

---

# Behandeling van biologische dierlijke mest door compostering: resultaat van praktijkproeven



Deelrapport 1 ADLO-onderzoeksproject  
“*Optimale aanwending van biologische mest  
van kippen en herkauwers  
voor een gezond biologisch gewas*”

December 2012

**Bert Reubens, Bart Vandecasteele, Stefaan De Neve & Koen Willekens**

---



Vlaamse overheid



Europees Landbouwfonds voor Plattelandsontwikkeling:  
Europa investeert in zijn platteland

Dit project liep met steun van de Vlaamse overheid – Afdeling Duurzame Landbouwontwikkeling

**Auteurs:**

Bert Reubens (ILVO Eenheid Plant)  
Bart Vandecasteele (ILVO Eenheid Plant)  
Stefaan De Neve (Universiteit Gent vakgroep Bodembeheer)  
Koen Willekens (ILVO Eenheid Plant)

**Met dank aan:**

Jos Arits, Johan Devreese, Geert Seynaeve (biologische landbouwers)  
David Buchan (Universiteit Gent)  
Filip De Keyzer (Compofert NV)  
Nele Van Ransbeeck (ILVO Technologie & Voeding)  
Kathleen Schelfhout (OVAM)  
De partners van het ADLO-onderzoeksproject "*Optimale aanwending van biologische mest van kippen en herkauwers voor een gezond biologische gewas*"  
De leden van de projectstuurgroep  
De medewerkers van de onderzoeksgroep ILVO Plant – Teelt & Omgeving.

**Foto's ©:**

Bert Reubens

De publicaties uit het ADLO-onderzoeksproject "*Optimale aanwending van biologische mest van kippen en herkauwers voor een gezond biologische gewas*" zijn te verkrijgen op verzoek: bert.reubens@ilvo.vlaanderen.be – Tel. +32 (0)9 272 26 70 – www.ilvo.vlaanderen.be.

Teksten mogen worden overgenomen, mits duidelijke bronvermelding:

*Reubens B., Vandecasteele B., De Neve S., Willekens K. 2012. Behandeling van biologische dierlijke mest door compostering: resultaat van praktijkproeven. Deelrapport 1 ADLO-onderzoeksproject "Optimale aanwending van biologische mest van kippen en herkauwers voor een gezond biologisch gewas". Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek (ILVO), Merelbeke, België. 62 p.*

**Aansprakelijkheidsbeperking**

Deze publicatie werd met de meeste zorg en nauwkeurigheid opgesteld. Er wordt evenwel geen enkele garantie gegeven omtrent de juistheid of de volledigheid van de informatie in deze publicatie. De gebruiker van deze publicatie ziet af van elke klacht tegen het ILVO, zijn medewerkers of de partners van dit ADLO-onderzoeksproject, van welke aard ook, met betrekking tot het gebruik van de via deze publicatie beschikbaar gestelde informatie. In geen geval zullen het ILVO, zijn medewerkers of de partners van dit ADLO-onderzoeksproject aansprakelijk gesteld kunnen worden voor eventuele nadelige gevolgen die voortvloeien uit het gebruik van de via deze publicatie beschikbaar gestelde informatie.

## Samenvatting

Optimaal gebruik van het bestaande aanbod biologische mest is een cruciale schakel in de evolutie naar een 100% biologische keten. Er zijn echter biologische mestsoorten die (nog) geen optimale bestemming krijgen of moeilijker toe te passen zijn. Denk aan kippenmest die niet op het kippenbedrijf zelf kan ingezet worden of stromest van herkauwers die niet gemakkelijk geplaatst wordt op grasland. De vraag stelt zich of voorafgaande behandeling van de mest de kwaliteit en het gebruiksgemak kan verbeteren.

In het onderzoeksproject "*Optimale aanwending van biologische mest van kippen en herkauwers voor een gezond biologisch gewas*" werd geëxperimenteerd met **compostering met biologische kippenmest of geitenstalmest als ingrediënt**. Vraag was hoe een kwaliteitsproduct te bekomen voor de biologische akker- en tuinbouw dat tegelijk positief scoort qua nutriëntenrecyclage, qua verkleining van het uitgangsmateriaal, en qua tijd- en arbeidsinvestering van het composteren. Naast **compostering op ril**, werden **diverse alternatieve behandelingstechnieken** uitgetest.

In dit rapport zijn de resultaten van de uitgevoerde composteringsproeven terug te vinden. Daarnaast komen ook voor- en nadelen gerelateerd aan compostering en composttoepassing aan bod, met aandacht voor technische knelpunten en actuele regelgeving.

De proeven toonden aan dat compostering van dierlijke mest (met of zonder bijmenging van plantaardige reststromen) effectief kansen biedt om chemisch, fysisch en biologisch waardevolle kwaliteitsproducten te genereren, en via die weg de aanwending van biologische dierlijke mest te optimaliseren. De toepassing van compostering is in de praktijk echter niet steeds vanzelfsprekend, ondanks de talrijke potentiële voordelen ervan. Een goede kennisbasis, een juridisch sterk draagvlak, een doordachte aanpak en samenwerking tussen verschillende actoren zijn hierbij cruciaal.

## Lijst van symbolen en afkortingen

### Symbolen

°C	graden Celsius
€	euro
%	percentage
ω	omega

### Afkortingen

μS	microSiemens
ADLO	Afdeling Duurzame Landbouwontwikkeling
AmAc	Ammoniumacetaat
AMF	Arbuscular Microbial Fungi
BBT	Best Beschikbare Technieken
BS	Belgisch staatsblad
C	Koolstof
Ca	Calcium
CaO	Calciumoxide
Cd	Cadmium
CH <sub>4</sub>	Methaan
Cl	Chloor
cm	centimeter
CMA	Compendium voor monsterneming en analyse
Cr	Chroom
C/N	Koolstof/stikstofverhouding
CO <sub>2</sub>	Koolstofdioxide
Cu	Koper
DGZ	Dierengezondheidszorg Vlaanderen
DS	Droge stof
EC	Elektrische Conductiviteit
EEG	Europese Economische Gemeenschap
EG	Europese Gemeenschap
EMIS	Energie- en milieu-informatiesysteem voor het Vlaamse Gewest
EPG	Eieren per gram
FAB	Functionele agrobiodiversiteit
FAVV	Federaal Agentschap voor Voedselveiligheid
Fe	Ijzer
FOD	Federale Overheidsdienst
g	Gram
GFT	Groente-, fruit- en tuinafval
GLB	Gemeenschappelijk Landbouwbeleid
GVE	Grootvee-eenheid
H <sub>2</sub> S	Waterstofsulfide
Hg	Kwik
ILVO	Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek
IWB	Integraal Waterbeleid
K	Kalium
KB	Koninklijk Besluit
KMI	Koninklijk Meteorologisch Instituut
K <sub>2</sub> O	Kaliumoxide
KRLW	Kaderrichtlijn Water
l	Liter

LNE	Departement Leefmilieu, Natuur en Energie (Vlaamse overheid)
MAP	Mestactieprogramma
Na <sub>2</sub> O	Natriumoxide
Mg	Magnesium
MgO	Magnesiumoxide
m	Meter
m <sup>2</sup>	Vierkante meter
m <sup>3</sup>	Kubieke meter
mg	milligram
ml	milliliter
mm	Millimeter
Mn	Mangaan
N	Stikstof
N <sub>min</sub>	Minerale stikstof
N <sub>net</sub>	Netto stikstof
N <sub>tot</sub>	Totale stikstof
Na	Natrium
Ni	Nikkel
NH <sub>4</sub>	Ammonium
NO <sub>3</sub>	Nitraat
O <sub>2</sub>	Zuurstof
OS	Organische stof
OBA	Organisch-biologische afvalstoffen
OUR	Oxygen uptake rate (zuurstof opnamesnelheid)
OVAM	Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij
P	Fosfor
Pb	Lood
PCA	Principale Componenten Analyse
pH	Zuurgraad
PLFA	Fosfolipide vetzuren
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fosfaat (difosforpentoxide)
ppm	Parts per million (deeltjes per miljoen)
RH	Relative Humidity (relatieve luchtvochtigheid)
RWO	Beleidsdomein Ruimtelijke Ordening, Woonbeleid en Onroerend Erfgoed
SCOF	Standing Committee on Organic Farming
SO <sub>4</sub>	Sulfaat
VCM	Vlaams Coördinatiecentrum Mestverwerking
VITO	Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek
VLACO	Vlaamse Compostorganisatie vzw
VLAREA	Vlaams reglement inzake afvalvoorkoming en –beheer
VLAREBO	Vlaams Reglement rond de Bodemsanering
VLAREM	Vlaams reglement betreffende de milieuvergunning
VLAREMA	Vlaams reglement betreffende het duurzaam beheer van materiaalkringlopen en afvalstoffen
VLM	Vlaamse Landmaatschappij
VMM	Vlaamse Milieumaatschappij
Vol%	Volumepercentage
Vol.gewicht	Volumegewicht
TPF	Triphenylformazan (TPF)
TTC	Triphenyltetrazolium chloride
Zn	Zink

## Inhoud

1.	Inleiding	1
1.1	Aanleiding en doelstelling van het project	1
1.2	Deskstudie en praktijkgericht onderzoek	1
2.	Compostering: achtergrondinformatie	2
2.1	Waarom composteren en compost gebruiken?	2
2.2	De techniek en het proces van composteren	2
2.3	Regelgeving	3
2.3.1	Inplanting en stedenbouwkundige vergunning van de installatie	3
2.3.2	Milieuvergunningvoorwaarden	4
2.3.3	Overige Vlaamse (milieu)regelgeving van toepassing	7
2.3.4	Verhandeling	8
2.3.5	Europese regelgeving	9
3.	Overzicht, werkwijze en interpretatie van de proeven	11
3.1	Overzicht van de uitgevoerde proeven	11
3.2	Metingen en interpretatie van de resultaten	11
4.	Kippenmest in de compost	14
4.1	Verschillende plantaardige restproducten in compostering op ril	14
4.1.1	Doelstelling en proefopzet	14
4.1.2	Gegevensverzameling	15
4.1.3	Verloop	15
4.1.4	Resultaten en discussie	16
4.2	Verschillend aandeel kippenmest in compostering op ril	22
4.2.1	Doelstelling en proefopzet	22
4.2.2	Gegevensverzameling	22
4.2.3	Verloop	22
4.2.4	Resultaten en discussie	24
4.3	Compost in de loopstal van leghennen	29
4.3.1	Doelstelling en proefopzet	29
4.3.2	Gegevensverzameling en opvolging	30
4.3.3	Resultaten en discussie	31
4.4	Stockage van kippenmest in groencompost	36
4.4.1	Opzet	36
4.4.2	Gegevensverzameling	36
4.4.3	Verloop	36
4.4.4	Resultaten en discussie	37
4.5	Centrale behandeling van kippenmest op een verwerkingsbedrijf	40
4.5.1	Doelstelling en achtergrond	40
4.5.2	Beschikbaarheid en kostprijs uitgangsmaterialen	40
4.5.3	Gegevensverzameling	41
4.5.4	Opzet en verloop	41
4.5.5	Resultaten en discussie	41
4.6	Biologische karakterisering van de verschillende compostproducten	46
4.6.1	Enzymatische activiteit	46
4.6.2	PLFA-analyses	46
4.7	Compostering met kippenmest: materiaalbehoefte en kostenimplicatie?	50
5.	Omzetten van geitenstalmest	52
5.1	Doelstelling en proefopzet	52
5.2	Gegevensverzameling	52
5.3	Verloop	52
5.4	Resultaten en discussie	53
5.4.1	Praktische aanpak en verloop	53
5.4.2	Kwaliteit materialen	54
5.4.3	Massabalans	55
5.4.4	Aanwezigheid van onkruidzaden	55
6.	Slotconclusies & aanbevelingen voor de toekomst	57
7.	Bijlagen	59
8.	Referentielijst	60



# 1. Inleiding

## 1.1 Aanleiding en doelstelling van het project

De biologische landbouw streeft naar het sluiten van kringlopen, ook op het vlak van bemesting. Mest geproduceerd op biologische bedrijven dient in regel (Verordening (EG) Nr. 834/2007) (EG 2007) teruggevoerd te worden naar biologische percelen. Optimaal gebruik van het bestaande aanbod biologische mest is een cruciale schakel in de evolutie naar een 100% biologische keten. De vraag stelt zich hoe groot en kwaliteitsvol dat aanbod is, en of een behandeling van de mest voorafgaand aan het gebruik de kwaliteit ervan kan verbeteren. Momenteel zijn er nog op heel wat vlakken knelpunten, zowel juridisch als technisch. De sector wenst dit samen op te nemen en een plan van aanpak hiervoor uit te werken. Op vraag van de biologische landbouwers en BioForum werd dit thema door de Vlaamse Overheid opgenomen in de onderzoeksoproep biologische landbouw 2009 (lv.vlaanderen.be).

Het onderzoeksdomein Teelt & Omgeving van het Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek (ILVO), de Afdeling Biologische Productie van Inagro vzw, de Vakgroep Bodembeheer van de Universiteit Gent en BioForum werkten binnen die context samen het projectvoorstel "*Optimale aanwending van biologische mest van kippen en herkauwers voor een gezond biologisch gewas*" uit.

Het project wil de afzet van de biologische kippenmest afkomstig van de weinig grondgebonden biologische pluimveehouderij binnen de Vlaamse biologische sector faciliteren. Het stelt daartoe de verwerking van biologische kippenmest via composteringstechnieken op punt. Ook andere technieken worden in beschouwing genomen, en er wordt gekeken naar mogelijkheden zowel op het individuele bedrijf als via centrale bewerking.

Bij deze technieken wordt gestreefd naar een kwaliteitsproduct dat zijn afzet kan vinden in de biologische tuin- en akkerbouw, zowel omwille van zijn bodemverbeterende als van zijn plantenvoedende eigenschappen.

Het project wil ook het gebruik van stromest van herkauwers (runderen en geiten) in de akker- en tuinbouw optimaliseren via een gepaste behandeling van de ruwe mest.

## 1.2 Deskstudie en praktijkgericht onderzoek

Het project bestaat uit een deskstudie en een gedeelte praktijkgericht onderzoek.

De deskstudie beschouwt de beschikbaarheid, de herkomst, de verhandeling en de aanwending van de verschillende mesttypes op de biologische landbouwbedrijven.

Het praktijkgerichte onderzoek betreft zowel de behandeling van de mest in een aantal composteringsproeven als de toepassing van de mest in een bemestingsproef voor de groenteteelt in de volle grond.

Dit alles wordt scherp gesteld in relatie tot de bedrijfsvoering en een evoluerende wetgeving.

In voorliggend rapport worden de resultaten van de composteringsproeven voorgesteld.

De resultaten van de bemestingsproef en de deskstudie worden eveneens in afzonderlijke deelrapporten gepresenteerd (Beeckman et al. 2012; Reubens & Willekens 2012).

Voor de integratie van alle projectresultaten wordt verwezen naar het eindrapport (Reubens et al. 2012).



## 2. Compostering: achtergrondinformatie

### 2.1 Waarom composteren en compost gebruiken?

(Bokhorst & ter Berg 2001; Willekens & Cloet 2003)

Composteren is een natuurlijk proces waarbij levende organismen (bacteriën, schimmels, protozoa, etc.) **vers organisch materiaal** onder gecontroleerde **aërobe** omstandigheden omzetten in een **stabiel en humusrijk product**.

Door via compost humus aan de bodem toe te dienen, kan een bijdrage geleverd worden aan het behouden of verhogen van het bodem organische stofgehalte. De mix aan organismen, het andere hoofdbestanddeel van rijpe compost, verbetert de bodem in biologisch opzicht. Niet onbelangrijk is verder dat de voedingsstoffen in de compost geleidelijk vrijkomen, zodat verliezen door bijvoorbeeld uitloging vermeden worden. Dit alles betekent dat men door meerjarig toedienen van compost investeert in een bodem met een goede structuur en porositeit, een functioneel bodemleven en een hoger ziekteverend vermogen. In de context van het efficiënter inzetten van productiemiddelen en het kringloopsluiten kan compostering bovendien potentieel beschouwd worden als een cruciale stap in de kringloop waarbij een deel van de biomassa gerecupereerd wordt om te investeren in een vruchtbare, zichzelf onderhoudende bodem.

Andere, praktische voordelen van het composteren van plantaardig of dierlijk vers organisch materiaal zijn de volumereductie en verkleining van de uitgangsmaterialen, hetgeen transport en toepassing op het veld vereenvoudigt. Belangrijk is tenslotte ook de eventuele hygiënisatie: de verhitting van de materialen tijdens de compostering kan leiden tot afdoding van onkruidzaden en/of ziektekiemen. Dit laatste is niet onbelangrijk met het oog op een behandeling van dierlijke mest.

Compost kan van waarde zijn voor akker- en tuinbouwers die zoeken naar duurzame instandhouding van de bodemvruchtbaarheid. Ondanks de talrijke voordelen, is de uitvoering echter niet steeds vanzelfsprekend. Potentiële knelpunten zijn de tijdsinvestering, de beschikbaarheid van materieel (compostkeerder, laad- en losmachines) en de beschikbaarheid en eventuele kosten verbonden aan de uitgangsmaterialen en het uitvoeren van de compostering. Mits een doordachte aanpak en samenwerking tussen verschillende actoren kunnen echter veel van deze knelpunten overwonnen worden.

### 2.2 De techniek en het proces van composteren

Hoewel het basisprincipe telkens hetzelfde is, zorgt de grote variatie aan uitgangsmaterialen en composteringsomstandigheden ervoor dat de samenstelling en de eigenschappen van compost, en dus ook de compostkwaliteit en waarde, **heel variabel** zijn. Zonder in detail te treden, kan men compostsoorten groeperen naargelang de samenstelling (GFT-compost, groencompost, bermcompost, boom-schorscompost, stalmestcompost, ...) of de techniek gebruikt bij het composteren. Die technieken variëren van extensieve compostering van een mesthoop tot intensieve compostering op tafels of rillen (langwerpige hopen) met omzetmachines. Het composteren kan plaats vinden op een landbouwbedrijf en op een gespecialiseerd (composterings)bedrijf (Bokhorst & ter Berg 2001).

Onafhankelijk van de locatie of techniek, zijn er een aantal **basisprincipes** om rekening mee te houden. In wat volgt worden de voornaamste van die aandachtspunten voor (opvolging van) het composteringproces opgelijst (Bokhorst & ter Berg 2001; Willekens & Cloet 2003).

- Hoe groter de **diversiteit** aan uitgangsmaterialen, hoe groter de garantie op een goede compostkwaliteit. Een goede compostering kan slechts plaatsvinden wanneer verse, nutriëntenrijke “groene” componenten gecombineerd worden met één of meerdere vormen van koolstofrijke “bruine” componenten. De verhouding is daarbij belangrijk: de **koolstof/stikstof-** (C/N-) verhouding van het uitgangsmengsel zit bij voorkeur tussen de 25 en 35.

- Bij compostering met dierlijke mest dient bij voorkeur vaste mest gebruikt te worden.
- Naast een zorgvuldige opbouw van de hoop is de opvolging van het composteringsproces cruciaal voor een goed eindresultaat. Gedurende de eerste fase (de afbraakfase) wordt het organisch materiaal afgebroken door bacteriën en schimmels. Daarbij loopt de temperatuur vaak hoog op en komt er veel koolzuurgas (CO<sub>2</sub>) vrij. Het is van groot belang deze fase op de voet te volgen.
- Temperatuur- en CO<sub>2</sub>-metingen kunnen daarbij gebruikt worden als eenvoudige indicatoren voor het inschatten van de nood om de hoop te keren. Ter beperking van de organische stofverliezen mag de temperatuur de waarde van 65 °C niet overschrijden. Het CO<sub>2</sub>-gehalte mag dan weer niet pieken boven de 16 %, om risico op zuurstofgebrek te vermijden. Eens deze grenswaarden overschreden worden, dient er gekeerd te worden.
- Het geheel moet bij aanvang ook voldoende **vochtig** zijn (40 à 65 % vocht op vers materiaal). Zo nodig worden de bruine uitgangsmaterialen vooraf bevochtigd. Anderzijds moet voor een voldoende **zuurstofvoorziening** vermeden worden dat de hoop te nat wordt, eventueel door hem af te dekken met een semipermeabel doek dat verdamping toelaat maar het regenwater buiten houdt. Om de vochttoestand in de eerste fase van de compostering te beoordelen, wordt vaak als vuistregel gebruikt dat het mengsel moet “glimmen” van het vocht, maar dat er bij uitpersen in de vuist net geen water mag uitlopen.

### 2.3 Regelgeving

Naast de goede praktijk is er de (Europese, Federale en Vlaamse) regelgeving waarmee men rekening dient te houden bij het composteren en het verhandelen of toepassen van compost (met of zonder dierlijke mest). Het betreft een vrij complexe materie en in wat volgt beperken we ons tot een overzicht van de belangrijkste wettelijke bepalingen. Voor meer gedetailleerde informatie wordt verwezen naar de Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij (OVAM; [www.ovam.be](http://www.ovam.be)), de Vlaamse Compostorganisatie (Vlaco vzw; [www.vlaco.be](http://www.vlaco.be)), het Vlaams Coördinatiecentrum Mestverwerking (VCM; [www.vcm-mestverwerking.be](http://www.vcm-mestverwerking.be)) en de Vlaamse Landmaatschappij ([www.vlm.be](http://www.vlm.be)).

Men zou een vijftal grote types van regelgeving van toepassing kunnen beschouwen:

- Wetgeving rond inplanting en stedenbouwkundige verplichtingen
- Milieuvergunningsvoorwaarden
- Overige Vlaamse (milieu)regelgeving (inzake afval, mest, bodem, etc.)
- Federale regelgeving inzake verhandeling
- Europese regelgeving

Vaak bepaalt het al dan niet betrekken van dierlijke mest in de compostering of het over afval- dan wel mestverwerking gaat, waarbij de regelgeving substantieel verschillend kan zijn. De studie uitgevoerd door het Vlaams Kenniscentrum voor Beste Beschikbare Technieken (onderdeel van VITO) (Derden et al. 2012) vormde een belangrijk uitgangspunt voor de hier voorgestelde regelgeving rond mestverwerking.

#### 2.3.1 Inplanting en stedenbouwkundige vergunning van de installatie

Een **composteerinstallatie** (vanaf een totaalvolume van > 10 m<sup>3</sup>) heeft volgens het decreet ruimtelijke ordening (B.S.1997) een **stedenbouwkundige vergunning** nodig. Hiervoor moet een aanvraag voor een stedenbouwkundige vergunning voor technische werken ingediend worden. De gemeente, of het Departement RWO – afdeling stedenbouwkundig beleid, is hiervoor bevoegd. Composteerinstallaties vallen onder de werken ten behoeve van de afvalverwijdering of –verwerking, zoals stortterreinen, containerparken of verwerkingsinstallaties.

Wanneer dierlijke mest betrokken wordt bij de compostering, dient rekening gehouden te worden met de **omzendbrief RO/2006/0137** (Vlaamse Overheid 2006) dat het afwegingskader en de randvoor-

waarden voor de **inplanting van installaties voor mestbehandeling en –vergisting** bevat. Zo zijn onder meer volgende bepalingen opgenomen in de omzendbrief:

- Een absoluut totaal maximum tonnage van 60.000 ton inputmateriaal per jaar is vanuit het oogpunt van een goede ruimtelijke ordening aanvaardbaar, waarbij een verdere uitbreiding van de capaciteit boven dit absoluut maximum in agrarisch gebied niet mogelijk is.
- Wanneer de installatie gebonden is aan één enkel bedrijf (meer dan de helft van de behandelde producten (mest en andere) is afkomstig van het bedrijf), dan is voor de plaatsing geen stedenbouwkundige vergunning vereist wanneer de installaties opgesteld zijn binnenin gebouwen. Een installatie in open lucht is steeds vergunningsplichtig.
- Een verhouding op gewichtsbasis van 60 % stromen direct afkomstig van land- en tuinbouw (dierlijke mest en land- en tuinbouwproducten van plantaardige oorsprong) ten opzichte van 40 % stromen niet afkomstig van de land- en tuinbouw is aanvaardbaar. Deze laatste stromen kunnen secundaire grondstoffen zijn voor gebruik in of als meststof of bodemverbeterend middel, of organische en biologische afvalstoffen (OBA) die mogen co-verwerkt worden in agrarisch gebied (de OBA voorkomend op de zogenaamde positieve lijst in Bijlage 1 van deze omzendbrief).
- De inplanting van de installatie in agrarisch gebied moet verder gebeuren met de nodige aandacht voor de ruimtelijke ordening (ruimtelijke verenigbaarheid met de agrarische omgeving), de bedrijfsgebondenheid en het mobiliteitsaspect.

Momenteel werkt het kabinet ruimtelijke ordening aan een ruimtelijk beleidskader voor hernieuwbare energie, waardoor aanpassingen aan deze omzendbrief mogelijk zijn.

De erkenning van composteerinstallaties waarin dierlijke mest betrokken wordt, hangt verder samen met de **Europese Verordening 1069/2009** (zie paragraaf 2.3.5).

Bij de keuze van de locatie en de inplanting van een installatie is niet alleen het wettelijk kader belangrijk; ook de communicatie tussen de initiatiefnemer en de omwonenden is een onontbeerlijke factor voor het welslagen van het project.

### **2.3.2 Milieuvergunningsvoorwaarden**

Wat betreft de **opslag** van de uitgangsmaterialen of het compostproduct en de behandeling (het **composteringsproces**) zelf, vormt de Vlaamse **milieureglementering** een belangrijk aandachtspunt voor compostering op het land- of tuinbouwbedrijf. Zo wordt compost in functie van de gebruikte grondstoffen en afhankelijk van de toepassing ondergebracht in verschillende rubrieken binnen het Vlaams reglement betreffende de milieuvergunning (**VLAREM**) (Vlaamse Overheid 1991; 1995). Het VLAREM is het uitvoeringsbesluit van het Vlaamse Milieuvergunningsdecreet en regelt de indeling en milieuvorwaarden voor de zogenaamde hinderlijke inrichtingen in het Vlaams Gewest. Het VLAREM bestaat uit twee delen, waarbij VLAREM I de procedures en de indeling met betrekking tot milieuvergunningsplicht beschrijft, terwijl VLAREM II de voorwaarden voorschrijft waaraan vergunde inrichtingen moeten voldoen. De volledige VLAREM regelgeving kan bekeken worden op de website van Emis, het energie- en milieu-informatiesysteem voor het Vlaamse Gewest (<http://navigator.emis.vito.be/milnav-consult/>).

In VLAREM I wordt een onderscheid gemaakt tussen drie klassen van 'hinderlijke inrichtingen'. Klasse 1 (meest hinderlijk) en klasse 2 (minder hinderlijk) inrichtingen dienen over een milieuvergunning te beschikken, gekoppeld aan milieuvorwaarden. Klasse 3 inrichtingen zijn enkel meldingsplichtig. Tot welke klasse een inrichting behoort, hangt af van de (sub)rubricering, vermeld in bijlage 1 van VLAREM I 'Lijst van als hinderlijk beschouwde inrichtingen' (bv. rubriek 2 = 'afvalstoffen', rubriek 9 = 'dieren', rubriek 28 = 'mest of meststoffen', etc.). Indien meerdere inrichtingen voorkomen in een bedrijf, is de inrichting met de hoogste klasse bepalend voor de te volgen vergunningsprocedure.

Belangrijk: in de rubriekenlijst van VLAREM I is de **indeling** van composteerinstallaties **afhankelijk van de aard van de verwerkte materialen**: composteerinstallaties waarin geen mest mee gecomposteerd wordt zijn ingedeeld in rubriek 2 (afvalstoffen). Bij cocompostering met mest zijn de installaties

ingedeeld in rubriek 28 (mest of meststoffen) of rubriek 9 (dieren) indien de compostering gebeurt met eigen mest op boerderijschaal (veeteeltbedrijven). In de praktijk zijn composteerinstallaties in Vlaanderen mogelijk ingedeeld in meerdere van deze rubrieken, bv. rubriek 28 én 2 indien zowel mest als OBA gecomposteerd wordt. Bovendien komen op een composteerinstallatie vaak andere hinderlijke inrichtingen voor, waardoor ook andere rubrieken van toepassing kunnen zijn. Zo bv. rubriek 3 'afvalwater en koelwater' indien in de inrichting afvalwater ontstaat.

**Tabel 1.** Samenvatting benodigde milieuvergunningssklasse voor opslag en biologische behandeling van divers organisch afval (Bron: Emis).

