol+ kg <sup>-1</sup>	48		ISO 23470 en NEN 6966 (CECU)
Ca-bezetting	%	75		ISO 23470 en NEN 6966 (CALU)
Mg-bezetting	%	21		ISO 23470 en NEN 6966 (MAGU)
K-bezetting	%	2,5		ISO 23470 en NEN 6966 (KALU)
Na-bezetting	%	<0,1		ISO 23470 en NEN 6966 (NATU)
Extraheerbaar ijzer in oxaalzuur	mmol Fe kg <sup>-1</sup>	36,3	Q	NEN 5776 (OXZ8)
Extraheerbaar aluminium in oxaalzuur	mmol Al kg <sup>-1</sup>	30,3	Q	NEN 5776 (OXZ8)
Extraheerbaar fosfor in oxaalzuur	mmol P kg <sup>-1</sup>	19	Q	NEN 5776 (OXZ8)
<b>Voor (1 monster) en na incubatie (75 monsters)</b>				
Extraheerbaar K, Mg, Na in 1:10 0.01 M CaCl <sub>2</sub>	mg kg <sup>-1</sup>		Q	NEN5704 en NEN 6966
Extraheerbaar B, Mn in 1:10 0.01 M CaCl <sub>2</sub>	µg kg <sup>-1</sup>		Q	NEN5704 en NEN 6966
Extraheerbaar S in 1:10 0.01 M CaCl <sub>2</sub>	mg kg <sup>-1</sup>			NEN5704 en NEN 6966
Extraheerbaar Cu, Co in 1:10 0.01 M CaCl <sub>2</sub>	µg kg <sup>-1</sup>		Q	NEN5704 en NEN-EN-ISO 17294-2
Extraheerbaar Se, Zn in 1:10 0.01 M CaCl <sub>2</sub>	µg kg <sup>-1</sup>			NEN5704 en NEN-EN-ISO 17294-2
Extraheerbaar P in 1:10 0.01 M CaCl <sub>2</sub>	mg kg <sup>-1</sup>		Q	NEN5704 en NEN-ISO 15923-1
Extraheerbaar N-NO <sub>3</sub> , N-NH <sub>4</sub> in 1:10 0.01 M CaCl <sub>2</sub>	mg kg <sup>-1</sup>		Q	CCL4

\* methode geaccrediteerd bij RvA \*\*aanduiding bij Eurofins Agro.

## Bijlage 2 Samenstelling meststoffen

De standaardrapportage van de meststoffen door Eurofins is in g per kg product (*Tabel 7*), terwijl de rapportage van de composten in g per kg droge stof is (Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.).

**Tabel 7** Samenstelling meststoffen in g per kg product tenzij anders vermeld\*. Droge stof (DS, as (RAS), organische stof (OS), stikstof (N-tot), ammonium (uitgedrukt in N), organische stikstof (N-org), fosfor (gegeven als P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), kalium (gegeven als K<sub>2</sub>O), en natrium (gegeven als Na<sub>2</sub>O).

Monstercode	DS	RAS	OS	N-tot	N-NH <sub>3</sub>	N-org	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	Na <sub>2</sub> O
1 Champost	322	129	193	7,25	0,7	6,6	3,37	9,9	2,5	1,5
2 Champost	340	145	195	8,06	0,7	7,4	4,79	9,8	3,3	1,9
3 Champost (excl. deklaag)	433	184	249	10,4	1	9,4	4,53	13,9	4,1	2
4 Champost	362	172	190	8,05	0,7	7,4	3,62	10,5	3,8	1,3
5 Champost (excl. deklaag)	351	150	201	9,37	1,1	8,3	5,02	13	3,2	2,3
6 Champost	313	138	175	6,97	0,5	6,5	3,66	9,2	2,8	1,5
7 Champost	291	120	171	6,63	0,6	6	3,21	8,4	2,8	1,1
8 Champost	424	204	220	9,32	0,5	8,8	4,49	15,9	3,6	2,4
9 Champost	300	121	179	6,18	0,5	5,7	3,64	6,4	2,7	1,5
10 Champost (excl. deklaag)	377	167	210	8,46	0,7	7,8	4,83	12,2	3,6	1,8
22 Stalmest varken	347	185	162	11	2,8	8,2	12	15,4	4,5	3,6
23 Stalmest varken	217	70	147	6,58	1,1	5,5	9,05	10,7	5	2,6
24 Stalmest Varken	218	48	170	7,59	2,9	4,7	7,81	5,4	3,3	1,6
25 Stalmest varken	199	43	156	5,69	1,8	3,9	5,89	4,6	2,8	0,8
26 Stalmest varken	256	41	215	7,38	3,5	3,9	6,27	4,1	2,3	2
27 Varkensmest	61	19	42	5,66	3,6	2,1	2,91	5,3	1,8	1,5
28 Varkensmest	111	34	77	6,96	3,8	3,2	5,04	6,7	3,5	1,9
29 Varkensmest	10	6	7	2,21	1,8	0,4	0,07	3,6	0,7	0,9
30 Varkensmest	30	13	17	5,39	3,5	1,9	0,66	5,7	0,7	1,6
31 Dikke fractie varken	284	70	214	11,4	4,2	7,2	16	5,3	10,3	1,6
32 Dikke fractie varken	306	73	233	12,8	4,3	8,5	15,7	5,7	8,8	1,6
33 Dikke fractie varken	272	60	212	9,09	4,4	4,7	15,9	4,6	9,6	1,6
34 Gedroogde dikke fractie varken	745	184	561	23,6	4,1	19,5	41,9	15,5	27,5	4,6
35 RDM	111	19	92	4,31	1,6	2,7	1,76	3,1	2	0,8
36 RDM	82	18	64	4,6	2	2,6	1,47	4	1,2	0,9
37 RDM	99	23	76	5,07	2,6	2,5	1,31	6,3	1,3	0,7
38 RDM	67	18	49	4,12	1,8	2,3	1,28	6	1,3	0,7
39 RDM	48	15	33	3,89	2,3	1,6	0,73	7,7	0,8	1,1
40 RDM	104	22	82	4,35	1,8	2,6	1,42	7,6	1,3	0,9
41 RDM	90	18	72	4,19	2	2,2	1,49	4,3	1,8	1,3
42 RDM	76	13	63	3,83	1,8	2	1,03	5,3	1,3	0,8
43 Stalmest rund	281	75	206	8,45	0,6	7,9	5,2	16,1	3,5	2,3
44 Stalmest rund	139	39	100	4,52	1,5	3	2,89	5,5	2,5	0,7
45 Stalmest rund	212	61	151	6,01	3,1	2,9	7,42	6,5	5,1	1,1
46 Digestaat rund (mono)	66	18	48	4,22	2,2	2	1,47	5,7	1,5	0,9
47 Digestaat rund (mono)	68	18	50	4,68	2,4	2,3	1,47	5,9	1,3	1,1
48 Digestaat rund (mono)	76	20	56	5,72	3,2	2,5	1,67	7,1	1,2	0,7
50 Digestaat rund (mono)	90	25	65	5	2,3	2,7	2,91	3,7	3,5	1,3
51 Digestaat rund (mono)	66	15	51	3,8	1,9	1,9	1,03	5,4	1,3	0,8
52 Dikke fractie digestaat rund (mono)	255	38	217	7,29	2,7	4,6	4,37	5,4	3,6	1,2
53 Dikke fractie digestaat rund (mono)	327	61	266	8,53	2,5	6	8,27	4,1	7,6	1,3
56 Dikke fractie rund	523	84	439	11,7	1,3	10,4	7,99	10,2	6,1	1,8
57 Dikke fractie rund	240	31	209	6,44	3	3,4	4,1	4,7	3,2	0,9
58 Digestaat dikke fractie vaste mest	311	103	208	11,3	4,8	6,5	24,3	6,7	10,9	3,6
60 Verhitte gedroogde varkensmest	562	343	219	6,26	0,1	6,2	104	27,3	50,1	7

