

# Goedbodembeheer Mest en compost

Deze tekst is de geactualiseerde en aangevulde tekst van het Handboek Mest en Compost, Louis Bolk Instituut 2001.

## INHOUD

1. [Inleiding](#)
2. [Belang van de Bodem](#)
3. [Overzicht mest- en compostsoorten](#)
4. [Composteren](#)
5. [Beoordeling](#)
6. [Toepassing van mest en compost](#)

## 1. Inleiding

Waar kunt u wat vinden?

**Hoofdstuk 2** geeft inzage in de **toepassing van mest of compost**. Hier worden algemene principes besproken en in hoofdstuk 6 leest u meer in detail en per sector over dit onderwerp.

**Hoofdstuk 3** behandelt de **eigenschappen van mest en compostsoorten**.

Op het **composteren in al zijn aspecten** wordt ingegaan in **hoofdstuk 4**.

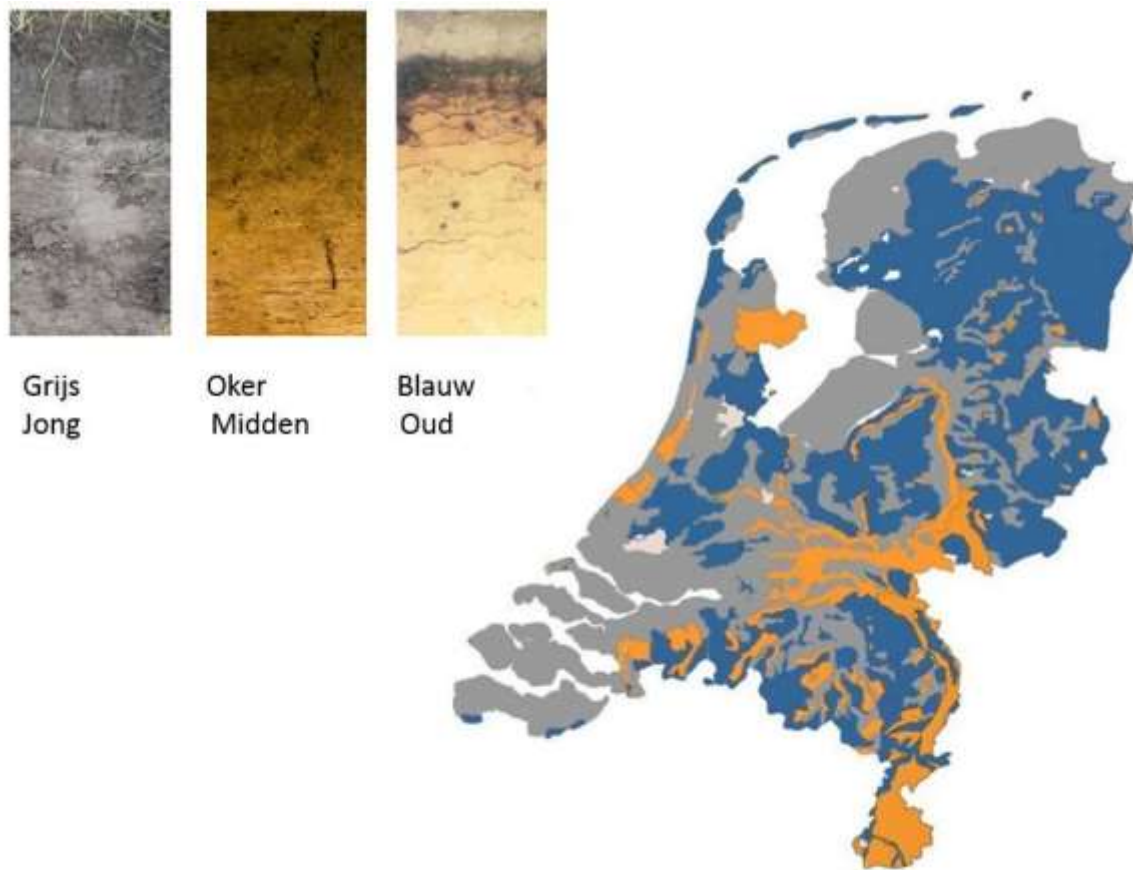
Een specifieke **mest of compost beoordelen** kan met behulp van **hoofdstuk 5**.

**Hoofdstuk 6**. Principes bij het toepassen van mest en compost.

## 2. Belang van de bodem

**Bemesting in relatie tot de bodem. Wanneer welke mest of compost?**

Globaal is Nederland in te delen in drie groepen bodems die ieder een geheel ander beleid vereisen richting bodembeheer en mest- en compostgebruik. We noemen ze jong, midden en oud en de verspreiding is in onderstaande kaart weergegeven.



Bodemkaart van Nederland: jonge, midden en oude bodems

### 1. Jonge bodems

Aan de basis van een bodem staan verweringsproducten van gesteentes. Hier groeien planten op en er komt organische stof in de bodem. Wanneer er weinig organische stof is blijven de minerale delen de eigenschappen bepalen. Weinig organische stof kan er zijn omdat een bodem nog niet zo lang vegetatie kent zoals bij rivier- en zeeafzettingen, maar ook omdat een vochtig klimaat en hoge temperatuur een snelle afbraak van organische stof veroorzaakt, zoals in de tropen. Ook door droogte of kou kan er geen organische stofvorming optreden. Gronden met weinig organische stof en een weinig afvoer van mineralen door bodemvormende processen noemen we jonge bodems. Dit is dus een kwalitatieve indeling. Jonge bodems kunnen, zoals in de tropen, ook heel oud zijn.

### 2. Midden bodems

Bij gunstige klimatologische omstandigheden komt er door activiteit van het bodemleven steeds meer organische stof in de bodem, zowel in de bovenlaag als dieper, en de organische stof kan zich ook aan klei gaan binden. We treffen hier gemengd bos aan bij de bruine gronden of steppeachtige vegetaties bij de chenzems. Deze gronden noemen we midden bodems.

### 3. Oude bodems

Bij een neerslagoverschot kunnen bodems onder een vegetatie steeds zuurder en armer worden. Ook kan er dan instabiele zwarte organische stof uit de bovenlaag verdwijnen en op een bepaalde diepte weer inspoelen. Er ontstaan dan podzolgronden. De inspoelingslaag kan ook verdichten waardoor en zeer natte omstandigheden ontstaan en veenvorming optreedt, maar ook daar uitsluitend natte omstandigheden en kou kan er ook veenvorming optreden. Er ontstaan oude bodems.

Landbouwkundig gezien geeft deze indeling interessante perspectieven. Er zijn bij veel bodems tekortkomingen waar een boer constant aan moet werken. Deels om op korte termijn, deels om op lange termijn een goede groei van de gewassen te krijgen. In het onderstaande enkele voorbeelden. Meer in detail wordt er op de zeven genoemde bodemtypen in hoofdstuk 3 nader ingegegaan. De bodemtypen die in het hiernavolgende overzicht worden genoemd, worden verderop nader beschreven.

#### Organische stof

Jonge gronden: Werken aan opbouw organische stof

Midden gronden: Normaal organische stofbeheer

Oude gronden: Werken aan de kwaliteit van de organische stof

#### Koolstof/stikstofverhouding

Jonge gronden: Koolstofrijke organische stof toevoeren

Midden gronden: Organische stof aanvoeren met koolstof en stikstof in een goede verhouding

Oude gronden: Stikstofrijke organische stof toevoeren.

Gezien deze verschillen is op jonge gronden groencompost een goede bodemverbeteraar. Ook GFT-compost kan hier gebruikt worden. Teveel gebruik van stikstofrijke meststoffen die weinig organische stof bevatten is hier niet wenselijk. Dit kan alleen als de gewassen voldoende de bodem verzorgen.

Op oude gronden kan het zijn dat met groencompost een soort organische stof wordt toegevoegd die er misschien al teveel is. Hier moet meer bodemleven ondersteunende compost worden gebruikt. In hoofdstuk 3 wordt per mest- en compostsoort aangegeven wat de aard van invloed op de bodem is.

Enkele voorbeelden ter illustratie:

## 1. Kalkrijke jonge zeeklei

### De bodem

Deze is arm aan organische stof. De ondergrond is goed doorwortelbaar en in de zomer is water uit de ondergrond ruim beschikbaar. Door het geringe organische stofgehalte is de kans op een verdichte laag onder de bouwvoor groot en deze kan vaak alleen door regenwormen losgemaakt worden. Opbouw van organische stof is moeilijk door het sterke mineraliserende karakter van deze grond. Stikstofgebrek in het voorjaar en vastlegging van fosfaat zijn problemen die op kunnen treden.

### Het landschap

Populier, wilg en es worden veel aangetroffen: bomen die in de zomer een uitbundige bladgroei laten zien. In de herfst is in sommige jaren wel wat geel blad te zien, maar vaak gaan de groene kleuren over in bruin en valt het blad groen of bruin op de grond. Een duidelijke herfst is er niet. Er is zoveel uitbundige groei en vitaliteit dat de afrijping, die bij de herfst hoort, bijna wordt overgeslagen. De groei komt tamelijk abrupt tot stilstand. Vaak wordt het afgevallen blad snel de grond ingewerkt en is er geen of slechts een dunne strooisellaag. De processen in de landbouw lijken hier op: de gewassen vertonen een sterke vegetatieve groei en komen moeilijk tot afrijping. Op het gebied van smaak, suikergehalte en andere eigenschappen die op afrijping duiden, schieten de gewassen op deze gronden vaak tekort.

### Mest- en compostgebruik

Om de eigenschappen van de bodem te verbeteren, mag het toegevoegde materiaal niet te snel afbreken. Daarom is gecomposteerde vaste mest of koolstofrijke plantaardige compost aan te raden. Dat is gunstig voor de productkwaliteit. De opbouw van organische stof is beter gediend door granen en grassen dan door klaverrijke groenbemesters.

## 2. Podzolgronden

### De bodem

Grote delen van het zandgebied van Noord, Oost en Zuid Nederland bestonden vroeger uit heide. De bodem die hierbij hoort is een podzolgrond. Deze heeft een wat dikkere strooisellaag, met daaronder eerst een witte of grijze uitspoelingslaag en daarna een verkitte laag van ingespoelde humus. In deze arme en zure gronden loopt de beworteling al op geringe diepte vast in de verdichte laag. Het losmaken van deze laag helpt vaak maar tijdelijk en daarom is het belangrijk om vervolgens diepwortelende gewassen te telen. Dieper gravende regenwormen kunnen dit proces ondersteunen.

### Het landschap

Na de komst van de mens overheerst de heide, maar daarvoor was het ook al een open landschap met plaatselijk heide, mede als gevolg van wilde grazers. Eik, berk en grove den zijn hier typische bomen. In het voorjaar begint de ontwikkeling zeer traag, in de zomer laat

de droogte zijn sporen achter. In de herfst is er wel een weinig uitbundige geelkleuring bij eik en berk. Alles wijst erop dat het jaarritme op subtiele wijze wordt afgewerkt, omdat er vanuit de bodem te weinig kracht wordt aangereikt.

#### Mest en compostgebruik

In dit enigszins ingeslapen landschap moet een mest of compost gebruikt worden die de bodem wakker maakt. Wat versere vaste mest is hier op zijn plaats. Lang gecomposteerde plantaardige compost verhoogt wel het vochthoudend vermogen, maar geeft geen andere kwaliteit aan de grond. Bij gebruik van compost is een stikstofrijke niet te oude compost aan te raden, met als voorwaarde dat de pH omhoog wordt gebracht. Hierna kunnen stikstofrijke vlinderbloemige groenbemesters het proces aanvullen.

### 3. Rivierkleigronden

#### De bodem

Dit zijn de mooiste gronden van Nederland.

Een goed ontwaterde rivierkleigrond waar al langer een vegetatie op staat heeft een duidelijke bodemontwikkeling doorlopen. Het gevolg daarvan is een bovengrond met veel organische stof en een dikkere organische stof houdende laag onder de bouwvoor. Deze laag is door het bodemleven in de loop der tijd volledig gehomogeniseerd en kan wel 80 cm dik zijn. Dit alles leidt tot een goede doorworteling in boven- en ondergrond. Wel kan er wat kalk nodig zijn voor een goede bodemstructuur, maar geen overmaat die leidt tot sterke afbraak van organische stof.

#### Het landschap

Bij deze goed ontwaterde grond past een bos met flink ontwikkelde eiken, beuken, essen en vruchtbomen. Het zijn stevige bomen, die volop timmerhout en brandhout van goede kwaliteit leveren. In dit landschap komt de herfst pas goed uit de verf, met rijke kleuren en een overvloed aan vruchten. Dit is het eerste landschap waar vruchten zo overdadig voorkomen. Enerzijds is er veel massa als gevolg van de groei vanuit de bodem, anderzijds zijn er rijpingskwaliteiten aanwezig als zoetstoffen en kleuren door de inwerking van de zon.

#### Mest- en compostgebruik

Van nature heeft deze bodem geen tekortkomingen die bijgestuurd moeten worden. De bodem kent een grote stabiliteit en kan invloeden van buiten goed opvangen. Het onderhouden van het proces is hier van belang, met materiaal dat niet te vers en niet te oud is. Gelukkig heeft de bodem het vermogen om extremen goed op te vangen en zelf het midden te houden. Door eenzijdige

gewaskeuze of bodembewerking onder te natte omstandigheden kan de bodemvruchtbaarheid wel achteruitgaan. Dan is wenselijk om bij te sturen met bijvoorbeeld gecomposteerde mest, die de structuur verbetert.

#### 4. Natte gronden in beekdalen

##### De bodem

De beekerdgronden van de beekdalen in het zandgebied kennen twee lagen. Een bovenlaag die rijk is aan organische stof en die plotseling overgaat in zand, dat arm is aan organische stof. Roestvlekken zijn door het hele profiel aanwezig als gevolg van de wisselingen in grondwaterstand in het verleden en soms in het heden. De gronden stonden in de winter vaak onder water en in de zomer daalde het grondwater tot 1 meter diepte of meer. De onder natte omstandigheden ontstane organische stof geeft makkelijk bewerkingsproblemen vanwege de smerende eigenschappen.