2.2.3. Opslag en biologische behandeling van:	Klasse
a) Compostering van uitsluitend groenafval met een opslagcapaciteit van	
1 m <sup>3</sup> tot en met 25 m <sup>3</sup>	3
meer dan 25 m <sup>3</sup> tot en met 2000 m <sup>3</sup>	2
meer dan 2000 m <sup>3</sup>	1
b) Compostering van groente-, fruit- en tuinafval (GFT) met een opslagcapaciteit van:	
1 m <sup>3</sup> tot en met 25 m <sup>3</sup>	3
meer dan 25 m <sup>3</sup> tot en met 2000 m <sup>3</sup>	2
meer dan 2000 m <sup>3</sup>	1
c) Compostering van organisch-biologisch afval (OBA) met een opslagcapaciteit van:	
1 m <sup>3</sup> tot en met 25 m <sup>3</sup>	3
meer dan 25 m <sup>3</sup> tot en met 2000 m <sup>3</sup>	2
meer dan 2000 m <sup>3</sup>	1
d) Opslag en voorbehandeling van maaisel met een opslagcapaciteit van	
1 m <sup>3</sup> tem 1000 m <sup>3</sup>	3
meer dan 1000 m <sup>3</sup>	2
e) Vergisting van niet-gevaarlijke afvalstoffen	1
f) Andere biologische behandeling van niet-gevaarlijke afvalstoffen	1
g) Biologische behandeling van gevaarlijke afvalstoffen	1

Rubriek 2 – compostering van afvalstoffen (bv. groenafval, GFT, OBA, maaisel):

- In rubriek 2.2. van VLAREM I wordt de klassering van compostering in grote mate bepaald door de **opslagcapaciteit** of **verwerkingsruimte**. Tot 25 m<sup>3</sup> volstaat meestal een melding (klasse 3), tot 2000 m<sup>3</sup> een milieuvergunning klasse 2. Vanaf 2000 m<sup>3</sup> is een vergunning klasse 1 benodigd.
- Daarnaast vormt **bedrijfseigenheid van het afval** ook een criterium. Zo zegt VLAREM I in de rubriekenlijst bij 2.2.3 (opslag en biologische behandeling van afvalstoffen): "*nuttige toepassing op de plaats van productie, inclusief thuiscompostering, alsook boerderijcompostering wanneer er gewerkt wordt met uitsluitend bedrijfseigen uitgangsmateriaal en de compost uitsluitend bestemd is voor de eigen percelen, wordt niet als een opslag of behandeling van afvalstoffen beschouwd*". Onder deze voorwaarden is boerderijcompostering met andere woorden niet vergunningsplichtig. Bij aankoop of toevoeging van extern verkregen materiaal (bv. groenafval ander dan wat afkomstig is van de eigen inrichting en de bij de inrichting horende gronden) zal echter een vergunning, mogelijk zelfs op basis van dubbele rubricering, vereist zijn. In de praktijk betekent dit dat bij boerderijcompostering vaak een klasse 2 vergunning verplicht is, vaak ook omdat de meeste bedrijven niet voldoende eigen koolstofrijk materiaal hebben om tot een kwalitatieve compostering te komen. Als de rubriek voor compostering is opgenomen in de vergunning, dan is rubriek 2.2.1 (opslag en sortering van afvalstoffen) niet vereist, want aanvaarding van input voor compostering is inherent verbonden aan de composteringrubriek.
- De vergunningsvoorwaarden voor gebruik van extern verkregen materiaal vormen tot op heden ook een **barrière voor samenwerking tussen landbouwers en beherende instanties van natuurgebieden** om bv. beheerresten (maaisel, plagsel, houtige fracties) te valideren via composte-

ring. Gebruiksovereenkomsten, waarbij landbouwers een samenwerkingscontract afsluiten met bv. Natuurpunt voor het maaien of laten begrazen van percelen in natuurgebied, kunnen hieraan deels tegemoetkomen, maar vormen geen sluitende oplossing.

Rubriek 9 – mestbe- en mestverwerkingsinstallaties op veeteeltbedrijven:

- Deze rubriek is van toepassing voor mestbehandeling op veeteeltbedrijven. Hierbinnen zijn inbegrepen: (1) de installatie(s) voor de bewerking of verwerking van dierlijke mest afkomstig van de op die plaats geproduceerde dierlijke mest, zonder bijmenging van afval, evenals (2) de installatie(s) voor de compostering van dierlijke mest afkomstig van de op die plaats geproduceerde dierlijke mest met groenafval afkomstig van de eigen inrichting en de bij de inrichting horende gronden. Met andere woorden: als enkel eigen mest en eventueel eigen groenafval gecomposteerd wordt, is deze rubriek van toepassing, anders dienen steeds rubriek 2 en/of rubriek 28 beschouwd te worden.
- Naargelang de dierbezetting en het gebied, is een milieuvergunning Klasse 1 of 2 vereist.

Rubriek 28 – andere mestbe- en mestverwerkingsinstallaties:

- In rubriek 28.3 van VLAREM I worden mestbe- en mestverwerkingsinstallaties, met uitzondering van de installaties voor de bewerking en/of verwerking van dierlijke mest zoals bedoeld in de categorieën 9.3 tot en met 9.8, ingedeeld volgens de jaarlijkse capaciteit dierlijke mest die bewerkt en/of verwerkt wordt. Van 2 ton tot en met 1.000 ton volstaat een milieuvergunning klasse 2. Vanaf 1.000 ton is een vergunning klasse 1 vereist.

De voorwaarden waaraan vergunde inrichtingen moeten voldoen, zijn beschreven onder VLAREM II. Het betreft onder meer voorwaarden inzake het voorkomen van geur- en andere hinder, emissiegrenswaarden, het beheren en lozen van afvalwater, de compost- of mestopslag, het voorkomen van verliezen van reinigingswater, percolaat of mest naar de bodem, verplichte analyses, etc. Specifiek voor compostering wordt onder meer ook gesteld dat:

- de beluchting en/of omzetting voldoende moet zijn om stankemissies te beperken;
- kiemdoding te maximaliseren is door een hoge temperatuur te realiseren in combinatie met een voldoende lange verblijftijd; ongelijke behandelingsomstandigheden moeten worden vermeden;
- de ammoniakemissie te verminderen is door de verhouding C/N in het grondstofmengsel te verhogen;
- bij gesloten compostering de ammoniakemissie moet worden geminimaliseerd met zure wassing van de uitgaande lucht. Een biofilter wordt vervolgens voorzien om de geur en ammoniak verder te verwijderen. Elke alternatieve methode met een gelijkwaardig of beter rendement om ammoniakemissie en hinder te voorkomen kan in de milieuvergunning worden toegelaten.

Hoewel hier niet verder op die voorwaarden ingegaan wordt, zijn er een aantal aspecten die aandacht verdienen. Eén zo'n aandachtspunt is de verplichting te voorzien in een **vloeistofdichte vloer** uitgerust met een afwateringssysteem voor composteerruimtes van meer dan 25 m<sup>3</sup>. Echter, bij kleinschalige compostering in open lucht is de aanleg van een vloeistofdichte vloer soms technisch/economisch moeilijk haalbaar.

Enkele aan deze regelgeving gerelateerde knelpunten werden in het verleden binnen de context van de **VLAREM-actualisatietrein** aangekaart door BioForum, Greenpartners (nu Coöbra) en Natuurpunt. Zo werd voor wat betreft de **bedrijfseigenheid van het materiaal** gesuggereerd om koolstofrijke materialen afkomstig van lokale beheerinitiatieven in natuurgebieden of Regionale Landschappen als behorende tot de eigen inrichting te beschouwen. Wat betreft de verplichting van een **vloeistofdichte vloer**, kan het bij erkenning van andere beschermingsmaatregelen (bv. het afdekken van de composthopen met een semipermeabel doek en/of het aanbrengen van een absorptielaag van stro van 20 à 30 cm dikte onderin de hoop) voor een landbouwbedrijf mogelijk zijn om af te zien van een vaste composteerplaats, maar de compostering op wisselende plaatsen (op een kopakker) uit te voeren. Het wisselen van locatie vermijdt op zich ook opstapeling van nutriënten in de bodem en ontoelaatbare

plaatselijke belasting. Zo wordt ook in de studie rond 'Best Beschikbare Technieken voor composteer- en vergistingsinstallaties' (Huybrechts & Vrancken 2005) gesuggereerd dat de specificiteit van een kleinschalige compostering met betrekking tot de hoeveelheid of aard van de verwerkte grondstoffen, de situering van de composteerplaats, het gebruik en/of de afzet van het eindproduct, mogelijk kunnen verantwoorden dat onder bepaalde voorwaarden een afwijking wordt toegestaan op de VLAREM verplichting tot vloestofdichte vloer. Daarvoor dient echter eerst duidelijkheid gecreëerd te worden inzake het begrip 'kleinschalige compostering'. Deze suggesties zijn echter (nog) niet omgezet in wetgeving. Het composteren op de kopakker zal ook in de context van de mestdecreet moeilijker worden in de nabije toekomst aangezien mestopslag vanaf eind 2013 niet meer mogelijk zal zijn tussen 15 november en 15 januari en daarbuiten beperkt zal worden tot een maximumduur van 1 maand.

Omdat deze reglementering aan veranderingen onderhevig kan zijn, loont het de moeite de website van het Departement LNE te consulteren ([www.lne.be/themas/vergunningen](http://www.lne.be/themas/vergunningen)), of de OVAM of Vlaco te contacteren voor de meest actuele stand van zaken.

### **2.3.3 Overige Vlaamse (milieu)regelgeving van toepassing**

#### **Afval**

Sinds 1 juni 2012 vervangt het Vlaams reglement betreffende het duurzaam beheer van materiaal-kringlopen en afvalstoffen (het **VLAREMA**) (Vlaamse Overheid 2012) het Vlaams reglement inzake afvalvoorkoming en –beheer (het **VLAREA**) (Vlaamse Overheid 1997). Daarmee voert de Vlaamse regering het Materialendecreet uit. Het principe van het Materialendecreet draait om het beheer van afvalstoffen met zo weinig mogelijk schade voor mens en milieu. Het decreet heeft specifieke aandacht voor '**het einde van afval**'.

De bepalingen van het VLAREMA zijn relevant voor composteringsinstallaties vermits veel afvalstoffen mee gecomposteerd worden. Voor compost verandert nauwelijks iets met deze nieuwe regelgeving, aangezien de bestaande normen en verplichtingen uit het VLAREA worden overgenomen. Op de website van de OVAM ([www.ovam.be](http://www.ovam.be)) is onder 'publicaties' meer informatie over het VLAREMA terug te vinden.

Groencompost, GFT-compost en compost van boomschors zijn opgenomen in bijlage 2.2 zijnde de lijst van materialen die in aanmerking komen voor gebruik als grondstoffen, bestemd voor gebruik als meststof of bodemverbeterend middel. Om effectief het afvalstatuut te verlaten, dient compost afkomstig te zijn van een vergunde installatie voor de biologische verwerking van organisch-biologische afvalstoffen en te voldoen aan de kwaliteitsvoorwaarden van het VLAREMA. Controle en toekenning van een keuringsattest gebeuren door Vlaco vzw of een andere instelling met de nodige bekwaamheid op basis van het Algemeen Reglement van de Certificering. Hierbij wordt het volledige proces beoordeeld: kwaliteit van het ingangsmateriaal, het verwerkingsproces en de kwaliteit van het eindproduct. Voor kleinschalige (bedrijfsgebonden) composteerinstallaties gelden dezelfde normen als voor grootschalige (industriële) initiatieven. Voor het keuringsattest – de kwaliteitsopvolging – heeft Vlaco echter een onderscheid gemaakt tussen de grootschalige en de kleinschalige installaties op het vlak van het aantal analyses en de te analyseren parameters. Zowel bij kleinschalige als grootschalige installaties wordt verder ook rekening gehouden met een risicoanalyse van de inputstromen om bepaalde categorieën vrij te stellen van analyses. Zodoende wordt enigszins vermeden dat de totale kostprijs voor analyses en administratie kleinschalige behandeling, bv. op landbouwbedrijfsniveau, onhaalbaar maken.

#### **Mestdecreet en mestactieprogramma**

De Europese Nitraatrichtlijn (EEG 1991, zie ook paragraaf 2.3.5) heeft als doel het oppervlakte- en grondwater te beschermen tegen nitraten uit agrarische bronnen. In Vlaanderen wordt uitvoering gegeven aan de Nitraatrichtlijn via het **mestdecreet**, goedgekeurd op 23 januari 1991. Een aangepast mestdecreet werd goedgekeurd door het Vlaamse Parlement op 21 december 2006 (B.S. 2006) en is sindsdien herhaaldelijk gewijzigd. Via het nieuwe **mestactieprogramma 2011-2014** (MAP4) (VLM 2012) wijzigen de bepalingen van onder meer de bemestingsnormen, de nitraatresidumetingen, de

verbodsperiode, de bemesting na de oogst, de opslag op de kopakker en de mesttransporten. Dit mestactieprogramma is de vertaling van het decreet van 6 mei 2011 (B.S. 2011).

Centraal binnen het nieuwe mestactieprogramma staat het principe van evenwichtsbemesting waarbij de bemesting afgestemd wordt op de gewasbehoeften. Dit is vertaald in **nieuwe, doorgaans lagere bemestingsnormen voor stikstof en fosfaat**. Naast het systeem van totale stikstofnormen, is een nieuw systeem van werkzame stikstofnormen ingevoerd. Landbouwers die het systeem werkzame stikstof toepassen, houden rekening met de werkzame stikstofinhoud van hun meststoffen zodat de gewasbehoeften optimaal kunnen ingevuld worden. Door de grote fosforvoorraad in de Vlaamse landbouwgronden, zullen de fosfaatnormen geleidelijk verlagen tijdens de volgende acht jaar zodat een geleidelijke daling van de fosforvoorraad in de bodem kan plaatsvinden.

Het al dan niet mee verwerken van mest in de composteerinstallatie is bepalend voor de toepassing van het eindproduct. Compost afkomstig van compostering met mest valt onder “dierlijke mest” terwijl compost zonder mest als “andere meststof” kan worden toegediend bovenop de maximale toegediende hoeveelheid dierlijke mest zolang de totale N-norm en de totale P-norm niet worden overschreden. Als gecertificeerde groen- en GFT-compost op een perceel wordt gebruikt, hoeft slechts 50 % van de hoeveelheid P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> van deze compost in rekening gebracht worden. Voor actuele en bijkomende informatie betreffende het mestdecreet en het mestactieprogramma 2011-2014 wordt verwezen naar de websites van VCM ([www.vcm-mestverwerking.be](http://www.vcm-mestverwerking.be)) en de Vlaamse Landmaatschappij ([www.vlm.be](http://www.vlm.be)).

### **Bodem**

De wettelijke basis voor het realiseren van het bodembeleid binnen het Vlaams Gewest is vastgelegd in het **bodemdecreet** (B.S. 2007) en haar uitvoeringsbesluiten, o.a. **VLAREBO** (Vlaamse Overheid 2007). Deze wetgeving is specifiek bedoeld om vormen van bodemvervuiling te voorkomen of bij aanwezigheid te bestrijden. VLAREBO bevat de nadere uitvoeringsbepalingen van het nieuwe Bodemdecreet, o.a. de grondverzetregeling, de periodieke onderzoeksplicht, de criteria voor de evaluatie van de BBT, het risicobeheer, het bodemwateronderzoek en de overdracht vrijstelling van de saneringsplicht.

### **2.3.4 Verhandeling**

Het **Koninklijk Besluit** over de handel in meststoffen, bodemverbeterende middelen en teeltsubstraten (KB 1998), gewijzigd door het Koninklijk Besluit van 18 mei 1998 en 28 mei 2003, regelt het wettelijk kader voor de **handel** in meststoffen, bodemverbeterende middelen en teeltsubstraten. Dit besluit is van toepassing op het verhandelen en het gebruik van meststoffen, bodemverbeterende middelen, teeltsubstraten, zuiveringsslib, en op elk product waaraan een specifieke werking ter bevordering van de plantaardige productie toegeschreven is; ze is niet van toepassing op bv. zuiver dierlijke mest. Het bepaalt dat een meststof moet voorkomen op de lijst in Bijlage I van het besluit om te kunnen worden verhandeld in België. De lijst bevat een beschrijving van de meststof en de normen waaraan deze moet voldoen. Indien de meststof niet op de lijst voorkomt, wat vaak het geval is voor eindproducten van compostering en/of mestverwerking, kan een ontheffing worden aangevraagd. Hiervoor moet een schriftelijke aanvraag gericht worden aan de FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu, vergezeld van ondermeer een kopie van de erkenning van de installatie, een bacteriologische analyse en een analyse van een aantal landbouwkundige parameters.

De **federale normen** voor die parameters zijn weergegeven in Tabel 3, en zijn van toepassing voor groencompost, GFT-compost en GFT-compost van vergisting met nacompostering. Voor compost met dierlijke mest en/of andere eindproducten van mestverwerking dient telkens een ontheffing aangevraagd te worden.

De FOD Volksgezondheid, Veiligheid Voedselketen, Leefmilieu is bevoegd voor de ontheffing; registratie en controle gebeuren via het Federaal Agentschap voor Voedselveiligheid (FAVV).

De vereisten voor verhandelde eindproducten die dierlijke bijproducten bevatten, hangen verder samen met de **Europese Verordening 1069/2009** (zie paragraaf 2.3.5).

### 2.3.5 Europese regelgeving

Aanvullend bij en/of gekoppeld aan de hiervoor beschouwde federale en Vlaamse regelgeving, zijn een aantal Europese richtlijnen en Verordeningen van toepassing voor compostering en/of behandeling van dierlijke mest. Zonder volledig te willen zijn, worden in deze paragraaf de Europese Kaderrichtlijn Water, de Nitraatrichtlijn en de Europese Verordening 1069/2009 kort toegelicht.

#### Kaderrichtlijn water

De Kaderrichtlijn Water (KRLW; EG 2000) is van kracht sinds 22/12/2000 en heeft als doel om de watervoorraden en de kwaliteit van de stroomgebieden in Europa op lange termijn veilig te stellen. De richtlijn hanteert concrete doelstellingen voor de kwaliteit van oppervlaktewater en grondwater. Die doelstellingen worden bereikt via stroomgebiedbeheersplannen en maatregelen programma's. Meer informatie over de KRLW is terug te vinden op de website van de Vlaamse Milieu Maatschappij ([www.vmm.be](http://www.vmm.be)). De KRLW werd op Vlaams niveau vertaald in het decreet betreffende het Integraal Waterbeleid (IWB).

#### Nitraatrichtlijn

De Europese nitraatrichtlijn (EEG 1991) beoogt de bescherming van het water tegen verontreiniging door nitraten afkomstig van landbouwactiviteiten. Deze Europese richtlijn schrijft voor dat het gebruik van meststoffen overeen moet komen met de te verwachten stikstofbehoefte van de gewassen en de stikstoftoevoer naar de gewassen vanuit de bodem. In gebieden waar die verontreiniging bestaat of kan ontstaan, moet bijgevolg worden ingegrepen, hetzij door de nitraatverontreiniging te verminderen of door ze te voorkomen. In de richtlijn wordt een nitraatnorm van 50 milligram nitraat per liter grondwater of oppervlaktewater vastgelegd, boven deze norm is er sprake van verontreiniging. Vertrekkend van die grenswaarde of norm zijn bemestingsnormen vastgesteld die ertoe moeten leiden dat die Europese richtlijn wordt nageleefd. De nitraatrichtlijn werd op Vlaams niveau vertaald in het mestdecreet (B.S. 2006).

#### Europese Verordening 1069/2009

De Europese Verordening '**dierlijke bijproducten**', Verordening nr. 1069/2009 (EG 2009) (+ uitvoeringsverordening nr. 142/2011 (EG 2011)) vervangt sinds 4 maart 2011 de Verordening nr. 1774/2002 en stelt de **gezondheidsvoorschriften** vast inzake niet voor menselijke consumptie bestemde dierlijke bijproducten en afgeleide producten, en dit voor het verzamelen, vervoeren, opslaan, hanteren, verwerken en gebruiken of verwijderen ervan. Bedrijven die dergelijke activiteiten uitvoeren dienen over een door de overheid uitgereikte erkenning te beschikken, welke pas kan worden verleend indien aan alle gestelde eisen is voldaan. Deze verordening bevat eveneens voorschriften voor het in de handel brengen en, in bepaalde specifieke gevallen, het uitvoeren en het doorvoeren van dierlijke bijproducten en afgeleide producten. De dierlijke bijproducten waarop de verordening van toepassing is, worden onderverdeeld in 3 categorieën en dit op basis van mogelijke sanitaire risico's. Mest is conform deze verordening ingedeeld als 'categorie 2 -materiaal'. Deze Verordening omvat **zowel vereisten voor de (mest)verwerkingsinstallatie als voor de eindproducten**: zo moeten de installaties onder meer erkend zijn in het kader van deze verordening door de Mestbank, en zijn de eindproducten onderworpen aan vereisten zoals een verplichte hygiënisatie op minstens 70 °C gedurende minstens 1 uur.

#### End of Waste

De Europese Commissie werkt aan de ontwikkeling van zogenoemde End of Waste (EoW) criteria voor onder meer '*biodegradable waste subject to biological treatment.*' Het bijbehorende werkdocument (EC 2012) richt zich expliciet op bio-degradeerbaar afval dat in composteringsinstallaties tot compost wordt verwerkt of in covergistingscentrales wordt verwerkt en digestaat als restproduct oplevert. Bio-afbreekbare materialen die niet zijn geïncubeerd of anaeroob vergist, zoals zuiveringsslib, zijn niet meegenomen in het huidige werkdocument. Als EoW-criteria zijn vastgesteld en compost en



digestaat voldoen aan de EoW-criteria, dan vallen deze materialen niet meer onder de Europese regelgeving voor afval en mogen zij als meststof worden toegepast.

**Regelgeving biologische landbouw**

Naast de algemeen geldende reglementering is er specifiek voor wat betreft het gebruik van **compost in de biologische landbouw** de regelgeving voor de biologische teelt waaraan voldaan dient te worden (EG 2007; 2008). Voor meer detail daarover wordt verwezen naar het afzonderlijk deelrapport 3 'deskstudie' (Reubens & Willekens 2012) en het eindrapport van dit project (Reubens et al. 2012). Opvallend daarbij is bijvoorbeeld dat voor wat betreft zware metalen de bioregelgeving met betrekking tot gecomposteerd of vergist huishoudelijk afval (GFT) strenger is dan de Vlaco-norm. Voor elk ander type compostproduct gelden op dit moment enkel de per lidstaat ingestelde normen.

### 3. Overzicht, werkwijze en interpretatie van de proeven

#### 3.1 Overzicht van de uitgevoerde proeven

In het praktijkgericht onderzoek binnen dit project werd sterk gefocust op composteringstechnieken als mogelijke behandeling van dierlijke mest. Naast compostering op ril, werden diverse alternatieve technieken uitgetest zowel op het individuele bedrijf als via centrale bewerking. In Tabel 2 wordt een kort overzicht gegeven van de verschillende uitgevoerde proeven. Het merendeel van de proeven gebeurde met kippenmest; daarnaast werd ook een extensieve compostering met stromest van herkauwers uitgetest.

*Tabel 2. Overzicht composteringsproeven.*

Proef	Omschrijving	Objecten	Locatie
Kippenmest proef 1	Effect verschillende plantaardige uitgangsmaterialen	3	ILVO, Merelbeke
Kippenmest proef 2	Effect verschillende doses kippenmest	3	ILVO, Merelbeke
Kippenmest proef 3	Compost in de loopstal als vangsubstraat	1	Taemhoeve, Neeroeteren
Kippenmest proef 4	Stockage van kippenmest in compost	1	ILVO, Merelbeke
Kippenmest proef 5	Centrale compostering verwerkingsbedrijf	1	Compofert, Kallo
Stalmest proef 1	Omzetting stromest geiten	2	Klokhofstede, Oudenburg

#### 3.2 Metingen en interpretatie van de resultaten

In elk van de proeven werden bij aanvang, op het einde van de proef en eventueel ook tussentijds mengstalen genomen voor **chemische karakterisering** van de materialen. Elk van deze stalen werd geanalyseerd in het laboratorium van ILVO-Plant-Teelt en Omgeving (Merelbeke). Parameters die daarbij voor de verschillende types materialen (individueel uitgangsmateriaal, uitgangsmengsel, tussentijdse (nog niet afgewerkte) compost, niet-gecomposteerde mest of strooisel, en afgewerkte compost) bepaald werden, zijn weergegeven in Tabel 3.

Een correcte interpretatie van deze metingen is erg belangrijk. Bepaalde parameters spreken voor zich, voor andere is een woordje duiding hier op z'n plaats.

Bij een **oxitop-meting** wordt de (schijnbare) **stabiliteit** van een compostproduct bepaald door het zuurstofverbruik onder gestandaardiseerde omstandigheden te meten in een gesloten respirometer. Daarbij worden producten met een waarde lager dan 5 mmol O<sub>2</sub> per kg organische stof per uur zeer stabiel genoemd, met een waarde tussen 5 en 10 stabiel, en tussen 10 en 15 matig stabiel. De kwaliteitsdoelstelling van VLACO-compost is 10 mmol O<sub>2</sub> per kg organische stof per uur, de wettelijke norm is 15. Let wel: een oxitop-meting vertelt enkel iets over de huidige microbiële activiteit volgens de actuele condities. Stel bv. dat minerale N de beperkende factor is, dan betekent een lage meetwaarde niet noodzakelijk dat alle uitgangsmateriaal werd omgezet. Andere parameters zoals de C/N verhouding, de herkenbaarheid van de uitgangsmaterialen en de nitraat/ammonium- (NO<sub>3</sub>-N/NH<sub>4</sub>-N) verhouding kunnen meegenomen worden ter beoordeling van de stabiliteit of de rijpheid van een compostproduct. Zo wijst een **NO<sub>3</sub>-N/NH<sub>4</sub>-N verhouding** groter dan 1 op een zekere rijping. Merk daarbij op dat niet enkel de verhouding maar ook de absolute waarden van NO<sub>3</sub>-N en NH<sub>4</sub>-N voor interpretatie van belang zijn: een (te) hoge NH<sub>4</sub>-N waarde wijst bv. op anaerobe omstandigheden.

Wat de **C/N-verhouding** betreft, wordt bij de start van de compostering gestreefd naar een waarde tussen de 25 en de 35 voor het uitgangsmengsel. Deze verhouding is min of meer in overeenstemming met de koolstof- en stikstofbehoefte van micro-organismen bij afbraak van het materiaal. Naarmate de compostering vordert, neemt deze verhouding af door verliezen van CO<sub>2</sub>. Idealiter bedraagt de waarde van een afgewerkte compost ongeveer 12 à 15: deze waarde benadert de C/N-verhouding

van de bodem. De C/N-verhouding is echter ook afhankelijk van het organische stofgehalte van de compost: bij compost met veel aarde zal deze waarde lager liggen.

Voor bepaalde parameters zijn streefwaarden of normen ontwikkeld. Het is niet de bedoeling om deze hier uitvoerig aan bod te laten komen, maar in Tabel 3 zijn de voornaamste federaal verplichte normen weergegeven, ondermeer voor zware metalen.

**Tabel 3.** Overzicht van geanalyseerde parameters per type materiaal, inclusief weergave van de federale verplichtingen en de Vlaco norm (indien strenger dan de federale norm).

	Uitgangsmat.	Compost tussen	Mest / strooisel	Compost af	Fed. Verpl.	VLACO
pH-H <sub>2</sub> O (-)				x	6,5 - 9,5	
Electrische conductiviteit (µS/cm)				x		
NO <sub>3</sub> N (mg/l substraat)		x		x		
NH <sub>4</sub> N (mg/l substraat)		x		x		
P (mg/l substraat)				x		
K (mg/l substraat)				x		
Ca (mg/l substraat)				x		
Mg (mg/l substraat)				x		
Fe (mg/l substraat)				x		
Mn (mg/l substraat)				x		
SO <sub>4</sub> (mg/l substraat)				x		
Na (mg/l substraat)				x		
Cl (mg/l substraat)				x		
Cu (mg/l substraat)				x		
Zn (mg/l substraat)				x		
Organische stof (%/DS)	x	x	x	x	≥ 16 (vers!)	≥ 18 (vers!)
N <sub>tot</sub> (%/DS)	x	x	x	x		
OUR_oxitop (mmol/kg OS/uur)		x		x		
droge stofgehalte (%)	x	x	x	x	≥ 50	≥ 55
volumegewicht (g/l vers substr)	x			x		
As (mg/kg DS)					<20	
Cd (mg/kg DS)	x			x	< 2	
Cr (mg/kg DS)	x			x	< 100	
Cu (mg/kg DS)	x			x	< 150	
Hg (mg/kg DS)					<1	
Pb (mg/kg DS)	x			x	< 150	
Ni (mg/kg DS)	x			x	< 50	
Zn (mg/kg DS)	x			x	< 400	
Mn (mg/kg DS)	x			x		
P (mg/kg DS)	x	x	x	x		
K (mg/kg DS)	x			x		
Ca (mg/kg DS)	x			x		
Na (mg/kg DS)	x			x		
Mg (mg/kg DS)	x			x		
C/N (-)	x	x	x	x		

Verder is men als landbouwer natuurlijk geïnteresseerd in de nutriëntensamenstelling van een product. In het kader van de strengere fosfaatnormen wordt gestreefd naar het bekomen van een product met een relatief lage fosfor- (P) en relatief hoge stikstof- (N) en organische stof- (OS) inhoud. Ook de kalium- (K) inhoud is van belang: de kans op een kaliumovermaat ten aanzien van magnesium vormt bij herhaalde compostgiften een reëel risico.

De precieze analysemethodes voor elk van deze parameters zijn weergegeven in Bijlage 1. Meer details hieromtrent kunnen op aanvraag bekomen worden.

Voor een beperkt aantal eindproducten werd naast deze chemische karakterisering ook een test op aanwezigheid van onkruidzaden en een beperkte biologische karakterisering uitgevoerd, in het kader

van een bemestingsproef waarin deze producten toegepast werden (zie ook deelrapport 2 'bemestingsproef').

De **biologische karakterisering** werd uitgevoerd aan het laboratorium van de vakgroep bodembeheer (Universiteit Gent) en bestond uit bepaling van microbiële koolstof en stikstof, dehydrogenase (enzymatische) activiteit en analyse van de fosfolipide vetzuren (Eng. *phospholipid fatty acid*, PLFA). De microbiële koolstof en stikstof, vaak beschouwd als de meest labiele fracties van C en N in de bodem, geven een snelle indicatie van de beschikbaarheid van nutriënten en van de toename of afname van het organische stofgehalte in de bodem als gevolg van bodembeheer (Baaru et al. 2007). Het dehydrogenase enzyme wordt vaak gebruikt als indicator voor biologische activiteit in de bodem. Dehydrogenase activiteit in de bodem kan aanwijzingen geven over het potentieel van de bodem om biochemische processen te ondersteunen essentieel voor het behoud van bodemvruchtbaarheid (Nannipieri et al. 2003).

De PLFA-analyse is op heden één van de meest gebruikte methodes voor het bestuderen van de structuur van de microbiële gemeenschap; ze is snel en gevoelig om veranderingen te detecteren (Frostegard et al. 2011). Deze analyse kan beschouwd worden als een soort moleculaire "vingerafdruk". Ze geeft informatie over biomassa in de bodem, de schimmel-bacterie verhouding, biodiversiteit, maar ook het voorkomen van sleutel-organismen en zogenaamde "biomerkers": specifieke indicatoren van bepaalde grote taxonomische groepen in de microbiële gemeenschap van bodems. Voorbeelden van dergelijke groepen zijn Gram+ bacteriën, Gram- bacteriën, Actinomyceten, schimmels en mycorrhiza.