Monstercode	DS	RAS	OS	N-tot	N-NH <sub>3</sub>	N-org	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	Na <sub>2</sub> O
61 P-arme dikke fractie digestaat	416	39	377	7,18	1,1	6,1	4,72	0,7	2	0,4
62 Dikke fractie digestaat	243	58	185	9,45	4,8	4,7	17,1	4,7	8,1	3,6
63 Stalmest rund	200	43	157	6,05	0,4	5,7	2,34	10,4	2,5	0,7
64 Stalmest rund	234	31	203	4,65	1,2	3,5	1,42	7,6	1,3	1,1
65 Stalmest rund	216	81	135	6,15	1	5,2	2,75	14,7	1,8	1,2
66 Dunne fractie rund	44	15	29	3,96	2,3	1,7	0,73	6,3	1,3	1,1
67 RDM	72	17	55	4,77	2,2	2,6	1,37	6	1,5	0,9
68 Stalmest rund	192	36	156	4,76	0,8	4	1,97	8,3	1,2	0,8
69 Stalmest rund	134	28	106	3,76	0,9	2,9	1,58	7,5	1,2	0,9
70 Vleesvarkensmest	105	25	80	10,3	5,5	4,8	5,31	6,6	3	1,8
71 Zeugenmest	53	17	36	5,08	3,5	1,6	3,57	5,1	2	1,3
72 Dikke fractie varken	298	73	225	9,79	4,2	5,6	19,7	5,5	12,8	1,6
73 Dikke fractie rund	294	49	245	8	1,9	6,1	3,44	6	3,3	0,8
74 Dikke fractie varkensmest	274	58	216	11,8	4,1	7,7	14,7	5,9	8,8	1,8
75 Dunne fractie digestaat rund (mono)	47	18	29	4,25	2,4	1,9	1,19	6	1,2	1,1
76 Dunne fractie digestaat rund (mono)	49	15	34	4,47	2,5	2	1,33	4	1,8	1,5
77 Stalmest rund	168	33	135	4,52	0,5	4	1,6	10	2	0,7
78 Dunne fractie varken	55	17	38	6,9	4,4	2,5	2,45	6,3	1,3	1,9
79 Stalmest rund	307	152	155	4,99	0,9	4,1	2,7	7	1,8	1,6

\*Eurofins Agro methoden, met aanduiding van methode, en eventueel met aanduiding van accreditatie bij RvA (Q):

DM		drogestofgehalte, methode Eurofins Agro (interne aanduiding LDS8)
As	Q	methode Eurofins Agro (interne aanduiding VAS1)
OS		organische stof, berekend op basis van as en dm
N stikstof	Q	conform AP05 (aanduiding MEST-OVB + CFA8)
C/N ratio		berekend op basis van N en organische stof
N-NH <sub>3</sub>		NH <sub>3</sub> uitgedrukt als N, methode Eurofins Agro gebaseerd op NIRS
N-org		organisch N uitgedrukt als N, berekend op basis van N en N-NH <sub>3</sub>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Q	P uitgedrukt als P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , conform AP05 (aanduiding MEST-OVB + CFA8)
K <sub>2</sub> O		K uitgedrukt als K <sub>2</sub> O, methode Eurofins Agro gebaseerd op NIRS
MgO	Q	Mg uitgedrukt als MgO, equivalent met NEN 6966
Na <sub>2</sub> O	Q	Na uitgedrukt als Na <sub>2</sub> O, equivalent met NEN 6966

**Tabel 8** Samenstelling composten in g per kg droge stof tenzij anders vermeld\*. Droge stof (DS in g kg<sup>-1</sup> product), organische stof (OS in %), fosfor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), kalium (gegeven als K<sub>2</sub>O), magnesium (gegeven als MgO), kalk (KZK in %), elektrisch geleidingsvermogen (EC in mS cm<sup>-1</sup>).

Monstercode	DS	OS	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S	MgO	Cl	pH	KZK	EC
11 Groencompost	642	14	6	3,89	6,9	1,1	3	0,81	7,6	0,6	1,14
12 Groencompost	594	37,4	11	4,81	10	1,4	3	0,83	7,4	1,7	1,82
13 Groencompost	678	29,6	7,8	3,66	4,7	1,2	2,5	0,86	7,4	0,9	1,16
14 Groencompost	577	20,6	11,5	5,5	11	2,1	3,8	3,9	7,6	0,9	3,75
15 Groencompost	618	15,1	5,4	3,44	4,8	1,1	2	0,78	7,4	0,5	1,15
16 Gft-compost	645	32,1	12	6,64	11	2,3	6,5	3,2	7,5	2	3,44
17 Gft-compost	571	34,9	13,9	7,1	11	2,7	6	4,4	7,4	1,8	4,35
18 Gft-compost	568	38,8	14,9	7,56	13	2,7	6,6	4,4	7,4	2,1	4,02
19 Gft-compost	697	30,5	14,7	9,62	12	2,6	5,3	4,3	7,3	1,1	4,91
20 Gft-compost	717	30,9	14,1	8,93	12	3,8	5,3	2,9	7,3	1,7	4,76
21 Gft-compost	504	24,8	11,3	9,85	9,2	2,1	5,3	0,52	7,8	3,1	1,27
59 Bokashi diverse materialen	635	10,8	4,1	2,98	3,1	0,7	2	0,75	7,5	0,7	1,17

\*Eurofins Agro methoden, met aanduiding van methode, en eventueel met aanduiding van accreditatie bij RvA (Q):

DM		drogestofgehalte, methode Eurofins Agro (interne aanduiding LDS2)
As	Q	methode Eurofins Agro (interne aanduiding VAS1)
OS	Q	organische stof, berekend op basis van as en dm (interne aanduiding VAS1)
N stikstof	Q	(interne aanduiding REW2)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Q	P hier uitgedrukt als P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (interne aanduiding CFA8)
K <sub>2</sub> O	Q	K hier uitgedrukt als K <sub>2</sub> O equivalent met NEN 6966
S		(interne aanduiding STT6) equivalent met NEN 6966
MgO	Q	Mg uitgedrukt als MgO, (interne aanduiding ICP2) equivalent met NEN 6966
pH-KCl		(interne aanduiding PHK1) equivalent met NEN ISO 10390
KZK		kalk (%) (interne aanduiding CAN6)
EC	Q	elektrisch geleidingsvermogen (interne aanduiding GVM5)

**Tabel 9** Celwandonderzoek aan meststoffen (droge stof in g kg<sup>-1</sup> product, ADF, NDF, ruwe celstof en ADL in g kg<sup>-1</sup> ds)\*.