##### Het landschap

De overheersende boomsoort is de els, een boom met donkergroen loof. Net als bij de jonge zeekleigronden laat de els in sommige jaren wel wat geel blad zien, maar in het algemeen valt het groen of bruin op de grond. Ook hier is geen duidelijk gefaseerd jaarritme aanwezig.

##### Mest- en compostgebruik

Gebruik van verse materialen hoort hier niet thuis omdat het de eenzijdigheid versterkt en kan leiden tot luchtarme omstandigheden. Wat langer gecomposteerd materiaal geeft humus die de bodemstructuur verbetert. De vaak volop aanwezige organische stof, die onder natte omstandigheden ontstaat, kan de bodemstructuur niet voldoende onderhouden en dit leidt tot problemen met bodembewerking bij de geploegde teelten of met de bodemstructuur bij gras.

De in het voorgaande geschetste eigenschappen van de bodem zijn niet op korte termijn te veranderen en zullen op langere termijn de keuze van mest of compost mede bepalen. Daarnaast zullen bodembewerking, weersomstandigheden en het gewas ook invloed hebben op de bodemeigenschappen. Regelmatig beoordelen van de bodem is van belang om op ieder perceel de wenselijke maatregelen te kunnen nemen. Hierbij spelen mest- en compostkeuze, gewaskeuze en wijze van grondbewerking een rol.

## 3. Overzicht mest- en compostsoorten

## **Inhoud:**

### **3.1 Dierlijke mestsoorten**

### **3.2 Compost**

### **3.3 Overig**

## **3 Gehalten mest en compost**

### **welke gehalten?**

Standaard wordt gewerkt met gehalten totale stikstof (N-tot), minerale stikstof (N-min), fosfaat (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) en kali (K<sub>2</sub>O). Het kan ook voorkomen dat mineralengehalten worden weergegeven in hun zuivere vorm: fosfor (P) en kalium (K). Het gebruik van verschillende aanduidingen kan voor verwarring zorgen. Voorkom rekenfouten door hier goed op te letten. In tabel 3.1 staat de omrekenfactor van de zuivere mineralen naar verbindingen en andersom. De standaardgehalten zijn weergegeven in kg per 1.000 kg product (1 ton).

### **omrekenfactor**

Tabel 3.1. Omrekenfactoren voor fosfaat, fosfor, kali en kalium.

- \* 1 kg fosfor (P) staat wat mineralen betreft gelijk aan 2,29 kg fosfaat (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>),
- \* 1 kg fosfaat (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) is gelijk aan 0,436 kg fosfor (P),
- \* 1 kg kalium (K) is gelijk aan 1,20 kg kali (K<sub>2</sub>O),
- \* 1 kg kali (K<sub>2</sub>O) is gelijk aan 0,83 kg kalium (K),

De samenstellingen van meststoffen worden vermeld als standaard (forfaitaire) getallen in de landbouw, aan de hand van publicaties: lit 4,5,6,7

### **werkelijke gehalten**

Uit de praktijk blijkt dat de werkelijke gehalten van verschillende partijen van een bepaalde mest- of compostsoort sterk uiteen kunnen lopen. Het stikstofgehalte en de minerale stikstof in organische meststoffen kunnen binnen een mestsoort aanzienlijk verschillen. Tabellen 3.2 en 3.3 geven een indruk van de spreiding van het totale N-gehalte en het minerale N-gehalte in een drietal mestsoorten. Voor een precieze bemesting is het daarom aan te raden om niet te werken met gemiddelde gehalten, maar gemeten gehalten. Leveranciers van compostsoorten verstrekken werkelijke gehalten op de rekeningen. Voor MINAS-verfijnd (de aanvoer van fosfaat en stikstof op eigen bedrijf in een kalenderjaar in beeld gebracht) is bemonstering van aangevoerde mest een voorwaarde. Na langdurige opslag van met name vaste mest komen de gehalten niet meer overeen met de cijfers, zoals die bij levering zijn gemeten.

spreiding N-tot Tabel 3.2. Spreiding van N-gehalte in mest.

	N-totaal (kg/ton)		
	gemiddeld	laagste	hoogste
rundveedrijfmest	4,9	3,3	6,5
mestvarkensdrijfmest	7,2	3,6	10,8
zeugendrijfmest	4,2	1,4	7,0
droge hennenmest	24,1	17,1	31,1

Bron: <sup>8</sup>

spreiding N-min Tabel 3.3. Spreiding mineraal N-gehalte in mest.

	N-mineraal (kg/ton)		
	gemiddeld	laagste	hoogste
rundveedrijfmest	2,6	1,6	3,6
mestvarkensdrijfmest	4,2	2,0	6,4
zeugendrijfmest	2,5	1,9	4,1
droge hennenmest	2,4	1,0	3,8

Bron: <sup>8</sup>

## De mestsamenstelling

Wat kun je aan de mestsamenstelling aflezen? Het is nodig om de samenstelling van de mest te weten wanneer de aanvoer van mest beperkt is door de mestwetgeving of, bij biologische bedrijven, wanneer biologische meststoffen moeilijk verkrijgbaar zijn. Daarbij is het fosfaatgehalte bij gebruik van dierlijke mest en compost bepalend voor de hoeveelheid aan te voeren mest en compost. Bij deze beperking in fosfaat is het van belang om de stikstofvoorziening goed te sturen. De samenstelling van de mest kan dan worden gebruikt om de totale balans te berekenen tussen invoer van buiten het bedrijf (door middel van meststoffen) en de totale uitvoer (door middel van gewassen). Zie hoofdstuk 7.

De samenstelling maakt ook duidelijk wanneer een meststof gewasgericht kan worden ingezet. Dit is het geval wanneer een meststof voedingsstoffen levert die direct beschikbaar zijn voor het gewas, bijvoorbeeld bij een hoog gehalte aan minerale stikstof (N-min).

De samenstelling laat vervolgens zien:

- wanneer een mestsoort niet direct plantenvoedende eigenschappen bezit (lage N-min)



- of de mest door zijn gehalten aan totale stikstof, fosfaat, kali en organische stof eigenschappen bezit die de humusvoorziening verbeteren, het bodemleven stimuleren en de voeding op de lange termijn verzorgen.



Analyse van mest en compost is aan te raden vanwege de grote spreiding van gehalten.  
Foto: Hans Dijkstra - BuB

### Werking

De in de meststof voorkomende elementen zijn niet allemaal direct beschikbaar voor het gewas. Dit hangt namelijk af van de vorm waarin de elementen in de meststoffen voorkomen. Hieronder wordt ingegaan op de drie belangrijkste elementen. Meer over de plantenvoedende waarde van meststoffen is te vinden in hoofdstuk 5.

### Stikstofwerking

Hoeveel stikstof beschikbaar is voor de plant is afhankelijk van de wijze waarop de stikstof in de meststof voorkomt. Er zijn twee fracties te onderscheiden: minerale stikstof (N-min) en organisch gebonden stikstof (N-org). De plant kan stikstof opnemen in nitraatvorm ( $\text{NO}_3^-$ ) en in ammoniumvorm ( $\text{NH}_4^+$ ). De meeste planten nemen stikstof in nitraatvorm op, ammonium wordt vaak in de bodem omgezet in nitraat. Ammonium kan gebonden worden aan grond- en humusdeeltjes, terwijl nitraat zeer beweeglijk is. Voor de berekening van de werking van de minerale stikstof kan er vanuit worden gegaan dat de fractie N-min gelijk is aan de fractie ammonium-stikstof ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ). De werking van organisch gebonden stikstof is veel trager. Een deel van deze stikstof is direct beschikbaar en een ander deel is na vertering in het eerste jaar beschikbaar. De ingebouwde stikstof in het moeilijk verteerbare deel van de meststof is in de volgende jaren beschikbaar voor het gewas.

De stikstofwerking van stalmest wordt beïnvloed door ouderdom van de mest, tijdstip en wijze van toediening.

### **Fosfaatwerking**

Fosfaat is gebonden aan vaste deeltjes in de mest en dus niet gevoelig voor uitspoeling. Bij eenjarige toediening van drijfmest op bouwland is de fosfaatwerking 60% bij rundveemest, 100% bij varkensmest en 70% bij kippenmest. Zie ook hoofdstuk 5.1.

### **kaliwerking**

Kalium is in opgeloste vorm aanwezig in vloeibare meststoffen en is goed beschikbaar voor de plant. Hierdoor is kalium erg gevoelig voor uitspoeling, met name op zandgronden in het voor- en najaar.

### **Gehalten en kwaliteit**

Verschillende factoren beïnvloeden de samenstelling van dierlijke mest, zoals de diersoort, staltype, watergebruik, aard en hoeveelheid van het strooisel en eventuele andere toevoegingen. Tevens is de aard, samenstelling en kwaliteit van het veevoeder bepalend voor de kwaliteit en de mineraleninhoud van de mestsoort.

### **Herkauwers**

Dieren kunnen ingedeeld worden in twee groepen, met een erg verschillend voederrantsoen: herkauwers en niet-herkauwers. De herkauwers zoals koeien, schapen en geiten maken van relatief structuur- en celluloserijk voer, door middel van hun unieke verteringsproces in de pens, rijke en voor de plantengroei evenwichtige mest. De samenstelling en de onderlinge verhouding aan mineralen in de mest is verwant aan de gehalten aan mineralen in de meeste gewassen. Bij een eiwitrijk rantsoen zal er meer stikstof in de mest komen. De stikstofgehalten in de mest hebben te maken met de verhouding tussen eiwit en energie in het rantsoen. Als het rantsoen eiwitarm is (dus meer energierijk, zie ook verderop bij biologische drijfmest), dan zal het stikstoftotaal gehalte lager zijn en zal de stikstof meer in organisch gebonden vorm voorkomen. Hierdoor zal bij uitrijden of composteren het risico van verlies lager zijn.

### **Niet-herkauwers**

De niet-herkauwers als pluimvee en varkens maken van relatief rijk voer, dat hoofdzakelijk uit granen bestaat, mest die veel N, P en K bevat en voor de plantengroei een eenzijdige werking heeft. Immers per kg fosfaat is er meer kg stikstof beschikbaar dan bijvoorbeeld in rundveemest.

### **Bodem**

De bodemvruchtbaarheid is van invloed op de samenstelling van het ruwvoer, dat op zijn beurt de samenstelling van mest en urine beïnvloedt. Kaligehalten van mest en gier kunnen hoger zijn op kalkrijke gronden dan op kalkarme. Voor fosfaat geldt hetzelfde.

### Biologische drijfmest

Is biologische mest anders dan gangbare mest? De samenstelling van mest is mede afhankelijk van het rantsoen van het rundvee. In de biologische melkveehouderij ligt het aandeel krachtvoer lager dan in de gangbare melkveehouderij, want het biologische rantsoen bevat minder stikstof in de vorm van eiwit. Hierdoor is er in die melkveehouderij minder sprake van overschotten aan eiwit in het voer. Eiwitarm voeren resulteert op veel biologische bedrijven in een lager stikstofgehalte en dus een - als gunstig gewaardeerde - hogere C/N verhouding van de mest. Een goede waarde voor composteren ligt tussen de 20 en de 35. Zie hoofdstuk 4.2.

In tabel 3.4 is de samenstelling weergegeven voor biologische drijfmest en vaste mest en de vergelijking met het landelijk gemiddelde. Biologische rundveedrijfmest bevat per ton 3,8 kg N-totaal. Omgerekend naar 9% DS (droge stof) is dat 4,1 kg N-totaal. Het landelijk gemiddeld ligt hoger (4,9 kg N-tot). Dit geeft aan dat het gemiddelde rantsoen op biologische bedrijven minder stikstof in de vorm van eiwit bevat.

Tabel 3.4. Mestsamenstelling op biologische bedrijven en het gemiddelde op reguliere bedrijven in kg per ton drijfmest.

	aantal monsters	DS**	OS***	N-tot	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	C/N
biologische drijfmest	75	84	61	3,8	1,7	8,8
biologische drijfmest bij 9% DS		90	65	4,1	1,8	8,8
landelijk gemiddelde drijfmest		90	66	4,9	1,8	7,5
biologische vaste mest*	14	246	159	5,9	3,3	14,8
landelijk gemiddelde vaste mest		235	153	6,9	3,8	12,2

\* vaste mest van onder meer jongvee, inclusief 2 monsters uit een heuvelstal

\*\* DS = droge stof

\*\*\* OS = organische stof

Bron: \*

### Mestprijzen

De prijzen op de mestmarkt zijn in ontwikkeling en mede afhankelijk van het gebied in Nederland. Behalve naar de marktprijzen kan je ook kijken naar de 'reële waarde', maar hoe bepaal je die waarde van bijvoorbeeld vaste mest? Daarvoor kun je de kosten nemen die nodig zijn om deze mest te vervangen. In organische mest zitten onder meer stikstof, fosfaat, kali, sporenelementen en organische stof, die door een mestverkopende veehouder allemaal afgevoerd worden.

Voor vaste stalmestsoorten als runderpotstalmest en geitenpotstalmest wordt ongeveer € 5,50 per ton betaald. Dit bedrag dekt niet de kosten voor aankoop van het stro in de stal. Wanneer de veehouder alleen de kosten van het stro vergoed zou krijgen dan wordt de mestprijs als volgt berekend: 1 melkkoe heeft in een stalperiode van 180 dagen gemiddeld 10 kg stro per dag nodig. Dit is in totaal 1800 kg à € 70 per ton = € 126. Deze koe produceert ongeveer 10 ton mest in die periode. De prijs voor 1 ton mest wordt dan  $\text{€ } 126 : 10 = \text{€ } 12,60$ . In dit voorbeeld zijn alleen de kosten voor het stro meegenomen in de prijs van de mest. In de praktijk zijn er vele andere factoren die de prijs beïnvloeden. De prijs voor het transport is de grootste kostenpost. Door de mestwetgeving is het voor veehouders vaak verplicht om de mest af te laten voeren met geld toe.