De **kiemtest** werd uitgevoerd in het laboratorium van ILVO-Plant-Teelt en Omgeving, waarbij een beperkte hoeveelheid van het compost- of mestproduct in een kiembakje gemengd werd met witveen en daarna bevochtigd werd. Per product werden drie herhalingen voorzien; daarnaast werden ook drie controlebakjes met enkel witveen opgezet. De afgesloten kiembakjes werden bewaard bij een temperatuur van ongeveer 21 °C, kenden een normaal dag-nacht ritme, en werden gedurende vier weken (tussen 20 juni en 19 juli) opgevolgd voor kieming van onkruidzaad.

Alle analyses werden uitgevoerd volgens de voorgeschreven methodes voor de analyses van compost zoals beschreven in het Compendium voor monsterneming en analyse (CMA) in uitvoering van het afvalstoffendecreet en het bodemsaneringsdecreet van het Vlaams gewest ([www.emis.vito.be](http://www.emis.vito.be)).

## 4. Kippenmest in de compost

Het betrekken van kippenmest in een compostering kan resulteren in de ontwikkeling van een minder zoute, trager werkende en beter te doseren meststof met een hogere N/P verhouding, rijker aan koolstof en met een hogere biodiversiteit dan de zuivere mest. Met andere woorden: een kwaliteitsproduct dat zijn afzet kan vinden in de biologische tuin- en akkerbouw, zowel omwille van zijn bodemverbeterende als van zijn plantenvoedende eigenschappen.

Met kippenmest werden vijf verschillende behandelingsproeven uitgevoerd (Tabel 2). Voor twee van die proeven bestond de behandeling uit een compostering op ril (langwerpige hoop) samen met plantaardige restproducten (paragraaf 4.1 en 4.2). Andere technieken die onderzocht werden, zijn eerder te omschrijven als een opmenging van kippenmest met compost: (a) een proces van omzetting en opslag in de loopstal van kippen door het aanbrengen van groencompost als strooisellaag (paragraaf 4.3), (b) een stockage van kippenmest gemengd met groencompost (paragraaf 4.4), en (c) een hygiëniserende van kippenmest in gesloten tunnels met bijmenging van groencompost en paardenmest (paragraaf 4.5).

### 4.1 Verschillende plantaardige restproducten in compostering op ril

#### 4.1.1 Doelstelling en proefopzet

Deze eerste proef met kippenmest bestond uit een compostering op ril samen met plantaardige restproducten. Daarbij onderzochten we de effecten van verschillen qua samenstelling in uitgangsmateriaal op het composteringsproces, de massabalans en de kwaliteit van het eindproduct. Ook praktische haalbaarheid en toepassingsgemak werden in beschouwing genomen.

Drie verschillende objecten werden daarbij vergeleken. Het mengsel voor elk van die objecten bestond uit een basis van (zuivere) kippenmest (zonder strooisel), tarwestro en vers grasmaaisel, waar voor de verschillende hopen houtschors, graszaadhooi of een mengsel van graszaadhooi en compost bijgemengd werd (Tabel 4). De proporties zijn zodanig opgesteld dat een gunstige C/N-verhouding (streefwaarde 30) bekomen werd bij aanvang van de compostering. De redenen voor de keuze van die plantaardige producten en hun kenmerken zijn hieronder beknopt opgelijst:

- Compost: maakt dat de hoop dichter komt te zitten en verbetert het contact tussen de kippenmest en andere materialen. Compost is ook ten dele zelf nog een koolstofbron. De gebruikte compost is boerderijcompost geproduceerd op het ILVO.
- Houtschors: is de meest reactieve component van hout, en vrij eenvoudig aan te kopen. De kostprijs is afhankelijk van de fijnheid van het materiaal, maar kan snel vrij hoog oplopen: voor deze proef werd voor fijn materiaal (0-40 mm) gekozen dat 17,35 € per m<sup>3</sup> kostte. Grover materiaal (tot 100 mm) had een prijs van 9,72 € per m<sup>3</sup>.
- Graszaadhooi: werd gebruikt als substituuut voor natuurmaaisel, vanuit de idee dat een win-win situatie gecreëerd wordt wanneer dergelijke restproducten van natuurbeheer door een landbouwer benut kunnen worden als grondstof voor compostering. Graszaadhooi is overvloedig en vrij beschikbaar op het ILVO.

**Tabel 4.** Vooropgestelde samenstelling (vol%) van de drie compostobjecten in kippenmest proef 1.

Object	kippenmest	tarwestro	grasmaaisel	houtschors	graszaadstro	compost
A	10%	30%	15%	-	25%	20%
B	7,5%	30%	20%	42,5%	-	-
C	7,5%	30%	20%	-	42,5%	-

### 4.1.2 Gegevensverzameling

Zowel bij opzet als bij afronden van de proef werd ieder type materiaal afzonderlijk gewogen, om zo doende een massabalans te kunnen opstellen.

Van elk van de uitgangsmaterialen werden bij aanvang ook vier mengstalen genomen voor chemische karakterisering. Onmiddellijk na opzet (gemengde uitgangsmaterialen = uitgangsmengsel) alsook op het einde van de proef (op 5 januari 2011) werden eveneens vier mengstalen genomen per object.

In de loop van de proef werden temperatuur en CO<sub>2</sub>-gehalte van de objecten regelmatig opgevolgd. Vochtgehalte en structuur werden visueel vastgesteld.

### 4.1.3 Verloop

De compostering liep over een periode van ruim twee maanden. Tussen 22 en 29 september 2010 werden de drie objecten opgezet op een ril van ongeveer 20 m lang en 2 à 3 m breed, met behulp van een verreiker (Manitou) en mestkar. Het keren gebeurde met een compostkeerder type Sandberger ST300 (Figuur 1). De ganse opzet kostte bij benadering 45 manuren. Tezelfdertijd vond de staalname van de uitgangsmaterialen plaats. Vanaf 19 oktober werden de hopen afgedekt met compostdoek, om te voorkomen dat ze te nat werden bij intense regenval.

Noodzaak om te keren werd bepaald op basis van het temperatuursverloop (visueel weergegeven in Figuur 2) en CO<sub>2</sub>-metingen (zie paragraaf 2.2). Watergift, afgestemd op het vochtgehalte van het mengsel, gebeurde met behulp van een druppelirrigatie-systeem type "Uniram", waarbij 8 liter water per lopende meter per uur kon gegeven worden.

**Figuur 1.** Opzet van de composthopen. Boven: de uitgangsmaterialen worden uitgespreid over de lengte van de ril en op hoop gezet. Onder: kippenmest en plantaardige uitgangsmaterialen worden gemengd en belucht met de compostkeerder.

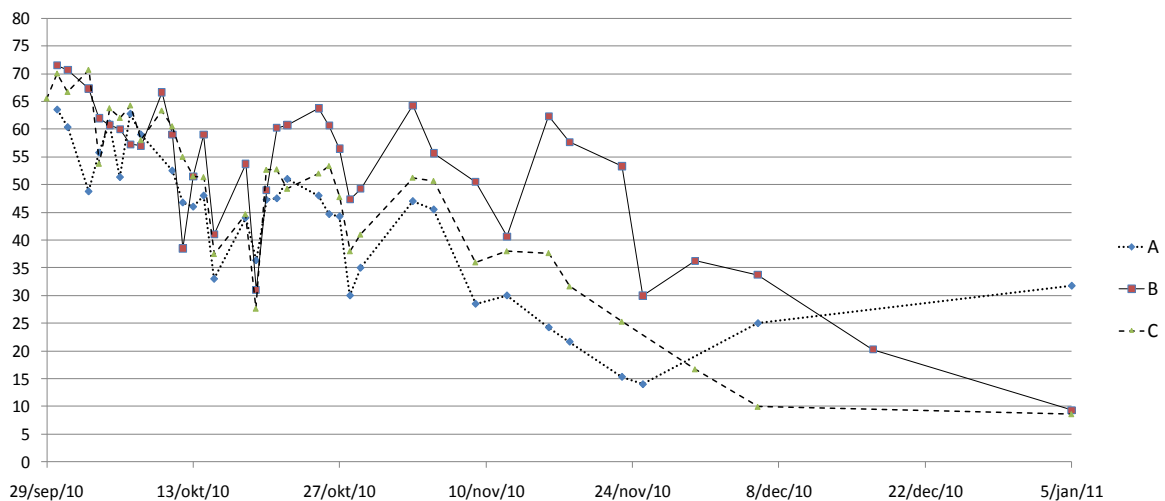


De vereiste om te keren was het grootst kort na opzet, waarbij de temperatuur snel en meermaals opliep tot boven de 65 °C. Vooral object B bleek erg reactief, en werd in totaal 11 maal gekeerd in de loop van de proef. Deze hoop behield ook langst zijn temperatuur en activiteit. Objecten A en C werden respectievelijk 6 en 10 maal gekeerd.

CO<sub>2</sub>-gehaltes waren relatief hoger in objecten A en C dan in object B, vooral tijdens de eerste week. Maxima lagen rond de 12 à 14 %. Behoeftte voor bewateren bleef beperkt, met uitzondering van object B, dat omwille van z'n hoge activiteit een vijftal maal gedurende een volle dag bewaterd werd. Objecten A en C werden respectievelijk slechts 1 en 3 keer bewaterd gedurende een halve dag. De vochtige weersomstandigheden (zie hierna) speelden daarbij zeker een rol.

Op 25 november werd object B als laatste hoop nog gekeerd. Afhankelijk van de afname van temperatuur en activiteit van de producten, werd voor de verschillende objecten beslist om de actieve opvolging stil te leggen en de rillen op te hopen en te stockeren. Dit gebeurde op 24 & 25 november 2010 voor objecten A en C, en op 5 januari 2011 voor object B.

**Figuur 2.** Temperatuursverloop (°C) tijdens het composteren voor de drie verschillende objecten.



De weersomstandigheden in het najaar van 2010 werden gekenmerkt door intensieve regen, vorst en sneeuwval. In oktober bedroeg de gemiddelde maandtemperatuur van de buitenlucht 11,1 °C. In november zakte deze naar 5,9 °C, en in december bedroeg ze slechts -0,6 °C. De totale neerslaghoeveelheid tussen 22 september en 6 januari bedroeg bij benadering 308 mm, en bestond voor een aanzienlijk deel uit sneeuwval. Er waren bij benadering 30 sneeuwdagen en 43 vorstdagen in die periode (bron: KMI; ILVO, weerstation Melle).

#### 4.1.4 Resultaten en discussie

##### 4.1.4.1 Kwaliteit materialen

Het compostingsproces kende voor de drie objecten een normaal verloop, met een duidelijke piek in activiteit gedurende de eerste veertien dagen. Vooral de compostering van objecten A en C verliep zeer gelijkaardig, daar waar object B langere tijd actief bleef. De aanwezigheid van houtschors als "bruin materiaal" vormt daar de verklaring voor: dit heeft de hoop luchtiger gemaakt en zorgde voor een continue aanvoer van vrij reactieve koolstof.

Ondanks het gebruik van compostdoek, waren de drie compostproducten op het einde van de proef erg kleverig en nat. Wellicht is het dikke pak sneeuw, dat een tijd op de doeken lag, geleidelijk gesmolten en door de doeken gedrongen. Door de meer luchtige structuur kon object B iets vlotter uitdrogen.

De voornaamste resultaten van de kwaliteitsbepalingen zijn voor de uitgangsmaterialen weergegeven in Tabel 5, met uitzondering van de compost toegepast in de opzet van object A, waarvoor geen gegevens beschikbaar zijn. Voor elk van de eindproducten zijn die resultaten weergegeven in Tabel 6.

**Tabel 5. Analyseresultaten van de uitgangsmaterialen (gemiddelde  $\pm$  standaarddeviatie).**

Variabele	Tarwestro	Graszaadhooi C	Graszaadhooi A	Houtschors	Kippenmest	Grasmaaisel
OS (%/DS)	95,1 $\pm$ 0,3	92,4 $\pm$ 0,5	91,2 $\pm$ 2,7	90,3 $\pm$ 0,5	42,8 $\pm$ 1,9	88,2 $\pm$ 0,6
DS (%)	36,8 $\pm$ 3,4	63,5 $\pm$ 5,8	16,8 $\pm$ 3,3	46,5 $\pm$ 1,9	62,7 $\pm$ 0,6	8,9 $\pm$ 0,7
vol. gewicht (g/l vers substr)	73 $\pm$ 0	27 $\pm$ 0	55 $\pm$ 0	205 $\pm$ 2	533 $\pm$ 20	80 $\pm$ 0
Cd (mg/kg DS)	0,15 $\pm$ 0,02	0,11 $\pm$ 0,02	0,17 $\pm$ 0,05	1,72 $\pm$ 0,18	0,31 $\pm$ 0,01	0,12 $\pm$ 0,01
Cr (mg/kg DS)	0,38 $\pm$ 0,10	0,4 $\pm$ 0,18	0,93 $\pm$ 0,53	0,75 $\pm$ 0,24	5,18 $\pm$ 0,34	0,33 $\pm$ 0,10
Cu (mg/kg DS)	1,89 $\pm$ 0,30	3,97 $\pm$ 0,35	10,62 $\pm$ 11,85	8,79 $\pm$ 5,18	64,00 $\pm$ 3,17	5,57 $\pm$ 0,78
Pb (mg/kg DS)	1,00 $\pm$ 0,08	1,20 $\pm$ 0,08	2,23 $\pm$ 1,53	4,58 $\pm$ 0,45	4,68 $\pm$ 0,53	1,10 $\pm$ 0,37
Ni (mg/kg DS)	0,38 $\pm$ 0,05	0,53 $\pm$ 0,19	1,35 $\pm$ 0,98	1,20 $\pm$ 0,47	6,75 $\pm$ 0,13	1,15 $\pm$ 0,06
Zn (mg/kg DS)	26 $\pm$ 9	40 $\pm$ 2	64 $\pm$ 10	222 $\pm$ 8	244 $\pm$ 209	70 $\pm$ 29
Mn (mg/kg DS)	15 $\pm$ 1	117 $\pm$ 12	125 $\pm$ 54	62 $\pm$ 9	225 $\pm$ 135	77 $\pm$ 2
C/N (-)	117 $\pm$ 7	51 $\pm$ 3	34 $\pm$ 11	58 $\pm$ 8	8,25 $\pm$ 0,75	24 $\pm$ 1
N/P (-)	7,61 $\pm$ 0,7	5,13 $\pm$ 0,84	5,93 $\pm$ 0,4	7,07 $\pm$ 0,65	1,94 $\pm$ 0,56	4,94 $\pm$ 0,08
C/P (-)	901 $\pm$ 128	264 $\pm$ 31	203 $\pm$ 67	410 $\pm$ 59	15,87 $\pm$ 3,28	120 $\pm$ 4
N <sub>tot</sub> (kg/ton DS)	4,52 $\pm$ 0,26	10,00 $\pm$ 0,60	16,02 $\pm$ 4,90	8,80 $\pm$ 1,07	29,03 $\pm$ 3,52	20,28 $\pm$ 0,53
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ton DS)	1,38 $\pm$ 0,21	4,53 $\pm$ 0,51	6,18 $\pm$ 1,69	2,87 $\pm$ 0,40	35,53 $\pm$ 5,94	9,4 $\pm$ 0,27
K <sub>2</sub> O (kg/ton DS)	3,16 $\pm$ 0,08	21,2 $\pm$ 2,01	14,30 $\pm$ 4,23	7,94 $\pm$ 0,31	19,87 $\pm$ 7,96	42,69 $\pm$ 0,99
Na <sub>2</sub> O (kg/ton DS)	0,10 $\pm$ 0,02	1,16 $\pm$ 0,07	0,73 $\pm$ 0,19	0,26 $\pm$ 0,01	2,76 $\pm$ 2,46	1,09 $\pm$ 0,31
CaO (kg/ton DS)	4,04 $\pm$ 0,48	5,60 $\pm$ 0,35	9,06 $\pm$ 1,62	37,17 $\pm$ 2,02	56,02 $\pm$ 54,81	6,68 $\pm$ 0,45
MgO (kg/ton DS)	1,16 $\pm$ 0,02	1,95 $\pm$ 0,18	2,49 $\pm$ 0,46	2,89 $\pm$ 0,38	5,39 $\pm$ 3,13	2,84 $\pm$ 0,09

De gemeten NO<sub>3</sub>- en NH<sub>4</sub>-gehaltenes alsook de oxitop-bepaling wijzen erop dat alle producten na afloop van de proef een voldoende stabiliteit en zekere rijping vertoonden (zie streefzones zoals beschreven onder 3.2). Ook de C/N-verhouding zat voor alle producten goed (12 à 15) op het einde van de proef. Hoewel de zink- (Zn) concentratie aan de hoge kant zat (zowel de gebruikte kippenmest als houtschors bevatten relatief veel Zn), bleven de concentraties voor zware metalen overal onder de wettelijke maximumnorm. Naast Zn is ook de concentratie Cu in de kippenmest relatief hoog, hetgeen vermoedelijk met voeder of voederadditieven te maken heeft.

Eén eindproduct, object B met houtschors, sprong er echter duidelijk uit. Verschillen uitte zich ondermeer op vlak van hogere stabiliteit, hogere C/N-verhouding, hogere stikstof/fosfor- (N/P) en koolstof/fosfor- (C/P) verhouding, en lagere fosfaatinhoud. Die relatief lagere fosfaatinhoud en hogere N/P-verhouding is interessant in het kader van MAP4. Gezien de strengere fosfaatnormen wordt gestreefd naar een product met een relatief lage P- en relatief hoge stikstof- en organische stofinhoud.

Verder was ook de kalium-inhoud beduidend lager voor product B in vergelijking met de twee andere producten, hetgeen grotendeels te verklaren is door de relatief lagere kalium-inhoud van de gebruikte houtschors als uitgangsmateriaal in vergelijking tot het graszaadhooi. Dit is relevant aangezien de kans op een kali-overmaat ten aanzien van magnesium bij herhaalde compostgiften een reëel risico vormt. Zeker de in deze studie ontwikkelde composten met kippenmest zijn globaal gezien (te) rijk aan K. Let wel: het K-gehalte in houtschors zal niet altijd laag zijn: er zullen verschillen zijn tussen boomsoorten (Steel et al. 2012) en ook het aandeel hout in de schors heeft een verdunnend effect op het K-gehalte.

Wat stabiliteit betreft, wijst niet alleen de lagere oxitop-waarde maar ook het lage NH<sub>4</sub>-gehalte op een relatief betere stabiliteit van product B. Producten A en C zijn min of meer op één lijn te plaatsen, met uitzondering van de nutriëntenconcentraties: die lagen voor A een stuk hoger, door het toevoegen van compost. Beide producten zijn door een kleinere hoeveelheid structuurmateriaal sneller ingezakt. Door die compactie is de beluchting en zodoende de omzetting wellicht minder gunstig verlopen dan bij object B.

Opvallend voor deze producten is ook de hoge EC-waarde, wat erop wijst dat A en C meer voedingsstoffen in minerale of zoutvorm bevatten. Dit wordt bevestigd door hoge N<sub>min</sub>-, natrium-, kalium-, sulfaat- en chloorgehaltenes in A en C. De basis voor die hoge waarden werd reeds gelegd bij de oor-



spronkelijke mix van uitgangsmaterialen: vooral het aandeel graszaadhooi (gekenmerkt door ondermeer hoge gehalten Na en K) in A en C speelt daarbij een belangrijke rol. Dit is opnieuw een minpunt voor A en C: bij ruime of herhaalde toepassing van compostproducten met een te hoog zoutgehalte kan de vochtopname belemmerd worden of een onevenwicht in het voedingsstoffenaanbod zich voordoen.

**Tabel 6.** Analyseresultaten bij afloop van de composteringsproef, met weergave van samenstelling van de zuivere kippenmest, een gemiddelde groencompost en een gemiddelde GFT-compost als referenties (Bokhorst & ter Berg 2001) (gemiddelde ± standaarddeviatie).

Variabele	Object A	Object B	Object C	Groencompost	GFT-compost	Kippenmest
pH-H <sub>2</sub> O (-)	8,56 ± 0,14	8,59 ± 0,06	8,31 ± 0,05	8,35		
EC (µS/cm)	3385 ± 323	945 ± 109	2453 ± 217	1000		
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	114 ± 15	40,5 ± 9,01	57,4 ± 24,05	59		
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	45,83 ± 53,64	<5	15,45 ± 22,90	83		
NO <sub>3</sub> /NH <sub>4</sub> (-)	>1	>1	>1			
OS (%/DS)	36,8 ± 0,2	51,0 ± 2,7	30,8 ± 1,8	34	37	43 ± 2
Oxitop (mmol/kg OS/uur)	7,20 ± 1,26	4,05 ± 0,81	11,05 ± 0,64			
DS (%)	37,5 ± 1,5	34,5 ± 0,6	36,0 ± 1,9	59	70	63 ± 1
vol. gewicht (g/l vers)	544 ± 15	568 ± 4	553 ± 11	725	800	533 ± 20
Cd (mg/kg DS)	0,72 ± 0,06	1,14 ± 0,07	0,35 ± 0,08	0,7		0,31 ± 0,01
Cr (mg/kg DS)	14,18 ± 2,81	8,15 ± 0,84	8,35 ± 4,22	17		5,18 ± 0,34
Cu (mg/kg DS)	52,14 ± 2,14	33,26 ± 1,63	31,38 ± 17,31	30		64 ± 3
Pb (mg/kg DS)	9,03 ± 1,75	9,53 ± 0,43	8,63 ± 2,37	44		4,68 ± 0,53
Ni (mg/kg DS)	11,05 ± 8,91	9,93 ± 6,88	9,7 ± 8,88	9		6,75 ± 0,13
Zn (mg/kg DS)	341 ± 7	280 ± 30	303 ± 54	150		244 ± 209
Mn (mg/kg DS)	489 ± 47	231 ± 10	339 ± 77	341		225 ± 135
C/N (-)	10,40 ± 0,68	17,68 ± 2,94	10,88 ± 1,35	16	12	8,25 ± 0,75
N/P (-)	1,64 ± 0,21	2,23 ± 0,64	1,42 ± 0,24	4,7	4,2	1,94 ± 0,56
C/P (-)	17,19 ± 1,81	38,35 ± 4,86	15,38 ± 1,22	78	50	15,87 ± 3,28
N <sub>tot</sub> (kg/ton DS)	19,65 ± 1,23	16,38 ± 2,75	15,90 ± 1,92	11	18	29,03 ± 3,52
N <sub>min</sub> (kg/ton DS)	0,78 ± 0,25	0,22 ± 0,04	0,36 ± 0,02	0,37	1,00	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ton DS)	27,70 ± 2,88	17,29 ± 2,49	25,79 ± 1,83	4,9	9,6	35,53 ± 5,94
K <sub>2</sub> O (kg/ton DS)	34,35 ± 2,75	14,24 ± 0,47	31,29 ± 7,47	10	14	19,87 ± 7,96
Na <sub>2</sub> O (kg/ton DS)	4,09 ± 0,41	1,80 ± 0,10	3,20 ± 0,23			2,76 ± 2,46
CaO (kg/ton DS)	96,06 ± 1,53	71,34 ± 1,94	84,83 ± 13,29	28	35	56,02 ± 54,81
MgO (kg/ton DS)	12,12 ± 0,48	7,95 ± 0,23	10,04 ± 0,38	5	7	5,39 ± 3,13

In vergelijking met typische waarden voor groencompost, vallen bij deze compostproducten met kippenmest de relatief hogere nutriëntenconcentraties (bv. voor N, P, K, Ca, Mg) op. De N/P- en C/P-verhoudingen zijn echter relatief laag, wat te wijten is aan de hoge fosfaatinhoud van de toegevoegde kippenmest.

In vergelijking met de zuivere kippenmest zien we bij de compostproducten ondermeer een hogere concentratie van een aantal elementen (K, Ca, Mg, zware metalen) en een hogere C/N-verhouding. Opvallend is dat enkel bij het object met houtschors de N/P-verhouding effectief verbeterd is (hoger is geworden). Anderzijds is het wel waarschijnlijk dat ook in objecten A en C een substantiële vastlegging van N in microbiële biomassa plaatsvond, hetgeen het risico op toekomstige stikstofverliezen potentieel inperkt.

#### 4.1.4.2 Massabalans

(Breitenbeck & Schellinger 2004; Vandecasteele et al. 2008)

Aan de hand van de gewichtsbepalingen en gekende samenstelling van elk van de materialen bij aanvang en op het einde van de proef, kon een massabalans opgesteld worden en kunnen dus gewichtsverliezen of nutriëntenverliezen benaderend ingeschat worden.

Een maat voor het totale materiaalverlies is de verandering van het drooggewicht van de composthoop tussen aanvang en einde van de proef. Echter, foutenmarges op de gewichtsbepalingen bij dergelijke praktijkproef kunnen relatief groot zijn, ondermeer door de beperkte precisie van de weegbrug en mogelijke materiaalverliezen tijdens transport en opzetten. Bovendien wordt het vers gewicht bepaald en daarna omgerekend naar droog gewicht via het vochtgehalte, met mogelijk een grotere fout op de bepaling tot gevolg. Dit vochtgehalte kan namelijk voor bv. tarwestro of graszaadhooi zeer sterk en snel fluctueren, wat een grote impact kan hebben op de uitkomst van de berekende balans. De aanzienlijke verschillen qua samenstelling tussen het graszaadhooi gebruikt in objecten A en C, hoewel oorspronkelijk afkomstig van eenzelfde stock, zijn daarbij sprekend (Tabel 4).

Om die onzekerheid te omzeilen, bestaat de mogelijkheid om materiaalverliezen in te schatten louter op basis van veranderingen tussen aanvang en einde compostering in concentraties van elementen die onder invloed van het proces zelf niet of nauwelijks onderhevig zijn aan verliezen. Het betreft hier fracties, stoffen of elementen als het as-gehalte, koper, zink en fosfor. De absolute hoeveelheid van deze zogenaamde “inerte” materialen blijft gelijk waardoor de verandering in concentratie ervan een vrij betrouwbare maat vormt voor massa- en volumereductie. In Tabel 7 worden de verhoudingen weergegeven voor zowel droog gewicht als voor concentraties van asrest, fosfor en zink. Per object geeft de variatie in de verhoudingen qua concentraties van de hier beschouwde “inerte” stoffen een idee van de foutenmarge op de reductie qua droog gewicht.

**Tabel 7.** Weergave van veranderingen in drooggewicht en elementenconcentraties, als maat voor de opconcentratie van de inerte fractie, en dus de materiaalverliezen bij de verschillende objecten. Hoe groter de verhouding, hoe groter de verandering in drooggewicht.

	Object A	Object B	Object C
Droog gewicht (begin/einde)	1,45	1,16	1,36
Asrest (conc. einde/begin)	2,39	2,11	2,74
P <sub>totaal</sub> (conc. einde/begin)	2,24	1,42	1,56
Zn (conc. einde/begin)	2,28	1,48	2,53

Uit elk van deze verhoudingen blijkt dat de verliezen het kleinst waren voor object B, en van eenzelfde grootteorde waren voor objecten A en C. Deze berekening stelt ons in staat de materiaalverliezen in te schatten op 50 % voor A en C, en 30 % voor B.

Daarnaast kunnen we ook de nutriëntenverliezen voor elk object begroten. Tabel 8 geeft een overzicht van het procentueel verlies aan stikstof en organische stof (of koolstof) voor de drie objecten. Deze balans leert ons het volgende:

- Het verlies aan droog gewicht is voornamelijk het resultaat van koolstofverliezen als CO<sub>2</sub>.
- Het koolstofverlies is erg hoog voor object C, wat wellicht te maken heeft met de aard van het uitgangsmateriaal. Bij een optimale compostering zou men niet tot dergelijk hoge verliezen mogen komen. De toegevoegde compost in object A heeft die verliezen enigszins ingeperkt. Het merendeel van de koolstof in een afgewerkt compostproduct bevindt zich immers in meer stabiele bindingen. Het minder hoge koolstofverlies in B, zowel procentueel als in absolute cijfers, wijst op een gunstiger samenstelling en procesverloop. Toch is dit opmerkelijk gezien de hogere temperaturen die in object B gemeten werden en de daarbij veronderstelde hogere microbiële activiteit. Dit betekent dat het te verwachten verband tussen CO<sub>2</sub>-verliezen en temperatuurontwikkeling door biologische activiteit niet steeds even eenduidig is. We nemen aan dat temperatuurontwikkeling niet enkel verband houdt met microbiële afbraak en koolstofverlies maar ook met andere zaken te maken kan hebben, zoals luchthuishouding en structuur.
- Het stikstofverlies is verwaarloosbaar voor object B. Dit bevestigt de waarde van dit compostproduct, aangezien minimale N-verliezen nagestreefd worden. A en C scoren hier minder goed, met significante verliezen die opliepen tot respectievelijk 25 en 35 %.

- De variatie in de C/N-verhouding is in overeenstemming met de oorspronkelijke variatie qua verhouding van materialen in de uitgangsmengsels.

Net zoals veranderingen in concentraties van inerte materialen een maat vormen voor de massareductie tijdens compostering, kan via het verschil in concentratieverandering van dergelijke elementen (als het ware een referentie voor nulverliezen) en dat van andere elementen die wel aan verliezen onderhevig zijn, een inschatting gemaakt worden van de grootte van verliezen bij die laatste (Breitenbeck & Schellinger 2004). Dit biedt als het ware een controlemogelijkheid voor de berekening van verliezen gebaseerd op gewichtsbepalingen. We gaan hier niet verder op in, maar dergelijke controleberekening werd ook toegepast voor deze proef. Dit bevestigde de waargenomen trends zoals voorgesteld in tabel 7.