	Omschrijving monster	DS	ADF	NDF	Ruwe celstof	ADL
1	Champost	302	317	257	112	165
2	Champost	327	293	244	150	157
3	Champost	307	268	199	105	155
4	Champost	323	270	243	90	168
5	Champost	351	246	236	83	141
6	Champost	290	345	256	185	167
7	Champost	280	327	251	104	193
8	Champost	407	215	158	61	118
9	Champost	297	296	255	129	200
10	Champost	336	312	252	103	186
11	Groencompost	658	72	94	27	61
12	Groencompost	609	201	211	100	146
13	Groencompost	655	230	232	82	120
14	Groencompost	572	153	171	53	84
15	Niet aanwezig					
16	Gft-compost	647	210	214	89	140
17	Gft-compost	551	227	228	97	137
18	Gft-compost	559	249	210	105	150
19	Gft-compost	732	184	137	51	122
20	Gft-compost	753	151	162	74	105
21	Gft-compost	515	151	119	63	92
22	Stalmest varkens	380	195	214	77	98
23	Stalmest varkens	236	290	443	195	101
24	Stalmest varkens	166	319	481	198	90
25	Stalmest varkens	142	388	509	237	121
26	Stalmest varkens	210	395	508	271	133
27	Onbehandeld varkens	53	253	319	186	122
28	Onbehandeld varkens	101	315	412	228	139
29	Onbehandeld varkens					
30	Onbehandeld varkens	28	323	102	66	26
31	Dikke fractie gescheiden	264	417	MIS	254	193
32	Dikke fractie gescheiden	286	357	422	218	136
32	Dikke fractie gescheiden	255	369	526	289	147
34	Gedroogde dikke fractie	744	482	529	238	186
35	Onbehandelde rundmest	109	383	499	293	108
36	Onbehandelde rundmest	60	318	387	192	99
37	Onbehandelde rundmest	95	320	466	270	124
38	Onbehandelde rundmest	62	307	373	204	160
39	Onbehandelde rundmest	48	210	171	59	127
40	Onbehandelde rundmest	86	355	460	232	101
41	Onbehandelde rundmest	84	268	395	203	107
42	Onbehandelde rundmest	65	368	445	221	112
43	Stalmest rund	241	352	400	149	235
44	Stalmest rund	115	MIS	384	172	89
45	Stalmest rund	198	378	487	242	162
46	Digestaat Rund	64	388	404	227	152
47	Digestaat Rund	65	322	358	208	136
48	Digestaat Rund	67	336	353	226	147
49	Niet aanwezig					
50	Digestaat Rund	79	391	405	249	160
51	Digestaat Rund	66	345	419	257	153
52	Dikke fractie gescheiden	227	492	653	341	206
53	Dikke fractie gescheiden	302	493	MIS	332	273
54	Niet aanwezig					
55	Niet aanwezig					
56	Dikke fractie rundermest	457	480	558	MIS	175

	Omschrijving monster	DS	ADF	NDF	Ruwe celstof	ADL
57	Dikke fractie gescheiden	191	464	589	275	171
58	Digestaat dikke vast	301	346	386	189	160
59	Bokashi diverse	529	104	120	42	66
60	Verhitte/gedroogde dikke fractie VDM	571	276	300	209	270
61	Org.stof rijk P-arm	340	568	704	365	298
62	Org.stof rijk normaal	229	414	541	273	175
62	Stalmest rund	262	547	640	373	203
64	Stalmest rund	220	469	618	340	138
65	Vast rund	202	469	391	227	194
66	Dunne fractie gescheiden	41	257	153	91	55
67	Onbehandelde rundermest	62	326	394	189	140
68	Vaste stal potstal	152	362	252	261	98
69	Vast stal Helling	122	336	499	243	99
70	Vleesvarkensmest	96	311	413	168	111
71	Zeugenmest	50	235	306	150	100
72	Dikke fractie varkens	289	508	563	308	209
73	Dikke fractie rundermest	242	519	576	299	243
74	Dikke fractie gescheiden	253	397	505	234	172
75	Digestaat Rund dunne fractie	47	315	153	96	103
76	Digestaat Rund dunne fractie	49	310	280	173	132
77	Vast rundmest	147	477	538	294	161
78	Dunne fractie varkens	62	339	369	157	124
79	Stalmest rund en paard	278	284	278	148	152

\*Eurofins Agro methoden, met aanduiding van methode, en eventueel met aanduiding van accreditatie bij RvA (Q).

Parameter	Eenheid	RvA*	Methode
Drogestofgehalte	g kg <sup>-1</sup> product	Q	DST5, eigen methode
ADF (acid detergent fibre)	g kg <sup>-1</sup> ds	Q	ADF1, Eigen methode
NDF (neutral detergent ligine)	g kg <sup>-1</sup> ds	Q	NDF1, Eigen methode
Ruwe celstof	g kg <sup>-1</sup> ds	Q	RCS2, NEN-EN-ISO 6865
ADL (acid detergent ligine)	g kg <sup>-1</sup> ds	Q	ADL1, eigen methode

## Bijlage 3 Samenstelling meststoffen in vergelijking tot landelijke gemiddelden

**Tabel 10** Vergelijking gemiddelde samenstelling mestmonsters\* met landelijke gemiddelde samenstelling van organische meststoffen (NL) (CBGV, 2012) in gram per kg product.

Categorie	NL of aantal monsters in dit onderzoek	Droge stof	Org. stof	N-tot	Nmin	Norg	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	Na <sub>2</sub> O
<b>Dunne mest</b>										
Rundvee	NL	92	71	4	1,9	2,1	1,5	5,4	1,2	0,8
rundvee	9	83 (20)	65 (18)	4 (0)	2 (0,3)	2,3 (0,4)	1,3 (0,3)	5,6 (1,6)	1,4 (0,3)	0,9 (0,2)
Vleesvarken	NL	107	79	7	3,7	3,3	3,9	4,7	1,5	1,2
Zeugen	NL	67	25	5	3,3	1,7	3,5	4,9	1,4	0,9
Varken	6	62 (40)	43 (30)	6 (3)	3,6 (1,2)	2,3 (1,5)	2,9 (2,2)	5,5 (1,1)	2 (1,2)	1,5 (0,4)
<b>Vaste mest</b>										
Rundvee	NL	267	155	7,7	1,1	6,6	4,3	8,8	4,1	1,1
Rundvee	9	197 (46)	150 (37)	5 (1)	1,1 (0,8)	4,3 (1,7)	3 (2)	9,6 (3,6)	2,3 (1,3)	1,1 (0,5)
Varken	NL	260	153	7,9	2,6	5,3	7,9	8,5	2,5	0,9
Varken	5	247 (59)	170 (27)	8 (2)	2,4 (1)	5,2 (1,8)	8,2 (2,5)	8 (4,9)	3,6 (1,1)	2,1 (1,1)
Champost	NL	336	211	7,6	0,4	7,2	4,5	10	2,3	0
Champost	7	336 (46)	189 (17)	7 (1)	0,6 (0,1)	6,9 (1)	3,8 (0,6)	10 (2,9)	3,1 (0,5)	1,6 (0,4)
<b>Compost</b>										
Gft-compost	NL	696	242	8,9	0,8	8,1	4,4	7,9	3,3	
Gft-compost	6	617 (83)	198(37)	8 (2)			5,1 (1,2)	7,1 (1,5)	1,7 (0,5)	
Groencompost	NL	599	179	5	0,5	4,5	2,2	4,2	1,8	
Groencompost	5	622 (40)	145 (62)	5 (2)			2,6 (0,4)	4,6 (1,5)	0,8 (0,2)	

\*met tussen haakjes de standaarddeviatie.

## Bijlage 4 Validatiemethode

Voor de validatie van de methodiek voor het bepalen van de humificatiecoëfficiënt is er een drietal experimentele monsters opgenomen waarbij de C-gift per kg grond is verhoogd, te weten 5 en 7 g C/kg. Deze zijn vergeleken met de monsters met de C-gift die in de proef is toegepast, 3 g C/kg. De bepaling van de humificatiecoëfficiënt zou onafhankelijk moeten zijn van de C-gift per kg. De volgende, willekeurig gekozen, monsters zijn in dit experiment opgenomen:

- Gft-compost
- Onbehandelde rundermest (RDM)
- Dikke fractie rundermest

Onderstaande tabel geeft de flux weer voor elk monster. Voor gft-compost en onbehandelde RDM is er geen duidelijk effect van de C-gift op de humificatiecoëfficiënt. Bij de dikke fractie gescheiden rundermest neemt de humificatiecoëfficiënt toe bij hogere giften. De potentiële oorzaak hiervoor is (naast meetfouten): voor afbraak bodemorganische stof is enige mest nodig ('priming effect') (Fangueiro et al., 2007), zodat de relatief hoge flux (en lage humificatiecoëfficiënt) bij de lage toevoeging deels bodemorganische stof is, naast CO<sub>2</sub> van dierlijke mest. Onduidelijk is echter waarom dat niet optreedt bij de andere twee meststoffen.