Dat geldt ook voor de prijs van compost. Professionele composteerbedrijven krijgen bij inname geld om de afvalstoffen te verwerken. De prijs van de compost wordt dan vaak bepaald door de kosten voor het transport of door de schaarste van het product. De variatie in prijs is daardoor groot: van € 3 tot € 16 per ton voor GFT- en groencompostsoorten. Naast deze producten van de grote composteerbedrijven is er ook aanbod van gespecialiseerde composteerbedrijven die op verzoek van de klant producten maken, die voor de kasteelt, champignonsteelt of andere specifieke doeleinden geschikt zijn. De prijs van deze producten is dan aanzienlijk hoger en kan variëren tussen € 25 en € 50 per ton.



*Zal deze mest op de juiste grond, op het juiste tijdstip, op de juiste wijze bij het juiste gewas worden toegepast?*

### **Afkortingen**

Betekenis van de gebruikte afkortingen in dit hoofdstuk:

C/N koolstof : stikstof verhouding (gebaseerd op 56% C in OS)

OS organische stof

DS droge stof

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> fosfaat

K<sub>2</sub>O kali

MgO magnesia

Na<sub>2</sub>O natron

N-min minerale stikstof

N-tot totale stikstof

Tabel 3.5 Samenstelling van meststoffen in kg per 1000 kg product

Mestsoort	ds	os	N-tot	Nmin	P205	K2O	MgO	Na2O	S	sg	eff os
<b>Vaste mest</b>											
Rundvee	194	152	5,3	0,9	2,8	6,1	2,2	1,8	0,2	0,9	94
Varkens	260	153	7,9	2,6	7,9	8,5	2,5	0,9	0,6	0,9	80
Leghennen band	573	416	25,6	2,5	19,6	15,5	6,5	1,7	2,5	0,6	
Leghen droog	818	427	34,1	3,9	27,8	20,1	6,9	2,3	-	-	232
Kip strooisel	713	359	28,0	3,6	25,6	20,8	7,5	3,4	3,6	0,6	188
Vleeskuikens	626	419	32,1	8,0	16,8	20,5	7,1	3,0	3,6	0,6	231
Kalkoen	528	427	23,2	6,0	19,7	13,4	5,8	6,7	3,8	0,5	213
Eend	275	237	8,9	1,6	7,3	8,4	3,4	1,3	2,0	0,9	
Konijn	408	332	9,4	2,3	6,7	10,7	5,2	2,0	3,0	0,6	219
Paard	287	160	4,5	0,5	2,7	8,1	1,6	1,6	2,0	0,7	81
Schaap	290	206	8,6	2,0	4,2	16,0	2,8	2,3	1,9	0,7	104
Nerts	452	293	28,3	16,1	26,9	5,4	3,5	8,1	5,9	-	147
Geit	291	174	9,9	2,4	5,3	12,8	4,0	1,9	2,0	0,9	97
Chempost	336	211	7,6	0,4	4,5	10,0	2,3	0,9	5,5	0,5	93
GFT-compost	696	242	12,8	1,2	6,3	11,3	4,8	-	-	0,8	205
Groencompost	599	179	5,0	0,5	2,2	4,2	1,8	-	-	0,8	-
<b>Dunne mest</b>											
Rundvee	85	64	4,1	2,0	1,5	5,8	1,2	0,7	0,7	1,01	-
Rose kalveren	94	71	5,6	3,0	2,6	5,0	1,6	1,2	-	-	-
Witvles kalveren	22	17	2,6	2,1	1,1	4,5	1,7	1,6	0,2	1,00	-
Vleesvarkens	94	43	7,1	4,6	4,6	3,8	1,5	1,2	0,6	1,04	-
Zeugen	67	29	5,0	3,3	3,5	4,9	1,4	0,9	0,4	1,00	-
Kippen	145	93	10,2	5,8	7,8	6,4	2,2	0,9	0,9	1,02	-
Rundveegier	25	10	4,0	3,8	0,2	8,0	0,2	1,0	0,8	1,03	-
Varkengier	5	5	8,5	6,1	0,9	4,5	0,2	1,0	0,7	1,01	-
Zeugengier	10	10	2,0	1,9	0,9	2,5	0,2	0,2	0,2	1,02	-
Concraast varken	37	14	8,2	7,5	0,4	9,7	-	-	-	-	-
Rundvee dun fr 60%	43	32	3,2	2,1	0,8	6,1	-	-	-	-	-
Rundvee dun fr 30%	66	50	3,7	2,0	1,2	5,9	-	-	-	-	-
Rundvee dik fr 30-60	250	188	7,8	1,6	4,4	4,8	-	-	-	-	-
Mestvark dun 60%	48	22	6,1	4,8	2,4	6,1	-	-	-	-	-
Mestvark dun 30%	73	34	6,7	4,7	3,6	5,9	-	-	-	-	-
Mestvark dik 30-60%	250	116	10,5	3,8	12,4	4,8	-	-	-	-	-
Rundvee digest 25%	69	48	4,1	2,5	1,5	5,8	-	-	-	-	-
Rundvee digest 50%	53	32	4,1	3,1	1,5	5,8	-	-	-	-	-
Mestvark digest 25%	82	32	7,1	5,2	4,6	5,8	-	-	-	-	-
Mestvark digest 50%	72	22	7,1	5,9	4,6	5,8	-	-	-	-	-

### 3.1 Dierlijke mestsoorten

#### 3.1.1 Eendenmest

Nederland telt ongeveer 870.000 eenden, die worden gehouden in loopstallen met koppels van 200 tot 300 stuks. In de eerste week worden 15 tot 20 dieren per m<sup>2</sup> gehouden en na 7 weken, wanneer ze slachtrijs zijn, 5 dieren per m<sup>2</sup>. In deze bio-industrie is het welzijn van de eenden niet optimaal. Zo worden de snavels gebrand om het verenpikken tegen te gaan.

De stallen bestaan ten dele uit een roostervloer en ten dele uit een ingestrooide loopruimte. Zaagsel of houtmot als strooisel zorgt voor koolstofverbindingen die moeilijker verteerbaar zijn dan stro. De kwaliteit van de stikstofrijke mest hangt af van de aard van het strooisel.

toepassing

Verse eendenmest kan bij het zaaien van een groenbemester oppervlakkig worden ingewerkt. Voor andere toepassingen is een halfverteerde of een gecomposteerde vorm aan te raden. In deze vorm kan eendenmest een bijdrage leveren aan de structuur van de bodem en aan de voeding van de planten.

composteermogelijkheden

De structuur van de mest is afhankelijk van de hoeveelheid en het soort strooisel. Bij voldoende structuur is compostering mogelijk zonder bijmenging. Wanneer de structuur te gering is zal een structuurhoudend materiaal, bijvoorbeeld stro, bijgemengd moeten worden.

#### 3.1.2 Geitenmest

Geitenmest is meestal iets stikstofrijker dan rundermest. Bij hoge krachtvoergiften kan het ammoniakgehalte sterk toenemen. Ammoniak kan makkelijk verdwijnen bij het uitmesten, omzetten of uitrijden. Omdat de geiten worden gehouden in ingestrooide loopstallen is de mest storrijk en wordt hij als droog ervaren. Alleen in de biologische landbouw is er een verplichte weidegang. Welk effect weidegang heeft op de samenstelling van geitenmest is onbekend. Een mogelijkheid is dat het N-tot gehalte in de mest hoger is door het eiwitrijker rantsoen bij weidegang. Dit kan niet onderbouwd worden met onderzoek en praktijkervaring.

toepassing

Verse geitenmest is goed voor de plantenvoeding, de stimulering van het bodemleven en de humusopbouw. Bij het toedienen van verse mest is een oppervlakkige grondbewerking nodig om stikstofverliezen te beperken. Inzet van verse mest kan eenzijdige ontwikkeling van micro-organismen stimuleren waardoor de ziektedruk voor de cultuurgewassen kan toenemen. Daarom heeft het de voorkeur om de verse mest alleen toe te passen bij inzaai van groenbemesters.

Bij toedienen in het voorjaar, op lichte gronden, is een halfverteerde of geheel gecomposteerde geitenmest mogelijk. Tijdens de vertering gaat een groot deel (20 tot 60%) van de stikstof verloren. De overblijvende stikstof is overwegend organisch gebonden. Verteerde geitenmest levert daardoor een hogere bijdrage aan de lange termijn bemesting, het onderhoud van het organische stofgehalte en het bodemleven.

composteer mogelijkheden

De structuur van geitenmest is vaak voldoende om bij een geringe storthoogte (ongeveer 1,5 meter) voldoende zuurstof aan te trekken voor de vertering. Omzetten hoeft niet zo vaak, bijvoorbeeld 2 à 3 keer en is afhankelijk van de voortgang van het composteringsproces. Het bijmengen met structuur- en koolstofrijke producten verbetert de compostering en vergroot de mogelijkheid om stikstof organisch te binden.

Zie voor verder informatie over het composteren van geitenmest het kader 'Gerbrandastate'.

### **3.1.3 Kalkoenenmest**

In Nederland leven ongeveer 1,5 miljoen kalkoenen, die gehouden worden voor het vlees. Fokken heeft ervoor gezorgd dat ze binnen 4 maanden slachtrijp zijn. Het dierenwelzijn is in veel gevallen verre van optimaal. Kalkoenenbedrijven vallen onder de intensieve veehouderijen: de dieren leven in grote groepen (3 tot 6 per m<sup>2</sup>) in loopstallen die worden ingestrooid met zaagsel, houtmot of stro. De samenstelling van de stikstof- en fosfaatrijke mest is afhankelijk van het gebruikte strooisel.

toepassing

In verse vorm is deze mest alleen bij geringe dosering zonder gevaar te gebruiken. De hoge gehalten aan mineralen en de scherpe werking kunnen leiden tot verbranding van wortels of eenzijdige bemesting van de bodem. Dit kan zich uiten in te sterke groei waardoor gewassen relatief gevoeliger worden voor ziekten. Bij geringe dosering kan deze mest wel als een goede plantenvoedende bijbemesting gebruikt worden, toe te dienen vlak vóór of in het groeiende gewas.

composteringsmogelijkheden

Verse mest, direct uit de stal, is moeilijk te composteren. Bijmengen met structuurhoudende materialen is noodzakelijk om voldoende transport van zuurstof door de hoop mogelijk te maken. Door structuurhoudende en koolstofrijke producten bij te mengen wordt de C/N verhouding\* gunstig beïnvloed en het composteren mogelijk gemaakt. De scherpe werking verdwijnt en het grootste gedeelte van de stikstof wordt organisch gebonden. Voor de bodem en plantengroei ontstaat dan een evenwichtiger meststof.

\* Een C/N verhouding van 12 wordt als ideaal gezien.

### **3.1.4. Kippenmest**

Er zijn in Nederland 104 miljoen kippen. Hiervan is 60% voor het vlees en 40% voor de eieren. De huisvesting is verschillend wat betreft hoeveelheid en type strooisel en dat beïnvloedt de aard van de mest. Van de Nederlandse kippen loopt momenteel 20% rond in scharrel- of biologische bedrijven, waar ze beschikken over een gestrooide scharrelruimte.

De mest bestaat uit strooisel van uiteenlopende hoeveelheid en samenstelling, waarin alle uitwerpselen van de kippen of een deel daarvan worden opgevangen. Het strooisel (stro, houtvezel, turfmolm) is meestal arm aan minerale bestanddelen.



Strooiselmest van leghennen heeft een hoog aandeel minerale stikstof en een relatief hoge mineralisatie van de organisch gebonden stikstof. Daarom laat deze meststof de stikstof snel beschikbaar komen voor het gewas. De stikstofwerkingscoëfficiënt (zie hoofdstuk 7) is 40-65% in het 1e jaar bij gebruik op bouwland in het voorjaar en 25-35% in het najaar. Verder is de mest erg fosfaatrijk, heeft hij een basische werking en draagt hij weinig bij aan de effectieve organische stof. Omdat meestal met kleine doseringen wordt gewerkt is zijn lange termijn werking op de organische stof minimaal.

#### toepassing

Bij toediening moet er op gelet worden dat de hoeveelheid mineralen in kippenmest beduidend hoger zijn dan in runder- of varkensmest. Met relatief weinig volume wordt veel werkzame stikstof aangevoerd. Dit is een voordeel bij voorjaarstoediening op zwaardere grond en bij gewasgerichte bemesting in bijvoorbeeld een gevestigd tarwegewas of sluitkoolteelt. Door het hoge gehalte aan ammoniak is deze mest erg gevoelig voor uitspoeling en daarom is het aan te raden om een relatief korte tijd tussen strooien en zaaien/planten te nemen. Per kg aangevoerde stikstof wordt relatief veel fosfaat aangevoerd. De MINAS-wetgeving en het streven naar evenwichtsbemesting maken deze mestsoort minder aantrekkelijk.

#### composteermogelijkheden

Vers uit de stal kan deze mest slecht composteren. Bijmenging met structuurhoudende materialen is nodig om voldoende transport van zuurstof door de hoop mogelijk te maken. Met structuurhoudende en koolstofrijke bijmenging verandert de samenstelling van het product. De scherpe werking verdwijnt en het grootste gedeelte van de stikstof wordt organisch gebonden. Voor de bodem en plantengroei ontstaat dan een evenwichtiger meststof.

#### Droge vaste mest van leghennen

Droge vaste mest van leghennen is min of meer verteerde en ingedroogde mest van kippen, die is opgevangen op de mestplanken of in mestbakken. Het bevat geen strooisel en is de grondstof voor de in de handel verkrijgbare gedroogde kippenmest. Deze mest is met name geschikt voor de intensieve landbouw, bijvoorbeeld in de kasteelt.

#### Vaste mest van vleeskuiken

Vleeskuikens worden in groten getale gehouden. De minimale leeftijd bij de slacht is 5-6 weken en bij biologische vleeskuikens 81 dagen. Houtkrullen worden in zeer kleine hoeveelheden als strooisel gebruikt.