**Tabel 8.** Procentuele nutriëntenverliezen tussen aanvang en afloop van de proefopzet.

	Object A	Object B	Object C
$N_{\text{totaal}}$	-25%	-5%	-35%
OS of $C_{\text{totaal}}$	-45%	-35%	-60%

De resultaten van dergelijke massabalans dienen met de nodige omzichtigheid gehanteerd te worden. Composteren is een natuurlijk proces waarbij met heterogene materialen gewerkt wordt onder veldomstandigheden. Niet elke component is even betrouwbaar te kwantificeren, en bepaalde materialen kunnen het opstellen van een correcte massabalans sterk bemoeilijken. Denk aan de moeilijke bepaling van het droge stofgehalte van stro of hooi, zoals hiervoor werd aangegeven.

Ook het standaard protocol voor compostanalyse beïnvloedt mogelijks de resultaten. Zo zou het zeven over 2 cm van de finale compoststalen voorafgaand aan laboratoriumanalyse, waarbij grovere brokken uitgezeefd worden, het beeld van verliezen en opconcentraties enigszins kunnen vertekenen. De afgezonderde grove fractie bestaat merendeels uit onverteerde houtige componenten met lagere nutriëntengehaltes en een hoog OS-gehalte, waardoor het geanalyseerde product relatief hoge concentraties van bv N en P bevat, en anderzijds een lagere OS-inhoud kent. Dit zou impliceren dat de reële verliezen aan N en P hoger zijn dan de hier ingeschatte verliezen, en de verliezen aan OS of C lager. Om deze hypothese na te gaan, vond achteraf een afzonderlijke staalname plaats waarbij de grove en fijne fractie afzonderlijk gewogen en geanalyseerd werden. De grove fractie bleek daarbij een kleine 10 % van het totaal droog gewicht uit te maken, en een  $N_{\text{tot}}$ -gehalte te hebben dat 40 % lager lag en een OS-gehalte dat 56 % hoger lag dan dat van de fijne fractie. Die trend volgend werden de resultaten in Tabel 8 afgerond op 5 %, voor OS en  $N_{\text{tot}}$  respectievelijk naar boven of beneden.

Algemeen kan besloten worden dat niet zozeer de absolute cijfers hier van tel zijn, maar wel de trends en de variatie tussen de verschillende objecten.

#### 4.1.4.3 Aanwezigheid van onkruidzaden

Tijdens de kiemttest kiemde slechts 1 grasplant in één van de 3 herhalingen voor object B. De resultaten van de biologische karakterisering zijn voor de verschillende objecten samengevat onder paragraaf 4.6.

De resultaten van deze eerste proef bevestigen dat voor een compostering van kippenmest met plantaardige reststromen de aanwezigheid van een component als houtschors van groot belang is. Niet alleen is houtschors kwalitatief een interessanter product dan bv. graszaadhooi, het is ook bepalend voor de lucht- en waterhuishouding tijdens de compostering en voor het bekomen van een waardevol eindproduct op vlak van nutriëntenverhouding, stabiele organische stof inhoud en strooibaarheid.

Beschikbaarheid en prijs van houtschors vormen echter een belangrijk knelpunt, aangezien houtschors vaak gebruikt wordt als afdek materiaal in tuinaanleg. Houtsnippers kunnen eventueel lokaal gewonnen worden (bv. bij beheerswerken) en vormen in dat opzicht wellicht een interessant alternatief. Door hout te snipperen waarbij het vervezeld wordt, benadert men meer de kwaliteit van een schorsproduct.

## 4.2 Verschillend aandeel kippenmest in compostering op ril

### 4.2.1 Doelstelling en proefopzet

Deze proef bestond, net als de hiervoor beschreven proef, uit een compostering op ril van kippenmest samen met plantaardige restproducten. Ditmaal werd het effect beschouwd van verschillende doses kippenmest op het composteringsproces, de massabalans en de kwaliteit van het eindproduct. Uitgangspunt is de voorkeur om een relatief groot aandeel mest in de compost te verwerken, om de praktijk betekenisvol te maken op bedrijfsniveau. De vraag stelt zich wat de bovengrens is voor een goed composteringsverloop en een kwaliteitsvolle compost.

Drie objecten werden daarbij vergeleken. Het mengsel voor elk van die objecten bestond uit een basis van tarwestro, houtschors, houtsnippers, grasmaaisel en vers grasmaaisel, waar voor de verschillende hopen een procentueel verschillende dosis (zuivere) kippenmest bijgemengd werd (Tabel 9). De keuze voor en verhouding tussen de plantaardige materialen is gebaseerd op de bevindingen van de eerste composteringsproef. Daarin werd vastgesteld dat een component houtschors interessant is voor de lucht- en waterhuishouding tijdens de compostering en als lang aanhoudende bron van koolstof. Beschikbaarheid en prijs van houtschors vormen echter een belangrijk knelpunt. Met het oog op haalbaarheid in de praktijk werd daarom gekozen voor een gelijk aandeel lokaal gewonnen houtsnippers uit de hakhout-aanplanting op het ILVO als alternatieve koolstofbron en structuurmateriaal (Vandecasteele et al. 2008).

**Tabel 9.** Samenstelling (vol%) van de drie compostobjecten in kippenmest proef 2.

Object	kippenmest	tarwestro	grasmaaisel	houtschors	houtsnippers	graszaadhooi
D	10%	15%	21%	27%	18%	9%
E	17%	12%	17%	27%	18%	9%
F	20%	13%	13%	27%	18%	9%

### 4.2.2 Gegevensverzameling

Zowel bij opzet als bij afronden van de proef werd ieder type materiaal afzonderlijk gewogen, om zo doende een massabalans te kunnen opstellen.

Daarnaast werden op het einde van de proef en van elk van de uitgangsmaterialen bij aanvang telkens vier mengstalen genomen voor chemische karakterisering.

In de loop van de proef werden temperatuur en CO<sub>2</sub>-gehalte van de objecten regelmatig opgevolgd. Vochtgehalte en structuur werden visueel vastgesteld.

### 4.2.3 Verloop

De compostering liep over een periode van net geen drie maanden. Op 17 en 18 februari 2011 werden de drie objecten opgezet op een ril van ongeveer 15 m lang en 2 à 3 m breed, met behulp van een verreiker (Manitou) en mestkar. Het keren gebeurde met een compostkeerder type Sandberger ST300 (Figuur 3). Tezelfdertijd vond de staalname van de uitgangsmaterialen plaats. Vanaf 25 februari werden de hopen afgedekt met compostdoek.

Noodzaak voor keren werd bepaald op basis van het temperatuursverloop (visueel weergegeven in Figuur 4) en CO<sub>2</sub>-metingen (zie paragraaf 2.2). Watergift, afgestemd op het vochtgehalte van het mengsel, gebeurde met behulp van een druppelirrigatie-systeem type "Uniram", waarbij 8 liter water per lopende meter per uur gegeven werd.

## Kippenmest in de compost

De compostering kwam iets trager op gang dan bij de eerste proef, wat ten dele te maken heeft met de aanwezigheid van houtsnippers die minder reactief zijn dan houtschors. De drie composthopen bleven echter gedurende een veel langere periode actief, met temperaturen die zelf na afronden van de proef en ophopen van de producten nog lange tijd op erg hoge activiteit wezen ( $>60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

De vereiste om te keren werd, in tegenstelling tot de eerste proef, voornamelijk ingegeven door de behoefte aan bewatering, waarna een homogenisering aan de orde is. De weersomstandigheden gedurende de periode van de proef, samen met de hoge activiteit, zorgden ervoor dat de producten snel uitdroogden en een quasi constante toevoer van water behoefden. De objecten D en F werden elk 14 keer gekeerd, object E 15 keer.

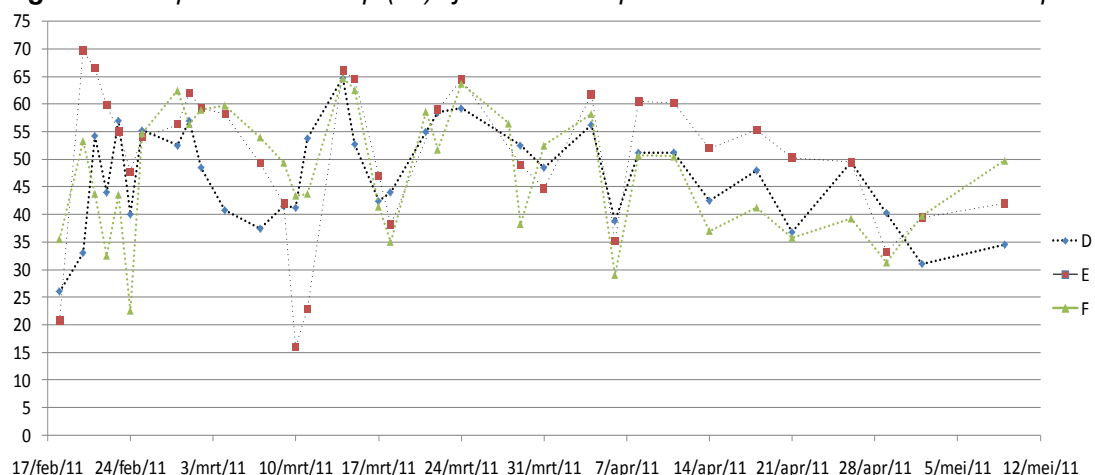
Gemiddelde  $\text{CO}_2$ -gehaltes liepen nergens hoger op dan 6 %, en bleven meestal onder de 1 à 2 %.

**Figuur 3.** Opzet van de composthopen met een compostkeerder type Sandberger.



Ondanks de aanhoudend hoge temperatuur en activiteit in elk van de objecten, werd op 9 mei de actieve opvolging stilgelegd en werden ze allen opnieuw gewogen, opgehoopt en gestockeerd. Dit met het oog op verdere toepassing in de geplande bemestingsproef (zie deelrapport 2 'bemestingsproef': Beeckman et al. 2012). De composten bleven wel rijpen op deze compactere hopen, en temperatuur werd opgevolgd tot eind juni.

**Figuur 4.** Temperatuursverloop ( $^{\circ}\text{C}$ ) tijdens het composteren voor de drie verschillende producten.



In schril contrast tot de weersomstandigheden tijdens de eerste proef die in het najaar van 2010 werd uitgevoerd, werd de periode voor deze tweede proef gekenmerkt door sterk uitdrogende omstandigheden. Het voorjaar van 2011 was dan ook extreem droog: de totale neerslaghoeveelheid tussen 18 februari en 9 mei bedroeg bij benadering slechts 59 mm. Tijdens de tweede helft van februari bedroeg

de gemiddelde maandtemperatuur van de buitenlucht 4 °C. In maart steeg deze tot 6,8 °C, en in april bedroeg ze uiteindelijk 13 °C (bron: ILVO, weerstation Melle).

### **4.2.4 Resultaten en discussie**

#### **4.2.4.1 Kwaliteit materialen**

Het composteringsproces verliep voor de drie objecten heel vlot en hield lange tijd aan. Ze was echter ook erg arbeidsintensief, gezien de grote behoefte aan bewatering en dus ook de noodzaak om het materiaal regelmatig om te zetten. Van een duidelijke piek, een sterk stijgende of sterk dalende trend in temperatuur en activiteit was geen sprake, en verschillen tussen de objecten waren er op dat vlak ook nauwelijks. De gemiddelde temperatuur gedurende de ganse periode lag voor alle objecten rond de 50 °C, maar kende wel een sterke fluctuatie, schommelend tussen 16 °C (bij tijdelijke uitdroging) en 70 °C als extreme waarden.

Het gebruik van compostdoek heeft zijn nut bewezen: zo kon voorkomen worden dat het materiaal nog verder uitdroogde.

De voornaamste resultaten van de kwaliteitsbepalingen zijn voor de uitgangsmaterialen weergegeven in Tabel 10, en voor elk van de eindproducten in Tabel 11.

De gemeten NO<sub>3</sub>- en NH<sub>4</sub>-gehalten alsook de oxitop-bepaling wijzen erop dat alle producten na afloop van de proef een voldoende stabiliteit en zekere rijping vertoonden (zie streefzones zoals beschreven onder 3.2). Hoewel de verschillen relatief klein zijn, springt de compost van object E er uit als meest stabiel product (laagste oxitop-waarde). Ook een aantal andere variabelen wijzen er op dat dit product, met de middelste dosis kippenmest, verst gevorderd was in het composteringsproces, zoals het hoogste NO<sub>3</sub>-gehalte.

De compost van object D, met de laagste dosis kippenmest, had de hoogste C/N-verhouding op het einde van de proef. Met uitzondering van de cadmiumconcentratie (met name afkomstig van de houtschors en -snippers) en de zinkconcentratie van producten E en F (met name afkomstig van de gebruikte kippenmest), bleven de concentraties voor zware metalen onder de wettelijke maximumnorm.

In vergelijking met typische waarden voor groencompost (zie Tabel 6), vallen bij deze compostproducten met kippenmest, net als in de eerste composteringsproef, de relatief hogere nutriëntenconcentraties (bv. voor N, P, K, Ca, Mg) op. De N/P- en C/P-verhoudingen zijn echter relatief laag, wat te wijten is aan de hoge fosfaatinhoud van de toegevoegde kippenmest. Object D met de laagste dosering kippenmest haalt op dat vlak dan ook de beste scores.

**Tabel 10.** Analyseresultaten van de uitgangsmaterialen (gemiddelde ± standaarddeviatie).

Variabele	Tarwestro	Graszaadhooi	Houtsnippers	Houtschors	Kippenmest	Grasmaaisel
OS (%/DS)	93,9 ± 0,7	85,9 ± 3,3	87,5 ± 0,7	96,7 ± 1,8	59,1 ± 0,6	77,9 ± 14,2
DS (%)	15,7 ± 1,5	25,4 ± 4,0	32,3 ± 1,5	46,9 ± 5,1	49,9 ± 1,2	15,2 ± 2,3
vol. gewicht (g/l vers substr)	99 ± 2	147 ± 14	335 ± 18	291 ± 12	551 ± 6	133 ± 11
Cd (mg/kg DS)	0,13 ± 0,01	0,18 ± 0,04	3,91 ± 0,56	3,01 ± 0,27	0,30 ± 0,01	0,27 ± 0,04
Cr (mg/kg DS)	0,83 ± 0,46	2,40 ± 1,07	2,60 ± 1,47	1,93 ± 1,43	13,38 ± 1,04	2,35 ± 1,65
Cu (mg/kg DS)	2,03 ± 0,11	9,01 ± 2,93	6,05 ± 0,52	7,73 ± 4,46	83,97 ± 6,54	10,57 ± 7,83
Pb (mg/kg DS)	1,33 ± 0,21	2,60 ± 0,55	12,65 ± 2,47	1,23 ± 0,52	5,4 ± 0,29	5,9 ± 2,9
Ni (mg/kg DS)	1,48 ± 0,66	5,95 ± 4,65	2,93 ± 1,80	34,78 ± 50,31	10,03 ± 0,36	33,48 ± 59,70
Zn (mg/kg DS)	27 ± 6	116 ± 36	190 ± 8	150 ± 10	589 ± 21	73 ± 15
Mn (mg/kg DS)	24 ± 3	174 ± 18	75 ± 32	59 ± 6	469 ± 9	162 ± 56
C/N (-)	82 ± 5	24 ± 4	64 ± 4	85 ± 7	9,4 ± 0,2	17 ± 1
N/P (-)	9,86 ± 1,00	5,49 ± 0,46	8,94 ± 1,09	6,75 ± 0,70	2,48 ± 0,02	7,64 ± 0,43
C/P (-)	818 ± 120	136 ± 28	575 ± 60	575 ± 19	23,5 ± 0,8	132 ± 4
N <sub>tot</sub> (kg/ton DS)	6,38 ± 0,33	19,80 ± 2,22	7,63 ± 0,53	6,35 ± 0,61	34,88 ± 0,75	25,03 ± 3,42
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ton DS)	1,49 ± 0,19	8,35 ± 1,50	1,97 ± 0,19	2,16 ± 0,04	32,24 ± 0,97	7,55 ± 1,30
K <sub>2</sub> O (kg/ton DS)	3,38 ± 0,71	32,27 ± 8,98	8,42 ± 0,93	3,39 ± 0,13	29,67 ± 1,07	22,42 ± 8,99
CaO (kg/ton DS)	4,39 ± 0,21	14,20 ± 3,13	35,58 ± 2,58	10,46 ± 0,34	121,12 ± 6,69	6,43 ± 0,77
MgO (kg/ton DS)	1,45 ± 0,14	3,91 ± 0,88	2,43 ± 0,13	0,96 ± 0,01	12,12 ± 0,72	3,07 ± 0,55

**Tabel 11.** Analyseresultaten bij afloop van de composteringsproef, met weergave van samenstelling van de zuivere kippenmest als referentie (gemiddelde ± standaarddeviatie).

Variabele	Object D	Object E	Object F	Kippenmest
pH-H <sub>2</sub> O (-)	8,7 ± 0,1	8,7 ± 0,1	8,6 ± 0,1	
EC (µS/cm)	801 ± 163	1404 ± 73	804 ± 151	
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	17,8 en < 5	133,78 ± 21,99	43,38 ± 5,25	
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	< 5	< 5	< 5	
NO <sub>3</sub> /NH <sub>4</sub> (-)	> 1	> 1	> 1	
OS (%/DS)	65,1 ± 1,1	58,9 ± 1,9	55,9 ± 2,1	59,1 ± 0,6
Oxitop (mmol/kg OS/uur)	7,38 ± 0,79	4,88 ± 0,86	5,88 ± 2,05	
DS (%)	37,0 ± 0,3	42,1 ± 1,1	34,3 ± 0,5	49,9 ± 1,23
vol. gewicht (g/l vers)	502 ± 5	487 ± 7	642 ± 9	551 ± 6
Cd (mg/kg DS)	2,92 ± 0,17	2,44 ± 0,06	2,42 ± 0,15	0,30 ± 0,01
Cr (mg/kg DS)	11,13 ± 2,50	13,35 ± 1,91	17,35 ± 3,11	13,38 ± 1,04
Cu (mg/kg DS)	44,96 ± 2,20	65,91 ± 3,18	57,73 ± 3,37	83,97 ± 6,54
Pb (mg/kg DS)	11,35 ± 0,10	11,53 ± 0,92	10,70 ± 0,14	5,4 ± 0,29
Ni (mg/kg DS)	6,18 ± 0,29	14,90 ± 7,00	10,10 ± 3,95	10,03 ± 0,36
Zn (mg/kg DS)	372 ± 16	513 ± 31	456 ± 23	589 ± 21
Mn (mg/kg DS)	340 ± 53	426 ± 32	512 ± 89	469 ± 9
C/N (-)	18,45 ± 0,35	14,78 ± 0,89	15,98 ± 1,51	9,43 ± 0,22
N/P (-)	2,04 ± 0,10	1,67 ± 0,18	1,63 ± 0,09	2,48 ± 0,02
C/P (-)	37,99 ± 1,69	24,88 ± 3,93	26,12 ± 2,24	23,52 ± 0,80
N <sub>tot</sub> (kg/ton DS)	19,58 ± 0,34	22,23 ± 0,70	19,53 ± 1,17	34,88 ± 0,75
N <sub>min</sub> (kg/ton DS)	0,09 ± 0,05	0,67 ± 0,10	0,21 ± 0,02	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ton DS)	22,01 ± 1,27	30,84 ± 4,08	27,57 ± 1,85	32,24 ± 0,97
K <sub>2</sub> O (kg/ton DS)	20,08 ± 0,63	24,64 ± 0,81	17,09 ± 1,01	29,67 ± 1,07
CaO (kg/ton DS)	74,04 ± 3,04	103,43 ± 7,03	103,12 ± 2,60	121,12 ± 6,69
MgO (kg/ton DS)	8,18 ± 0,27	10,4 ± 0,59	9,66 ± 0,45	12,12 ± 0,72



#### 4.2.4.2 Massabalans

Aan de hand van de gewichtsbepalingen en gekende samenstelling van elk van de materialen bij aanvang en op het einde van de proef, kon een massabalans opgesteld worden en kunnen dus gewichtsverliezen of nutriëntenverliezen benaderend ingeschat worden.

Hierbij werd dezelfde aanpak gevolgd als voor de eerste composteringsproef, zoals beschreven in paragraaf 4.1.4.2.

In Tabel 12 worden de veranderingen tussen aanvang en einde compostering weergegeven voor zowel droog gewicht als voor concentraties van asrest, fosfor en zink. Per object geeft de variatie in de verhoudingen qua concentraties van de hier beschouwde "inerte" stoffen een idee van de foutenmarge op de reductie qua droog gewicht. De schijnbaar lagere opconcentratie van fosfor voor object F, kan erop wijzen dat met het doorsijpelende water fosfor uit deze hoop is gespoeld.

**Tabel 12.** Weergave van veranderingen in drooggewicht en elementconcentraties, als maat voor de opconcentratie van de inerte fractie, en dus de materiaalverliezen bij de verschillende objecten. Hoe groter de verhouding, hoe groter de verandering in drooggewicht.

	Object D	Object E	Object F
Droog gewicht (begin/einde)	1,66	1,57	1,87
Asrest (conc. einde/begin)	1,84	1,80	1,83
P <sub>totaal</sub> (conc. einde/begin)	1,89	1,91	1,66
Zn (conc. einde/begin)	1,30	1,50	1,26

Deze berekening stelt ons in staat de materiaalverliezen in te schatten op 40 % voor elk van de drie objecten.

Daarnaast kunnen we ook de nutriëntenverliezen voor elk object begroten. Tabel 13 geeft een overzicht van het procentueel verlies aan stikstof en organische stof (of koolstof) voor de drie objecten.

Deze balansen leren ons het volgende:

- Globaal genomen zijn de verliezen aan nutriënten groter dan bij de compostering voor de eerste proef (4.1). De samenstelling van de uitgangsmaterialen, hogere dosering kippenmest, langdurigere activiteit, intense behandeling (veelvuldig keren en bewateren) en langere duur van de compostering vormen daarbij allen elementen voor een mogelijke verklaring.
- Het verlies aan droog gewicht is voornamelijk het resultaat van koolstofverliezen onder de vorm van CO<sub>2</sub>. De verliezen zijn hoger dan bij een gemiddeld gunstige compostering, maar niet hoger dan voor objecten A en C in de eerste proef. Ze liggen in de lijn van de verwachtingen gezien de langdurig hoge temperatuur die werd waargenomen.
- De nutriëntenverliezen voor objecten D en E zijn sterk vergelijkbaar ondanks het aanzienlijk groter aandeel kippenmest in object E (17 % tov 10 % in object D). Dit impliceert dat een grotere mestfractie niet steeds tot grotere verliezen leidt, zolang geschikte nevenproducten gebruikt worden en een bepaalde drempelwaarde niet overschreden wordt.
- Zowel het stikstof- als het koolstofverlies zijn daarentegen duidelijk hoger voor object F met de hoogste dosis kippenmest. Wellicht werd hier een drempelwaarde voor maximaal aandeel kippenmest overschreden. Deze mate van N-verlies tijdens een compostering kan vanuit het oogpunt van nutriëntenefficiëntie niet getolereerd worden.

De resultaten van deze massabalans dienen met de nodige omzichtigheid gehanteerd te worden, zoals hiervoor uitvoerig besproken. Composteren is een natuurlijk proces waarbij met heterogene materialen gewerkt wordt onder veldomstandigheden. Niet elke component is even betrouwbaar te kwantificeren. Daarom zijn niet zozeer de absolute cijfers van tel, maar wel de globale trends.

**Tabel 13.** Procentuele nutriëntenverliezen tussen aanvang en afloop van de proefopzet.

	Object D	Object E	Object F
N <sub>totaal</sub>	-30%	-30%	-50%
OS of C <sub>totaal</sub>	-45%	-45%	-60%

### 4.2.4.3 Aanwezigheid van onkruidzaden

In de kiemttest werd eveneens de compost uit object E opgenomen. Slechts in één van de drie replicatiebakjes vonden twee kiemingen plaats. Het ging daarbij om hetzelfde organisme, dat echter in “witte draden stadium” bleef, en dus niet geïdentificeerd kon worden (Figuur 14).

De resultaten van de biologische karakterisering zijn voor de verschillende compostproducten samengevat onder paragraaf 4.6.

### 4.2.4.4 Vergelijking resultaten composteringsproeven 4.1 en 4.2

Het is interessant om de resultaten van de eerste proef met verschillende plantaardige restproducten (4.1) te vergelijken met die van deze proef met verschillend aandeel kippenmest.

Beide proeven werden uitgevoerd onder erg contrasterende omstandigheden: de eerste proef vond plaats in het najaar (oktober - januari) in een extreem natte periode, daar waar de tweede proef plaats vond in een uitzonderlijk droog voorjaar (februari - mei). De vraag kan daarom gesteld worden in welke mate die omstandigheden het composteringsproces en de kwaliteit van de eindproducten beïnvloed hebben.

Een interessante vergelijking is die tussen object B uit de eerste en object D uit de tweede proef. De initiële samenstelling van beide objecten was vergelijkbaar, met als grootste verschil de zuivere toevoeging van houtschors (42.5 vol%) als structuurmateriaal in B versus de gemengde toevoeging van houtschors (27 vol%) en houtsnippers (18 vol%) in D. Het aandeel kippenmest in D (10 vol%) was ook lichtjes hoger dan in B (7,5 vol%). De eindproducten van beide hopen zijn qua samenstelling sterk vergelijkbaar, met als voornaamste verschil een hoger OS-gehalte, totale N- en P-gehalte, en een lager NO<sub>3</sub>-N-gehalte voor D ten opzichte van B. Het hogere OS-gehalte in object D houdt mogelijk verband met de vervanging van een deel van de houtschors door houtsnippers, het hogere totale N- en P-gehalte met het hoger aandeel kippenmest. Opvallender zijn de verschillen in massareductie en nutriëntenverlies, met een consequent groter verlies bij object D. In dezelfde lijn verschilde het verloop van de compostering ook tussen beide objecten: D kwam iets trager op gang dan B, maar bleef gedurende een veel langere periode actief, met temperaturen die zelf na afronden van de proef en ophopen van de producten nog lange tijd op erg hoge activiteit wezen (>60 °C). Die verschillen in verloop en verlies zijn ten dele te verklaren door de aanwezigheid van houtsnippers als minder reactieve maar wel langdurige bron van koolstof, maar vermoedelijk speelden ook de weersomstandigheden (voorjaarscompostering versus najaarscompostering) hier een niet te onderschatten rol. De hogere concentratie van zowel macro- als micro-elementen in D kan te maken hebben met de iets hogere dosis kippenmest ten aanzien van B.

**Figuur 5.** Een beeld van de goed gestructureerde, kruimelige compost uit object E.



De resultaten van deze proef tonen de haalbaarheid aan van een compostering met kippenmest. Het gebruik van houtsnippers in combinatie met houtschors garandeert een goede structuur en luchthuishouding, en vormt een evenwichtige en langdurige koolstofbron, waardoor een gelijkmatig composteringsproces mogelijk is.

Compostering met de hogere doses kippenmest maakt het intensiever, hetgeen duidelijk weerspiegeld wordt in het temperatuursverloop en de gewichtsverliezen. Een aandeel kippenmest van 12 à 15 vol% vormt gevoelsmatig toch ergens een bovengrens waarboven met name het verlies aan stikstof te hoog ligt.

Gezien het grotere risico op stikstofverliezen en de aanzienlijke tijds- en arbeidsinvestering bij dergelijke intensieve compostering, kan men zich vragen stellen bij de energie- en nutriëntenefficiëntie van een compostering met hogere doses kippenmest. Toch zijn de eindproducten stuk voor stuk kwaliteitsvolle en rijpe composten, met een interessante samenstelling en structuur (Figuur 5).

### 4.3 Compost in de loopstal van leghennen

#### 4.3.1 Doelstelling en proefopzet

In deze proef werd een alternatieve manier voor “verwerking” en optimale benutting van biologische kippenmest beschouwd. Het gaat om het aanbrengen van een laag groencompost in de scharrelruimte van een kippenstal, die moet dienen als een soort opvang of buffer voor de geproduceerde kippenmest. Uitgangspunt is dat het eindproduct na afvoer uit de stal bij toepassing op de akker een meerwaarde heeft in vergelijking met zuivere kippenmest of zuivere groencompost, ondermeer door de respectievelijk hogere koolstof- en stikstofinhoud. Tezelfdertijd kan het een oplossing bieden voor de weinig grondgebonden pluimveehouderij, die op heden de zuivere mest nog moeilijk aan de man kan brengen. Het concept is gebaseerd op gelijkaardige projecten met rundvee (Aarts 2011).

Naast het verhogen van de inzetbaarheid van de geproduceerde kippenmest, werden aan de hand van deze proef ook de hypothesen getest dat dergelijke aanpak:

- een significante reductie in stikstofverliezen zou kunnen betekenen, door het bij de bron vasthouden van de meststikstof in de groencompost;
- zorgt voor een aangenaam substraat voor de kippen, dat scharrelgedrag bevordert;
- leidt tot minimale verstoring van de leghennen door wegvallen van instrooibeurten;
- resulteert in een aangename stalklimaat, met minder fijn stof en een minder sterke ammoniakgeur.

De proef werd uitgevoerd in een kippenstal op de Taemhoeve in Neeroeteren (Maaseik). De stal in kwestie bevat twee scharrelruimten van 93,6 m<sup>2</sup> (26 x 3,6 m<sup>2</sup>), van elkaar gescheiden door de roosters en legnesten. Op 4 oktober 2010 werd in de ene scharrelruimte (zuidzijde) 16,5 ton groencompost (ongeveer 40 m<sup>3</sup>) aangebracht, terwijl in de andere ruimte (noordzijde) initieel geen strooisel werd aangebracht. In de stal zaten in totaal 3000 leghennen. Op basis van observatie kan aangenomen worden dat ongeveer de helft scharrelde in het gedeelte met groencompost (*Figuur 6*).