**Tabel 11** Humificatiecoëfficiënt zoals bepaald bij verschillende hoeveelheden meststof per kg grond (monster 16, 35, 56 uit Bijlage 2 en 5).

	<b>Toevoeging</b> <b>g C kg<sup>-1</sup> grond</b>	<b>Flux*</b> <b>g C kg<sup>-1</sup> grond</b>	<b>HC</b> <b>-</b>
Gft-compost	3	0,13	0,92 (±0,02)
	5	0,28	0,90 (±0,03)
	7	0,38	0,88 (±0,01)
Onbehandelde rundermest (RDM)	3	0,73	0,58 (±0,001)
	5	1,23	0,55 (±0,05)
	7	1,65	0,59 (±0,04)
Dikke fractie gescheiden rundermest	3	0,72	0,57 (±0,05)
	5	1,17	0,60 (±0,03)
	7	1,02	0,78 (±0,03)

\*gecorrigeerd voor blanco.

# Bijlage 5 Humificatiecoëfficiënten en de daarvoor gebruikte variabelen in 'two pool'-model

**Tabel 12** Berekende humificatiecoëfficiënt (HC) per proefmonster (elke monster is in duplo geïncubeerd) en gebruikte mestgift per proefmonster, constanten 'two pool'-model (f-waarde, afbraakconstanten  $k_1$  en  $k_2$ , bij 9°C), 'goodness of fit' ( $R^2$ , RMSE), cumulatieve  $\text{CO}_2^-$  (g C  $\text{kg}^{-1}$  grond) en  $\text{N}_2\text{O}$ -emissie (mg N  $\text{kg}^{-1}$  grond) na 92 dagen (ongecorrigeerd voor blanco, blanco in laatste rij).

Monstercode	Gift gram C $\text{kg}^{-1}$ grond	Gift gram product $\text{kg}^{-1}$ grond	f	$k_1$	$k_2$	$R^2$	RMSE	HC	$\text{CO}_2$	$\text{N}_2\text{O}$
1 Champost	3	31	0,93	0,0002509	0,08973	0,98	0,52	0,85	0,51	0,4
1 Champost	3	31	0,98	0,00044	0,1463	0,97	0,22	0,93	0,39	0,3
2 Champost	3	31	0,95	0,0002672	0,097676	0,99	0,21	0,86	0,49	0,4
2 Champost	3	31	0,97	0,000442	0,116595	1,00	0,17	0,82	0,56	0,3
3 Champost (excl. deklaag)	3	24	0,94	5,405E-07	0,537514	0,99	0,15	0,94	0,38	0,3
3 Champost (excl. deklaag)	3	24	0,93	0,0003631	0,032595	0,98	0,53	0,82	0,60	0,4
4 Champost	3	32	0,95	0,0002964	0,086811	1,00	0,18	0,85	0,50	0,5
4 Champost	3	32	0,97	0,0006005	0,103189	0,98	0,50	0,78	0,61	0,3
5 Champost (excl. deklaag)	3	30	0,92	9,059E-05	0,030935	0,99	0,33	0,89	0,49	0,4
5 Champost (excl. deklaag)	3	30	0,94	0,0004298	0,031216	0,99	0,33	0,80	0,62	0,2
6 Champost	3	34	0,87	5,405E-07	0,020465	0,99	0,44	0,87	0,57	0,6
6 Champost	3	34	0,97	0,0006189	0,091081	0,98	0,52	0,77	0,61	0,3
7 Champost	3	35	0,94	0,0004824	0,052243	0,99	0,40	0,79	0,57	0,3
7 Champost	3	35	0,96	0,0004875	0,083189	1,00	0,26	0,80	0,60	0,2
8 Champost	3	27	0,94	0,0004002	0,030773	1,00	0,18	0,82	0,54	0,6
8 Champost	3	27	0,97	0,0010178	0,056324	1,00	0,29	0,67	0,77	0,4
9 Champost	3	34	0,85	5,405E-07	0,016622	1,00	0,30	0,85	0,59	0,6
9 Champost	3	34	0,97	0,0005223	0,073676	0,99	0,31	0,81	0,56	0,2
10 Champost (excl. deklaag)	3	29	x	x	X	x	x		0,19	0,3
10 Champost (excl. deklaag)	3	29	x	x	X	x	x		0,26	0,1
11 Groencompost	3	67	x	x	X	x	x		0,27	0,2
11 Groencompost	3	67	x	x	X	x	x		0,25	0,2
12 Groencompost	3	27	0,93	5,405E-07	0,012627	0,99	0,22	0,93	0,39	0,3
12 Groencompost	3	27	0,89	5,405E-07	0,006573	0,98	0,36	0,90	0,48	0,2
13 Groencompost	3	30	1,00	0,0003743	0,000385	0,88	0,91	0,87	0,40	0,2
13 Groencompost	3	30	1,00	0,0005784	0,000638	0,85	1,62	0,81	0,58	0,2
14 Groencompost	3	50	1,00	3,449E-05	3,54E-05	0,69	0,17	0,99	0,25	0,3
14 Groencompost	3	50	x	x	X	x	x		0,29	0,3
15 Groencompost	3	64	0,62	7,216E-07	0,001461	0,98	0,49	0,84	0,45	0,4
15 Groencompost	3	64	0,76	0,0008551	6,26E-06	0,97	0,72	0,80	0,54	0,4
16 Gft-compost	3	29	0,89	5,405E-07	0,005497	0,96	0,54	0,91	0,39	0,3
16 Gft-compost	3	29	0,99	0,0001939	0,000194	0,91	0,40	0,93	0,37	0,2
17 Gft-compost	3	30	0,64	5,405E-07	0,001744	0,99	0,36	0,83	0,47	0,6
17 Gft-compost	3	30	0,82	5,405E-07	0,000355	0,99	0,36	0,98	0,49	0,4
18 Gft-compost	3	27	0,80	1,163E-06	0,002089	0,97	0,41	0,89	0,39	0,6
18 Gft-compost	3	27	0,91	5,405E-07	0,007838	1,00	0,14	0,91	0,46	0,4
19 Gft-compost	3	28	0,94	0,000308	0,01247	1,00	0,06	0,84	0,49	0,3
19 Gft-compost	3	28	0,94	0,0006086	0,032751	1,00	0,19	0,75	0,70	1,0
20 Gft-compost	3	27	0,88	5,405E-07	0,004221	1,00	0,12	0,91	0,39	0,3
20 Gft-compost	3	27	0,91	5,611E-06	0,00847	0,99	0,22	0,91	0,47	0,2
21 Gft-compost	3	48	0,99	0,0001803	0,000182	0,76	0,70	0,94	0,32	0,0