### **Kippendrijfmest**

#### toepassing

Deze meststof is stikstofrijk en geeft bij een hoge dosering snelgroeiende gewassen, resulterend in een hogere gevoeligheid voor ziekten. Alleen toepassen bij groenbemesters of in lage dosering als gewasgerichte bijbemesting. Dit kan bij tarwe in het voorjaar of vóór het planten van koolgewassen. De stikstofwerkingscoëfficiënt bij voorjaarstoediening is 60%.

#### composteringsmogelijkheden

Composteren van kippendrijfmest is mogelijk door menging met structuurhoudende en vochtopnemende materialen. Het aanvoeren, mengen en regelmatig omzetten vraagt veel arbeid, goede voorzieningen (zoals ruimte, verdichte laag etc) en machines die de nodige handelingen kunnen verrichten (zie hoofdstuk 4.2). Door menging met structuurhoudende en koolstofrijke materialen als stro, houtvezels, bermgras of groencompost, ontwikkelt de stikstofrijke drijfmest zich van een plantenvoedende meststof tot een meer bodemverbeterende meststof.

### **3.1.5 Konijnenmest**

In Nederland worden jaarlijks ongeveer 4,5 miljoen konijnen geslacht. De helft hiervan is afkomstig van commerciële bedrijven. De dieren worden op een vrij intensieve manier gehouden, te vergelijken met de legbatterijkippen. Ze zitten met groepen van 6 tot 7 in een draadgazen kooi van 50 cm x 40 cm x 30 cm. Het zal duidelijk zijn dat het welzijn van de konijnen verre van optimaal is.

De mest is droog en zeer geconcentreerd. Met name het gehalte aan organische stikstof is vrij hoog, waardoor deze mest een langzame werking heeft. Door het hoge gehalte aan organisch materiaal heeft deze basisch werkende mest een goed absorberend vermogen.

toepassing

De totale mestproductie uit de commerciële sector, 25.000 ton ruwe mest per jaar, wordt ruw verhandeld of geperst. Ruwe konijnenmest wordt vooral afgezet in de boom- en aardbeienteelt en voor een klein deel in de akkerbouw. Geperste (droge) konijnenmest is reukloos en hierdoor interessant voor de particuliere tuinsector.

composteringsmogelijkheden

Deze mest kan goed gecomposteerd worden onder bijmenging van structuurrijk materiaal, om de beluchting optimaal te krijgen.

### **3.1.6 Paardenmest**

Paarden worden gehouden op veel stro en de stallen worden regelmatig uitgemest. Hierdoor ontstaat een zeer storijske mestsoort.

toepassing

Verse paardenmest werd vroeger toegepast bij de komkommerteelt. Paardenmest is geliefd als hoofdbestanddeel van het medium waarop champignons worden geteeld. Voor de champignonteelt is paardenmest een gewild product. Door het hoge strogehalte is verse paardenmest niet aantrekkelijk. In de land- en tuinbouw is alleen de oude of gecomposteerde paardenmest geschikt als verbeteraar van de bodemstructuur en stimulering van het bodemleven. In het najaar bij inzaai van een groenbemester kan deze half of geheel vercomposteerde mest worden uitgereden. Op grasland kan dat na de eerste snede.

composteringsmogelijkheden

Paardenmest is een ideaal product om te composteren. Wel kan er door het hoge strogehalte een te hoge temperatuur ontstaan. Bijmenging met een stikstofrijke meststof als kippenmest kan de compost rijker maken en de kippenmest opwaarderen tot een evenwichtige meststof. Als de paardenmest erg droog is kan de compostering worden verbeterd door er drijfmest bij te mengen.

### **Rundvee gier**

Gier komt voor bij staltypes waar naast de vaste mest de urine apart wordt opgevangen. Dit komt vrijwel alleen voor bij ingestrooide grupstallen met een aparte giergoot en kelder.

Gier is vooral een meststof voor stikstof en kali, die volledig in water is opgelost. Daarom werkt het op zeer korte termijn. De bijdrage aan de organische stofvoorziening is minimaal. Gier is licht pH verhogend.

#### **toepassing**

Vanwege de grote kans op uitspoeling moet de gier in het voorjaar enkele weken vóór het zaaien of planten van het gewas worden toegediend. Gier kan zowel op gras- als op bouwland gebruikt worden. Op grasland is gier alleen op zijn plaats als die percelen tenminste een of twee maal per jaar gemaaid worden en op plekken waar de kalibehoeftte varieert van 100-220 kg per ha. Op bouwland moet men bij de teelt van aardappelen oppassen want teveel kali zorgt voor een lager zetmeelgehalte van de knollen, met een slechtere smaak als resultaat. In tarwe kan gier als overbemesting worden gebruikt en wel in de nazomer vóór de inzaai van de groenbemester. De stikstof komt namelijk voor ongeveer 90% in de vorm van ammoniak voor. Fosfor wordt in de feces uitgescheiden en komt dus in de urine nauwelijks voor. Daarom moet men naast de bemesting met gier in het algemeen een aanvullende fosfaatbemesting geven.

#### **composteermogelijkheden**

Gier is voor het composteren ideaal om droge mestsoorten als paardenmest natter te maken. Structuur- en koolstofrijke plantaardige compostsoorten kunnen door gier met mineralen worden verrijkt.

### **Rundvee drijfmest**

Drijfmest komt in Nederland het meeste voor. Dat heeft te maken met de ontwikkeling van de ligboxenstal. Hoewel dit staltype voor de koe niet altijd ideaal is - te weinig bewegingsruimte en gedwongen onthoornen - betekent het voor de boer een flinke arbeidsbesparing in het voeren, melken en verwerken van de mest. Drijfmest wordt ook wel in de volksmond dunne mest genoemd.

Een voordeel van drijfmest is de geringe verliezen tijdens de bewaring. Een ander groot voordeel van een vloeibare meststof is dat het gemakkelijk, regelmatig en nauwkeurig op de juiste plaats toe te dienen is. Dit is zeer gewenst om een regelmatig gewas te krijgen. De manier van mest verspreiden heeft ook invloed op de variatie in de stand het gewas. Zie hoofdstuk 7.4.

Stikstof uit drijfmest komt snel beschikbaar, maar deze positieve eigenschap heeft een keerzijde. Drijfmest levert namelijk een geringe bijdrage aan de beschikbaarheid van stikstof, organische stof en het bodemleven op lange termijn. De stikstofdynamiek bij de teelt is heel anders dan bij gebruik van

vaste mest. Drijfmest betekent veel minerale stikstof bij aanvang van de teelt en relatief weinig nalevering door mineralisatie van organisch gebonden stikstof. Bij vaste mest is dat anders: vaste mest geeft weinig minerale N bij aanvang en relatief veel N-nalevering, ook gedurende meerdere jaren. In het algemeen hebben vaste mesten bij najaarstoediening een wat grotere werkzaamheid en geringere verliezen dan drijfmest. Bij voorjaarstoediening is het omgekeerde het geval. Drijfmest die in het najaar is uitgereden kan net zo goed werken als vaste mest, maar dan moet je hem wel combineren met een groenbemester. Bij vaste mest is een relatief groot deel van de N in organische vorm aanwezig is. Bij een jarenlang vaste mest gift wordt een gesommeerde nawerking merkbaar.

Drijfmest is een meststof die veel stikstof bevat en weinig koolstof. De stikstof is grotendeels in minerale vorm aanwezig (40% ammoniumstikstof). De eerstejaarswerking is hoog bij toediening in het voorjaar. De stikstofwerkingscoëfficiënt in het voorjaar op bouwland is ongeveer 50% en op grasland ongeveer 35%. Drijfmest geeft een vlotte begingroei. Toediening in het najaar kan met name verlies door uitspoeling van de minerale fractie betekenen. Zonder inwerken in de bodem zal een groot deel van de minerale fractie vervluchtigen. Drijfmest bevat relatief veel werkzame N op korte termijn ten opzichte van de fosfaatinhoud. De werkingscoëfficiënt van kalium is 100%. De bijdrage aan de organische stofvoorziening is klein. Regelmatig werken met drijfmest onderdrukt de veelzijdigheid van het bodemleven en verlaagt de ziekteverendheid van de bodem, vergeleken met het gebruik van verteerde vaste stalmest. De kwaliteit van de drijfmest kan sterk variëren en daarmee de invloed op het bodemleven. Ammoniakrijke drijfmest die diep geïnjecteerd wordt heeft een minder gunstige werking op het microleven en de wormen in de bodem dan drijfmest van dieren die schraler worden gevoerd. Deze mest bevat minder stikstof en heeft een hogere C/N verhouding. Bij regelmatig gebruik van drijfmest zijn er weinig regenwormen in de bodem. Drijfmest kan giftig zijn voor wormen die leven in de bovenste centimeter van de bodem. Verder is drijfmest licht pH-verlagend.

### **toepassing**

Drijfmest is geschikt om planten mee te voeden. Daartoe wordt het toegepast in het voorjaar, enkele weken vóór het zaaien of planten van het gewas. In aardappelruggen gebeurt dat vóór het frezen, in tarwe als overbemesting. Het is verplicht om drijfmest op een emissie-arme wijze toe te dienen. Op grasland (gras/klover) heeft drijfmest als voordeel dat toediening in het voorjaar resulteert in een vlotte begingroei en een vrij hoog eiwitgehalte in het voer. Later in het jaar kan na iedere snede of beweiding drijfmest worden ingezet mits er voldoende vocht is of regen gaat vallen.

Bij toepassing in de nazomer vóór een groenbemester moet de dosering aangepast zijn aan de te verwachten N-opname door de groenbemester, zodat bij het begin van de winter de N-min laag is. Die bedraagt maximaal 120 kg bij zaai vóór half augustus en bij een zeer goede groei. Verder moet rekening worden gehouden met N-min bij inzaai van de groenbemester, met N-vastlegging bij het onderwerken van stro (10 kg/ha) en met N-levering van de grond en de gewasrest in het najaar. Zie hoofdstuk 7.1 hoe afstemming kan plaatsvinden.

De meststof moet niet toegediend worden als pas veel later de opname door het gewas plaats gaat vinden. Om ammoniakverliezen te beperken dient de mest altijd in enigerlei vorm ingewerkt te worden. Dit is overigens verplicht. Bij toepassing op zwaardere grond onder te natte omstandigheden ontstaat er soms schade door bederf van de bodemstructuur, waardoor de N-benutting van de gewassen daalt. Door nieuwe, emissie-arme technieken (zoals de sleepslangtechniek) is geen zware apparatuur meer nodig.

### **composteermogelijkheden**

Een zeer geschikte composteringsmethode op het bedrijf is het toevoegen van organisch materiaal aan de drijfmest. Dat kan onder meer hooi zijn uit natuurweiden, bermafval of stro. Door het toevoegen van het organisch materiaal wordt de waarde van drijfmest verhoogd. Om van drijfmest vaste mest en vervolgens compost te maken is veel koolstofrijk en structuurhoudend materiaal nodig, evenals veel arbeid en voorzieningen.

Verder zijn er diverse composteringstechnieken voor drijfmest op grotere schaal: drogen en composteren, mestzuivering (ammonium-stikstof wordt omgezet in nitraat), scheiden in dunne fractie en (uiteindelijk) compost, mest ontwatering en indampen.

#### **3.1.8 Schapenmest**

Schapen worden tijdens de lammerperiode in het voorjaar op stro in loopstallen gehouden. De mest is droog en storrijk. Schapenmest is meestal stikstofrijker dan rundermest.

##### **toepassing**

Door het hoge gehalte aan stro is deze mest in verse vorm alleen in de herfst bij inzaai van een groenbemester oppervlakkig in de bodem in te werken. De vrije stikstof kan door de groenbemester worden benut en de rest verteert in de bodem. Beter is het om deze mest eerst gedeeltelijk of geheel te laten verteren en dan te gebruiken als meststof. Verteerde schapenmest is, zoals de meeste vaste meststoffen, geschikt voor de bemesting op de lange termijn.

##### **composteermogelijkheden**

Schapenmest is uitstekend geschikt voor compostering. De hopen kunnen erg warm worden waardoor verdroging kan optreden. Om de stikstof meer organisch te binden is bijmenging met koolstofhoudende producten wenselijk.

#### **3.1.9 Varkensmest**

##### **Drijfmest**

Drijfmest van vleesvarkens komt van stallen waarbij de varkens op roosters worden gehouden, met een vloeroppervlak per varken van 1 m<sup>2</sup>. Vanaf 2002 mogen varkens niet meer gehouden worden op uitsluitend roostervloeren. De biologische varkenshouderij maakt meer gebruik van gestrooide loopstallen en beschikt daardoor over niet of heel weinig drijfmest.

Varkensdrijfmest staat bekend als een minder goede leverancier van organische stof, maar het heeft wel een hoog stikstofleverend vermogen. Het stikstofwerkingscoëfficiënt is 40-65% in het 1e jaar bij gebruik op bouwland in het voorjaar. In het najaar is dat 25-35%.

Op kleigronden wordt er in de praktijk wel eens geklaagd over het negatieve effect van varkensdrijfmest op de structuur van de grond. Varkensdrijfmest heeft ten opzichte van runderdrijfmest een veel lagere C/N verhouding en levert geen bijdrage aan de structuurverbetering van de grond.

#### toepassing

Als verse mest is deze alleen te gebruiken voor de directe voeding van de plant. Voorjaarstoediening op grasland, in tarwe of vóór kool en preiteelt is mogelijk.

#### composteringsmogelijkheden

Er zijn veel experimenten gedaan om van drijfmest van vleesvarkens een goede meststof te maken. Wanneer de mest eerst wordt gescheiden in een dunne en een dikke fractie, zal het composteren alleen dan goed verlopen als er nog veel koolstofrijk en structuurhoudend materiaal aan toegevoegd wordt. Op varkenshouderijbedrijven vindt bijna geen compostering van varkensdrijfmest plaats, omdat het vrij veel arbeid en investeringen kost.

### **Vaste varkensmest**

De dieren verblijven in loopstallen met gestrooide ligruimte of gestrooide lig- en loopruimte, waarin ze hun diereigen gedrag beter kunnen uitleven.