***Figuur 6. Een beeld van de scharrelruimte met compostlaag in één van beide staldelen.***



Behandeling van het substraat bestond hoofdzakelijk uit een regelmatige bevochtiging, alsook omzetting met een kleine cultivator om het materiaal los te trekken en te homogeniseren. De bevochtiging

gebeurde met behulp van T-dop sproeiers, bevestigd aan het plafond van de stal (buis met sproei-doppen om de anderhalve meter).

### 4.3.2 Gegevensverzameling en opvolging

Bij opzet van de proef werden van de groencompost vier mengstalen genomen voor chemische karakterisering. Een (tussentijdse) evaluatie van evolutie in de samenstelling van het materiaal gebeurde door eenzelfde staalname en analyse op 4 november 2010 (1 maand na opzet), op 15 december 2010 (2 maanden plus 10 dagen na opzet) en op 23 maart 2011 (5,5 maanden na de opzet, bij het afronden van de proef). Ook werden in viervoud stalen genomen van de roostermest en van de scharrelmest in het stalgedeelte zonder compost, om de samenstelling te kennen van de kippenmest die gaandeweg in de groencompost terecht kwam.

Bij de opzet van de proef werd de groencompost, die de stal in ging, gewogen. Ook werd het mengsel van groencompost en kippenmest dat de stal uit kwam bij het afronden van de proef gewogen. Verder werd een theoretische inschatting gemaakt van de hoeveelheid kippenmest (vers gewicht, N- en P-hoeveelheden) die per tijdseenheid in de groencompost terecht kwam. Daarbij werd uitgegaan van de VLM-normen en -richtwaarden voor uitscheiding en verliezen (VLM 2011), en een inschatting van het aandeel van alle geproduceerde mest dat in de scharrelruimte met groencompost gedeponeed werd. Die inschatting werd ook geverifieerd aan de hand van een weging van droge scharrelmest in drie kleine plotjes (0,5 x 0,5 m<sup>2</sup>) in de referentie scharrelruimte zonder groencompost.

Deze gegevens maken het mogelijk op een benaderende wijze een massabalans op te stellen en de stikstofverliezen in te schatten.

In de loop van de proef werden ook een aantal andere parameters opgevolgd. Zo werd op twee momenten (op 15 december 2010 en 23 maart 2011) het stalklimaat in kaart gebracht, aan de hand van metingen van CO<sub>2</sub> (meettoestel AQ 5001 Pro Quest), ammoniak (NH<sub>3</sub>), methaan (CH<sub>4</sub>), waterstofsulfide (H<sub>2</sub>S), luchtvochtigheid, luchttemperatuur (allen meettoestel MX6-multigasdetector) en fijn stof (meettoestel Graywolf) (Figuur 7). Daarbij kon beroep gedaan worden op de expertise van de ILVO-eenheid Technologie & Voeding (Milieutechniek, onderzoeksdomein Agrotechniek). De scharrelruimten met en zonder groencompost werden onderling vergeleken. Vooral de meting van fijn stof is interessant: fijn stof vormt een typisch probleem in kippenstallen. Bovendien is dit een erg gevoelige meting, wat wil zeggen dat reeds op korte afstanden verschillen goed in kaart gebracht kunnen worden. Ook de meting van NH<sub>3</sub> is waardevol, in het kader van potentiële emissiereductie door vasthouden van stikstof in de groencompost.

Daarnaast werd op twee momenten (op 4 november 2010 en 23 maart 2011) per scharrelruimte 1 mengstaal genomen van verse kippenmest (individuele mesthoopjes) voor een beoordeling op eventuele worminfecties. Worminfecties vormen in de biologische pluimveehouderij namelijk een echt probleem, met name omdat de kippen meer in contact komen met hun uitwerpselen dan bij bv. kooihuisvesting. Rond deze problematiek werd in de periode 2009-2010 ook een ADLO-project uitgevoerd (Pierré & Van Meirhaeghe 2009). De analyse van de stalen vond plaats in het laboratorium van Die-renggezondheidszorg Vlaanderen (DGZ), via de flotatie-techniek, een EPG-telling (Eieren Per Gram mest) en de zeefmethode. Bij de flotatie wordt nagegaan of en welke rondwormen aanwezig zijn, zonder echter de ernst van de besmetting te kennen. De EPG-waarde geeft het aantal wormeneitjes per gram mest weer en drukt dus de ernst van de wormbesmetting uit. Standaard wordt hierbij ook de EPG waarde bepaald wat de ernst van een eventuele coccidiosebesmetting weergeeft. Bij de zeefmethode tenslotte wordt nagegaan of lintwormen aanwezig zijn. Bij deze wormsoort is het niet mogelijk de ernst van de besmetting na te gaan.

Tenslotte volgde de kippenhouder de staat van het substraat en de daarmee samenhangende impact op: het gedrag en de gezondheid van de kippen, het aantal grondeieren, de geleverde arbeidsinvestering, problemen met vliegen, en eventueel andere knelpunten. Op die manier werden ook praktische haalbaarheid en toepassingsgemak maximaal in beschouwing genomen.

### 4.3.3 Resultaten en discussie

#### 4.3.3.1 Verloop, praktische aspecten en haalbaarheid

De compost werd in de stal binnengereden op 4 oktober 2010. Op dat moment werd nog geen einddatum van de proef vooropgesteld; het idee was te evalueren hoe het product zou evolueren en in welke mate de opzet haalbaar bleef.

Belangrijk voor interpretatie is te weten dat de groencompost bij aanvang nog niet volledig afgerijpt was en nog een redelijk hoge temperatuur had. Die temperatuur daalde snel na uitspreiden in de stal. De eerste maand verliep zonder tussenkomst. De kippen gedroegen zich rustiger in het stalgedeelte met compost, maar hadden niet echt een voorkeur voor één van beide compartimenten. Geluid werd door de compost gedempt en er leek minder stof en een minder sterke ammoniakgeur in de stal aanwezig te zijn. Wellicht omdat het aangenaam vertoeven was op de compost, waren er wel meer grondeieren (15 à 20 per dag) dan in het stalgedeelte zonder compost, maar niet in die mate dat dit problematisch was.

Vanaf de tweede maand werd het substraat regelmatig bevochtigd: zo'n 10 tot 20 minuten om de 5 à 10 dagen. Op die manier werd voorkomen dat het substraat te sterk uitdroogde en werd ook vermeden dat stof aan de kippen bleef kleven, wat een donkere, vuile laag op de eieren kon veroorzaken.

Op 1 december werd het substraat voor de eerste maal opengetrokken met een kleine cultivator (Figuur 7). Zodoende werd de mest die bovenop de compost kwam te liggen beter ingemengd, het materiaal homogener verdeeld over de ganse ruimte, en het scharrelen van de kippen opnieuw gestimuleerd. In tegenstelling tot een scharrelruimte met strolaag werd in de ruimte met compost de er bovenop liggende mest na verloop van tijd vrij sterk gecompacteerd. Een extra stimulans om te scharrelen was het uitstrooien van tarwekorrels op de compost vlak voor opentrekken. De kippen groeven daarna dieper en meer. Die activiteit is belangrijk met het oog op het vermijden van verenpikken.

Pas vanaf 18 februari 2011 (4 maanden na aanvang) werden op regelmatige basis kleine hoeveelheden gehakseld stro toegevoegd. Dat daar zolang mee gewacht is, heeft te maken met het idee om in deze proef na te gaan hoe dergelijke methode met compost aangepakt kan worden met minimale extra inspanning voor de kippenhouder. Ook in het stalgedeelte zonder compost werd de strogift uitgesteld, met name om grondeieren te voorkomen. Daarnaast bleek het ook niet eenvoudig om (goedkoop) gehakseld stro te vinden. Een eerste dosis stro werd gehakseld door een landbouwer in de buurt. Wegens de grote hoeveelheden los materiaal bleek het inbrengen echter moeilijk werkbaar. Rekening houdende met de kostprijs van het ongehakselde stro (bij benadering 85 €/ton stro), het hakselen, het transport en de extra moeite om het stro in de stal te brengen, leek het interessanter om geperst gehakseld stro aan te kopen in de handel (275 €/ton). Er werd even overwogen om met vlaslemen te werken als alternatief voor stro. Vlaslemen kunnen echter veel meer vocht opnemen. Omdat het substraat net vocht moet krijgen voor een betere opname van de kippenmest, leek het best om een materiaal te kiezen dat minder vocht naar zich toetrekt.

**Figuur 7.** Links: apparatuur om het stalklimaat in kaart te brengen. Rechts: de cultivator waarmee het compostsubstraat opengetrokken werd, met op de achtergrond de toegangspoort tot de stal.



Op die manier werd verder gewerkt, tot de proef uiteindelijk werd stopgezet op 23 maart 2011 (iets meer dan 5,5 maanden na aanvang). Op dat moment werd een toename in kwaliteit van het product door toepassing van fijn gehakseld stro twijfelachtig en wogen de kost en de tijdsinvestering voor de toepassing ervan, de bewatering en het mengen te zwaar door. Bovendien verliep de strogift steeds minder vlot: het duurde een tijd vooraleer het stro effectief in de compost opgenomen werd en de substraatlaag in de stal werd steeds dikker, waardoor het moeilijker werd om het volledige pakket nog met de kleine cultivator om te woelen. Zodoende ontstond op bepaalde plaatsen een korst en een onaangename, rottende geur.

Andere potentiële knelpunten die tot uiting kwamen naarmate de compost (te?) lang in de stal aanwezig bleef:

- Het aanvoelen steeds minder hygiënisch bezig te zijn;
- Verhoogde corrosie aan metalen staldelen door vochtige omstandigheden;
- Verminderde aantrekkelijkheid van compost als scharrelmedium in vergelijking met een laag droog strooisel, waardoor de kans op verenpikkerij toenam;
- Natte mest onder de roosters door bevochtiging.

Los van de resultaten die hierna voor bv. kwaliteit worden voorgesteld, is een voorlopige conclusie voor praktische toepassing van dit systeem daarom eerder om de compost ongeveer om de drie maanden te vervangen. Dit is hygiënisch beter te verantwoorden en bespaart veel arbeid en duur stro. Anderzijds blijft het een open vraag of er voor een optimale samenstelling en behoud van stikstof niet beter eerder gestart was met het regelmatig verstrekken van (kleine) hoeveelheden stro.

#### 4.3.3.2 Kwaliteit compostsubstraat

In Tabel 14 is de oorspronkelijke samenstelling van de groencompost weergegeven, alsook de verandering in samenstelling doorheen de tijd. Daarnaast is ook de samenstelling van de vaste roostermest voorgesteld, als indicatie voor het product dat gaandeweg in de compost terecht kwam. Belangrijk voor interpretatie: stro werd pas toegevoegd kort voor de laatste staalname, dus de veranderingen tijdens de eerste twee maanden zijn louter toe te schrijven aan de gedeponeerde kippenmest en omzettingsprocessen in het substraat.

De waargenomen trends liggen doorgaans in de lijn van de verwachtingen, en hangen vooral samen met een geleidelijke toename van het stikstof- en fosforgehalte. Zo steeg bijvoorbeeld het totale stikstofgehalte gedurende de eerste twee maanden met gemiddeld 2,5 kg/ton DS per maand en het fosfaatgehalte met gemiddeld 3,3 kg/ton DS per maand. Daarna zijn die toenames iets geleidelijker, wat wellicht te relateren is aan de strogift en ruimere stikstofverliezen naarmate de kippenmest minder in het substraat gemengd kon worden. Op dezelfde manier dalen de C/N- en C/P-verhoudingen naarmate meer kippenmest in de compost terecht komt, maar stabiliseren deze waarden na strogift. Dat betekent in principe dat men door het spelen met de strogift in verhouding tot de gedeponeerde kippenmest zelf een bepaalde samenstelling kan nastreven.

**Tabel 14.** *Evolutie in de samenstelling van het compostsubstraat in de stal + samenstelling van de vaste roostermest (gemiddelde ± standaarddeviatie).*

Variabele	Compost start	Na 1 maand	Na 2 maand	Na 5,5 maand	Roostermest
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	<5	<5 tot 36	<5 tot 33,8	546 ± 373	-
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	<5	226 ± 72	312 ± 63	301 ± 27	-
Oxítóp (mmol/kg OS/úúur)	-	7,42 ± 1,78	7,08 ± 1,77	12,13 ± 2,76	-
DS (%)	53,0 ± 0,7	52,0 ± 2,2	56,0 ± 0,6	53,7 ± 10,6	44 ± 4
Org. stof (%/DS)	55 ± 6	59 ± 6	53 ± 2	62 ± 1	58 ± 2
N <sub>tot</sub> (kg/ton DS)	15,67 ± 2,16	18,00 ± 1,10	20,70 ± 0,56	25,50 ± 1,00	34 ± 4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ton DS)	5,43 ± 0,50	8,74 ± 0,54	12,01 ± 0,29	14,49 ± 0,44	38,00 ± 2,64
C/N (-)	20 ± 5	18 ± 2	14 ± 1	14 ± 1	9,7 ± 0,9
C/P (-)	131 ± 83	91 ± 13	57 ± 2	55 ± 2	19,5 ± 1,6
N/P (-)	6,60 ± 0,37	4,94 ± 0,19	3,95 ± 0,12	4,04 ± 0,22	2,02 ± 0,31

Het organische stofgehalte fluctueert lichtjes, maar blijft rond de 60 % schommelen. Op basis van de hoge  $\text{NH}_4$ -waardes kan gesteld worden dat de minerale stikstof toegevoegd via de kippenmest maar beperkt biologisch werd vastgelegd. Wellicht was het substraat te droog en te dun om biologische processen op gang te krijgen en te houden. Vooral tijdens de eerst twee maanden blijft het  $\text{NH}_4$ -gehalte hoog ten opzichte van het  $\text{NO}_3$ -gehalte. Naar het einde van de proef toe werd de  $\text{NO}_3/\text{NH}_4$ -verhouding echter groter dan 1, wat wijst op een omzetting van ammonium naar nitraat (zie 3.2). Toch nam de stabiliteit niet toe in de loop van het proces, zoals ook het oxidop-gehalte op het einde van de proef aangeeft (hogere waardes betekent minder stabiliteit (zie 3.2)). Let wel: mogelijk zou het proces anders zijn verlopen met een rijpere compost bij aanvang.

### 4.3.3.3 Massabalans compostsubstraat

Aan de hand van de gewichtsbepalingen en gekende samenstelling van elk van de producten bij aanvang en op het einde van de proef, kon een massabalans opgesteld worden en kunnen dus gewichtsverliezen of nutriëntenverliezen benaderend ingeschat worden.

Hierbij werd dezelfde aanpak gevolgd als voor de eerste composteringsproef, zoals beschreven in paragraaf 4.1.4.2.

In tegenstelling tot de andere composteringsproeven waarbij de input exact gekend was, was de hoeveelheid kippenmest en dus hoeveelheid nutriënten die per tijdseenheid aan de groencompost werd toegevoegd hier echter een niet rechtstreeks gekend gegeven. Om gewichtsveranderingen en nutriëntenretentie en -verliezen in deze proef goed te begrijpen, is het belangrijk die input van kippenmest zo nauwkeurig mogelijk in te schatten. Dat is echter een complex gegeven, en hangt af van de tijd die de kippen doorbrengen in de scharrelruimte.

We gingen daarbij uit van de volgende veronderstellingen:

- De kippen zijn ongeveer 16 uur per dag wakker;
- Van die 16 uur brengen ze 8 uur door op de legroosters, en 8 uur in de scharrelruimte of buitenloop;
- In totaliteit brengt ongeveer 30 % van de kippen 8,5 uur buiten door.

Dit betekent dat net iets minder dan 1/3 van alle geproduceerde mest uiteindelijk in de scharrelruimte terecht zou komen.

Rekening houdende met de standaard uitscheidingscijfers komt dit voor 1500 kippen neer op een dagelijkse dosis van ruwweg 20 kg droge vaste kippenmest of 0,74 kg N extra in de compost, zonder verliezen in rekening te brengen.

De massabalans voorgesteld in Tabel 15, leert dat de stikstofverliezen in het stalgedeelte met groencompost erg beperkt waren (minder dan 5 % gewichtsverlies), en dat verliezen in droge stof met name plaatsvonden onder de vorm van koolstofverlies (als  $\text{CO}_2$  of  $\text{CH}_4$ ).

**Tabel 15.** Gewichtsveranderingen tussen aanvang en afloop van de proefopzet.

	<b>Verlies</b>
Droog gewicht	-25%
$\text{N}_{\text{totaal}}$	-5%
OS of $\text{C}_{\text{totaal}}$	-25%
$\text{P}_{\text{totaal}}$	0%

In de veronderstelling dat alle stikstofverlies afkomstig was van de kippenmest, betekent dit een verlies van ongeveer 10 % stikstof uit de kippenmest. Onder normale omstandigheden (zonder compostsubstraat) verwacht men in het betreffende staltype dat ongeveer 30 % van alle via de mest gedeponeerde stikstof verloren zou gaan tijdens de verblijftijd in de stal. Ook van de totaliteit van de gedeponeerde vaste kippenmest in een stal zonder vangsubstraat blijft wellicht niet veel meer dan de helft van het vers gewicht uiteindelijk over. Dit werd bevestigd door de gewichtsbepaling van droge schar-



relmest in de scharrelruimte zonder groencompost: daar blijft door droge stofverliezen uiteindelijk ongeveer 10 kg vaste, droge kippenmest achter op dagbasis, zijnde de helft van de ingeschatte dagelijkse depositie van ruwweg 20 kg droge vaste kippenmest.

De veronderstelling dat stikstofverliezen beduidend kleiner waren in de scharrelruimte met groencompost, wordt daarmee bevestigd.

Belangrijk om te beseffen bij deze redenering, is dat er een aantal onzekerheden zijn en het om een ruwe inschatting gaat. Om deze balansen nauwkeuriger op te stellen, zou de proef meermaals gerepliceerd en gedetailleerd opgevolgd moeten worden, met een correcte inschatting van het aantal kippen en hun verblijfstijd in de scharrelruimte.

### 4.3.3.4 Stalklimaat

Vertrekkende van de veronderstelling dat de aanwezigheid van het compostsubstraat een effect zou kunnen hebben op het microklimaat in de stalruimte, werd het stalklimaat op twee momenten in kaart gebracht.

Bij de meting in december werden geen verschillen waargenomen voor fijn stof, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, RH en temperatuur. Wel duidelijk lager bij aanwezigheid van het compostsubstraat waren de NH<sub>3</sub>- (23 tot 35 ppm) en CO<sub>2</sub>-gehaltenes (2600 tot 3200 ppm).

Bij de tweede meting in maart werden eveneens geen verschillen waargenomen voor fijn stof, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, RH en temperatuur. Ditmaal werden ook geen verschillen in CO<sub>2</sub>-gehaltenes waargenomen. Opnieuw duidelijk lager bij aanwezigheid van het compostsubstraat was het NH<sub>3</sub>-gehalte (31 tot 44 ppm).

De verschillen in CO<sub>2</sub>-gehaltenes bij de eerste meting zijn mogelijks te verklaren door de aanwezigheid van een warme luchtblazer in het stalgedeelte zonder compost.

Bij de interpretatie dient meegenomen te worden dat beide staldelen fysiek niet van elkaar gescheiden zijn, zodat mogelijke verschillen misschien gemaskeerd zijn. Daarnaast hebben andere factoren hier wellicht een invloed gehad, zoals oriëntatie van de stal en bijgevolg zonlicht en luchtverplaatsing. Het gaat dus slechts om een indicatieve vergelijking.

### 4.3.3.5 Parasitologie

In het ADLO-project 'Impact van worminfecties op de algemene gezondheidsstatus van leghennen in niet-kooisystemen' (Pierré & Van Meirhaeghe 2009) werd ingespeeld op de toenemende problematiek van worminfecties. Daarbij werd vertrokken van de vaststelling dat leghennen gehouden in alternatieve huisvestingssystemen een groter risico lopen op worminfecties. Deze dieren komen immers meer in contact met hun uitwerpselen.

Verwacht werd dat ook de hier besproken proefopzet mogelijk impact kon hebben op worminfecties. Het compostsubstraat blijft namelijk langere tijd in de stal, wat contact met de uitwerpselen verhoogt en de hygiëne wellicht doet dalen. Anderzijds werd gespeculeerd dat de compost mogelijk schimmels kon bevatten die de eitjes van de wormen kunnen afdoden.

Deze thematiek werd hier niet in detail onderzocht, maar toch werden op twee momenten stalen genomen om op z'n minst een indicatie te kunnen geven.

Het ADLO-project rond worminfecties, leert ons dat volgende soorten mogelijk kunnen voorkomen:

- ***Eimeria sp.***: een eencellig parasiet die coccidiose kan veroorzaken, vooral bij warmer weer en als de bodembedekking in het hok te vochtig wordt. De eitjes worden oöcysten genoemd, en hun aantal per gram geteld. Merk op dat deze aantallen in feite weinig zeggen en niet voor verdere interpretatie over besmettingsgraad vatbaar zijn. Coccidiose vormt bij legkippen zelden een probleem; de kippen bouwen in de loop van hun verblijf in de stal weerstand op tegen deze parasieten.

- ***Ascaridia sp.***: dit is de grote spoelworm; een vrij onschadelijke wormsoort zolang hij in beperkte aantallen aanwezig is. Onderzoek geeft aan dat dit de meest voorkomende soort is (41,5 % van alle stalen binnen het ADLO-project). Van deze soort wordt het aantal wormeneieren geteld.
- ***Raillietina sp.***: dit is de grote lintworm. Deze worm behoort tot de meest schadelijke soorten. Kwam voor in 6 % van alle stalen binnen het ADLO-project.

Het eerste staal, genomen in november 2010, diende om de uitgangssituatie in kaart te brengen. Hier werd nog geen onderscheid gemaakt tussen mest afkomstig uit het gedeelte met en het gedeelte zonder compost. In dit staal was *Eimeria sp.* aanwezig, maar het aantal oöcysten erg variabel: <50 tot 2000 per gram. Andere endoparasieten en *Raillietina sp.* waren afwezig.

Bij de tweede staalname in maart 2011 werd een staal genomen in het staldeel met en in het staldeel zonder compost. In het staal genomen in het staldeel met compost waren *Ascaridia* (50 eitjes/g, dus zeer lage besmetting) en *Eimeria* (50/g) aanwezig. *Raillietina* was afwezig. In het staal genomen in het staldeel zonder compost was enkel *Eimeria* aanwezig (750/g). Hoewel de besmetting met *Eimeria* schijnbaar hoger lijkt in het deel zonder compost, kan uit die aantallen eigenlijk geen conclusie gevormd worden. Wel een verschil is de detectie van *Ascaridia* in staldeel met compost, hoewel die niet problematisch is. Men kan besluiten dat er qua wormbesmetting amper een verschil tussen het staldeel met en zonder compost.

De resultaten van de biologische karakterisering zijn voor de verschillende producten samengevat onder paragraaf 4.6.

Het aanbrengen van groencompost in de scharrelruimte van een kippenstal is een systeem met heel wat potentie. Deze eerste proef bracht een aantal voor- en nadelen van dergelijke opzet in kaart. Opzet en opvolging van de ganse proef kostten de kippenhouder ongeveer 40 uur extra arbeidstijd. Een kleine tractor en cultivator, een minilader (bobcat) en een stalsysteem waarbij men gemakkelijk in en uit de stal kan rijden, zijn vereist om het geheel werkbaar te houden.

Tegenover die inspanning zijn de onmiskenbare voordelen:

- Het verkrijgen van een interessant en nutriëntenrijk product met vele toepassingsmogelijkheden en verhoogde kans op vlotte afzet;
- Het brongericht, duurzaam en relatief goedkoop beperken van stikstofverliezen in de stal, hetgeen aansluit bij het ecologisch ideaal van de bio-pluimveehouderij en steeds de voorkeur verdient ten opzichte van een 'end of pipe'-oplossing zoals met luchtwassers;
- De betere luchtkwaliteit (lager ammoniakgehalte) in de stal.

Belangrijk is te beseffen dat er een sterke toename in kost en inspanning is naargelang het object langer in de stal ligt. Voor praktische toepassing van dit systeem is het wellicht aangeraden om met stabiele compost te werken, de compost ongeveer om de drie à vier maanden te vervangen, en reeds vanaf aanvang op regelmatige basis kleine hoeveelheden fijn gehakseld stro toe te voegen.

## 4.4 Stockage van kippenmest in groencompost

### 4.4.1 Opzet

Ook in deze proef werd een alternatieve manier voor “verwerking” en optimale benutting van biologische kippenmest beschouwd. Het gaat niet om een echte compostering maar het mengen van kippenmest met groencompost (gelijke gewichten op DS-basis) alvorens op te slaan. Uitgangspunt is dat op die manier de stikstofverliezen uit de kippenmest beperkt kunnen worden, en dat het eindproduct een meerwaarde heeft in vergelijking met gestockeerde kippenmest (betere N/P verhouding, stabiel product en hoger koolstofgehalte?) of zuivere groencompost (hogere stikstofinhoud?). Op die manier zou het een oplossing kunnen bieden voor de weinig grondgebonden pluimveehouderij en een interessante input vormen voor duurzaam bodembeheer.

### 4.4.2 Gegevensverzameling

Bij opzet werden de groencompost en kippenmest afzonderlijk gewogen; bij afronden van de proef het volledige mengsel. Zodoende kan een massabalans opgesteld worden.

Daarnaast werden op het einde van de proef en van beide uitgangsmaterialen bij aanvang telkens vier mengstalen genomen voor chemische karakterisering. Vier maanden na afloop, in september 2011, vond een extra staalname plaats.

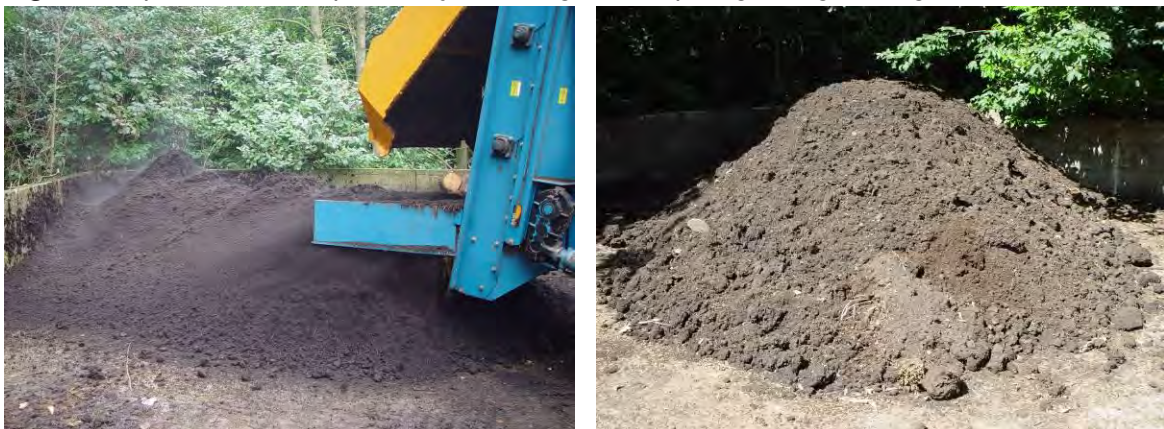
Doorheen de proef werden temperatuur en CO<sub>2</sub>-gehalte regelmatig opgevolgd.

### 4.4.3 Verloop

De proef liep over een periode van net geen drie maanden. Op 18 februari 2011 werden groencompost (afkomstig van I.V.M. Groencompostering) en biologische kippenmest opgeladen op de mestkar met behulp van een verreiker (Manitou) (*Figuur 8*). Het mengen bij stockage gebeurde door beide materialen in de mestkar te laden en af te draaien. Hoewel daarmee geen perfect homogeen mengsel bereikt werd (de kippenmest bleef in grote samengeklitte klompen geconcentreerd), bleek dit een efficiënte manier om beide materialen in nauw contact met elkaar te brengen. Vlak voor het afdraaien vond de staalname van de uitgangsmaterialen plaats. De hoop werd niet afgedekt met compostdoek. De temperatuur in de hoop kende een licht dalende trend en bedroeg gemiddeld 36°C, met een gemiddeld minimum van 28 °C en een gemiddelde maximum van 46 °C. Temperatuurspieken deden zich voornamelijk voor waar kippenmest geconcentreerd zat. Op 9 mei 2011 werd de proef stilgelegd, waarna de hoop nog enkele maanden bleef liggen.

Voor de weersomstandigheden wordt verwezen naar paragraaf 4.2.3, aangezien deze proef tijdens dezelfde periode plaatsvond.

**Figuur 8.** Opzet van de hoop, waarbij mest en groencompost gemengd en afgedraaid worden.



#### 4.4.4 Resultaten en discussie

De resultaten van de biologische karakterisering zijn voor de verschillende producten samengevat onder paragraaf 4.6.

##### 4.4.4.1 Kwaliteit stockage-object

De voornaamste resultaten van de kwaliteitsbepalingen zijn voor elk van de producten weergegeven in Tabel 16. De waarden voor het eindproduct na 3 maanden stockeren geven duidelijk te kennen dat er in serieuze mate een reactie en omzetting heeft plaatsgevonden, met aanzienlijke koolstof- en stikstofverliezen. Zo waren de C/P en N/P verhouding op het einde van de proef beduidend lager dan voor de zuivere kippenmest bij aanvang, ondanks de bijmenging van groencompost.

Naar verwachting heeft het eindproduct ten opzichte van de zuivere groencompost een duidelijk hogere nutriënteninhoud (N, P, K, Ca). Ten opzichte van de zuivere kippenmest lag de C/N verhouding aanvankelijk iets hoger (met name door bijmenging van compost), maar bleek die naderhand lager te liggen.