Monstercode	Gift gram C kg <sup>-1</sup> grond	Gift gram product kg <sup>-1</sup> grond	f	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	R <sup>2</sup>	RMSE	HC	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O
21 Gft-compost	3	48	1,00	0,000123	0,000106	0,65	0,65	0,96	0,34	0,1
22 Stalmest varken	3	37	1,00	0,0011784	0,001554	0,97	1,31	0,65	0,72	6,7
22 Stalmest varken	3	37	0,83	0,0012805	0,001284	0,97	1,39	0,63	0,87	7,1
23 Stalmest varken	3	41	0,79	5,405E-07	0,010659	0,99	0,50	0,79	0,70	2,1
23 Stalmest varken	3	41	0,68	5,405E-07	0,007881	1,00	0,60	0,70	0,90	2,5
24 Stalmest varken	3	35	0,87	0,0002541	0,026622	0,99	0,46	0,79	0,68	0,4
24 Stalmest varken	3	35	0,86	0,0006946	0,048654	0,99	0,84	0,67	0,91	0,8
25 Stalmest varken	3	38	0,86	0,0005449	0,023751	1,00	0,33	0,71	0,79	1,1
25 Stalmest varken	3	38	0,92	0,0009449	0,051897	1,00	0,30	0,65	0,87	1,4
26 Stalmest varken	3	28	0,53	5,405E-07	0,005077	1,00	0,68	0,61	0,94	0,4
26 Stalmest varken	3	28	0,89	0,0008903	0,024497	0,99	0,65	0,64	0,90	0,6
27 VDM	3	143	0,75	0,0007422	0,022784	1,00	0,14	0,57	1,13	15,2
27 VDM	3	143	0,84	0,0005681	0,025081	1,00	0,35	0,68	0,91	13,2
28 VDM	3	78	0,80	0,0012362	0,034897	1,00	0,17	0,51	1,17	47,3
28 VDM	3	78	0,84	5,405E-07	0,011903	1,00	0,20	0,84	0,66	12,1
29 VDM	0.4	114	0,72	0,0094	0,151514	0,99	2,28	0,02	0,55	13,4
29 VDM	0.4	114	0,95	0,0002863	0,054054	0,80	1,26	0,85	0,31	2,8
30 VDM	1.2	141	0,53	0,0251351	0,002328	1,00	0,80	0,20	0,96	9,9
30 VDM	1.2	141	0,68	0,0010914	0,018973	1,00	0,80	0,46	0,73	8,7
31 Dikke fractie varken	3	28	0,79	5,405E-07	0,010908	0,99	0,52	0,79	0,70	0,6
31 Dikke fractie varken	3	28	0,78	5,405E-07	0,008514	1,00	0,44	0,79	0,74	1,0
32 Dikke fractie varken	3	26	0,86	0,0002292	0,015805	1,00	0,41	0,79	0,68	0,9
32 Dikke fractie varken	3	26	0,91	0,0006611	0,017049	1,00	0,37	0,72	0,76	0,8
33 Dikke fractie varken	3	28	0,78	5,405E-07	0,006578	0,99	0,64	0,80	0,62	0,6
33 Dikke fractie varken	3	28	0,80	7,881E-07	0,006227	0,98	0,62	0,82	0,62	0,6
34 Gedroogde dikke fractie varken	3	11	0,89	0,0003144	0,016957	1,00	0,21	0,80	0,63	0,2
34 Gedroogde dikke fractie varken	3	11	0,95	0,0008443	0,057784	1,00	0,29	0,70	0,77	0,3
35 Rundermest	3	65	0,86	0,0010595	0,039465	1,00	0,50	0,58	0,98	0,2
35 Rundermest	3	65	0,89	0,0011503	0,039249	1,00	0,62	0,58	0,99	1,2
36 Rundermest	3	94	0,90	0,0010205	0,061189	1,00	0,40	0,62	0,87	0,8
36 Rundermest	3	94	0,87	0,0003225	0,035978	1,00	0,27	0,78	0,74	1,1
37 Rundermest	3	79	0,96	0,0019319	0,115784	1,00	0,67	0,48	1,08	0,6
37 Rundermest	3	79	0,94	0,001013	0,077892	0,99	0,57	0,65	0,85	1,9
38 Rundermest	3	122	0,95	0,0010703	0,067676	1,00	0,30	0,64	0,79	1,6
38 Rundermest	3	122	0,93	0,0005632	0,03587	1,00	0,25	0,76	0,70	2,3
39 Rundermest	2.4	145	0,89	0,0003215	0,062162	0,99	0,40	0,79	0,57	7,7
39 Rundermest	2.4	145	0,90	0,0012254	0,001225	0,90	2,06	0,64	0,75	8,0
40 Rundermest	3	73	0,91	0,0015535	0,064811	1,00	0,50	0,52	1,04	1,1
40 Rundermest	3	73	0,91	0,0012416	0,036303	1,00	0,21	0,58	0,99	1,5
41 Rundermest	3	83	0,89	0,0008081	0,089676	1,00	0,12	0,66	0,84	0,6
41 Rundermest	3	83	0,94	0,0004738	0,102541	0,99	0,35	0,79	0,63	0,4
42 Rundermest	3	95	0,94	0,0015859	0,116486	1,00	0,40	0,52	1,01	1,0
42 Rundermest	3	95	0,94	0,0010476	0,107784	1,00	0,43	0,64	0,87	0,6
43 Stalmest rund	3	29	0,80	5,405E-07	0,007768	0,99	0,40	0,81	0,62	0,6
43 Stalmest rund	3	29	0,78	0,0010005	5,48E-06	0,97	0,74	0,76	0,59	0,1
44 Stalmest rund	3	60	0,87	0,0009616	0,071243	0,99	0,81	0,62	0,90	0,8
44 Stalmest rund	3	60	0,87	0,0010897	0,053124	1,00	0,17	0,59	1,02	1,1
45 Stalmest rund	3	40	0,73	0,0017341	5,41E-07	0,97	1,10	0,66	0,70	0,4
45 Stalmest rund	3	40	0,99	0,0017103	0,001745	0,95	2,20	0,54	0,92	0,4
46 Digestaat rund (mono)	3	125	0,92	0,0002772	0,039924	0,99	0,36	0,83	0,55	0,9
46 Digestaat rund (mono)	3	125	0,92	5,134E-05	0,026092	1,00	0,09	0,91	0,50	0,8
47 Digestaat rund (mono)	3	120	0,91	0,0007438	0,042249	1,00	0,19	0,69	0,76	12,7
47 Digestaat rund (mono)	3	120	0,89	0,0001481	0,026697	1,00	0,19	0,84	0,65	8,9
48 Digestaat rund (mono)	3	107	0,89	0,000525	0,04027	1,00	0,22	0,73	0,74	18,4