Vaste varkensmest kan zeer divers van samenstelling zijn. De hoeveelheid stro, de plaats waar de dieren mesten en het voer dat ze krijgen kan verschillend zijn.

Wanneer er voldoende strooisel is gebruikt kan de mest van goede kwaliteit zijn met een hoog gehalte aan stikstof. Helaas is het fosfaatgehalte ook hoog en het gevolg daarvan kan zijn dat bij het bemesten met alleen vaste varkensmest, te weinig stikstof wordt aangevoerd bij de fosfaat aanvoernorm zoals die geldt volgens MINAS (85 kg per hectare voor gras- en bouwland). Dit geldt vanaf 2002.

#### toepassing

Vaste varkensstalmest is vers goed te gebruiken bij inzaai van een groenbemester. Deze dient dan oppervlakkig ingewerkt te worden om de vertering in de bodem optimaal te laten verlopen. Beter is het om deze mest eerst te laten verteren of composteren. Najaarstoepassing is wenselijk voor de lange termijn bemesting en het activeren van het bodemleven.

#### composteringsmogelijkheden

Het hangt van de hoeveelheid en aard van het strooisel af of de mest voldoende structuur heeft om de benodigde zuurstof voor de compostering in de hoop toe te laten. Compostering zal de mestkwalitatief verbeteren doordat de stikstof meer organisch gebonden wordt. Tevens zal het microleven diverser zijn. Gecomposteerde varkensmest bevat veel structuurleverende humus. Deze verhoogt het organische stofgehalte en vermindert indirect de uitspoeling omdat de absorptie van mineralen groter is. Tevens heeft varkenscompost een basisch effect op de bodem.

### **Zeugendrijfmest**

De gehalten aan mineralen van zeugenmest zijn altijd lager dan van vleesvarkensmest omdat deze dieren niet hoeven te groeien. Ze hebben daarom alleen onderhoudsvoer nodig, dat armer is dan het vleesvarkensvoer. De mest stinkt ook minder en is minder belast met stoffen als koper en antibiotica.

toepassing

Zeugendrijfmest is geschikt voor directe plantenvoeding en kan op grasland in tarwe of vóór het zaaien van gewassen worden gebruikt.

composteringsmogelijkheden

Zie bij andere drijfmestsoorten.

### **Zeugengier**

Per 1 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> is 2,22 kg stikstof aanwezig

Zeugengier heeft lage gehalten aan mineralen. De hoeveelheid stikstof ten opzichte van fosfaat is gunstig wat betreft de fosfaat aanvoernorm volgens MINAS.

toepassing

Goed te gebruiken als aanvullende stikstofmeststof in of direct vóór het te telen gewas.

## **3.2 Compost**

### **3.2.1 Compostsoorten**

In dit hoofdstuk worden eerst de compostsoorten in het algemeen beschreven gevolgd door een kort overzicht van verschillende compostsoorten met de specifieke eigenschappen en de toepassingsmogelijkheden.

twee groepen Er worden een groot aantal compostsoorten op de markt aangeboden. Grofweg zijn deze in twee groepen te verdelen:

1. de groencompostsoorten, zoals groencompost, bermcompost, structuurcompost, natuurcompost, humusaarde, boomschorscompost en heidecompost. Groencompost wordt gemaakt van groenafval. Wanneer in de zomer de bermen worden gemaaid, zal de compost rijker aan mineralen zijn dan de compost die in de winter wordt gemaakt van hoofdzakelijk snoeihout.
2. de GFT-compost. Van deze groep heeft ieder composteerbedrijf zijn eigen product met zijn eigen naam. Het uitgangsmateriaal is ingezamelde GFT (groente, fruit en tuin) afval en dit verandert van samenstelling door het jaar heen. Per regio zijn er ook verschillen. Composteerbedrijven maken

speciale producten voor speciale doeleinden zoals champost, voedingscompost en mengsels van plantaardig afval en dierlijke mest.

Door het geconditioneerde composteringsproces kunnen de meeste composteerbedrijven garanderen dat hun compostsoorten vrij zijn van ziektekiemen en onkruidzaden.

kenmerken De variatie in kwaliteit en samenstelling van het eindproduct is zeer groot. Dit heeft te maken met de verschillen in uitgangsmateriaal, de composteermethode en de composteerduur. De grote composteerbedrijven streven naar een stabiel product, waarin weinig of geen omzetting meer plaatsvindt. Deze compostsoorten zullen direct een kleine bijdrage aan het bodemleven geven, omdat de organische stof al goeddeels gestabiliseerd is. Indirect bevorderen deze compostsoorten de organische stofvoorziening, de structuur en het watervasthoudend vermogen van de bodem. Dat is gunstig voor het ontwikkelen van het bodemleven. Om dit bodemleven actief te laten groeien is ook een regelmatige aanvoer van verse organische stof nodig. De stikstof in compost is vrijwel helemaal in organische vorm aanwezig. De stikstofwerking is dan ook in het eerste jaar laag en niet afhankelijk van het moment van toediening. Als directe plantenvoeding zijn deze compostsoorten te arm aan beschikbare stikstof. De producten zijn koolstofrijk en kunnen een bijdrage leveren aan het organische stofgehalte van de grond, bijvoorbeeld in situaties waarbij koolstofvoorziening matig is. Ze kunnen op ieder moment van het jaar toegediend worden, maar bij voorkeur niet in het najaar vóór ploegen op zwaardere grond, vanwege uitspoeling van de weinige minerale stikstof. Als dat toch gebeurt, dan moet de compost vóór het inwerken met grond worden gemengd en niet te diep weggelegd om 'inkuilen' te voorkómen. Bij het onderwerken van een klavergroenbemester kan door het toedienen van groencompost vóór het onderwerken, de C/N verhouding gunstig worden beïnvloed. Zo kan een evenwichtiger verteringsproces ontstaan waarbij de stikstof, die vrijkomt uit de vertering van de klaver, meer organisch gebonden kan worden. Intensief werkende bedrijven gebruiken voor de plantenvoeding vaak kippenmest of drijfmest, waarin de beschikbaarheid van stikstof hoog is. In deze bedrijven zijn er vaak weinig gewasresten om het organische stofgehalte op peil te houden. Dan is het zinvol om regelmatig groencompostsoorten toe te dienen, die ook de structuur en het vochtvasthoudend vermogen van de bodem gunstig beïnvloeden.

Hieronder vindt u in het kort een indicatie van de eigenschappen van de bekendste compostsoorten (op alfabetische volgorde)

### **3.2.2 Boomschorscompost**

Deze compost is gemaakt van boomschorsafval. Kenmerkend is de structuurverbeterende werking, omdat de compost een hoge organische stofgehalte bezit en een hoge C/N verhouding.

#### **toepassing**

Deze structuurverbeteraar wordt met name gebruikt in potplantenmengsels en in de boomteelt en glas-sierteelt. Boomschorscompost heeft een verzurende werking op de bodem. Schorscompost van naalddhout heeft een ziekteverdringende werking. Meer informatie hierover is te vinden in hoofdstuk 5.4.



### 3.2.3 Champost

Dit is een restproduct uit de champignonenteelt. De grondstoffen bestaan uit stro, paardenmest, kippenmest en gips, veen en schuimaarde. De stikstofwerkingscoëfficiënt is 35-45% in het 1e jaar bij gebruik op bouwland in het voorjaar en 25-35% in het najaar. Champost heeft een sterk pH verhogende werking. Tevens heeft deze compost een goede bodemverbeterende werking door het hoge organische stofgehalte.

#### toepassing

Deze compost heeft hoge gehalten aan N, P en K en kan als meststof goed worden ingezet in zowel de akkerbouw als fruit-, boom-, bloembollen- en groeteteelt. Het product is geschikt voor de teelt van granen, aardappelen, suikerbieten, uiten, kool, peulvruchten, bladgewassen en wortel-, knol- en stengelgewassen. Champost heeft een sterk bodem verbeterende werking. Het uiterlijk kenmerk is donkerbruine mulch. Het is te verkrijgen via de CNC (Coöperatie Nederlandse Champignonkwekersvereniging te Gennep. Toediening kan via een stalrest strooier.

### 3.2.4 GFT-compost

In Nederland wordt op ongeveer 25 plaatsen GFT-afval verwerkt, meestal in luchtdichte ruimtes. Het gaat om GFT-afval uit de groenbak, die meestal zonder extra toevoegingen wordt verwerkt. Zie hoofdstuk 4.2 voor verder informatie over de productie van GFT-compost. Door het jaar heen verandert de samenstelling van deze compost, omdat de inname van het GFT-afval rijker of minder rijk is aan mineralen. Ook zijn er verschillen tussen de regio's. Soms kan GFT-compost hoge gehalten aan makkelijk beschikbare organische stikstof hebben en daardoor bijna het niveau van runderstalmest halen. Deze compost is niet populair, omdat hij vervuild zou zijn met plastic en glas, maar tegenwoordig kunnen de composteerbedrijven met nieuwe zeeftechnieken de GFT-compost redelijk schoon krijgen. Friesland heeft vaak GFT met lage gehalten aan zware metalen.

De Nederlandse compostingssector heeft een keurmerk in het leven geroepen voor gecertificeerde GFT-compost. Daarmee heeft de afnemer meer zekerheid over de kwaliteiten van het product. De garanties betreffen onder anderen de plantenhygiënische kwaliteit, het ontbreken van onkruidzaden en visuele verontreinigingen als glas, steen en plastic, het zoutgehalte en vanzelfsprekend de wettelijke normen voor zware metalen.

Gecertificeerde compost wordt onder de naam 'Keurcompost' op de markt gebracht. De stichting Keurmerk Compost ziet toe op het gebruik van deze naam. Uitgebreide documentatie over de 'Beoordelingsrichtlijn voor het KIWA-produktcertificaat voor GFT-compost' kan worden opgevraagd bij KIWA (tel. 070-3953535).

#### toepassing

Zoals hierboven vermeld is de samenstelling van de GFT wisselend. Een GFT die makkelijk beschikbare organische verbindingen bevat heeft niet alleen invloed op het organische stofgehalte,

maar ook op de structuur en het leven in de bodem. Deze meerwaarde (zie ook hoofdstuk 5.3) kan per bodem en per gewas verschillen, zoals blijkt uit een onderzoek naar de invloed van GFT op spinazie<sup>4</sup>. Bij spinazie op zavelgrond gaf een eenmalige gift van 16 ton GFT per ha een eenmalige opbrengstverhoging van meer dan 25%. Dat kon zelfs met hogere kunstmestgiften niet gehaald worden. Dezelfde GFT liet bij prei op zandgrond dit effect maar beperkt zien en bij aardappel en suikerbiet op zavelgrond in het geheel niet. De meerwaarde van GFT-compost is zeker grondafhankelijk.

In het algemeen kan door het gebruik van GFT-compost het organische stofgehalte mede op peil gehouden worden. De stikstof is organisch gebonden en kan in de loop van de jaren vrijkomen. Soms is de organische stof zo sterk gestabiliseerd dat het bodemleven er vrijwel niet door gestimuleerd wordt. Bij gebruik van gemiddeld 6 ton droge stof per ha per jaar zal er na verloop van tijd ongeveer 30 kg N uit de GFT beschikbaar zijn. De werkingscoëfficiënt van fosfaat is 60% en van kali 100% in het 1e jaar.

### **3.2.5 Groencompost**

Groencompost wordt gemaakt van groenafval, dat van verschillende bronnen afkomstig is:

- plantsoenafval
- bermmaaisel
- slootmaaisel
- agrarische restproducten
- veilingafval
- snoeihout
- heideplaggen

Per jaar wordt ongeveer 1 miljoen ton groenafval gecomposteerd, waar 500.000 ton groencompost van wordt gemaakt. In tegenstelling tot GFT-afval wordt het inzamelen van groenafval niet door de overheid geregeld, maar aan de markt overgelaten. In Nederland zijn er ongeveer 100 groencomposteerinrichtingen. Hiervan is ongeveer de helft aangesloten bij de BVOR (Belangenvereniging voor Verwerkingsbedrijven van Organische Reststoffen). De meeste bedrijven liggen in het midden en zuiden van het land en de afstand tot een groencomposteerinrichting is daar in het algemeen niet meer dan 2 tot 30 km. Aanbieders betalen € 30 tot 45 per ton. De huidige afzetprijs van groencompost bedraagt € 2 tot 10 per ton. Groencompost ondervindt concurrentie van GFT-compost, die vaak gratis wordt afgezet.

toepassing

De samenstelling is mede afhankelijk van de gebruikte grondstoffen en de eigenschappen van de bodem. Groencompost uit bijvoorbeeld een gebied met kalkrijke zavelgronden bevat kalk en kleideeltjes. Groencompost uit kalkloze dekzandgronden is zuur en een deel van de organische stof kan zwarte, inerte heidehumus zijn. Dat heeft grote invloed op de gebruikseigenschappen.

In het jaar na toediening is de stikstofwerking 10%, de fosfaatwerking 50% en de kaliumwerking 80%. Voor effectieve organische stof wordt een waarde van 85% van de organische stof aangenomen. Dit zijn zeer globale waarden, die per product sterk kunnen verschillen.

### **Heidecompost**

Heidecompost wordt gemaakt van afgeplagde heidevelden. Kenmerkend voor heidecompost is een hoge verhouding tussen het gehalte aan organische stof en het gehalte aan mineralen. Dit is gunstig als er veel organische stof toegediend moet worden binnen de wettelijke normen.

Heidecompost kan gemaakt zijn van 100% zuivere heidevegetatie. Deze bevat ongeveer 60% organische stof, 3 kg N en 0,7 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ton. Dit materiaal kan gebruikt worden als grondstof voor potgrond (maximaal 25 volume%), als mulchlaag en bij de teelt van Calluna, Erica en Rhododendron.

Bij het meecomposteren van grasresten van bijvoorbeeld bochtige smele en pijpestro wordt het organische stofgehalte verlaagd tot ongeveer 35%, maar het gehalte aan stikstof en fosfaat blijven gelijk.

Wordt de humusrijke toplaag van het heideveld meegenomen, dan komt er meer grond in de compost en daalt het organische stofgehalte tot onder de 20%. De andere gehalten zijn: 2,7 kg N en 0,6 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ton.