**Tabel 16.** *Initiële samenstelling van kippenmest en groencompost alsook productsamenstelling na respectievelijk 3 en 7 maanden stockeren (gemiddelde ± standaarddeviatie).*

Variabele	Kippenmest	Groencompost	Stockage na 3 mnd	Stockage na 7 mnd
pH-H <sub>2</sub> O (-)		7,7 ± 0,1	8,7 ± 0,1	8,3 ± 0,3
EC (µS/cm)		454 ± 296	5450 ± 227	1654 ± 605
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)		113,2 ± 41,12	16,75 ± 0,64	< 5
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)		< 5	1092 ± 97	210 ± 190
NO <sub>3</sub> /NH <sub>4</sub> (-)		> 1	0,01 ± 0,01	< 1
OS (%/DS)	59,1 ± 0,6	22,83 ± 4,32	28,18 ± 1,65	23,05 ± 2,50
Oxitop (mmol/kg OS/uur)		2,53 ± 0,51	54,15 ± 19,73	14,25 ± 3,71
DS (%)	49,9 ± 1,2	56,0 ± 1,6	52,5 ± 0,4	50,6 ± 0,6
vol. gewicht (g/l vers substr)	551 ± 6	624 ± 11	528 ± 4	734 ± 32
Cd (mg/kg DS)	0,30 ± 0,01	0,58 ± 0,05	0,42 ± 0,03	0,42 ± 0,02
Cr (mg/kg DS)	13,38 ± 1,04	14,65 ± 2,76	14,15 ± 0,19	21,75 ± 1,35
Cu (mg/kg DS)	83,97 ± 6,54	25,18 ± 1,32	57,29 ± 2,13	138,81 ± 10,36
Pb (mg/kg DS)	5,40 ± 0,29	52,30 ± 5,14	23,40 ± 3,73	27,83 ± 6,73
Ni (mg/kg DS)	10,03 ± 0,36	9,68 ± 4,68	8,75 ± 1,24	8,53 ± 0,76
Zn (mg/kg DS)	589 ± 21	146 ± 13	367 ± 49	393 ± 31
Mn (mg/kg DS)	469 ± 9	261 ± 68	369 ± 32	426 ± 31
C/N (-)	9,43 ± 0,22	12,88 ± 2,01	10,18 ± 0,92	8,55 ± 0,37
N/P (-)	2,48 ± 0,02	4,76 ± 0,57	1,46 ± 0,18	1,28 ± 0,05
C/P (-)	23,52 ± 0,80	60,88 ± 4,87	14,90 ± 0,71	11,00 ± 0,49
N <sub>tot</sub> (kg/ton DS)	34,88 ± 0,75	9,88 ± 0,95	15,48 ± 1,96	15,03 ± 0,95
N <sub>min</sub> (kg/ton DS)		0,33 ± 0,11	3,97 ± 0,33	3,81 ± 3,26
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ton DS)	32,24 ± 0,97	4,78 ± 0,51	24,30 ± 1,63	26,86 ± 2,09
K <sub>2</sub> O (kg/ton DS)	29,67 ± 1,07	4,77 ± 1,25	19,87 ± 1,77	14,14 ± 2,39
CaO (kg/ton DS)	121,12 ± 6,69	23,93 ± 2,15	74,31 ± 8,32	73,75 ± 9,53
MgO (kg/ton DS)	12,12 ± 0,72	5,13 ± 0,76	8,28 ± 0,48	8,65 ± 2,39

De gemeten NO<sub>3</sub>-N- en NH<sub>4</sub>-N-gehaltenes alsook de oxitop-bepaling wijzen er op dat de erg reactieve hoop na drie maanden zeker (nog) niet als een stabiel product beschouwd kan worden (zie streefzones zoals beschreven onder 3.2). Na 7 maanden was het product al heel wat meer gestabiliseerd.

De doorgaans goed vergelijkbare samenstelling van het product na respectievelijk 3 en 7 maanden stockeren, wijst erop dat verliezen met name plaatsvonden tijdens de eerste maanden van stockage, en daarna geleidelijk afnamen.

De concentraties voor zware metalen bleven steeds onder de wettelijke maximumnorm. Wel opmerkelijk is de verschillen in evolutie: zo zit bv. Ni na 3 en 7 maand nog op hetzelfde niveau als bij aanvang. De relatief hoge spreiding van Ni in de groencompost zelf, kan deze resultaten verklaren. Mogelijk trad er voor bepaalde metalen (bijv. Ni) uitspoeling op tijdens de stockage. De proefopzet laat echter niet toe om dit voor dergelijke lage concentraties exact te bepalen.

#### 4.4.4.2 Massabalans

Aan de hand van de gewichtsbepalingen en gekende samenstelling van de producten bij aanvang en op het einde van de proef, kon een massabalans opgesteld worden en kunnen dus gewichtsverliezen of nutriëntenverliezen benaderend ingeschat worden.

Hierbij werd dezelfde aanpak gevolgd als voor de eerste composteringsproef, zoals beschreven in paragraaf 4.1.4.2.

In Tabel 17 worden de veranderingen tussen aanvang en einde compostering weergegeven voor zowel droog gewicht als voor concentraties van asrest, fosfor en zink. De variatie in de verhoudingen qua concentraties van de hier beschouwde "inerte" stoffen geeft een idee van de foutenmarge op de reductie qua droog gewicht.

**Tabel 17.** Weergave van veranderingen in drooggewicht en elementconcentraties, als maat voor de opconcentratie van de inerte fractie, en dus de materiaalverliezen tijdens het proces. Hoe groter de verhouding, hoe groter de veranderingen in drooggewicht.

	Na 3 maanden
Droog gewicht (begin/einde)	1,08
Asrest (conc. einde/begin)	1,20
P <sub>totaal</sub> (conc. einde/begin)	1,36
Zn (conc. einde/begin)	1,03

Deze berekening stelt ons in staat de materiaalverliezen in te schatten op 10 % in de loop van de eerste 3 maanden.

Daarnaast kunnen we ook de nutriëntenverliezen begroten. Tabel 18 geeft een overzicht van het procentueel verlies aan stikstof en organische stof (of koolstof).

Deze balansen leren ons het volgende:

- De droge gewichtsverliezen zijn beperkt ten opzichte van verliezen bij een normale compostering, wat in de lijn van de verwachtingen ligt.
- Het verlies aan droog gewicht is voornamelijk het resultaat van stikstofverliezen (onder de vorm van NH<sub>3</sub>) en koolstofverliezen (onder de vorm van CO<sub>2</sub>). Ondanks de gemengde opslag van kippenmest en groencompost, zijn de stikstofverliezen aanzienlijk; ze liggen in dezelfde grootteorde als bij de composteringsproeven met kippenmest beschreven onder 4.1 en 4.2.
- De organische (kool)stofverliezen zijn beduidend kleiner dan bij die eerdere composteringsproeven, wat logisch lijkt gezien de afwezigheid van intense behandeling en het niet bijmengen van labiele koolstofrijke producten.

**Tabel 18.** Gewichtsveranderingen tussen aanvang en afloop van de proefopzet.

	Na 3 maanden
N <sub>totaal</sub>	-35%
Organische Stof	-30%

Voor een correcte interpretatie blijft de voornaamste vraag natuurlijk of de vastgestelde koolstof- en stikstofverliezen desalniettemin lager waren dan het geval zou geweest zijn bij opslag van zuivere kippenmest onder gelijke omstandigheden, een object dat hier niet werd meegenomen. De kwantificering van dergelijke stikstofverliezen via vervluchtiging is echter een moeilijke zaak; de verliezen hangen ondermeer af van opslagduur en periode (zomer versus winter), manier (al dan niet afgedekt) en locatie (mesthoop versus kopakker) van mestopslag (De Baere et al. 2008; Ecolas 2006). Uit deze studies blijkt in elk geval dat de stikstofverliezen in de stal en/of tijdens de opslag boven de aangenomen standaard van 15 % liggen.

De gemengde opslag van kippenmest met groencompost is eenvoudig qua opzet, vraagt relatief weinig inspanning, en heeft potentieel een aantal voordelen ten opzichte van opslag en toepassing van zuivere kippenmest of toepassing van zuivere groencompost. Zo is het mengsel vanuit bodemvoedend standpunt in zekere mate stabiel en minder “fel” dan kippenmest, en anderzijds vanuit plantenvoedend standpunt rijker aan nutriënten dan groencompost. Verder wordt verwacht dat tijdens de opslag zelf de stikstofverliezen lager zijn dan bij een opslag van zuivere kippenmest, al werd dit hier niet bestudeerd.

Toch is het verloop van dit proces erg verschillend van een “echte” compostering, ook al duiden de temperatuursmetingen op een zekere constante activiteit en omzetting van de kippenmest. Het eindproduct is dan ook niet als een stabiele compost te beschouwen, en het risico op stikstofverliezen door ammoniakvervluchtiging blijkt niet weggenomen. Langduriger opslag lijkt echter te resulteren in een stabiel product (zie resultaten na 7 maanden). Het is verder nog maar de vraag welke kwaliteit het eindproduct vanuit bodembioologisch standpunt heeft.

Om de waarde van deze proefopzet ten volle te evalueren en het potentieel terugdringen van stikstofverliezen uit kippenmest bij stockage en bij toepassing correct in te schatten, ontbreekt op heden de vergelijking met veranderingen in een hoop zuivere kippenmest onder gelijkaardige omstandigheden.

Hoe interessant dergelijke opzet is voor de praktijk, hangt ten slotte af van de verhouding tussen de meerkost (met name de kost van de groencompost) en de eventueel verhoogde inzetbaarheid en afzetwaarde.

## 4.5 Centrale behandeling van kippenmest op een verwerkingsbedrijf

### 4.5.1 Doelstelling en achtergrond

Bij alle voorgaande proeven lag de nadruk op een lokale omzetting of compostering van dierlijke mest. Met deze laatste praktijkproef werden ook de praktische, economische en administratieve mogelijkheden nagegaan van een mestbewerking via **centrale** "compostering", met het oog op de afzet van een gehygiëniseerd en qua samenstelling interessant product binnen de Vlaamse landbouw.

Gemengde bedrijven met leghennen gebruiken (een deel van) hun geproduceerde kippenmest vaak nog op de eigen grond. Zoals in de inleiding reeds werd aangegeven, wordt het voor de weinig grondgebonden pluimveebedrijven echter steeds moeilijker om een mestafzet te vinden. Pluimveemest is namelijk van wisselende kwaliteit en bevat relatief veel fosfaat, hetgeen voor onze akkerbouwers weinig aantrekkelijk is gezien de fosfaatbeperkingen vanuit de regelgeving.

Op dit moment zoeken vele biologische kippenhouders dan ook een toevlucht in mestverwerking: via erkende transporteurs of mestverwerkende bedrijven wordt de mest afgezet op biologische akkerbouwpercelen in het buitenland, veelal Frankrijk of Duitsland. Daarbij wordt steeds vaker een kost aangerekend aan de kippenhouder, voor transport maar ook voor ondermeer administratiekosten en mestanalyses. Die prijs schommelt tussen de 0 en 10 €/ton vers product, en hangt samen met de afstand en periode van transport. Ook de kwaliteit van het product is doorslaggevend: hoe droger het product en hoe meer nutriënten het bevat, hoe minder de kippenhouder hoeft te betalen want hoe hoger de prijs aan dewelke het verkocht kan worden. De verkoopprijs in het buitenland schommelt ergens tussen de 25 en 45 €/ton vers product.

Hoewel dit ergens een uitweg lijkt, hangt er een prijskaartje aan vast en druist deze trend in tegen het principe van het op lokaal vlak sluiten van kringlopen. De bedoeling van ons project is net om de kansen voor de afzet van pluimveemest binnen Vlaanderen te onderzoeken en de kringlopen met deze mest waar mogelijk beter te sluiten. Om de toepassingsmogelijkheden van biologische kippenmest binnen Vlaanderen te vergroten, kan het daarom interessant zijn om deze mest te mengen met andere mesttypes en het product te hygiëniseren. Bedoeling van de hier beschreven proefopzet was om na te gaan wat de potentie is van dergelijke aanpak van centrale bewerking en welke (economische, praktische of administratieve) knelpunten daarbij aan het licht komen.

Compofert nv (Groep Op de Beeck, gelegen te Kallo) is een mestverwerkend bedrijf. De materialen die er op heden behandeld worden zijn met name kippenmest (50-55 % van alle input), dikke fractie varkensmest (25-30 %), andere mestsoorten, eventueel champost of GFT-compost en organisch biologisch afval (OBA). Deze laatste organische reststroom kan uit plantaardige of dierlijke afvalstoffen bestaan, maar kan bv. ook slib of filterkoeken omvatten. Na mengen van uitgangsmaterialen in een bepaalde verhouding, wordt het mengsel gedurende een zestal dagen in gesloten tunnels verhit en belucht, waarna het eindproduct in een centrale hal gestockeerd en uiteindelijk zo goed als altijd naar Frankrijk afgevoerd wordt. Tot op heden wordt steeds met mestproducten uit gangbare landbouw gewerkt.

De interesse bestaat echter om een afzonderlijke lijn in te zetten voor biologische productie en die eventueel in Vlaanderen af te zetten. Tenminste als dit praktisch, administratief en economisch haalbaar blijkt.

### 4.5.2 Beschikbaarheid en kostprijs uitgangsmaterialen

In overleg met Compofert nv werden de mogelijkheden in kaart gebracht en geopteerd voor een mengsel van biologische kippenmest met een beperkt aandeel fijngezeefde groencompost en (gangbare) paardenmest.

Een eerste stap in de voorbereiding van deze praktijkproef was het vinden van geschikte materialen, die met een minimum aan (transport)kosten tot op het bedrijf konden geraken. Cruciaal voor dergelijke centrale bewerking, is de beschikbaarheid van voldoende (minimum 250 ton) uitgangsmateriaal op eenzelfde moment.

De kippenmest was afkomstig van een biologische kippenhouder in Wommelgem. De landbouwer betaalde zelf 10 €/ton vers materiaal voor de afzet van zijn product (7,5 € voor transport en 2,5 € voor verwerking).

Voorts werd ook paardenmest (afkomstig van een paardenfokker uit Zoutleeuw) en groencompost (met Vlaco-keuringsattest; afkomstig van Bionerga nv. Houthalen) aangekocht.

### **4.5.3 Gegevensverzameling**

Bij opzet van de proef werd ieder type materiaal afzonderlijk gewogen. Ook bij het afronden van de proef werd het eindproduct gewogen, in verschillende fracties telkens bij het laden van de vrachtwagens. Zodoende kon een massabalans opgesteld worden.

Daarnaast werden van de groencompost en van de kippenmest bij aanvang telkens twee mengstalen genomen, en van het eindproduct na afloop van de proef vier mengstalen, voor chemische karakterisering.

Tijdens het verblijf in de tunnels werd het temperatuursverloop continu geregistreerd aan de hand van sensoren.

### **4.5.4 Opzet en verloop**

Het compostermengsel werd aangemaakt op 19 mei 2011, en bestond uit 314,36 ton kippenmest, 89,9 ton fijn gezeefde groencompost en 23,5 ton paardenmest, goed dus voor respectievelijk 73,5 %, 21 % en 5,5 % van het vers gewicht. Dit mengsel werd dezelfde dag in een gesloten tunnel geplaatst, waarbinnen lucht in de hoop geblazen wordt via openingen in de vloer. Op die manier is ook een zekere regeling van zuurstof en CO<sub>2</sub> mogelijk. De ammoniakale stikstof in de lucht wordt via luchtwassers voortdurend gerecycleerd. De hoofddoelstelling van de verblijfstijd in de tunnels is een hygiënisatie: het mengsel warmt geleidelijk op en wordt gedurende minstens één uur boven de 70 °C gehouden, om bepaalde pathogenen (bv. Clostridium, Salmonella) af te doden. Daarna werd het mengsel nog 5 dagen in de tunnel bewaard voor geleidelijke afkoeling (tot ongeveer 50 °C). Tenslotte werd het in een grote hal opgeslagen (Figuur 9), waar het verder kon stabiliseren tot uiteindelijke afzet bij de afnemer. Die afzet gebeurde in verschillende fracties, tussen begin juni en midden augustus 2011.

Hoewel de achterliggende idee een afzet in Vlaanderen is, werd alle materiaal van deze eerste proefopzet naar Frankrijk uitgevoerd, waar het bij biologische akkerbouwers afgezet werd. De Franse akkerbouwer betaalde 42 €/ton product en levering, waarvan 20 €/ton transportkost.

### **4.5.5 Resultaten en discussie**

#### **4.5.5.1 Massabalans en kwaliteit eindproduct**

De voornaamste resultaten van de kwaliteitsbepalingen zijn weergegeven in Tabel 19. Samenstelling van de paardenmest kon niet bepaald worden.

De oxitop-bepaling alsook de hoge NH<sub>4</sub>-gehaltes en lage NO<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub>-verhouding wijzen erop dat de hoop na afloop van dit proces niet als een stabiel compostproduct beschouwd kan worden (zie streefzones zoals beschreven onder 3.2). Deze behandeling beoogt dan ook vooral een hygiënisatie en wijziging in samenstelling door bijmenging.

In vergelijking met de zuivere kippenmest zijn de C/N, N/P en C/P verhoudingen allen gestegen na mengen en behandelen. Zowel op vlak van bodemvoeding als plantenvoeding (gezien de fosfaatbe-



perkingen binnen het MAP) is dit dus een interessanter product geworden. Opvallend is verder de opconcentratie van totale stikstof ten opzichte van de zuivere kippenmest. Hoewel geen volledige massabalans kon opgesteld worden, kan een relatief groot koolstofverlies ten opzichte van een beperkt stikstofverlies (door recyclage van de vervluchtigde stikstof) hiervoor een mogelijke verklaring zijn. Om deze argumentatie met zekerheid te kunnen onderbouwen, zijn meerdere proeven nodig met verschillende verhoudingen in uitgangsmaterialen.

De concentraties voor zware metalen bleven onder de wettelijke maximumnorm.

**Tabel 19.** Productsamenstelling van de zuivere kippenmest, groencompost en het eindproduct bij afloop van de tunnelproef (gemiddelde ± standaarddeviatie).

Variabele	Kippenmest	Groencompost	Eindproduct
pH-H <sub>2</sub> O (-)		9	8,23 ± 0,21
EC (µS/cm)		2	4,67 ± 0,58
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)		< 5	< 5
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)		257,5	1160 ± 55
NO <sub>3</sub> /NH <sub>4</sub> (-)		< 1	< 1
OS (%/DS)	41	35,6	59,4 ± 1,9
Oxitop (mmol/kg OS/uur)		5,9	60,1 ± 2,9
DS (%)	58	72,9	58,4 ± 2,6
vol. gewicht (g/l vers substr)		486	383 ± 10
Cd (mg/kg DS)		0,87	0,49 ± 0,01
Cr (mg/kg DS)		26,40	6,53 ± 0,06
Cu (mg/kg DS)		49,48	71,02 ± 0,44
Pb (mg/kg DS)		42,00	11,23 ± 0,15
Ni (mg/kg DS)		9,50	6,37 ± 0,58
Zn (mg/kg DS)		268,2	325 ± 11
Mn (mg/kg DS)		347	366 ± 12
C/N (-)	8,6	10,5	9,3 ± 0,56
N/P (-)	2,0	4,0	2,9 ± 0,4
C/P (-)	17,6	41,98	27,05 ± 1,92
N <sub>tot</sub> (kg/ton DS)	27,5	18,8	35,6 ± 1,14
N <sub>min</sub> (kg/ton DS)		0,74	5,21 ± 0,45
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ton DS)	31	10,88	28,32 ± 2,88
K <sub>2</sub> O (kg/ton DS)	23	14,88	27,64 ± 1,76
CaO (kg/ton DS)		48,82	53,48 ± 4,38
MgO (kg/ton DS)	6	8,43	13,04 ± 1,99

**Figuur 9.** Opslag van het verwerkte product in de centrale hal.



### 4.5.5.2 Praktische aspecten en haalbaarheid

In wat volgt worden kort drie cruciale aandachtspunten beschouwd: (1) de praktische uitvoering door de verwerker, (2) de regelgeving, en (3) het bekomen van een interessant product waar een markt voor is.

#### **Praktische uitvoering**

- **Ruimtelijke scheiding / periode:** Een afzonderlijke lijn met biologische materialen moet ruimtelijk goed gescheiden kunnen worden van andere producten (zie ook “traceerbaarheid” hierna). Daarvoor moet ruimte zijn in de stockerhallen, en dat kan dus best op momenten wanneer er minder (gangbaar) materiaal binnenkomt. Hoewel dit van jaar tot jaar kan variëren, zijn met name april en mei geschikt. De periode tussen 1 november en 31 maart is nauwelijks haalbaar. Door de ruimtelijke scheiding wordt de totale transformatiekost ook al snel iets duurder.
- **Hoeveelheid materiaal:** Om de behandeling in de gesloten tunnels te laten plaatsvinden, is een minimum van 250 ton vers uitgangsmateriaal benodigd. Dit kan oplopen tot maximum 450 ton per tunnel. Aangezien de idee is dat biologische kippenmest de hoofdbrok van het uitgangsmateriaal vormt, betekent dit dat op eenzelfde moment voldoende mest beschikbaar moet zijn. Om een idee te geven: de biologische pluimvee sector in Vlaanderen is goed voor een jaarlijkse productie van tussen de 3500 en 4500 ton vaste mest, met een gemiddelde productie op een groot bedrijf (> 2500 kippen) van ongeveer 200 ton.

De hier besproken aspecten van praktische uitvoering zijn met name van toepassing voor verwerking bij Compofert nv, maar aangenomen wordt dat gelijkaardige aandachtspunten zullen voorkomen bij andere mestverwerkende bedrijven.

#### **Regelgeving: labeling, traceerbaarheid en bestemming van de mest**

Mest (of compost) valt vanuit wettelijk oogpunt niet onder het toepassingsgebied van de Verordening Biologische landbouw (834/2007), wat wil zeggen dat deze materialen het **biolabel** niet kunnen dragen (EG 2007). Wat wel kan, is dat de bio-controleorganen een attest afleveren dat aangeeft dat een mest- of compostproduct biologisch materiaal bevat (ADLO en Integra, mondelinge communicatie). Dit kan voor een verwerkend bedrijf als Compofert van belang zijn, omdat op die manier een meerprijs voor dergelijk product gevraagd kan worden.

Mest geproduceerd op biologische bedrijven dient in regel teruggevoerd te worden naar biologische percelen. Daarom is een belangrijker aspect en een potentieel knelpunt voor afzet van biologische mest met tussenstap in een verwerkend bedrijf (waarbij een omzetting of hygiëniserende plaatsvindt en/of andere materialen bijgemengd worden) de **traceerbaarheid**. Met andere woorden: de moeilijkheid om te voldoen aan de vraag van de controle instanties om in elke fase aan te kunnen geven waar het biologisch materiaal zich bevindt of terecht gekomen is, tot en met effectieve afzet op een biologisch perceel.

Je zou de rol van de verwerker op twee manieren kunnen bekijken. De verwerker kan enerzijds een soort “onderaannemer” zijn, die binnen een bestaande overeenkomst tussen mestproducent en -afnemer betaald wordt voor de verwerking maar verder niet in de overeenkomst tussenkomt (landbouwer blijft dan eigenaar van het product). Anderzijds kan de verwerker een “marktspeler” zijn, die mest opkoopt (of ervoor betaald wordt) en het verwerkte product doorverkoopt. Het is in die laatste situatie dat bovenstaande aspecten van traceerbaarheid zwaarder wegen: men zit dan in een situatie waarbij de verwerker moet kunnen garanderen dat de enige kopers van die biologische mest ook biologische telers zijn, en dat de andere productstromen die eventueel bijgemengd worden tijdens de verwerking toegestaan zijn voor de biologische landbouw.

Voor de afzet van het product aangemaakt binnen deze proefopzet, verschaft Compofert nv de Franse akkerbouwer het certificaat van de Belgische biologische kippenboer en omgekeerd.

#### **Kwaliteit product: waarvoor wil de (Vlaamse) bioboer betalen?**

Het achterliggende idee van deze proef is een opwaardering van biologische (pluimvee)mest aan de hand van een centrale behandeling, waarbij met name hygiëniserende en bijsturing van de samenstelling

beoogd wordt. De drijfveer van de (grondloze) kippenhouder is daarbij vrij duidelijk: hij/zij zoekt naar alternatieven om de eigen kippenmest te kunnen afvoeren, en dit zo goedkoop mogelijk en bijvoorkeur passend binnen het streven naar een lokaal gesloten kringloop.

Dé vraag die zich echter stelt, is wat de belanghebbende partij aan het andere uiteinde van deze keten verwacht. Met andere woorden: naar welke kwaliteiten is de afnemende bioboer op zoek, en waarvoor wil men eventueel betalen? Als de antwoorden op deze vragen gekend zijn, kan men naargelang de behoefte de samenstelling van het eindproduct namelijk relatief eenvoudig bijsturen, door het mengen van de uitgangsmaterialen in een bepaalde verhouding. Voor een afzet in bv. Frankrijk is dat vrij duidelijk: hoe droger het product en hoe hoger de N- en P-inhoud, hoe hoger de prijs die men bereid is te betalen. Met het oog op een afzet binnen Vlaanderen echter, dient dit alles gekaderd te worden binnen de specifieke context van hoge mestbeschikbaarheid, de groeiende aandacht voor bodemkwaliteit en dus bodemvoeding, alsook de scherpe mestregelgeving (beperkingen qua nutriëntenaanvoer).

Deze en andere vragen gerelateerd aan productie en toepassing van biologische dierlijke mest in Vlaanderen, kwamen aan bod in een enquête uitgevoerd in het kader van de deskstudie binnen dit project (Reubens & Willekens 2012). Uit die rondvraag blijkt ondermeer het volgende:

- 65 % van alle respondenten (dierlijke en plantaardige producenten) voert dierlijke mest in op het bedrijf, omdat men zelf enkel over plantaardige productie beschikt (44 %) of onvoldoende eigen mest produceert (21 %);
- Van alle respondenten die dierlijke mest aanvoeren op het bedrijf, heeft ongeveer 60 % daar geen kosten aan, of wordt men zelf door de mestproducent betaald om de mest op het veld te laten voeren. Het gaat in dat geval vooral over de toepassing van (vaak gangbare) zeugen- of runderdrijfmest.
- Ook voor aanvoer van (biologische) kippenmest wordt op dit moment door geen enkele respondent betaald. De kippenmestproducent zelf betaalt wel vaak om zijn product af te voeren (zie ook 4.5.1): die kostprijs is erg variabel en schommelt gemiddeld ergens tussen 5 en 10 €/ton, grotendeels bepaald door transport;
- Mest waarvoor op heden wél betaald wordt door de afnemer is bijna steeds stalmest van runderen, geiten of paarden. In de meeste gevallen is dat biologische mest. De kostprijs daarvoor ligt gemiddeld tussen de 6 en 7 €/ton verse mest, met extremen tussen 2,5 en 10 €/ton. Transport en uitspreiden op het perceel bepalen die kost;
- Wanneer, los van de actuele situatie, gepolst wordt naar de bereidheid om te betalen voor kwaliteitsvolle dierlijke mest, dan antwoordt 59% van de respondenten daar positief op. Afhankelijk van de kwaliteit van de mest en de teelt waarop het toegepast zou worden, schommelt de maximumprijs die men wil betalen tussen de 2,5 en 20 €/ton.
- De voorkeur gaat daarbij vaak uit naar strorijke stalmest. De voornaamste criteria zijn (in afnemende volgorde van belang): de biologische oorsprong van de mest, de makkelijke strooibaarheid ervan (korte, uitgerijpte mest) en de afwezigheid van onkruidzaden in de mest. Verder hecht men belang aan beschikbaarheid in de buurt (beperkte transportkost), het vrij zijn van ziektes, kennis van de inhoud, zuiverheid (geen plastic of netten in de mest), een hoge N/P-verhouding, en voldoende hoge nutriëntengehaltes en/of organische stofgehaltes in de mest.
- Vanzelfsprekend is dit alles moeilijk te veralgemenen, en zijn de behoeftes bedrijfs- en situatieafhankelijk. Zo zal bv. in de biologische geitenhouderij de afwezigheid van ziekterisico's cruciaal zijn bij de toepassing van stalmest op grasland, daar waar in de akkerbouw nutriënteninhoud en – verhoudingen vaak doorslaggevend zullen zijn.

Voor meer gedetailleerde resultaten wordt verwezen naar het afzonderlijk deelrapport van de deskstudie (Reubens & Willekens 2012).

Een snelle rekensom leert dat de prijs wel eens het voornaamste knelpunt zou kunnen vormen voor de toepasbaarheid binnen Vlaanderen van de mestbewerkingswijze zoals in deze proef beschreven. Rekening houdende met de verwerkingskost en ondermeer afhankelijk van de kwaliteit van het eindproduct en de prijs die de (kippen)mestproducent betaalt voor afzet van zijn mest, wordt namelijk ver-

wacht dat voor dergelijk eindproduct al snel 20 à 30 €/ton gevraagd zou worden, exclusief transportkosten.

Mestbewerking via centrale “compostering” zoals beschreven binnen deze proef kan een manier zijn om verschillende mestfracties om te vormen tot een gehygiëniseerd en qua samenstelling interessanter product voor afzet binnen de Vlaamse landbouw. Technisch is dit haalbaar en naargelang de behoefte kan de samenstelling van het eindproduct relatief eenvoudig bijgestuurd worden. Toch zijn er een aantal cruciale aandachtspunten, waarvan beschikbaarheid van voldoende uitgangsmateriaal op het juiste moment, traceerbaarheid van de biologische materialen, en economische rendabiliteit wellicht de voornaamste zijn.