Monstercode	Gift gram C kg <sup>-1</sup> grond	Gift gram product kg <sup>-1</sup> grond	f	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	R <sup>2</sup>	RMSE	HC	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O
48 Digestaat rund (mono)	3	107	0,91	0,0002426	0,034935	1,00	0,24	0,83	0,63	21,0
50 Digestaat rund (mono)	3	92	0,93	0,0002681	0,040422	1,00	0,16	0,84	0,53	2,2
50 Digestaat rund (mono)	3	92	0,97	0,0005365	0,080108	0,99	0,38	0,80	0,60	2,1
51 Digestaat rund (mono)	3	118	0,90	0,0002495	0,045605	1,00	0,14	0,82	0,60	1,1
51 Digestaat rund (mono)	3	118	0,94	3,105E-05	0,057568	0,99	0,32	0,93	0,56	0,7
52 Dikke fractie digestaat rund (mono)	3	28	0,98	0,0025773	0,002868	0,97	2,44	0,39	1,12	0,8
52 Dikke fractie digestaat rund (mono)	3	28	0,69	5,405E-07	0,005995	0,97	1,43	0,72	0,79	0,3
53 Dikke fractie digestaat rund (mono)	3	23	0,79	5,703E-06	0,008681	0,99	0,55	0,79	0,66	0,9
53 Dikke fractie digestaat rund (mono)	3	23	0,62	5,405E-07	0,00693	0,97	1,64	0,65	0,94	0,7
56 Dikke fractie rund	3	14	0,65	0,0034189	5,41E-07	0,99	1,19	0,53	0,98	0,5
56 Dikke fractie rund	3	14	0,52	5,405E-07	0,004957	0,97	1,78	0,60	0,97	0,5
57 Dikke fractie rund	3	29	0,66	0,0040497	5,41E-07	0,96	2,47	0,49	1,06	0,6
57 Dikke fractie rund	3	29	0,79	0,0025924	5,41E-07	0,99	1,22	0,52	1,01	0,6
58 Digestaat dikke fractie vaste mest	3	29	0,76	5,405E-07	0,009238	1,00	0,43	0,76	0,74	3,8
58 Digestaat dikke fractie vaste mest	3	29	0,81	5,405E-07	0,012227	0,99	0,56	0,81	0,73	2,9
59 Bokashi van div. mat.	2	370	0,55	5,405E-07	0,005212	1,00	0,61	0,62	0,70	2,6
59 Bokashi van div. mat.	2	370	0,74	5,405E-07	0,009973	1,00	0,51	0,74	0,66	4,6
60 Verhitte gedroogde dikke fractie VDM	3	27	x	x	x	x	x		0,23	0,5
60 Verhitte gedroogde dikke fractie VDM	3	27	x	x	x	x	x		0,29	0,7
61 P-arme dikke fractie digestaat	3	16	0,99	0,0025643	0,00254	0,98	1,80	0,39	1,15	-0,3
61 P-arme dikke fractie digestaat	3	16	0,52	5,405E-07	0,006276	0,97	2,12	0,57	1,08	-0,4
62 Dikke fractie digestaat	3	32	0,84	5,405E-07	0,010438	0,99	0,54	0,84	0,58	0,0
62 Dikke fractie digestaat	3	32	0,80	5,405E-07	0,0094	0,99	0,59	0,81	0,70	0,2
63 Stalmest rund	3	38	0,67	5,405E-07	0,011595	0,99	0,80	0,67	0,99	0,2
63 Stalmest rund	3	38	0,54	0,0060973	5,41E-07	0,99	1,03	0,52	1,20	1,2
64 Stalmest rund	3	30	0,70	5,405E-07	0,007751	1,00	0,38	0,72	0,80	0,7
64 Stalmest rund	3	30	0,51	0,0049595	5,41E-07	0,99	1,13	0,57	1,03	1,4
65 Stalmest rund	3	44	0,61	5,405E-07	0,006616	1,00	0,45	0,64	0,94	-0,1
65 Stalmest rund	3	44	0,69	5,405E-07	0,005665	0,99	0,59	0,73	0,79	-0,1
66 Dunne fractie rund	2.1	145	0,82	0,000326	0,063351	1,00	0,34	0,73	0,64	8,1
66 Dunne fractie rund	2.1	145	0,89	0,0005578	0,065027	1,00	0,38	0,72	0,64	8,6
67 Rundermest	3	109	0,89	0,0008422	0,046184	1,00	0,29	0,66	0,83	3,4
67 Rundermest	3	109	0,91	0,0012416	0,045903	1,00	0,46	0,58	1,02	5,6
68 Stalmest rund	3	38	0,91	0,0108108	0,032746	1,00	0,98	0,02	2,55	12,9
68 Stalmest rund	3	38	0,77	0,0007773	0,022735	1,00	0,33	0,58	1,14	0,6
69 Stalmest rund	3	57	0,89	0,0020016	0,034724	1,00	0,67	0,43	1,20	0,9
69 Stalmest rund	3	57	0,88	0,0006562	0,035308	1,00	0,25	0,70	0,84	0,2
70 Vleesvarkensmest	3	75	0,86	0,0007897	0,030243	1,00	0,38	0,64	0,90	34,6
70 Vleesvarkensmest	3	75	0,86	0,0008076	0,019303	1,00	0,33	0,64	0,93	41,3
71 Zeugenmest	2.6	144	0,85	0,0007249	0,034924	1,00	0,35	0,65	0,80	11,2
71 Zeugenmest	2.6	144	0,94	0,0007968	0,063405	1,00	0,37	0,70	0,70	9,8
72 Dikke fractie varken	3	27	0,79	6,346E-07	0,006195	1,00	0,19	0,81	0,59	1,2
72 Dikke fractie varken	3	27	0,83	5,405E-07	0,008486	1,00	0,20	0,84	0,62	1,1
73 Dikke fractie rund	3	24	0,97	0,0014459	0,052568	1,00	0,50	0,57	0,87	0,4
73 Dikke fractie rund	3	24	0,55	5,405E-07	0,007092	0,98	1,48	0,59	1,08	0,5
74 Dikke fractie varken	3	28	0,83	0,0001932	0,010557	1,00	0,32	0,78	0,69	1,6
74 Dikke fractie varken	3	28	0,78	5,405E-07	0,009854	1,00	0,29	0,78	0,77	2,1
75 Dunne fractie digestaat rund (mono)	2.1	145	0,92	0,0009259	0,076649	1,00	0,15	0,66	0,63	11,2
75 Dunne fractie digestaat rund (mono)	2.1	145	0,90	0,0009086	0,041032	1,00	0,33	0,65	0,71	9,2
76 Dunne fractie digestaat rund (mono)	2.5	147	0,86	0,0003256	0,0428	0,99	0,44	0,77	0,64	8,7
76 Dunne fractie digestaat rund (mono)	2.5	147	0,89	0,0002248	0,025903	1,00	0,21	0,82	0,59	7,3
78 Dunne fractie varken	2.8	147	0,87	0,0009232	0,061135	1,00	0,38	0,62	0,87	22,8
78 Dunne fractie varken	2.8	147	0,92	0,0012584	0,076703	1,00	0,27	0,58	0,92	24,1
79 Stalmest rund	3	39	0,81	5,405E-07	0,010503	1,00	0,38	0,81	0,66	2,5

Monstercode	Gift gram C kg <sup>-1</sup> grond	Gift gram product kg <sup>-1</sup> grond	f	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	R <sup>2</sup>	RMSE	HC	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O
79 Stalmest rund	3	39	0,68	5,405E-07	0,007627	0,99	0,63	0,70	0,89	2,4
Glucose	3	6	0,68	0,0007141	0,096486	0,99	1,44	0,53	1,30	1,0
Glucose	3	6	0,68	0,0007989	0,116919	0,99	0,86	0,51	1,37	0,9
Tarwestro	3	7	0,82	0,0007605	0,058108	1,00	0,57	0,62	0,99	0,4
Tarwestro	3	7	0,83	0,0012086	0,05827	1,00	0,71	0,54	1,14	0,4
16 Gft-compost	5	48	0,92	5,405E-07	0,009578	1,00	0,08	0,92	0,51	0,3
16 Gft-compost	5	48	0,99	0,0003272	0,036497	1,00	0,11	0,88	0,56	0,3
16 Gft-compost	7	68	0,52	0,0003221	0,000322	0,97	0,34	0,89	0,60	0,3
16 Gft-compost	7	68	0,77	0,0003686	0,000366	0,99	0,20	0,87	0,66	0,3
35 Rundermest	5	109	0,91	0,0011881	0,074378	1,00	0,32	0,59	1,40	1,1
35 Rundermest	5	109	0,96	0,0017103	0,099135	1,00	0,46	0,51	1,57	0,8
35 Rundermest	7	152	0,86	0,0008951	0,049427	1,00	0,48	0,62	1,86	8,2
35 Rundermest	7	152	0,96	0,0014676	0,130595	0,99	0,99	0,56	1,95	1,1
56 Dikke fractie rund	5	23	0,75	0,0015341	0,001534	0,93	2,18	0,57	1,43	0,7
56 Dikke fractie rund	5	23	0,55	5,405E-07	0,005106	0,98	1,40	0,62	1,41	0,7
56 Dikke fractie rund	7	32	0,80	5,405E-06	0,009449	0,97	1,10	0,80	1,18	0,8
56 Dikke fractie rund	7	32	0,73	5,405E-07	0,005995	1,00	0,28	0,76	1,37	0,8
Blanco (16 monsters)									0,25	0,2