### **toepassing**

De beide laatste soorten heidecompost kunnen worden toegepast in de teelt van fruit, bloembollen, bomen, vollegrondsgroenten en in de glasteelt. De organische stof in heidecompost kan de grond wat smerend maken. Dit is op zandgronden meer een probleem dan op kalkrijke zavel- of kleigronden.

### 3.3 OVERIG

#### Hulpmeststoffen

In het volgende worden een aantal organische meststoffen, deels ook wel hulpmeststoffen genoemd, behandeld die voor specifieke doeleinden ingezet kunnen worden.

##### hulpmeststoffen en bodemleven

Er bestaat veel onduidelijkheid over de effecten van het gebruik van hulpmeststoffen op het bodemleven. Een overmatig gebruik van hulpmeststoffen zal het evenwicht in de bodem zeker verstoren doordat bepaalde groepen van het bodemleven sterk worden gestimuleerd en anderen daarbij geremd worden in hun groei. Ook zijn er aanwijzingen dat snelwerkende meststoffen ten koste gaan van de organismen die verantwoordelijk moeten worden gehouden voor het ziekteonderdrukkende effect van de bodem (zie hoofdstuk 5.4). In laboratoriumexperimenten bracht de inzet van de snelwerkende dierlijke hulpmeststoffen (bloedmeel) minder variatie en minder bacteriënkolonies teweeg dan de wat trager werkende plantaardige hulpmeststoffen<sup>12</sup>. Ook dit duidt op een versturende werking van de snelle stikstofleveranciers.

##### bloedmeel en biologische landbouw

Een in de praktijk veelgebruikte stikstofrijke hulpmeststof is bloedmeel. Ondanks het feit dat deze meststof van dierlijke herkomst is valt die niet onder de biologische landbouw EU-norm voor dierlijke meststoffen (zie tabel 3.3.2). Bloedmeel, dat een laag fosforgehalte heeft, is daarom een meststof die vaak in het bemestingsbeleid van de intensieve tuinbouw zal passen. Vaak is het stikstofaandeel van veel samengestelde meststoffen ook afkomstig uit bloedmeel.

Omdat bij deze meststof een relatie wordt gelegd met BSE, komt het gebruik ervan het imago van de biologische glastuinbouw niet ten goede. Hoewel de kans op besmetting via bloedmeel nihil is, komt er vooral uit het buitenland druk om het gebruik van bloedmeel in de biologische landbouw aan banden te leggen. Naar verwachting zal dat in 2003-2004 gereguleerd worden in Nederland of in EU-verband. Hulpmeststoffen die mogelijk in de toekomst belangrijker zullen worden zijn de stikstofrijke meststoffen van plantaardige oorsprong. Voorbeelden hiervan zijn meststoffen gebaseerd op sojaschroot (OSMO biosoya, prosol) of gekiemde erwt (Maltaflor).

Tabel 3.3.1. Chemische samenstelling; gehalten van een aanwezige element is vermeld als een garantie, uitgedrukt in kg per 1.000 kg product.

Meststof (producent of leverancier)	Omschrijving	Uiterlijk	Chemische samenstelling	Toepassing	Overige/Skal
Aminogreen (Ecostyle BV)	Vloeibare organische N-meststof	Vloeibaar	N-tot 90	Fruit-, bloembollen-, boom-, glassier- en vollegrondssierteelt	
Beendermeel (Ecostyle BV)	Organische fosfaatmeststof	Beige korrels	N-tot 60 $P_2O_5$ 160	Fruit-, bloembollen-, boom-, groenteteelt, akkerbouw	Ongeveer 100% van de aanwezige stikstof komt gedurende het eerste jaar na toediening vrij. Skal licentie.
Beendermeel (OSMO bvba/De Ceuster Meststoffen NV)	Beendermeel	Beige poeder	N-tot 50 $P_2O_5$ 150	Fruit-, glas- en vollegrondsgroenteteelt, glassierteelt	Ongeveer 100% van de aanwezige stikstof komt gedurende het eerste jaar na toediening vrij.
Biet-vinasse (OSMO bba)	Vinassekali	Vloeistof	OS 700 $K_2O$ 80	Akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt	Ongeveer 100% van de aanwezige kalium komt gedurende het eerste jaar na toediening vrij.
Bio-Trissol (Neudorf)	Organische NPK-meststof	Vloeistof	N-tot 30 $P_2O_5$ 30 $K_2O$ 60	Fruit-, boom-, glas- en vollegrondsgroente- en glassierteelt	
BIOSMO 6+5+7 + 4MgO (OSMO bvba)	Organische NPK-meststof met magnesium	Bruine korrels	OS 450 N-tot 60 $P_2O_5$ 50 $K_2O$ 70 MgO 40	Fruit-, boom-, glas- en vollegrondsgroente- en glassierteelt	
Biosol Soya 7+3+3 (onbekend)	Organische NPK-meststof	Korrels	N-tot 70 $P_2O_5$ 30 $K_2O$ 30	Fruit-, glas- en vollegrondsgroenteteelt, glassierteelt	
Bloedmeel (Ecostyle BV)	Organische stikstofmeststof	Bruine korrels	OS 800 N-tot 120	Fruit-, boom-, glas- en vollegrondsgroente- teelt, glassierteelt	Ongeveer 100% van de aanwezige stikstof komt gedurende het eerste jaar na toediening vrij. Skal licentie.

Vervolg tabel 3.3.1. Chemische samenstelling: gehalten van een aanwezige element is vermeld als een garantie, uitgedrukt in kg per 1.000 kg product.

Meststof (producent of leverancier)	Omschrijving	Uiterlijk	Chemische samenstelling	Toepassing	Overige/Skal
Bloedmeel (OSMO bvba)	Bloedmeel	Bruine korrels	N-tot 120	Akkerbouw, fruit-, boom-, glas- en volle- grondsgronteteelt, vollegronds- en glas- sierteelt	Ongeveer 100% van de aanwezige stikstof komt gedurende het eerste jaar na toediening vrij.
DCM Eco Mix 1 t/m 4 (De Ceuster Meststoffen NV)	Organische NPK- meststof	Korrels	OS 650 N-tot 90 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 30 K <sub>2</sub> O 30	Fruit-, boom-, glas- en vollegrondsgronteteelt, vollegronds- en glassierteelt	Samengesteld uit beendermeel, bloed- meel, hoornmeel, vleesmeel en veren- meel. Toediening via kunstmeststrooier.
Hoornmeel (OSMO bvba)	Hoornmeel	Groenacht- ig poeder	N-tot 11%	Akkerbouw, boom-, fruitteelt, kas, volle- grondsgronteteelt, vollegronds- en glas- sierteelt	Ongeveer 100% van de aanwezige stikstof komt gedurende het eerste jaar na toediening vrij.
Protamylasse (AVEBE BA)	Onteiwit Aardappelvrucht- waterconcentraat	Vloeistof	DS 550 OS 430 N-tot 20 K <sub>2</sub> O 70 Cl 5,0	Weide-/voederbouw en akkerbouw	Bijproduct van de zet- meelbereiding uit fabrieksaardappelen. Geschikt voor de teelt van maïs, bieten, gra- nen en uien.
Vinassekali (Nedafco BV)	Vinassekali	Vloeibaar	DS 620 OS 410 N-tot 38 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 5,0 K <sub>2</sub> O 100 Cl 12	Weide-/voederbouw, akkerbouw, fruit-, bloembollen-, boom-, vollegrondsgronteteelt, glasgronteteelt, volle- gronds- en glas- sierteelt	
Vinassekali (Ecostyle BV)	Vinassekali	Poeder	K <sub>2</sub> O 400	Fruit-, boom-, glas- en vollegrondsgronteteelt en glassierteelt	

Brion

## Hulpmeststoffen biologische landbouw

Behalve dierlijke mest en gecomposteerde dierlijke mest zijn maar een beperkt aantal meststoffen en bodemverbeteraars aanvullend toegelaten in de biologische landbouw. In tabel 3.3.2 staat een overzicht van deze meststoffen en bodemverbeteraars.

Tabel 3.3.2. Meststoffen en bodemverbeteraars die zijn toegelaten in de biologische landbouw (Bijlage II A van Verordening (EEG) Nr. 2093/91).

Dit is een Europese lijst. Bij gebruik in Nederland moeten deze stoffen ook voldoen aan de meststoffenwet.

- champignoncompost
- klei (perliet, vermiculiet, en dergelijke)
- gecomposteerd huishoudelijk afval (zie hoofdstuk 8.4)
- wormencompost en uitwerpselen van insecten

- gecomposteerd plantaardig materiaal
- de volgende producten of bijproducten van dierlijke oorsprong: bloedmeel, hoefmeel, hoornmeel, beendermeel of ontlijmd beendermeel, beenzwart, vismeel, vleesmeel, verenmeel, wolafval, bijproduct van de bewerking van huiden (chiquetmeal) en haren
- zaagsel en schaafsel, gecomposteerde boomschors en houtas van hout dat na de kap niet chemisch is behandeld
- zacht natuurlijke fosfaat, met een cadmiumgehalte van maximaal 90 mg/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>
- aluminiumcalciumfosfaat met een cadmiumgehalte van maximaal 90 mg/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>
- thomasslakkenmeel\*
- ruw kalizout en magnesiumzout die kaliumsulfaat bevatten (kainiet, sylvinit, patentkali)\*
- natuurlijk calciumcarbonaat (krijt, mergel, gemalen kalksteenrots, kalkwier, fosfaathoudend krijt)
- natuurlijk calcium- en magnesiumcarbonaat
- magnesiumsulfaat van natuurlijke oorsprong
- calciumsulfaat van natuurlijke oorsprong
- elementair zwavel
- sporenelementen vermeld in Richtlijnen 89/530/EEG
- steenzout (natriumchloride)
- steenmeel

\* Deze middelen mogen alleen worden gebruikt wanneer de behoefte aan het middel blijkt uit rapporten van bodemanalyses.

## **4. Composteren**

### **Inhoud:**

#### **4.1 Het composteringsproces**

#### **4.2 Composteertechnieken**

#### **4.3 De opslag van mest en compost**

#### **4.4 Beperking van verliezen**

#### **4.1 Het composteringsproces**

## **Inleiding**

Tijdens de compostering worden de makkelijk afbreekbare organische verbindingen afgebroken of omgevormd tot meer stabiele verbindingen. Door de afbraak van het makkelijk afbreekbare materiaal nemen massa en volume af. Bij deze massa-afname speelt vochtverlies ook een belangrijke rol.

Of dit proces goed verloopt is met name afhankelijk van de luchttoevoer, want daar draait alles om bij de compostering. De luchttoevoer moet er voor zorgen dat:

- voldoende zuurstof wordt aangevoerd
- koeling plaatsvindt
- warmte wordt afgevoerd
- water in de vorm van waterverzadigde lucht wordt afgevoerd

Deze toevoer kan gebeuren door natuurlijke luchtstromen, maar ook door het regelmatig omzetten met een machine of door geforceerde beluchting met ventilatoren. In hoofdstuk 4.2.3 wordt hier nader op ingegaan. Bij al deze systemen is de aanwezigheid onmisbaar van structuurvormend materiaal, zoals stro en hout.

Zijn de omstandigheden goed gekozen dan zullen temperatuur en chemische eigenschappen van het materiaal veranderen.



# Vragen rond compostering

PROBLEEM	MOGELIJKE OORZAAK	MAATREGELEN
Temperatuur blijft laag	Materiaal te droog, met de hand is er geen vocht uit te knijpen	Voeg water of natte ingrediënten toe
	Materiaal te nat, vochtgehalte groter dan 60%	Droge materialen toevoegen en omzetten
	Niet genoeg stikstof, C/N is hoger dan 50:1, bijvoorbeeld door teveel houtige materialen	Voeg stikstofrijke ingrediënten toe
	Te weinig structuur, hoop zakt in, te weinig grove delen	Voeg houtig materiaal of stro toe
	Koud weer en te lage hoop (lager dan 1 m)	Maak hoop hoger en voeg makkelijk verteerbaar materiaal toe
	pH zeer laag (nl lager dan 5,5)	Kalk toevoegen
Temperatuur daalt snel	Te weinig zuurstof	Hoop omzetten of beluchten
	Te droog, met de hand is er geen vocht uit te knijpen	Voeg water toe
Sterke temperatuurswisselingen in de hoop	Slecht gemengd materiaal, zichtbaar bij beoordeling	Hoop omzetten
	Lucht verplaatst zich niet gelijkmatig door de hoop door plaatselijke verschillen in vochtgehalte	Hoop omzetten
Temperatuur daalt geleidelijk en stijgt niet na omzetten	Compost is bijna klaar, C/N is lager dan 20:1	-
	Te droog, met de hand is er geen vocht uit te knijpen	Voeg water toe en zet de hoop om
Temperatuur te hoog (hoger dan 65°C)	Te weinig mogelijkheden voor warmteafvoer	Hoop omzetten of geforceerde beluchting intensiveren
	Matig tot laag vochtgehalte	Voeg water toe en omzetten
	Hoop te hoog	Hoop lager maken
	Hoop te luchtig	Minder luchtig opzetten

mest- en compostsoorten - Handboek Mest en Compost

## Temperatuur

De intensieve omzetting van makkelijk afbreekbare koolhydraten in het begin van het proces is zowel het gevolg als de oorzaak van de warmte. Er is dus sprake van een zichzelf versterkend proces. De temperaturen lopen op van 50 tot 60 en soms wel 75°C. Wordt het nog warmer, dan is het meeste microleven gedood. Bij sommige soorten compost kunnen er chemische reacties ontstaan die zo heftig verlopen dat de temperatuur tot

verbranden boven de 100°C stijgt. Hierbij is eerder sprake van verbranden dan van composteren. Voor een goede compostering is een temperatuur nodig die onder de 65°C ligt. Hoe hoger de temperatuur hoe meer onkruidzaden en ziekteverwekkers afsterven, maar ook hoe meer stikstof er verloren gaat. Dat komt doordat het chemische evenwicht verschuift van een ammoniumoplossing in water ( $\text{NH}_4^+$ ) naar gas ( $\text{NH}_3$ ), dat vervliegt.