## 4.6 Biologische karakterisering van de verschillende compostproducten

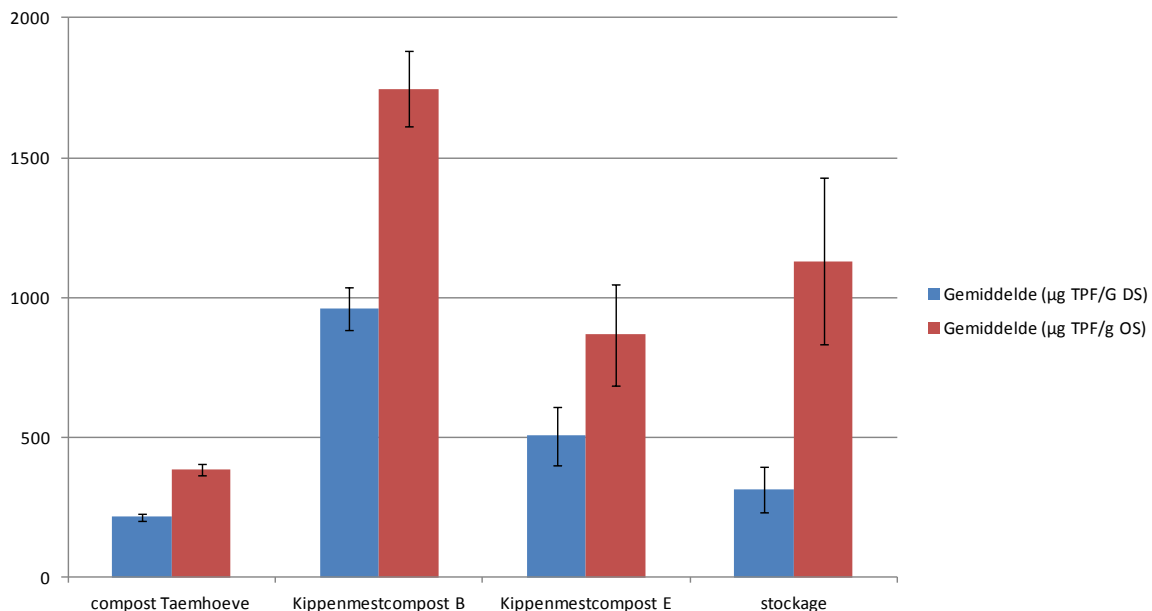
Van alle compostproducten aangemaakt in de hiervoor beschreven proeven, werden vier producten onderworpen aan een verkennende analyse op enzymatische activiteit en structuur van de microbiële gemeenschap. De resultaten worden hier kort vergeleken.

### 4.6.1 Enzymatische activiteit

Dehydrogenase is een enzyme dat gebruikt kan worden als maat voor de activiteit van het bodemleven (aërobe respiratie). Hierbij wordt de **dehydrogenase activiteit** geschat uit de omzetting van triphenyltetrazolium chloride (TTC) naar triphenylformazan (TPF) (Tabatabai 1982).

Doorgaans is deze meting erg gevoelig voor variaties in de fysiologische toestand van micro-organismen. De resultaten kunnen uitgedrukt worden per gram organische stof of per gram droog gewicht (zie Figuur 10). Dehydrogenase activiteit was het sterkst in kippenmestcompost B (afkomstig van de eerste compostingsproef op ril) en laagst in het substraat afkomstig uit de loopstal. Deze metingen zijn in sterk contrast met de resultaten van de PLFA profielen (zie volgende paragraaf).

**Figuur 10.** Meetresultaten dehydrogenase activiteit compostproducten.



### 4.6.2 PLFA-analyses

PLFA analyses (bepaling van fosfolipide vetzuren; Eng. *phospholipid fatty acid*) geven een ruime set aan informatie over de structuur en compositie van de microbiële gemeenschap, en maken het dus mogelijk om die compositie te vergelijken tussen verschillende 'behandelingen'. Een aantal van deze PLFA's wordt gebruikt als '**biomarkers**': specifieke indicatoren van bepaalde grote taxonomische groepen in de microbiële gemeenschap. Zo worden Gram-positieve bacteriën gekenmerkt door vertakte vetzuren, dit zijn de 'iso' en 'anteiso' vetzuren. Gram-negatieve bacteriën hebben specifiek vetzuren met een cyclopropyl groep midden in hun keten. Actinomyceten hebben een methyl groep op het 10<sup>e</sup> koolstofatoom. Voor schimmels zijn er verschillende mogelijke biomarkers; de meest courante en betrouwbare is 18:2ω6, hoewel soms ook 18:1ω9c en 18:3ω3 worden gebruikt. Voor de 'arbuscular mycorrhizal fungi' (AMF) of mycorrhiza, is vetzuur 16:1ω5 specifiek (Burns 2011; Frostegard et al. 2011; Joergensen & Wichern 2008). Merk op dat verschillen tussen producten beschouwd kunnen worden per biomarker, maar het geen zin heeft om verschillende biomarkers onderling te vergelijken, aange-

zien sommige de som van meerdere vetzuren zijn terwijl anderen maar door één vetzuur voorgesteld worden.

Zonder op de details in te gaan, worden hierna de voornaamste resultaten weergegeven.

Omwille van de grote verschillen in DS-gehalte en vooral organische stofgehalten tussen de verschillende producten werden de *absolute* PLFA concentraties uitgedrukt in *nmol per gram organische stof* (zie Tabel 20). Het stockage-object heeft een totale PLFA-concentratie die ongeveer twee keer zo hoog ligt als die van de twee producten afkomstig van de rillencompostering, en ruim drie keer zo hoog als het compostproduct afkomstig uit de loopstal. Dat wijst op een hogere concentratie aan microbiële leven per eenheid beschikbare koolstof (de basis van het voedselweb) in het stockage-object, aangezien de totale PLFA-concentratie daar een indicator voor is. Merk daarbij op dat het stockage-object een OS-gehalte (op DS-basis) van slechts 27,7 % had in vergelijking met een gemiddeld gehalte van 55 à 58 % voor de andere substraten. Dat betekent dat de waargenomen verschillen niet zichtbaar zouden zijn indien men enkel de totale PLFA concentraties per gram droge stof zou beschouwen.

Bij de twee compostproducten afkomstig van de rillen en het product uit de loopstal is de C/N verhouding omgekeerd evenredig met de totale PLFA-concentratie, wat betekent dat het N-gehalte in compost een beperkende factor is voor het microbiële leven, net zoals in bodem.

**Tabel 20.** Totale PLFA-concentraties en concentraties van biomerkers voor vier compostproducten, uitgedrukt in nmol per gram OS.

Product	Object B	Object E	Compost loopstal	Stock
Totale PLFA	424 ± 30	502 ± 30	276 ± 24	964 ± 89
Gram+	124 ± 8	239 ± 15	174 ± 5	286 ± 20
Gram-	39,5 ± 1,86	35,59 ± 2,93	67,71 ± 3,58	73,69 ± 11,18
Actinomyceten	29,75 ± 2,46	21,16 ± 1,4	47,24 ± 1,7	11,88 ± 2,8
Fungi 18:2ω6	12,44 ± 3,08	15,18 ± 1,98	40,44 ± 2,68	31,18 ± 12,29
AMF (mycorrhiza)	32,33 ± 1,67	7,64 ± 1,21	3,81 ± 0,25	12,54 ± 4,34
Protozoa	4,52 ± 0,68	0,36 ± 0,08	1,74 ± 0,21	5,47 ± 2,4
Bacterie/schimmel-ratio	14,53 ± 2,97	19,41 ± 2,45	6,39 ± 0,45	14,01 ± 4,94

Ook voor de biomerkers waren er grote verschillen in concentraties tussen de verschillende producten. Zo bv. was de som van de concentraties van de merkers voor Gram-positieve bacteriën sterk verschillend voor alle producten, met een dalende trend van het stockage-object over kippenmestcompost E en de compost uit de loopstal tot kippenmestcompost B. De som van de concentraties van de merkers voor Gram-negatieve bacteriën was vergelijkbaar voor kippenmestcomposten B en E, die beiden een significant lagere concentratie hadden dan het stockage-object en de compost uit de loopstal. Anderzijds was de concentratie voor de biomerkers voor actinomyceten hoogst voor de compost uit de loopstal en laagst voor het stockage-object.

De literatuur (Amir et al. 2010; Eiland et al. 2001; Klamer & Baath 1998) leert dat Gram-positieve bacteriën vooral geassocieerd zijn met de thermofiele fase van compostering en de afbraak van meer complexe stoffen. Gram-negatieve bacteriën domineren vaak in het begin van het composteringsproces maar hun aandeel neemt af tijdens de thermofiele fase. Een gemeenschap van mesofiele Gram-negatieve bacteriën kan terug koloniseren op het einde van het composteringsproces. Actinomyceten zijn een goede indicator van maturiteit aangezien ze enkel in grotere hoeveelheden voorkomen in rijpe compost waar de zuurstofconsumptie terug daalt. Het lijkt er met andere woorden op dat het stockage-object op het einde van de proef (nog) beduidend actiever was op biologisch vlak, maar anderzijds minder rijp.

De concentratie van de meest courante biomarker voor schimmels (18:2ω6) is voor de compost uit de loopstal tot drie maal zo hoog als voor kippenmestcomposten B en E. De concentratie in het stockage-

object ligt ergens tussenin. In overeenstemming hiermee is de verhouding van bacteriële tot schimmelmerkers hoogst voor kippenmestcomposten E en B, laagst voor de compost uit de loopstal en ligt ze ergens tussenin voor het stockage-object. Schimmels spelen doorgaans een belangrijke rol in de beginfase maar wanneer de temperatuur boven de 50 °C stijgt, worden ze geïnhibeerd, en komen ze pas terug te voorschijn na de 'temperatuurpiek' en dus bij verdere afrijping (Eiland et al. 2001).

De hoge concentratie van de biomerker voor mycorrhiza in kippenmestcompost B zou kunnen verklaard worden door de hoge C/N-verhouding van dit product en daaraan gekoppeld de aanwezigheid van houtschors als uitgangsmateriaal. Er kan echter niet met zekerheid gezegd worden of het patroon van deze merker wel degelijk de hoeveelheid mycorrhiza reflecteert, aangezien het ook door bacteriën geproduceerd kan worden. Bovendien wordt geen sterke aanwezigheid van mycorrhiza verwacht in (verse) compost, aangezien deze organismen specifieke symbioses vormen met levende plantenwortels.

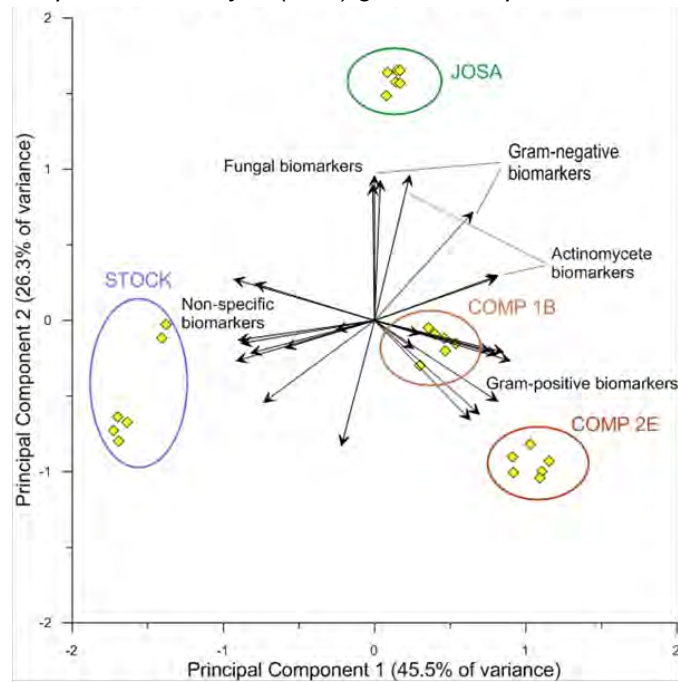
Verder kan de concentratie aan biomerkers voor eukaryote organismen (voornamelijk Protozoa) een indicatie zijn voor de hoeveelheden micro- en mesofauna in de verschillende producten, hoewel hun relatief lage concentraties manen tot voorzichtige interpretatie.

Algemeen kan gesteld worden dat deze trends met de nodige omzichtigheid bekeken dienen te worden.

Een statistische techniek die mogelijkheden biedt om een zeker overzicht te creëren binnen een complexe dataset, is de multivariate Principale Componenten Analyse (PCA). Zonder op de details van deze techniek in te gaan, bestaat ze erin om de beschrijving van een grote hoeveelheid variatie te reduceren tot een aantal hoofdcomponenten die op grafische wijze voorgesteld kunnen worden in een zogenaamde biplot. Dergelijke PCA werd hier uitgevoerd gebaseerd op de *procentuele* samenstelling van alle PLFA's die meer dan 1 % uitmaakten van de originele totale PLFA concentratie (in nmol per gram droge stofconcentratie). Daarbij konden de vier substraten zeer duidelijk onderscheiden worden (zie biplot in Figuur 11). De eerste twee componenten verklaren 71,2% van de totale variatie binnen de dataset. De bijdragen van individuele PLFA's tot deze ordinatie volgens de eerste twee principale componenten is weergegeven met vectorpijlen. Opmerkelijk is dat het stockage-object hier onderscheiden wordt door relatief minder specifieke biomerkers (maar weliswaar een relatief grotere hoeveelheid niet-specifieke biomerkers. Dat wijst erop dat de microbiële gemeenschappen in het stockage-object sterk verschillen van die in de andere compost producten. De PLFA profielen kunnen ons helaas weinig zeggen over welke groepen of specifieke taxa aan de oorsprong van deze verschillen liggen.

De stalen van de twee kippenmestcomposten afkomstig van compostering op ril zijn vrij gelijkaardig gegroepeerd in deze plot en zijn geassocieerd met een grotere proportie van Gram-positieve biomerkers. De compost uit de loopstal ('Josa') is duidelijk onderscheiden van de andere substraten en geassocieerd met een grotere proportie Gram-negatieve biomerkers.

**Figuur 11.** Principale Componenten Analyse (PCA) gebaseerd op mol% van de PLFA-data.



Uit de biologische karakterisering van deze compostproducten blijkt dat de grote verschillen bij de ontwikkeling ervan (verschillen in (verhoudingen van) uitgangsmaterialen, procesverloop en omstandigheden) duidelijk geleid hebben tot radicaal verschillende microbiële gemeenschappen en een verschillende compost maturiteit. Die variatie, en met name de respectievelijke verhoudingen van bacteriën ten opzichte van schimmels, kan potentieel en op diverse manieren de nutriëntendynamiek en gewasontwikkeling beïnvloeden na toepassing op het perceel.

Deze verbanden zijn binnen dit project niet in detail onderzocht, maar het kan de moeite lonen dit verder te beschouwen.



#### 4.7 Compostering met kippenmest: materiaalbehoefte en kostenimplicatie?

Naast de kwalitatieve dimensie die hiervoor in beeld gebracht werd, dienen wat deze praktijken betreft ook technische haalbaarheid, beschikbaarheid van uitgangsmaterialen en economische rendabiliteit beschouwd te worden. Om dit bevattelijk te maken voor de praktijk, worden daartoe in eerste instantie in Tabel 21 en Tabel 22 **benodigde hoeveelheden en kostenimplicatie** voor de opzet van een **compostering op ril** cijfermatig voorgesteld.

Hierbij werd uitgegaan van de hiervoor aangehaalde bovengrens van 15 vol % kippenmest bij een compostering op ril, en verondersteld dat een boerderijcompostering doorgaans plaatsvindt op een ril van 50 m lengte met 3 m<sup>3</sup> uitgangsmateriaal per lopende meter (totaal volume bij opzet = 150 m<sup>3</sup>). Twee verschillende virtuele scenario's qua productsamenstelling worden voorgesteld in onderstaande tabellen, respectievelijk vergelijkbaar met die van object E in de composteringsproef beschreven onder paragraaf 4.2 (waarbij zowel houtschors als houtsnippers en zowel tarwestro als graszaadhooi gehanteerd worden) en die van object B in de composteringsproef beschreven onder 4.1 (waarbij enkel houtschors als houtige component toegevoegd wordt).

Voor de inschatting van de kostprijs wordt telkens een minimum en maximum weergegeven, afhankelijk van ondermeer de kwaliteit van het uitgangsmateriaal en de kost voor eigen productie versus die bij aankoop (zie legende). Tijdsbesteding voor het verzamelen van de uitgangsmaterialen en opzet van de hoop is daarbij nog niet in rekening gebracht. Voor het keren werd een totaal kost (huurprijs) van 250 à 300 € gerekend, veronderstellende dat de hoop een 10tal keer gekeerd zou worden en dat dit keren gemiddeld 15 minuten duurt.

Deze voorbeelden zijn natuurlijk slechts benaderend.

**Tabel 21.** Implicaties op vlak van benodigde hoeveelheden en kost voor de opzet van een composteringsril met samenstelling zoals hieronder voorgesteld.

	kippenmest	grasmaaisel	houtschors	houtsnippers	tarwestro	graszaadhooi	totaal	kost incl keren
volume%	15%	20%	28%	17%	10%	10%	100%	
volume (m <sup>3</sup> )	23	30	42	26	15	15	150	
vers gewicht (ton)	12,2	3,2	10,4	8,5	1,3	1,1	37	
kostprijs min (€)	-	-	410 <sup>(1)</sup>	310 <sup>(2)</sup>	95 <sup>(4)</sup>	-	815	1065
kostprijs max (€)	-	-	735 <sup>(1)</sup>	855 <sup>(3)</sup>	130 <sup>(4)</sup>	-	1720	2020

<sup>(1)</sup> Op basis van aankoopprijs voor houtschors. Kostprijs neemt toe naarmate fijnere fractie gewenst is.

<sup>(2)</sup> Kost voor eigenhandig versnipperen van bestaande houtkanten, knothout of houtig materiaal van andere kleine landschapselementen bij beheerswerken met een kleinschalige manuele hakselaar (bij voldoende grote invoercapaciteit tot 7 m<sup>3</sup>/uur te verwerken). Bij eigen teelt op korte omloophout perceel bedraagt de productieprijs ongeveer 60 €/ton, alle investeringskosten in rekening gebracht Verdonck et al. 2010.

<sup>(3)</sup> Op basis van de aankoopprijs voor droge houtsnippers (100 €/ton).

<sup>(4)</sup> Kostprijs ongehakseld stro aan huidige marktprijs (75 à 100 €/ton)

**Tabel 22.** Implicaties op vlak van benodigde hoeveelheden en kost voor de opzet van een composteringsril met samenstelling zoals hieronder voorgesteld.

	kippenmest	grasmaaisel	houtschors	tarwestro	totaal	kost incl keren
volume%	15%	30%	35%	20%	100%	
volume (m <sup>3</sup> )	23	45	53	30	150	
vers gewicht (ton)	12,2	4,8	13,0	2,6	32,6	
kostprijs min (€)	-	-	510	194	704	954
kostprijs max (€)	-	-	911	260	1180	1480

Hieruit kan het volgende besloten worden (zie ook Tabel 23):

## Kippenmest in de compost

- Uitgaande van een droog gewichtsverlies van 30 % door het composteren, ligt de productieprijs (inclusief keren) voor het compostproduct in het eerste scenario (Tabel 21) ergens tussen de 40 en 90 €/ton eindproduct of 200 tot 400 € per ton organische stof.
- Voor het compostproduct in het tweede scenario (Tabel 22) ligt die productieprijs ergens tussen de 45 en 75 €/ton eindproduct of 210 tot 330 € per ton organische stof.
- Ter vergelijking: de marktprijs voor groencompost ligt op ongeveer 4 €/m<sup>3</sup> of 6 €/ton product, zonder transportkosten. Afhankelijk van de afstand en de aangevoerde hoeveelheid, loopt die kost al snel op tot het twee- of drievoudige wanneer transport meegerekend wordt. Merk op dat deze prijs niet in overeenstemming is met de reële kostprijs omdat de producenten van groencompost doorgaans betaald worden voor de uitgangsmaterialen die ze aankrijgen.
- Uitgaande van een fosfaatgehalte van ongeveer 10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ton vers product en van een bemestingsnorm van 65 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha per jaar (strengste toekomstige norm binnen de MAP4 regelgeving), kan op perceelsniveau jaarlijks 6,5 ton/ha van dergelijk materiaal aangewend worden, wat neerkomt op een minimale bemestingskost van circa 260 €/ha.
- Deze oefening stelt ons ook in staat om de praktische implicaties voor de pluimveehouder verder in te schatten: per ril kan maximaal ongeveer 12 ton verse kippenmest ingemengd worden op een vers hoopvolume van 150 m<sup>3</sup>, met de precieze hoeveelheid nog afhankelijk van het drogestofgehalte van de kippenmest en de samenstelling van de andere materialen. In verhouding tot de gemiddelde jaarlijkse productie van ongeveer 120-140 ton kippenmest op een professioneel kippenbedrijf, betekent dit dat minstens tien rillen opgezet zouden moeten worden om alle mest op deze manier te verwerken.

De **kostenimplicaties van de andere bewerkingstechnieken** die onderzocht werden, worden hier niet in detail voorgesteld maar zijn doorgaans minder zwaar (zie Tabel 23).

**Tabel 23.** Samenvattende beoordeling van kwaliteit en haalbaarheid van de verschillende beschouwde bewerkingstechnieken met biologische kippenmest.

	compostering op ril	compost in stal	centrale behandeling	gemengde opslag
Biologische kwaliteit	hoog	matig	beperkt	matig
Plantenvoedende waarde (N-werking)	matig	hoog	zeer hoog	matig
Koolstofaanvoer bodem	zeer hoog	hoog	beperkt	matig
Verliezen tijdens omzettingsproces	groot	beperkt	beperkt	groot
Risico op verlies bij toepassing	laag	matig	hoog	matig
Hoeveelheid mest te verwerken	beperkt	beperkt	groot	groot
Tijdsinvestering voor landbouwer	aanzienlijk	aanzienlijk	zeer beperkt	zeer beperkt
Kost (€/ton eindproduct) (incl trans)	45-100	30-45	30-40	12-20
Bemestingskost (€/ha) (65 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	300-600	250-400	100-150	60-100

Tot slot nog twee bemerkingen hierbij:

- De werkelijke implicaties van compostering op ril zullen zeer bedrijfsafhankelijk zijn, en **centrale organisatie** de arbeidsinvestering een stuk efficiënter kan maken en kosten zal drukken. Centrale organisatie zal ook een betere procescontrole mogelijk maken.
- De uiteindelijke waarde en toepasbaarheid van een bepaalde techniek en/of eindproduct, wordt bepaald door een **brede set aan factoren**, waarbinnen kostenimplicatie en tijdsinvestering een belangrijke rol spelen maar daarnaast onder meer biologische kwaliteit, plantenvoedende waarde, koolstofaanvoer en nutriëntenverliezen van tel zijn.

Naast de kwalitatieve dimensie die hiervoor in beeld gebracht werd, dienen wat deze praktijken betreft ook technische haalbaarheid, beschikbaarheid van uitgangsmaterialen en economische rendabiliteit beschouwd te worden. Aan kwaliteit hangt doorgaans een kostenplaatje vast op korte termijn, hoewel ook verwacht wordt dat dit vaak op langere termijn een waardevolle investering kan zijn. Mits centrale organisatie en goede samenwerking en afspraken tussen producent en afnemer zijn er potentieel zeker interessante toepassingsmogelijkheden.

## 5. Omzetten van geitenstalmest

### 5.1 Doelstelling en proefopzet

Voor stromest van herkauwers werd geopteerd voor een eerder extensieve compostering van geitenstalmest op een praktijkbedrijf.

De proef vond plaats bij geitenhouder Johan Devreese, op de Klokhofstede te Oudenburg.

Een vergelijking werd daarbij gemaakt tussen twee objecten geitenstalmest:

- (1) Object R: onbehandelde ruwe stalmest op de kopakker;
- (2) Object K: stalmest opgezet op een ril die twee maal gekeerd werd.

Het idee van deze opzet is dat een dergelijke omzetting de stalmest hygiëniseert (onkruidzaden of ziektekiemen afdoodt) en dat het volume verkleint wat het transportgemak verbetert. Bovendien verbetert de strooibaarheid en zou het kunnen leiden tot een stabielere eindproduct met minder stikstofverliezen bij de toepassing en een snellere stikstofwerking ten aanzien van het gewas.

Het verse uitgangsmateriaal is afkomstig van eenzelfde potstal die vlak voor opzet geleegd werd. De onbehandelde stalmest (object R) werd opgehoopt op een kopakker vlak naast de geitenstal, de te behandelen stalmest (object K) werd als ril van ongeveer 20 m lengte uitgespreid op een betonnen ondergrond. Er werd geen compostdoek gebruikt (zie Figuur 12).

**Figuur 12.** Proefopzet omzetting geitenstalmest. Links: onbehandelde stalmest op kopakker, rechts: omgezette stalmest op ril.



### 5.2 Gegevensverzameling

Zowel bij opzet als bij afronden van de proef werd alle materiaal per object gewogen, om zodoende een massabalans te kunnen opstellen. Op beide momenten werden ook vier mengstalen genomen per object, voor chemische karakterisering van zowel het uitgangsmateriaal als het eindproduct.

In de loop van de proef werden temperatuur en CO<sub>2</sub>-gehalte van beide objecten regelmatig opgevolgd. Vochtgehalte en structuur werden visueel vastgesteld.

### 5.3 Verloop

De proef liep over een periode van twee maanden. Op 6 januari '11 werd de potstal geleegd, werd de geitenstalmest gewogen en werden beide objecten opgebouwd. Het onbehandelde object R bevatte ongeveer 20,7 ton verse geitenstalmest, het te keren object K ongeveer 17,5 ton. Daags nadien werd object K gekeerd met een compostkeerder type 'Sandberger' (kostprijs huur: 75 à 100 € per draaiuur). Dezelfde hoop werd drie weken later, op 28 januari, een tweede maal gekeerd. De proef werd stopge-

zet op 3 maart '11, waarbij alle materiaal opnieuw per object werd opgeladen en gewogen. Opvallend was de significante volumevermindering bij object K: bij opzet waren 2 laadbeurten nodig om alle materiaal op te laden, op het einde van de proef werd het 1 goed gevulde kar. Bij object R was geen sprake van dergelijke beduidende reductie.

In januari bedroeg de gemiddelde maandtemperatuur van de buitenlucht 4 °C, met een gemiddeld minimum van 1,6 °C en een gemiddeld maximum van 6,7 °C. In februari bedroeg de gemiddelde maandtemperatuur 5,4 °C, met een gemiddeld minimum van 2,3 °C en een gemiddeld maximum van 8,1 °C. De totale neerslaghoeveelheid gedurende de proefperiode bedroeg bij benadering 130 mm, en bestond gedeeltelijk uit sneeuwval. Er waren 17 vorstdagen in die periode (bron: KMI).

De eerste keer verliep het keren erg moeizaam. Het duurde 40 min om met de keerder door de hoop van 20 m lengte te geraken. Dat had deels te maken met het type molen in de compostkeerder (het type Sandberger heeft een kleinere diameter dan de standaardmolen van Ménart) (Vandevannet N., mondelinge communicatie), maar was vooral het gevolg van de moeilijk te verwerken, sterk samengeklitte verse stalmeest (Figuur 13).

**Figuur 13.** Eerste omzet geitenstalmeest met een Sandberger compostkeerder: het keren van de sterk samengeklitte geitenstalmeest verliep erg moeizaam.



Het temperatuursverloop was voor beide objecten vergelijkbaar, met iets hogere waarden voor het onbehandelde object R (variatie tussen 41 en 83 °C) dan voor het gekeerde object K (variatie tussen 31 en 65 °C). Het gemiddelde CO<sub>2</sub>-gehalte bedroeg 3,4 % voor object K en 5,4 % voor object R.

## 5.4 Resultaten en discussie

### 5.4.1 Praktische aanpak en verloop

De relatief hoge temperatuur en CO<sub>2</sub>-gehalten van het onbehandelde object wijzen erop dat ook deze hoop biologisch actief was en er bepaalde omzettingprocessen in plaatsvonden.

Omdat het keren van de sterk samengeklitte verse geitenstalmeest erg moeizaam verliep, worden volgende suggesties geformuleerd naar de praktijk toe:

- Maak de hoop niet te hoog en te breed om problemen bij het keren te vermijden. De mest kan eventueel in verschillende etappes aan de hoop toegevoegd worden.
- Een goede praktijk zou kunnen zijn om de mest bij het legen van de potstal eerst op te laden in een mestkar, de mest van de kar af te draaien (waarbij de grote brokken mest al door de molen van de mestkar verkleind worden) en pas een tweetal weken later de hoop (eenmalig) om te zetten.

Het opzetten van de ruwe stalmest op een ril voor compostering vraagt vanzelfsprekend enige inspanning en tijdsinvestering. Zo dient men over voldoende ruimte te beschikken, bij voorkeur op een verharde ondergrond, om de hoop te plaatsen en te verwerken. De hoop omzetten met een composteerder betekent dat men over dergelijke keerder moet kunnen beschikken en dat er ook parallel met de ril voldoende ruimte moet zijn (een drietal meter, afhankelijk van het type) om de trekker te laten lopen. Toch is dit alles niet onoverkomelijk, en ook zonder keerder kan het werk bv. met een bobcat en mestkar uitgevoerd worden. Mits enige ervaring en goede organisatie, vraagt het ganse proces slechts enkele uren extra werk.

#### 5.4.2 Kwaliteit materialen

##### **Uitgangsmateriaal**

Bij het legen van de potstal werden het “nieuwere” materiaal (met relatief meer vers stro) en het “oudere”, reeds meer verteerde materiaal, goed gemengd alvorens de hopen werden opgezet. Qua initiële samenstelling werden dan ook relatief weinig verschillen verwacht tussen beide hopen (Tabel 24).

##### **Eindproducten**

Tussen beide eindproducten zijn een aantal verschillen waar te nemen (Tabel 24). Zo geven de N- en P-gehalten op droog gewichtsbasis een opconcentratie aan voor de omgezette hoop en bleek die ook iets stabielere te zijn (lagere oxitop- en  $\text{NH}_4$ -waarde), wat wijst op een gunstigere biologische omzetting en vastlegging van nutriënten in microbiële biomassa. De omzetting bevorderde sterk de homogeniteit van het materiaal, hetgeen blijkt uit de kleinere standaardafwijkingen op de meetwaarden. Gezien die grote mate van binding in organische vorm, wordt het risico op stikstofverliezen bij toepassing van de mest ingeperkt.