## Bijlage 6      Vergelijking met andere humificatiecoëfficiënten

**Tabel 13**      *Vergelijking data uit deze studie en Handboek Bodem en Bemesting (CBAV, 2019): samenstelling per categorie mest, aantal mestmonsters (n\*\*), organische stof (OS), humificatiecoëfficiënten (HC's), effectieve organische stof (EOS) en de verhouding EOS/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (tussen haakjes de standaarddeviatie). Alles in gram kg<sup>-1</sup> vers product, behalve HC (-) en EOS/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in kg/kg.*

Mestcode	n	OS	HC**	EOS	EOS/P2O5	ref
Champost	7	189 (17)	0,82 (0,04)	160 (11)	42 (4)	deze studie
		211	0,5	106	24	handboek
Groencompost	5	145 (62)	0,91 (0,08)	130 (53)	49 (18)	deze studie
		179	0,9	161	73	handboek
Gft-compost	6	198 (37)	0,90 (0,05)	174 (30)	35 (10)	deze studie
		242	0,9	218	50	handboek
Stalmest varkensmest	5	170 (27)	0,68 (0,05)	121 (13)	16 (5)	deze studie
		153	0,33	50	6	handboek
VDM	6	43 (30)	0,56 (0,15)	30 (23)	16 (14)	deze studie
Drijfmest vleesvarkens		79	0,33	26	7	handboek
Drijfmest zeugen		25	0,34	9	2	handboek
RDM	9	65 (18)	0,64 (0,07)	45 (11)	34 (4)	deze studie
RDM		71	0,7	50	33	handboek
Stalmest rundermest	9	150 (37)	0,60 (0,14)	91 (50)	36 (28)	deze studie
Rundvee grupstal		155	0,7	109	25	handboek

**Tabel 14**      *Humificatiecoëfficiënten uit andere incubatie-experimenten (n is aantal monsters).*

Meststof	n	HC	ref
Gft-compost	3	0,93 ± 0,01	(Postma & Ros, 2016)*
Groencompost	3	0,89 ± 0,03	
Stalmest	1	0,78	
Digestaat	1	0,94	
Bermgras	1	0,56	
Stro (+N)	1	0,67	
Broccolicompost preicompost	2	0,89	(Groenigen & Zwart, 2007)
Wormenmest	1	0,93	
Hooi	1	0,49	
Stro (+N)	1	0,43	
Potstalmest	2	0,72	(Van den Burgt et al., 2011)
Natuurcompost	2	0,90	
Gft-compost	2	0,86	
RDM-digestaat	2	0,79	
Runderdrijfmest (RDM)	2	0,76	
RDM-digestaat dikke fractie	2	0,78	
VDM-digestaat	2	0,70	
Varkensdrijfmest (VDM)	2	0,67	
VDM-digestaat dikke fractie	2	0,76	
Ruw digestaat	3	0,80	(VLACO, 2015)***
Biothermisch gedroogde OBA mest	2	0,85	
Gedroogd digestaat	4	0,88	
Stro	3	0,27 ± 0,01	(Reinhold et al., 2016)*
Rottemist (vaste mest)	2	0,59 ± 0,01	
Gecomposteerde vaste mest	1	0,78	
RDM (rindergulle)	1	0,32	
Compost (Frischcompost)	4	0,82 ± 0,04	

Meststof	n	HC	ref
Compost (Fertigcompost)	5	0,91 ±0,03	
Digestaat (flussigens garproduct)	4	0,68 ±0,08	
Vaste fractie digestaat (festes garproduct)	2	0,83 ±0,16	
Biochar (pflanzenkohle)	3	0,79 ±0,28	
RDM	15	0,38 ±0,09	(CDM, 2017)

\* bij een zand- en een kleigrond.

\*\* geen HC; fractie C die na incubatieperiode van 200 dagen nog niet in CO<sub>2</sub> was omgezet, geen temperatuurcorrectie.

\*\*\* na 32 weken, geen temperatuurcorrectie.

## Bijlage 7      Vergelijking lab met veld

**Tabel 15**      *Vergelijking EOS van Nederlandse handboek, met dit onderzoek en met Duitse 'humusequivalenten'\* (VDLUFA, 2014) (in gram kg<sup>-1</sup> ds). Voor de vergelijking van verschillende meststoffen is alles uitgedrukt per kg ds.*

Meststof	Handboek CBAV	Deze studie	Duitsland VDLUFA (2 x Häq)
Onbehandeld rundermest (RDM)	543	543	270
Onbehandelde varkensmest (VDM)	-	428	
Drijfmest vleesvarkens	243	-	
Drijfmest zeugen	143	-	
Vaste mest runderen	408	507	273
Vaste mest varken	192	493	
Gft-compost	313	284	233
Groencompost	269	210	

\* humus equivalenten (1 kg Häq= 1 kg C) omgerekend naar gemiddelde drogestofgehaltes van Nederlandse meststoffen en omgerekend van C naar organische stof (OS) met factor 2.

## Bijlage 8 Analyse grond na incubatie

**Tabel 16** Analyse grond na incubatie-experiment (PAE methode Eurofins Agro: P, K, Mg, Na, S in mg kg<sup>-1</sup> soil, NO<sub>3</sub> and NH<sub>4</sub> in mg N kg<sup>-1</sup> soil, B, Cu, Mn, Co, Zn, Se in ug kg<sup>-1</sup> soil). Zie methoden in Bijlage 1.