Bij een lagere temperatuur duurt het proces langer. In de literatuur worden optimale waarden aangegeven tussen 50 en 60°C.

Omdat de temperatuur in de hoop hoger is dan aan de buitenkant zal de reinigende werking van de warmte niet overal even sterk zijn. Zuurstof regelt de temperatuur en die kan beïnvloed worden door variaties aan te brengen in de structuur en het watergehalte. Natuurlijk zijn er locale verschillen, zoals plekken waar weinig zuurstof aanwezig is. Dan kan er  $\text{N}_2\text{O}$  ontstaan dat als gas ontwijkt.

### **C/N verhouding**

Het uitgangsmateriaal moet een goede verhouding hebben tussen koolstof en stikstof (C/N). In het begin, als de temperatuur nog hoog is, zal stikstof verloren gaan in de vorm van gassen als  $\text{NH}_3$  en  $\text{N}_2\text{O}$ , maar het stikstofgehalte gaat toch omhoog omdat de koolstof nog sneller verdwijnt. Hierdoor daalt de C/N verhouding van waarden tussen de 20 en 30 in het begin tot waarden rond de 10 aan het eind. Dit is vergelijkbaar met de waarden in de grond.

Een te hoge C/N verhouding vertraagt het verteringsproces, omdat het overschot aan koolstof eerst verteerd moet worden. Bij hoge C/N waarden

stikstoffixatie vindt soms meetbaar stikstoffixatie plaats. Omdat er energie in overvloed aanwezig is zullen bepaalde bacteriën in een warme (30 - 40°C) en vochtige omgeving  $\text{N}_2$  uit de lucht binden in organisch materiaal. Bij experimenten met een C/N verhouding van 40 bleek de hoeveelheid stikstof met 15% te kunnen toenemen.

Bij een hoge C/N verhouding verdwijnt er meer organische stof dan bij een evenwichtige verhouding die een optimum heeft tussen de 20 en 35. De optimale verhouding kan bereikt worden door verschillende materialen te mengen, zoals mest (met een lage C/N verhouding) en stro (met een hoge verhouding). In de loop van de compostering verdwijnt er meer C dan N, waardoor een rijpe compost op basis van voornamelijk mest een C/N verhouding heeft van 10 –15. Bij compost van plantaardige materialen is deze waarde bijna 20.

In alle gevallen is niet zozeer de C/N verhouding zelf van belang, maar de C/N waarde van de voedingsstoffen die bereikbaar zijn voor het microleven in de hoop. Als er N vrijkomt moet er genoeg koolstof zijn om die te binden.

### **Cellulose**

In de warme fase komt veel koolstof van de vertering van cellulose door micro-organismen, die optimaal gedijen bij 50°C. Boven de 55°C wordt het vrijkomen van koolstof uit cellulose aanmerkelijk minder. Dat is één van de redenen waarom bij hogere temperaturen meer N verdwijnt, ook al is de C/N verhouding volgens de analyses ruim genoeg. Als de hoop te vochtig is wordt cellulose ook niet goed afgebroken en treedt hetzelfde probleem op.

## Lignine

Naast cellulose is lignine het belangrijkste bestanddeel van planten. Deze stof wordt veel trager afgebroken dan cellulose en de afbraak verloopt beter bij lagere temperaturen. Dat is dus in een latere fase van de compostering. Omdat in koeienmest de lignine al gedeeltelijk is voorverteerd komt er makkelijker koolstof uit vrij dan uit bijvoorbeeld stro, kippen- of varkensmest.

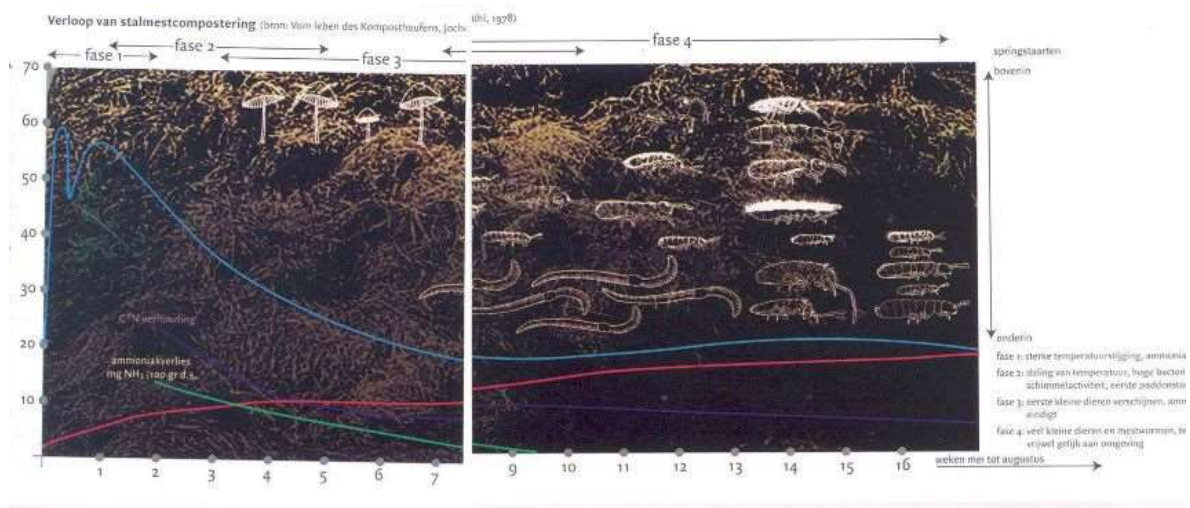
## Zuurgraad

Hoewel composteren bij verschillende zuurgraden goed kan verlopen is er een optimaal traject van pH 5,5 – 8. De biomassa zorgt tijdens het composteren eerst voor een wat lagere (zuurdere) en later voor een wat hogere (meer basische) pH, maar uiteindelijk zal de compost geleidelijk aan wat zuurder worden. Een te hoge pH geeft een groter stikstofverlies omdat door verschuiving van het chemische evenwicht meer  $\text{NH}_3$  als gas in de lucht verdwijnt.

kader Stalmestcompostering; een kwalitatieve benadering van het proces

Composteren is het maken van een overgang tussen de bodem en bovengrondse resten van planten en dieren. Deze brug moet worden gebouwd omdat het materiaal van plant en dier te grof is om uit te rijden en hindert bij het klaarmaken van het zaaibed of de bestrijding van onkruid. Dat is een mechanische reden. Vaker nog zijn het chemische of biologische redenen omdat de plantaardige stoffen zich niet direct in de bodem laten inpassen. Inzicht in chemische en biologische veranderingen tijdens het proces van composteren is van belang om een keuze te kunnen maken tussen niet, kort of lang composteren.

In het volgende voorbeeld, over het composteren van strorijke stalmest, zal duidelijk worden hoe belangrijk het procesverloop is.



## Het proces als geheel

De compostering verloopt altijd in fasen, in dit geval vier. Deze fasen lijken wel een verkorte herhaling van de evolutie van het leven op aarde: eerste de micro-organismen (eerste fase), dan de lagere planten (tweede fase), gevolgd door lagere diersoorten (derde fase). De diersoorten worden

vervolgens steeds complexer van vorm en functie (vierde fase). Behalve deze ontwikkeling van levensvormen laat het composteringsproces ook nog een samenspel zien van a-biotische factoren, die ieder hun eigen ontwikkeling volgen: temperatuur (warmte), zuurstof (lucht), vochthuishouding (water) en de C/N verhouding (aarde). Alles bijeen genomen heeft het composteringsproces een aantal kenmerken dat ook aan levende organismen wordt toegeschreven en in die zin is het composteren op te vatten als het 'levend maken' van de bodem.

De eerste fase: het opwarmen. De composthoop wordt warmer door de activiteit van micro-organismen die de makkelijk om te zetten organische stoffen afbreken. Het zijn weinig soorten in enorme aantallen. Als de hoop anaëroob is kan de ontstane ammoniak door gebrek aan zuurstof niet verder oxideren. Deze zuurstofloosheid treedt altijd op en zal enige tijd blijven bestaan. Ook als er meer lucht in de hoop komt blijven de omstandigheden in de kern van de kluiten mest nog anaëroob, maar de ammoniak verdwijnt wel na enige tijd (zie grafiek). De compost zit nu nog vol meststoffen die vijandig voor de plant zijn en ook op de bodem een negatieve invloed kunnen uitoefenen. Net als in de evolutie van het leven op aarde zijn het eerst de voorlopers van plant en dier, de bacteriën die de dienst uitmaken en helpen bij het 'plant- en bodemvriendelijk' maken van de compost. In de volgende fase komen er hoger georganiseerde plantaardige vormen bij: de schimmels.

De tweede fase: het afkoelen. Er dringt meer lucht in de hoop door en vanaf de buitenkant worden schimmels actief. Dat is soms te merken aan het verschijnen van paddestoelen, de vruchtlichamen van deze schimmels. Door de wisselwerking met de lucht koelt de hoop weer af, maar hij blijft warmer dan de omgeving. Nu de planten hun ontwikkeling in de hoop hebben gehad is het de beurt aan de dieren.

De derde fase: het verschijnen van dieren. Kleine diertjes worden actief, met name springstaarten. Aanvankelijk zijn deze insecten wormachtig van uiterlijk en weinig gedifferentieerd, later komen er soorten bij die een ingewikkelder uiterlijk krijgen. Er verschijnen ogen, kleuren, beharing, staarten om mee te springen en de bewegingsactiviteit neemt toe. Behalve een proces in de tijd is hier ook sprake van een proces in de ruimte, want de diepere lagen herbergen primitievere vormen dan de hogere lagen in de hoop. Er is hier sprake van een evolutieproces in mini-formaat en in een kort tijdsbestek. Het lijkt wel alsof de ontwikkeling van de dierlijke vormenrijkdom parallel loopt met de ontwikkeling van de composthoop (zie figuur). Niet alleen de springstaarten doorlopen een dergelijk proces, ook de wormen doen hieraan mee. Eerst dringen van buitenaf mestwormen de hoop binnen. Ze kunnen niet tegen de anaërobe beginomstandigheden en brengen met hun gangen lucht in de hoop.

Vaak wordt mest al gebruikt voordat de wormen hun intrede doen. Het uitrijden van kort gecomposteerde mest kan voor de voeding van het bodemleven en de gewassen een belangrijke rol spelen, maar op minder vruchtbare gronden kunnen anaërobe processen in de grond optreden. Die hebben dan gedurende het groeiseizoen een negatieve invloed op de gewassen. Bij lang composteren gaat de compost zo veel op grond lijken dat er geen effecten meer worden bereikt in de bodemprocessen. Er wordt bij wijze van spreken alleen maar extra grondachtig materiaal toegevoegd.

De vierde fase: het dierenleven ontvouwt zich. De soortenrijkdom van bacteriën, schimmels en kleinere dieren neemt sterk toe. De mestwormen verdwijnen weer en maken plaats voor grondwormen in meerdere soorten. Niet alleen bij de wormen, maar ook bij de andere organismen gaat de soortensamenstelling steeds meer lijken op die van een gewone bodem. In poëtische taal: de composthoop is aan het gronden en wordt meer ge-aard. Ook gaan de processen steeds langzamer verlopen. De makkelijk aan te tasten stoffen uit dierlijke uitwerpselen en stro zijn omgezet in stabiele

stoffen, die overeenkomen met de organische stof in de grond. De compost is rijp en kan uitgereden worden.

## **4.2 Composteertechnieken**

### **4.2.1 Inleiding**

Composteren kan plaats vinden op een landbouwbedrijf en op een gespecialiseerd composteringsbedrijf, dat op het gebied van technische voorzieningen meer mogelijkheden biedt. Het gebruik van speciale omzetmachines, geforceerde beluchting en biofilters vergt investeringen die op een landbouwbedrijf in het algemeen niet mogelijk zijn. In eenvoudige vorm worden deze hulpmiddelen op landbouwbedrijven soms wel toegepast.

Zonder al deze hulpmiddelen is het toch mogelijk om goede compost te maken, als er maar rekening gehouden wordt met een aantal basisprincipes. Die worden in dit hoofdstuk eerst belicht. Daarna bespreken we de techniek van het composteren op een landbouwbedrijf en tenslotte worden enkele meer gespecialiseerde technieken beschreven.

### **4.2.2 Aandachtspunten bij composteren**

#### **beluchting**

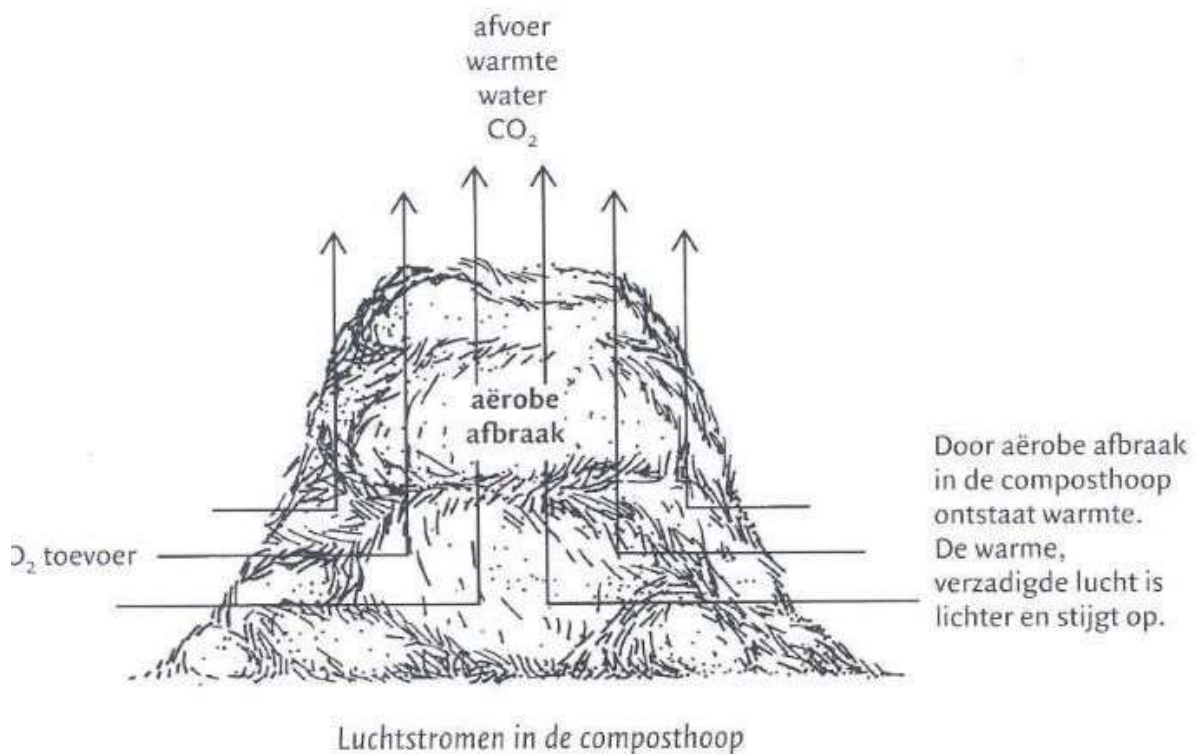
Centraal bij iedere aërobe (zuurstofrijke) compostering staat de vraag: hoe krijg je voldoende lucht in de hoop? Maatregelen die de luchttoetreding sturen zijn: keuze van uitgangsmaterialen die structuur geven, de grootte van de hoop, het vochtgehalte, de wijze van en intensiteit van omzetten en het toepassen van geforceerde beluchting.