De omgezette hoop werd ogenschijnlijk ook gekenmerkt door een hoger organisch (kool)stofgehalte, en ook de C/N-verhouding bleek iets hoger te liggen. Echter wordt aangenomen dat bij bemonstering en analyse van de erg heterogene ruwe stalmest wellicht een onderschatting van het OS-gehalte gebeurde en het OS-gehalte van de ruwe mest in realiteit dan ook iets hoger was dan van de omgezette hoop.

De verschillen in werking kwamen verder duidelijk tot uiting in de bemestingsproef binnen dit project (Beekman et al. 2012).

**Tabel 24.** Analyseresultaten bij aanvang en afloop van de proefopzet met geitenstalmest (gemiddelde  $\pm$  standaarddeviatie), met weergave van gemiddelde waarden voor geitenpotstalmest zoals teruggevonden in de literatuur Zanen et al. 2008.

Variabele	Referentie	Aanvang		Einde	
		Onbehandeld	Gekeerd	Onbehandeld	Gekeerd
$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/l)				$8,2 \pm 3,39$	6,4 en <5
$\text{NH}_4\text{-N}$ (mg/l)				$635 \pm 258$	$32,1 \pm 21,5$
$\text{NO}_3/\text{NH}_4$ (-)				< 1	< 1
OS (%/DS)	60	$75,9 \pm 2,8$	$78,2 \pm 1,0$	$55,4 \pm 7,7$	$65,8 \pm 1,6$
Oxitop (mmol/kg OS/uur)				$28,4 \pm 9,9$	$18,1 \pm 3,3$
DS (%)	41	$31,7 \pm 4,8$	$28,7 \pm 0,8$	$30,3 \pm 3,2$	$24,5 \pm 1,4$
$\text{N}_{\text{tot}}$ (kg/ton DS)	19,6	$21,0 \pm 2,6$	$19,5 \pm 1,4$	$22,3 \pm 9,1$	$26,7 \pm 0,6$
$\text{N}_{\text{tot}}$ (kg/ton VM)	8,6	$6,6 \pm 0,4$	$5,6 \pm 0,5$	$6,6 \pm 2,4$	$6,5 \pm 0,5$
$\text{C}_{\text{tot}}$ (kg/ton DS)		$425 \pm 15$	$438 \pm 6$	$261 \pm 90$	$369 \pm 9$
$\text{P}_2\text{O}_5$ (kg/ton DS)	13	$13,3 \pm 0,8$	$12,3 \pm 0,7$	$16,7 \pm 2,6$	$19,1 \pm 1,9$
$\text{P}_2\text{O}_5$ (kg/ton VM)	5,2	$4,2 \pm 0,5$	$3,5 \pm 0,2$	$4,8 \pm 0,9$	$4,7 \pm 0,5$
C/N (-)	14	$20,5 \pm 2,8$	$22,6 \pm 1,7$	$11,7 \pm 1,3$	$13,9 \pm 0,7$
N/P (-)	3,5	$3,6 \pm 0,3$	$3,6 \pm 0,1$	$3,6 \pm 0,5$	$3,2 \pm 0,4$
C/P (-)		$73,6 \pm 6,2$	$82,9 \pm 7,4$	$42,7 \pm 0,7$	$44,5 \pm 4,1$

### 5.4.3 Massabalans

Aan de hand van de gewichtsbepalingen en gekende samenstelling van elk van de producten bij aanvang en op het einde van de proef, kon een massabalans opgesteld worden en kunnen dus gewichtsverliezen of nutriëntenverliezen benaderend ingeschat worden.

Hierbij werd dezelfde aanpak gevolgd als voor de eerste composteringsproef, zoals beschreven in paragraaf 4.1.4.2.

In Tabel 25 worden de veranderingen tussen aanvang en einde compostering weergegeven voor zowel droog gewicht als voor concentraties van asrest en fosfor. Per object geeft de variatie in de verhoudingen qua concentraties van de hier beschouwde “inerte” stoffen een idee van de foutenmarge op de reductie qua droog gewicht. De lagere opconcentratie van fosfor in de onbehandelde hoop, wijst mogelijk op (weliswaar beperkte) fosforverliezen. Die zijn wellicht te verklaren door uitspoeling via mestwater in de onverharde ondergrond.

**Tabel 25.** Weergave van veranderingen in drooggewicht en elementenconcentraties, als maat voor de opconcentratie van de inerte fractie en dus de materiaalverliezen bij de verschillende objecten. Hoe groter de verhouding, hoe groter de veranderingen in drooggewicht.

	Object R (onbehandeld)	Object K (gekeerd)
Droog gewicht (begin/einde)	1,24	1,49
Asrest (conc. einde/begin)	1,85	1,57
P <sub>totaal</sub> (conc. einde/begin)	1,26	1,56

Deze berekening stelt ons in staat de materiaalverliezen in te schatten op 25 % voor de onbehandelde en 35 % voor de gekeerde hoop.

Daarnaast kunnen we ook de nutriëntenverliezen voor elk object begroten. Tabel 26 geeft een overzicht van het procentueel verlies aan stikstof en organische stof (of koolstof) voor beide objecten.

**Tabel 26.** Gewichtsveranderingen tussen aanvang en afloop van de proef met geitenstalmest.

	Object R (onbehandeld)	Object K (gekeerd)
N <sub>totaal</sub>	-15%	-10%
Organische Stof / C <sub>totaal</sub>	-45%	-40%

Hieruit kan geconcludeerd worden dat de massareductie (het droge stofverlies) procentueel hoger lag in het omgezette object, in overeenstemming met het intensievere bewerking. Opvallend zijn echter de schijnbaar hogere organische stofverliezen in het onbehandelde object, hetgeen niet in overeenstemming lijkt met de massareductie. Mogelijk vormt een te lage inschatting van het werkelijke organische stofgehalte voor de stalen van dit object een verklaring. Die onderschatting kan het gevolg zijn van het onvoldoende mee opnemen van stroresten in het monster, aangezien die niet op homogene wijze voorkwamen in de hoop. Wanneer er stro ontbrak in het monster is de asrest te hoog ingeschat.

Ook de stikstofverliezen bleken hoger te zijn in het onbehandelde object: dit kan een indicatie zijn voor de mogelijkheid om stikstof te behouden door omzetting van de mest.

### 5.4.4 Aanwezigheid van onkruidzaden

In geen van de hier beschreven composteringsproeven werden tijdens de kiemttest zoveel kiemingen geteld als in deze proef met geitenstalmest. Het ging daarbij telkens om hetzelfde organisme, dat echter enkel in “witte draden stadium” bleef, en dus niet geïdentificeerd kon worden (Figuur 14). Opmerkelijk is het beduidende groter aantal kiemingen in de kiembakjes met ruwe mest ( $28 \pm 13$ ) dan in de

kiembakjes met omgezette mest ( $14 \pm 3$ ). Dit duidt wellicht op een afdodende werking tegen onkruidzaden door de omzetting.

**Figuur 14.** Kieming tijdens de kiemtest met geitenstalmest.



Een echt intensieve compostering werd met deze omzetting van geitenstalmest niet gerealiseerd. Hoewel de omgezette hoop meer verteerd was dan de onbehandelde hoop, is van een echt stabiel product na twee maanden dan ook nog geen sprake. De praktijk leert dat voor een goede werking storrijke stalmest best enkele maanden blijft liggen alvorens toegepast te worden.

Niet alleen in de omgezette hoop maar ook in de onbehandelde hoop duiden temperatuur- en CO<sub>2</sub>-metingen op een aanzienlijke biologische activiteit, met daarmee gepaard gaande omzettingen.

Opvallend is het veel hogere NH<sub>4</sub>-N-gehalte in de onbehandelde hoop, wat wijst op een hogere verteeringsactiviteit en mogelijk op zuurstofarmoede. Hierbij ontstaat een groter risico op stikstofverliezen bij de toepassing. Verder zijn de significante volumevermindering en het beter strooibaar materiaal bij het gekeerde object interessant voor praktische toepassing.

Om deze praktijk echt naar waarde te schatten, zou deze proef nog enkele keren herhaald en intensiever opgevolgd moeten worden. Daarbij wordt best ook het aspect hygiënisatie mee in beschouwing genomen.

## 6. Slotconclusies & aanbevelingen voor de toekomst

Met het oog op een vereenvoudigde afzet en optimaal gebruik van de biologische mest in Vlaanderen via het verbeteren van de kwaliteit ervan, werden in het kader van dit onderzoeksproject een reeks composteringsproeven uitgevoerd met kippenmest en stromest van herkauwers.

Belangrijke aspecten daarbij zijn ondermeer de bodem- en plantenvoedende waarde van de compostproducten, de efficiëntie waarmee nutriënten gerecycleerd kunnen worden, de eventuele volumereductie en verkleining van de uitgangsmaterialen, en de tijd- en arbeidsinvestering van het composteren. Daartoe werden telkens chemische kwaliteit, variatie in samenstelling van de compostproducten, koolstof-, stikstof- en andere verliezen alsook praktische haalbaarheid en toepassingsgemak uitvoerig in kaart gebracht.

Deze proeven toonden aan dat compostering van dierlijke mest (met of zonder bijmenging van plantaardige reststromen) effectief kansen biedt om chemisch, fysisch en biologisch waardevolle kwaliteitsproducten te genereren, en via die weg de aanwending van biologische dierlijke mest te optimaliseren. Tezelfdertijd werd nogmaals aangekaart dat de toepassing van compostering in de praktijk niet steeds vanzelfsprekend is, ondanks de talrijke potentiële voordelen ervan. Een goede kennisbasis, doordachte aanpak en samenwerking tussen verschillende actoren zijn hierbij cruciaal.

We besluiten dit rapport met een kort overzicht van enkele van de voornaamste aandachtspunten:

### ***De techniek van het (boerderij)composteren***

De potentieel grote variatie aan uitgangsmaterialen en composteringssomstandigheden zorgt ervoor dat de samenstelling en eigenschappen van compost heel variabel kunnen zijn. Onafhankelijk van de locatie of techniek, zijn er een aantal basisprincipes om rekening mee te houden. Diversiteit aan en een goede verhouding van uitgangsmaterialen, vocht- en zuurstofvoorziening zijn daarbij cruciale factoren.

Zo bevestigden de resultaten van beide proeven waarin een intensieve, gecontroleerde compostering met kippenmest werd uitgevoerd (zie 4.1 en 4.2) dat de aanwezigheid van een houtige component onder de vorm van houtschors of –snippers van groot belang is voor een goede structuur en daarmee een goede lucht- en waterhuishouding tijdens de compostering, en om een waardevol eindproduct te bekomen op vlak van nutriëntenverhouding, stabiele organische stofinhoud en strooibaarheid. Ook andere proeven aan het ILVO toonden aan dat toevoegen van houtsnippers resulteert in een compostering die langzaam op gang komt maar langdurig actief blijft (evenwichtige en langdurige koolstofbron), terwijl toevoegen van houtschors resulteert in een snellere maar relatief kortere ontwikkeling van activiteit.

Wat betreft verhouding van uitgangsmaterialen, toonden de proeven aan dat een compostering met relatief hoge doses kippenmest haalbaar is maar erg intensief kan verlopen. Dit vraagt dan ook een aanzienlijke tijd- en arbeidsinvestering, en kan resulteren in relatief hoge organische stofverliezen. Een aandeel kippenmest van 10 à 15 vol% vormt gevoelsmatig toch ergens een absolute bovengrens voor boerderijcompostering op ril, waarboven met name het verlies aan stikstof te groot wordt en aanbevolen wordt om over te stappen naar een gesloten systeem met luchtwassers voor recirculatie van NH<sub>3</sub> en meer mogelijkheden tot procescontrole.

### ***Kostprijs en beschikbaarheid van materieel***

Denk voor compostering op het land- of tuinbouwbedrijf bv. aan een compostkeerder, laad- en losmachines. De economische voordelen die men uit eigen compostering kan halen, wegen doorgaans niet op tegen de zware investering in een eigen compostkeerder. Een alternatief is het huren van zo'n keerder, al kost dat ook snel 75 à 100 euro per draaiuur.

Ook voor centrale compostering is economische rendabiliteit een belangrijk aandachtspunt, gezien ondermeer de relatief grote transport- en verwerkingskosten (zie 4.5).



### ***Kostprijs en beschikbaarheid van uitgangsmateriaal***

Hoewel dierlijke mest en een aantal plantaardige reststromen vaak relatief eenvoudig beschikbaar zijn voor een compostering op het bedrijf, geldt dit niet steeds voor de houtige component. Zo is houtschors vaak erg duur omwille van de grote vraag ernaar voor toepassing als afdek materiaal in tuinaanleg. Aandacht kan uitgaan naar het lokaal winnen van houtsnippers als alternatief, rekening houdende echter met de kosten voor aanleg, onderhoud en verwerking. Ook aanvoer van (verhakseld) stro is niet steeds zonder kosten.

### ***Tijd- en arbeidsinvestering***

De tijdsinvestering is sterk afhankelijk van de intensiteit van de beoogde compostering. Zo vraagt een omzetting van bv. stalmest van herkauwers (zie paragraaf 4.7) of een eenvoudig gemengde opslag van kippenmest met groencompost (zie 4.4) relatief weinig inspanning. Daartegenover staat de vaak grotere tijd- en arbeidsinvestering van een intensieve, gecontroleerde compostering waarbij het proces nauwgezet opgevolgd wordt en er regelmatig gekeerd en/of bewaterd wordt. Toch kan de compostering dikwijls zodanig georganiseerd worden dat ze een logisch onderdeel van de bedrijfsvoering gaat uitmaken en relatief weinig extra arbeid vraagt Van Bavel 2010. De kwaliteit en rijpheid van de eindproducten zijn logischerwijs vaak in verhouding tot de geleverde inspanning.

### ***Administratieve of juridische knelpunten***

Zowel bij boerderijcompostering als bij bewerking van dierlijke mest in een centraal composteringsbedrijf, is er telkens ook het regelgevend kader waarmee men rekening dient te houden (zie 2.3). Een belangrijk aandachtspunt voor het composteren op land- of tuinbouwbedrijven is de milieureglementering. Zo dient boerderijcompost in functie van de grondstoffen die het gebruikt als input te voldoen aan verschillende rubrieken binnen VLAREM. Daarnaast is er natuurlijk de specifieke regelgeving voor de biologische teelt waaraan voldaan dient te worden. Ondermeer traceerbaarheid van biologische materialen is daarbij van tel.

### ***Hygiëniserings***

De metingen die in het kader van deze proeven werden uitgevoerd, evalueren voornamelijk de chemische kwaliteit en stabiliteit of rijpheid van de eindproducten. Enkel voor die producten die ook later in de bemestingsproef (Beeckman et al. 2012) werden toegepast, werd ook de biologische kwaliteit gedeeltelijk in kaart gebracht en een kiemttest uitgevoerd. Een aspect dat naar toepassing in de praktijk zeker nog aandacht verdient, is dat van de hygiëniserings. De vraag stelt zich namelijk in welke mate de behandelingen zoals uitgevoerd in deze proeven onkruidzaden of ziektekiemen kunnen afdoden. Met name met het oog op toepassing van gecomposteerde stromest van herkauwers binnen de runder- of geitenhouderij vormt ziekterisico een belangrijk aandachtspunt. Ook bij het aanbrengen van groencompost in de scharrelruimte van een kippenstal (zie 4.3) speelt het hygiëneaspect een belangrijke rol. Voor praktische toepassing van dit systeem is het wellicht aangeraden om het compostsubstraat regelmatig te vervangen.

## 7. Bijlagen

### Bijlage 1. Analysemethoden Labo Plant-Teelt&Omgeving

Analyse	G/NG	Analysemethode
pH-H2O	NG	EN 13037, 1:5 extractie
EC	NG	EN 13038, 1:5 extractie, EC: elektrische geleidbaarheid
NO3-N	NG	EN 13652, 1:5 extractie in water
NH4-N	NG	EN 13652, 1:5 extractie in water
P-AmAc	NG	1:5 extractie in ammoniumacetaat, CMA 2/IV/14 tot 17 - ICP-OES
K-AmAc	NG	1:5 extractie in ammoniumacetaat, CMA 2/IV/14 tot 17 - ICP-OES
Ca-AmAc	NG	1:5 extractie in ammoniumacetaat, CMA 2/IV/14 tot 17 - ICP-OES
Mg-AmAc	NG	1:5 extractie in ammoniumacetaat, CMA 2/IV/14 tot 17 - ICP-OES
Fe-AmAc	NG	1:5 extractie in ammoniumacetaat, CMA 2/IV/14 tot 17 - ICP-OES
Mn-AmAc	NG	1:5 extractie in ammoniumacetaat, CMA 2/IV/14 tot 17 - ICP-OES
SO4	NG	EN 13652, 1:5 extractie in water
Na	NG	EN 13652, 1:5 extractie in water
Cl	NG	EN 13652, 1:5 extractie in water
Cu-AmAc	NG	1:5 extractie in ammoniumacetaat, CMA 2/IV/14 tot 17 - ICP-OES
Zn-AmAc	NG	1:5 extractie in ammoniumacetaat, CMA 2/IV/14 tot 17 - ICP-OES
OS	NG	EN 13039, OS: organische stof, uitgedrukt op droge stof
Ntotaal	NG	Volgens Dumas via ISO 13878 (bodem) of EN 13654-2 (compost)
DS	NG	EN 13040, DS: droge stof
volumegewicht	NG	CMA 2/IV/24 (gebaseerd op EN 13040, samengedrukte bulkdensiteit)
OUR	NG	CMA 2/IV/25, OUR: Oxygen uptake rate
Cd_totaal	NG	CMA 2/IV/19 - ICP-OES
Cr_totaal	NG	CMA 2/IV/19 - ICP-OES
Cu_totaal	NG	CMA 2/IV/19 - ICP-OES
Pb_totaal	NG	CMA 2/IV/19 - ICP-OES
Ni_totaal	NG	CMA 2/IV/19 - ICP-OES
Zn_totaal	NG	CMA 2/IV/19 - ICP-OES
Mn_totaal	NG	CMA 2/IV/19 - ICP-OES
P_totaal	NG	CMA 2/IV/19 - ICP-OES
C/N	NG	CMA 2/IV/3+4+5 (C = OS/1.8)
K_totaal	NG	CMA 2/IV/19 - ICP-OES
Mg_totaal	NG	CMA 2/IV/19 - ICP-OES
Ca_totaal	NG	CMA 2/IV/19 - ICP-OES
Na_totaal	NG	CMA 2/IV/19 - ICP-OES
G = geaccrediteerde analyse		
NG = niet geaccrediteerde analyse		

## 8. Referentielijst

1. **Aarts A.** Compoststal. [www.compoststal.nl](http://www.compoststal.nl). Laatst geraadpleegd op 6-2012.
2. **Amir S., Abouelwafa R., Meddich A., Souabi S., Winterton P., Merlina G., Revel J.-C., Pinelli E. & Hafidi M.** 2010. PLFAs of the microbial communities in composting mixtures of agro-industry sludge with different proportions of household waste. *International Biodeterioration & Biodegradation* 64: 614-621.
3. **B.S.15 maart.** 1997. Decreet betreffende de ruimtelijke ordening gecoördineerd op 22 oktober 1996, ondertussen herhaaldelijk gewijzigd via diverse Decreten.
4. **B.S.22 jan.** 2007. Decreet van 27 oktober 2006 betreffende de bodemsanering en de bodembescherming (ter vervanging van het decreet van 22 februari 1995 betreffende de bodemsanering).
5. **B.S.29 dec.** 2006. Decreet van 22 december 2006 houdende de bescherming van water tegen de verontreiniging door nitraten uit agrarische bronnen, ondertussen herhaaldelijk gewijzigd via diverse Besluiten van de Vlaamse regering en Decreten.
6. **B.S.6 mei.** 2011. Decreet van 6 mei 2011 houdende wijziging van het Mestdecreet van 22 december 2006.
7. **Baaru M.W., Mungendi D.N., Bationo A., Verchot L. & Waceke W.** 2007. Soil microbial biomass carbon and nitrogen as influenced by organic and inorganic inputs at Kabete, Kenya. In: Bationo A. *Advances in Integrated Soil Fertility Management in Sub-Saharan Africa: Challenges and Opportunities*. pp. 827-832.
8. **Beeckman A., Delanote L., Reubens B., De Neve S., Vandecasteele B. & Willekens K.** 2012. Krijgen we de kring rond met biologische dierlijke mest? Resultaten van een bemestingsproef in prei. Deelrapport 2 van het ADLO-onderzoeksproject Optimale aanwending van biologische mest van kippen en herkauwers voor een gezond biologisch gewas. Inagro vzw, Rumbek-Beitem, België. 25 p.
9. **Bokhorst J. & ter Berg C.** 2001. Handboek mest en compost, behandelen, beoordelen en toepassen. Louis Bolk Instituut, Driebergen, Nederland. 292 p.
10. **Breitenbeck G.A. & Schellinger D.** 2004. Calculating the reduction in material mass and volume during composting. *Compost science and utilization* 12: 365-371.
11. **Burns R.G.** 2011. Soil Biology & Biochemistry Citation Classic X. *Soil Biology & Biochemistry* 43: 1619-1920.
12. **De Baere K., Zoons J., Rademakers E. & Vogels N.** 2008. Evalueren van de mestuitscheidings- en mestsamenstellingsscijfers voor pluimvee. 178 p.
13. **Derden A., Vanassche S. & Huybrechts D.** 2012. Best Beschikbare Technieken (BBT) voor (mest)covergistinginstallaties. Vlaams Kenniscentrum voor Best Beschikbare Technieken (VITO), 229 p.
14. **EC.** 2012. Technical report for End-of-Waste criteria on biodegradable waste subject to biological treatment. Third working document August 2012. Europese Commissie (EC), 244 p.
15. **Ecolas.** 2006. Externe meetopslag: inventarisatie van opslagsystemen en bepalingen van ammoniak-, lachgas- en methaanemissies uit deze systemen. LNE, afdeling Lucht, Risicobeheer, Milieu en Gezondheid - Departement Landbouw en Visserij, Afdeling Monitoring en Studie, 185 p.
16. **EEG.** 1991. Richtlijn 91/676/EEG van de Raad van 12 december 1991 inzake de bescherming van water tegen verontreiniging door nitraten uit agrarische bronnen. Official Journal L 375, 31/12/1991, Luxemburg. 8 p.

17. **EG**. 2000. Richtlijn 2000/60/EG van het Europees Parlement en de Raad van 23 oktober 2000 tot vaststelling van een kader voor communautaire maatregelen betreffende het waterbeleid. Publicatieblad van de Europese Unie, Luxemburg. 72 p.
18. **EG**. 2007. Verordening (EG) Nr. 834/2007 van de raad van 28 juni 2007 inzake de biologische productie en de etikettering van biologische producten en tot intrekking van Verordening (EEG) nr. 2092/91. Publicatieblad van de Europese Unie, Luxemburg. 23 p.
19. **EG**. 2008. Verordening (EG) Nr. 889/2008 van de Commissie van 5 september 2008 tot vaststelling van bepalingen ter uitvoering van de Verordening (EG) nr. 834/2007 van de Raad inzake de biologische productie en de etikettering van biologische producten, wat de biologische productie, de etikettering en de controle betreft. Publicatieblad van de Europese Unie, Luxemburg. 105 p.
20. **EG**. 2009. Verordening (EG) Nr. 1069/2009 van het Europees parlement en de raad van 21 oktober 2009 tot vaststelling van gezondheidsvoorschriften inzake niet voor menselijke consumptie bestemde dierlijke bijproducten en afgeleide producten en tot intrekking van Verordening (EG) nr. 1774/2002 (verordening dierlijke bijproducten). Publicatieblad van de Europese Unie, Luxemburg. 33 p.
21. **EG**. 2011. Verordening (EU) Nr. 142/2011 van de Commissie van 25 februari 2011 tot uitvoering van Verordening 1069/2009 van het Europees parlement en de Raad tot vaststelling van gezondheidsvoorschriften inzake niet voor menselijke consumptie bestemde dierlijke bijproducten en afgeleide producten en tot uitvoering van Richtlijn 97/78/EG van de Raad wat betreft bepaalde monsters en producten die vrijgesteld zijn van veterinaire controles aan de grens krachtens die richtlijn. Publicatieblad van de Europese Unie, Luxemburg. 254 p.
22. **Eiland F., Klamer M., Lind A.-M., Leth M. & Baath E.** 2001. Influence of initial C/N ratio on chemical and microbial composition during long term composting of straw. *Microbial Ecology* 41: 272-280.
23. **Frostegard A., Tunlid A. & Baath E.** 2011. Use and misuse of PLFA measurements in soils. *Soil Biology & Biochemistry* 43: 1621-1625.
24. **Huybrechts D. & Vrancken K.** 2005. Best Beschikbare Technieken (BBT) voor composteer- en vergistingsinstallaties. Academia Press, Gent, België. 231 p.
25. **Joergensen R.G. & Wichern F.** 2008. Quantitative assessment of the fungal contribution to microbial tissue in soil. *Soil Biology & Biochemistry* 40: 2977-2991.
26. **KB 7/1/1998**. 1998. Koninklijk Besluit van 7 januari 1998 betreffende de handel in meststoffen, bodemverbeterende middelen en teeltsubstraten.
27. **Klamer M. & Baath E.** 1998. Microbial community dynamics during composting of straw material studied using phospholipid fatty acid analysis. *Microbial Ecology* 27: 9-20.
28. **Nannipieri P., Ascher J., Ceccherini M.T., Landi L., Pietramellara G. & Renella G.** 2003. Microbial diversity and soil functions. *European Journal of Soil Science* 54: 655-670.
29. **Pierré E. & Van Meirhaeghe H.** 2009. Impact van worminfecties op de algemene gezondheidsstatus van leghennen in niet-kooisystemen: een stand van zaken. *Pluimvee* 54: 1-3.
30. **Reubens B. & Willekens K.** 2012. Beschikbaarheid en gebruik van biologische dierlijke mest in Vlaanderen: actuele situatie en toekomstperspectief. Deelrapport 3 van het ADLO-onderzoeksproject Optimale aanwending van biologische mest van kippen en herkauwers voor een gezond biologisch gewas. Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek (ILVO), Merelbeke, België. 85 p.
31. **Reubens B., Willekens K., Beeckman A., De Neve S., Vandecasteele B. & Delanote L.** 2012. Eindrapport ADLO-onderzoeksproject "Optimale aanwending van biologische mest van kippen en herkauwers voor een gezond biologisch gewas". Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek (ILVO), Merelbeke, België.
32. **Steel H., Vandecasteele B., Willekens K., Sabbe K., Moens T. & Bert W.** 2012. Nematode communities and macronutrients in composts and compost-amended soils as affected by feedstock composition. *Applied Soil Ecology* 61: 100-112.

33. **Tabatabai M.A.** 1982. Soil enzymes. In: Page A.L. et al. *Methods of soil analysis, part 2: chemical and microbiological properties*. American Society of Agronomy Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, US. pp. 903-947.
34. **Van Bavel J.** 2010. Veelzijdigheid van een biotuinbouwbedrijf. *Landbouw en Techniek* 21: 46-47.
35. **Vandecasteele B., Willekens K., Du Laing G., De Vliegheer A., Tack F.M.G. & Carlier L.** 2008. The use of ground bark and wood chips from a short rotation plantation for on farm composting: effect of tree species on the micronutrient content. In: Anonymus. *Proceedings of the 6th International conference orbit 2008: Moving Organic Waste Recycling Towards Resource Management and Biobased Economy*, 13-2008. pp. 776-782.
36. **Verdonck P., Majot P., Triplet A. & De Sainte Maresville A.** 2010. Hout, meer dan energie alleen. Interreg IV project "Landschap in verandering". 12 p.
37. **Vlaamse Overheid.** 1991. Besluit van de Vlaamse Regering van 6 februari 1991 houdende vaststelling van het Vlaams reglement betreffende de milieuvergunning, ondertussen reeds herhaaldelijk gewijzigd (Vlarem I).
38. **Vlaamse Overheid.** 1995. Besluit van de Vlaamse regering van 1 juni 1995 houdende algemene en sectorale bepalingen inzake milieuhygiëne, ondertussen reeds herhaaldelijk gewijzigd (Vlarem II).
39. **Vlaamse Overheid.** 1997. Besluit van de Vlaamse regering tot vaststelling van het Vlaams reglement inzake afvalvoorkoming en beheer (Vlarea). 17 december 1997 - grondige wijziging 5 december 2003.
40. **Vlaamse Overheid.** 2006. Omzendbrief RO/2006/01: afwegingskader en randvoorwaarden voor de inplanting van installaties voor mestbehandeling en vergisting. 17 p.
41. **Vlaamse Overheid.** 2007. Besluit van de Vlaamse regering van 14 december 2007 houdende vaststelling van het Vlaams reglement betreffende de bodemsanering en de bodembescherming (VLAREBO).
42. **Vlaamse Overheid.** 2012. Besluit van de Vlaamse regering tot vaststelling van het Vlaams reglement betreffende het duurzaam beheer van materiaalkringlopen en afvalstoffen (Vlarema).
43. **VLM.** Vlaamse Landmaatschappij - Mestbank. [www.vlm.be/landtuinbouwers/mestbank/Pages/default.aspx](http://www.vlm.be/landtuinbouwers/mestbank/Pages/default.aspx). Laatst geraadpleegd op 6-2012.
44. **VLM.** Vlaamse Landmaatschappij - Mestbank. [www.vlm.be/landtuinbouwers/mestbank/Pages/default.aspx](http://www.vlm.be/landtuinbouwers/mestbank/Pages/default.aspx). Laatst geraadpleegd op 6-2012.
45. **Willekens K. & Cloet B.** 2003. Boerderijcompost nieuws. Eerste nieuwsbrief FarmCOMPOST, project van vzw Symbios. TAD FarmCOMPOST, Merelbeke. 8 p.
46. **Zanen M., Koopmans C., Bokhorst J. & ter Berg C.** 2008. Bijzondere bemesting: kansrijke strategieën voor duurzaam bodemmanagement. Louis Bolk Instituut, Driebergen, Nederland. 73 p.