Monstercode	P	K	Mg	Na	B	Cu	Mn	Co	Zn	S	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Se
0 Blanco grond	2	42	123	7	76	21	2230	2.6	640	1	9.5	1.3	3.2
1 Champost	4.9	230	141	34	124	47	2260	3.9	800	151	104	6.9	3.9
2 Champost	4.4	283	152	39	131	56	1880	2.8	620	172	137	5	4.1
3 Champost (excl. deklaag)	3.8	164	134	20	118	45	2240	3.3	780	109	87	8.2	3.5
4 Champost	5.1	258	141	28	103	41	2190	3.8	610	154	89	4.2	4.1
5 Champost (excl. deklaag)	3.7	298	145	45	122	33	2090	2.7	690	158	98	4.4	3.4
6 Champost	3.8	229	139	32	126	39	1780	2.6	520	144	92	3.9	3.6
7 Champost	3.7	241	134	25	119	37	1890	2.8	550	132	96	4.9	4
8 Champost	4	233	133	36	127	53	2240	3	720	181	99	5.8	3.3
9 Champost	4.1	217	136	33	102	44	1880	2.8	540	125	99	5.6	3.4
10 Champost (excl. deklaag)	2.6	41	116	7	92	38	2150	3.1	710	10	66	8	3.3
11 Groencompost	2.9	124	130	21	169	37	1550	2.6	500	16	69	3.9	3.1
12 Groencompost	2.9	103	121	9	154	37	1620	2.8	570	9	65	4.4	3.1
13 Groencompost	2.9	78	123	14	153	25	1680	2.6	530	10	58	6.8	3.4
14 Groencompost	3.9	202	132	39	190	37	1730	2.6	380	21	63	5.1	3.8
15 Groencompost	3.1	124	131	19	187	35	1810	2.7	580	16	77	8.5	3
16 Gft-compost	4.3	157	134	34	162	43	1690	2.7	450	19	138	9.4	3.4
17 Gft-compost	4.1	181	143	53	186	43	1570	3.1	500	25	121	4.7	3.2
18 Gft-compost	3.3	138	132	31	165	43	1680	2.5	480	15	122	1.3	3.2
19 Gft-compost	5.3	160	144	39	174	45	2070	3.8	700	16	104	5.9	3.8
20 Gft-compost	3.8	129	132	28	172	32	1600	2.6	590	45	92	4.5	3
21 Gft-compost	3.7	133	130	20	199	31	1170	2.6	330	13	93	7.3	3.3
22 Stalmest varken	27	394	210	118	221	127	4360	5.9	1900	62	340	6	5
23 Stalmest varken	10	352	212	78	246	46	1740	2.6	490	42	165	4.9	4
24 Stalmest Varken	4	116	135	26	127	54	2320	3.1	980	18	97	3.7	3.2
25 Stalmest varken	6.4	139	152	23	123	49	2590	4	1050	18	141	5.2	3.2
26 Stalmest varken	5.5	136	144	41	151	49	2880	5.1	1440	45	189	6.3	3.3
27 VDM	19	494	242	155	246	116	40430	12	4290	62	535	8.3	5.4
28 VDM	27	526	288	167	352	92	4330	5.1	2300	64	540	6	4.7
29 VDM	4	418	137	125	187	55	5750	6.1	1510	27	289	4.9	3.2
30 VDM	6.4	599	142	185	224	113	44270	17	4510	85	492	56	4.6
31 Dikke fractie varken	16	146	254	38	194	48	2720	4.7	1740	67	253	4.3	3.4
32 Dikke fractie varken	8.5	114	200	29	169	51	2970	6.5	1770	80	214	7.5	3
33 Dikke fractie varken	15	122	247	32	183	44	2550	3.5	1050	28	203	7.4	3.6
34 Gedroogde dikke fractie varken	13	110	220	28	182	50	1710	2.8	1230	28	155	5.8	4.2
35 Rundermest	6	180	179	37	148	48	2410	5.4	1010	20	189	6.5	4.1
36 Rundermest	5.4	341	183	67	215	48	4100	5.9	1460	24	302	4.8	3.1
37 Rundermest	4.6	352	186	42	174	38	4950	5.8	1390	36	492	6.8	3.6
38 Rundermest	6.4	495	200	67	184	43	3950	5.1	1460	35	372	5.6	3.5
39 Rundermest	4.4	720	174	121	196	45	5900	6.3	2020	36	492	7.6	3.1
40 Rundermest	5.3	428	180	58	192	37	2420	4.1	1040	30	493	6	3.1
41 Rundermest	5.6	242	186	80	204	43	1970	4.2	1100	20	281	4.9	3.4
42 Rundermest	5	316	177	58	163	47	5140	5.7	1760	26	327	5.2	2.9
43 Stalmest rund	6.8	302	173	49	131	42	1940	3.3	600	18	139	4.4	3.5
44 Stalmest rund	4.3	266	151	24	140	33	2380	3.7	990	18	186	5.3	3.2
45 Stalmest rund	9	167	195	28	140	33	2160	3.1	800	25	166	6.4	3.1
46 Digestaat rund (mono)	6.9	440	210	80	183	42	3270	7.1	1480	34	395	6.3	3
47 Digestaat rund (mono)	6.5	504	205	103	274	45	5020	6.2	1780	36	493	5	3.2
48 Digestaat rund (mono)	6.4	497	176	60	209	66	6610	6.7	2020	32	495	7.5	3.1

Monstercode	P	K	Mg	Na	B	Cu	Mn	Co	Zn	S	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Se
50 Digestaat rund (mono)	6.8	246	228	91	228	46	2450	5.7	1320	25	494	3.2	3.1
51 Digestaat rund (mono)	4.4	388	184	65	193	47	4280	7.6	1490	19	402	5.2	2.6
52 Dikke fractie digestaat rund (mono)	5.1	154	177	30	215	35	2460	3.3	830	31	145	5.8	3.8
53 Dikke fractie digestaat rund (mono)	5.9	84	190	25	188	34	1290	2.6	420	19	118	5.7	3.8
56 Dikke fractie rund	4.2	115	147	18	131	28	1630	2.7	600	17	103	4.9	3.1
57 Dikke fractie rund	4.2	121	155	22	165	28	2590	3.9	950	19	213	7.2	3.4
58 Digestaat dikke fractie vaste mest	15	179	276	82	187	51	3680	6.8	1650	113	345	2.9	3.3
59 Bokashi van div. mat.	2	204	116	44	130	40	1270	2.6	260	22	46	3.3	3.7
60 Verhitte gedroogde dikke fractie VDM	41	361	456	72	464	60	770	2.6	360	81	67	5.4	8.2
61 P-arme dikke fractie digestaat	3.9	46	128	10	137	33	2140	3.2	1070	42	61	6.5	3
62 Dikke fractie digestaat	15	133	234	71	164	59	3190	4.8	1150	22	209	5.1	3
63 Stalmest rund	4.7	174	148	15	120	54	2090	3.2	710	17	89	5.7	3.3
64 Stalmest rund	3.8	207	139	21	113	51	2150	3.6	650	14	106	7.3	3.1
65 Stalmest rund	5	553	147	40	166	41	2400	3.9	560	17	148	8	3.4
66 Dunne fractie rund	5.4	604	225	109	260	45	5520	6.8	1830	41	511	8.7	3.1
67 Rundermest	7	435	227	81	258	52	5310	6.8	2040	35	511	6.7	3.3
68 Stalmest rund	12	958	199	85	245	54	3610	5	1190	96	511	7.4	3.7
69 Stalmest rund	4.9	310	150	39	154	42	2940	3.9	950	26	128	6	3
70 Vleesvarkensmest	17	289	247	84	161	89	14740	7.8	2680	83	510	5.6	4
71 Zeugenmest	23	509	273	156	212	104	8140	6.3	3780	64	510	6.3	4.3
72 Dikke fractie varken	17	114	246	29	193	35	1920	3	980	26	173	6.3	3.7
73 Dikke fractie rund	4.8	134	152	19	190	36	2030	3.4	610	22	106	7.8	3.7
74 Dikke fractie varken	15	147	256	38	198	61	4580	6.3	2720	118	344	7.1	3.8
75 Dunne fractie digestaat rund (mono)	6.9	577	203	118	260	63	6250	5.5	1860	47	511	7	3.2
76 Dunne fractie digestaat rund (mono)	7.4	372	252	139	271	48	4800	5.7	2270	51	510	6.7	3.3
78 Dunne fractie varken	16	574	217	178	233	117	17820	10	2750	72	511	219	4.5
79 Stalmest rund	5.3	257	143	49	145	49	2090	3.7	660	15	97	5.8	3.7

---

Wageningen Environmental Research  
Postbus 47  
6700 AA Wageningen  
T 0317 48 07 00  
[wur.nl/environmental-research](http://wur.nl/environmental-research)

Wageningen Environmental Research  
Rapport 3297  
ISSN 1566-7197



---

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, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 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.

---



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



---

Wageningen Environmental Research  
Postbus 47  
6700 AB Wageningen  
T 0317 48 07 00  
[wur.nl/environmental-research](http://wur.nl/environmental-research)

Rapport 3297  
ISSN 1566-7197

---

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, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 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.