#### **structuur**

Een composthoop zonder geforceerde beluchting moet een luchtige structuur hebben, zodat er lucht van binnen de hoop uitgewisseld kan worden met de buitenlucht. Goede structuurbrengers zijn bijvoorbeeld tarwestro en houtig groenafval. Ook erwten- of koolzaadstro is bruikbaar. Andere structuurbrengers zijn bijvoorbeeld riet, heidestrooisel en snoeiafval.

Vers stro geeft meer structuur dan stro dat al in de stal gebruikt is. Samen met het watergehalte en de manier van opzetten kan de structuur gebruikt worden om de temperatuur te regelen. Meer structuur geeft meer zuurstof en dat geeft weer een hogere temperatuur. Zo is er onderzoek bekend waarbij gehakseld stro (<8 cm) gedeeltelijk werd vervangen door gemalen stro (<0.5 cm) in combinatie met dierlijke mest. Behalve een betere beschikbaarheid van de koolstof ging bij gemalen

stro minder N verloren door de lagere temperatuur. Bij teveel gemalen stro traden echter anaërobe (zuurstofloze) condities op. Hierdoor viel nitraat uiteen en ging stikstof verloren, met stank als gevolg



### vochtgehalte

Het optimale vochtgehalte hangt af van de structuur en de hoeveelheid organische stof in de uitgangsmaterialen. Te weinig vocht geeft geen omzetting omdat de organismen dan niet kunnen leven; teveel vocht geeft plaatselijke anaërobe condities. Als wenselijke waarden wordt in de literatuur meest waarden tussen 50% en 60% genoemd. Materialen als stro en hout kunnen bij een vochtgehalte van 75-90% evenwel nog steeds goed doorlucht zijn, terwijl structuurarme materialen als keukenafval al boven de 50% dicht komen te zitten.

### omzetten

Makkelijk afbreekbaar materiaal kan vanwege het inklinken niet meer beschikbaar zijn voor het composteren. Omzetten is dan nodig om het materiaal weer met lucht in contact te brengen. Dit geldt zowel voor compostsoorten die mede bereid zijn uit dierlijk materiaal als voor soorten die uit puur plantaardig materiaal bestaan. Vooral bij relatief natte compost, zoals dierlijke mestcompost, betekent omzetten ook dat de convectiestroming, de stroming van binnen naar boven, sneller wordt. Homogenisering en verkleining van de massa is een andere belangrijke functie van omzetten. De hoeveelheid lucht die op het moment van omzetten in de hoop komt speelt geen rol van betekenis in het composteringsproces. Wat lucht betreft gaat het bij omzetten om het onderhouden van de convectiestroming.

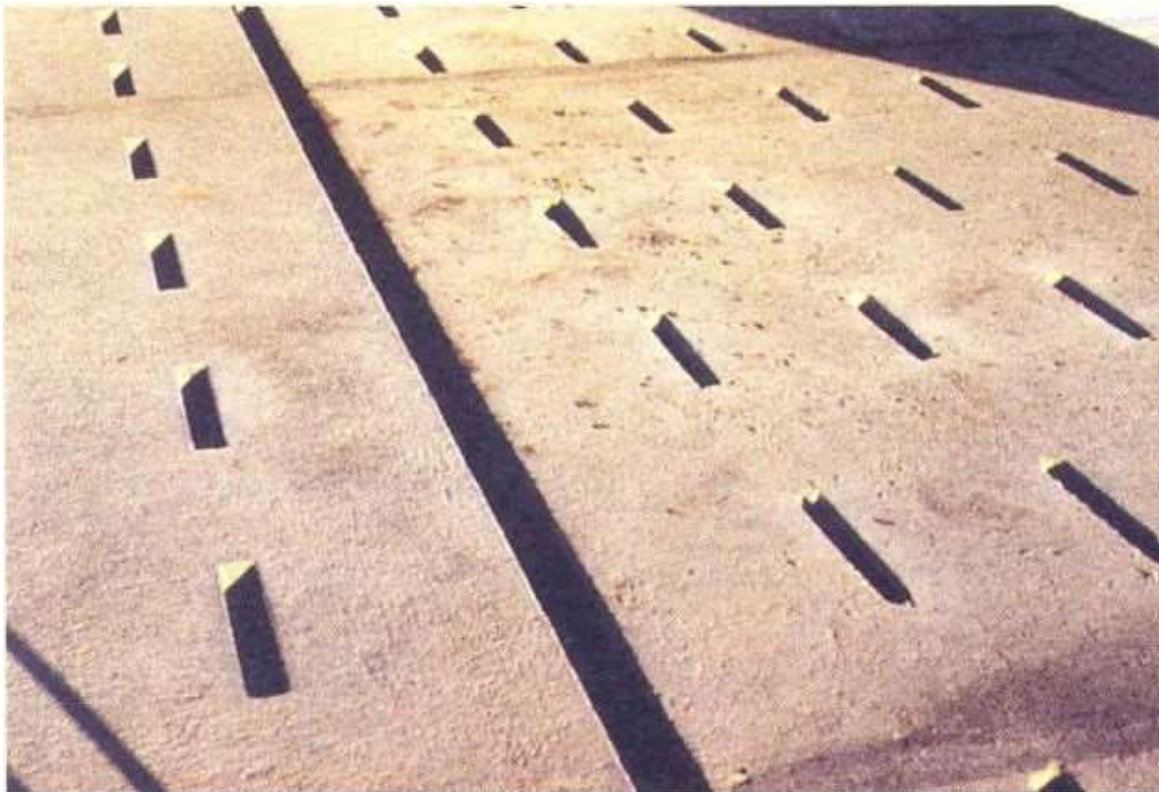


### **geforceerde beluchting**

Bedrijven die groenafval en GFT verwerken gebruiken vaak geforceerde beluchting, zoals het wegzuigen van de lucht via de bodem. Omzetten is dan beperkt nodig. Om een uniforme doorluchting te krijgen mogen de hopen niet veel hoger zijn dan 2,5 tot 3 meter. Door het wegzuigen van lucht wordt het mogelijk deze te reinigen met een zogenaamde ammoniakwasser en een biofilter. Ammoniak en geur worden zo opgevangen. Om een evenredige temperatuurverdeling te krijgen wordt de hoop soms afgedekt met een warmte-isolerende laag, zoals rijpe compost.

Een andere manier van beluchten is het blazen van lucht van onderaf in de hoop. Nadeel hiervan is het uitdrogen en afkoelen van de onderste laag.

Er is ook een systeem waarbij afwisselend geblazen en gezogen wordt



Vloer compostplaats Compostering Lelystad (beluchtingsgaten).

### **C/N verhouding**

Een belangrijke parameter bij de keuze van de uitgangsmaterialen en de hoeveelheden daarvan is de C/N verhouding. De goede waarde bij het starten van het composteren ligt tussen de 20 en de 35.

Voor het uitrekenen van de C/N verhouding van een mengsel moeten de gehalten aan C en N in de uitgangsmaterialen bekend zijn. Het stikstofgehalte volgt vaak uit de standaard mest- of compostanalyse, of er zijn vuistwaarden bekend.

Met name bij mest blijken er overigens grote variaties in de C/N verhouding tussen partijen van dezelfde soort te zijn: voor goed bemesten en/of goed composteren is het raadzaam om de mest te bemonsteren. Bij plantenresten is de leeftijd van grote invloed: hoe jonger de plant, hoe lager de C/N

verhouding. Dit komt omdat oude planten meer houtig worden. Vuistwaarden voor droge stof, C, N en C/N verhouding staan in de tabel 4.2.1.

Tabel 4.2.1. C-, N-gehalten en C/N verhoudingen van verschillende organische producten.

product	kg/ton product	kg/ton DS			
	DS	OS	C	N	C/N
<b>Vaste mest</b>					
rundvee grup	235	651	362	29	12
kip droge mest	515	726	403	47	
kip strooi	640	661	367	30	12
vleeskuiken	605	840	466	50	9
vleesvee stro	230	696	386	33	12
schapen	290	707	393	30	13
geiten	265	687	382	32	12
kalkoenen	565	821	456	44	10
paarden	310	806	448	16	28
nertsen	285	649	361	62	6
konijnen	451	814	452	30	15
<b>Gier</b>					
rundvee	25	400	222	160	1,4
vleesvarkens	20	250	139	200	0,7
zeugen	10	1000	556	200	2,8
<b>Drijfmest</b>					
rundvee	90	733	407	54	7,5
vleesvarkens	90	667	370	80	4,6
zeugen	55	618	343	76	4,5
vleeskalveren	20	750	417	150	2,8
kippen	145	641	356	70	5,1
<b>Overig</b>					
champost	335	606	337	17	19
GFT-compost	700	300	167	14	12
tarwestro	840	920	511	7	73
erwtstro	840	930	517	15	33
gerstestro	840	940	522	7	78
spruitenknoppen					
en stengels	180	890	494	30	16
grashooi, matig	83	885	492	19	26
roggestro	840	955	531	5	113
bonenstro	840	930	517	10	51
haverstro	840	930	517	6	86
graszaadstro	830	915	508	13	38
weidegras,					
400 kg N, 1 <sup>e</sup> snede	160	910	506	34	15

Bronnen: 5,12



Om de uiteindelijke C/N verhouding te bepalen wordt van een gegeven hoeveelheid uitgangsmateriaal de totale hoeveelheid C en N uitgerekend en op elkaar gedeeld. In de praktijk wordt vaak op het gevoel en ervaring een mengsel gemaakt van stoffen met een hoge en een lage C/N verhouding, waarbij ook nog een goede vochtigheid bereikt wordt. In het volgende een voorbeeld van de wijze waarop een berekening uitgevoerd kan worden.

Een boer heeft 200 ton runderstalmest en krijgt daar ook nog eens 50 ton vleesvarkensdrijfmest bij. Hij besluit dit gezamenlijk te composteren. Uitgaande van de gegeven vuistwaarden geeft dat aan totalen:

\* 200 ton stalmest met een ds-gehalte van 23,5% geeft 47 ton droge stof.

\* 50 ton varkensdrijfmest met 9% ds geeft 4,5 ton droge stof

Koolstof:

Stalmest  $47 \text{ ton} \times 362 \text{ kg C/ton} = 17 \text{ ton C}$

Varkensdrijfmest  $4,5 \text{ ton} \times 370 \text{ kg C/ton} = 1,7 \text{ ton C}$

Totaal: 18.7 ton C

Stikstof:

Stalmest  $47 \text{ ton} \times 29 \text{ kg N/ton} = 1.360 \text{ kg N}$

Varkensdrijfmest  $4,5 \text{ ton} \times 80 \text{ kg N/ton} = 360 \text{ kg N}$

Totaal: 1.720 kg N

De C/N verhouding van dit mengsel wordt:  $18.700 \text{ kg C} / 1.720 \text{ kg N} = 10,9$

Het droge stof stofgehalte wordt  $(47+4,5) / (200+50) = 51,5/250 = 20,6\%$

Conclusie: de C/N verhouding is te laag en zal tot extra verlezen leiden. Gezien de structuur (veel halfverteerde, natte stro) is het drogestofgehalte aan de lage kant. De compostering zal moeilijk op gang komen en als de hoop eenmaal warm is zal er veel stikstof ontwijken: uit de aerobe plekken als  $\text{NH}_3$  vanwege de lage C/N verhouding en als  $\text{N}_2\text{O}$  uit de warme natte plekken.

De boer besluit 50 ton tarwestro van een naburige akkerbouwer aan te kopen, en dat tijdens het opzetten van de composthoop door de andere materialen te mengen. Tarwestro heeft relatief veel koolstof ten opzichte van stikstof, is droog en geeft structuur aan de hoop.

50 ton tarwestro met 84% ds is 42 ton ds.

Koolstof:  $42 \text{ ton} \times 511 \text{ kg C/ton} = 21,5 \text{ ton C}$

Stikstof:  $42 \text{ ton} \times 7 \text{ kg N/ton} = 295 \text{ kg N}$

De totalen worden nu:  $18,7 + 21,5 = 40,2 \text{ ton C}$

en  $1.720 + 295 = 2015 \text{ kg N}$

Dit brengt de C/N -verhouding van het mengsel op  $40.200 \text{ kg C} / 2.015 \text{ kg N} = 20$  en het drogestofgehalte op

$(47+4,5+42) / (200+50+50) = 93,5 / 300 = 31\%$ .

Dit mengsel zal vanwege betere luchttoetreding vlot gaan composteren. Door de hoop goed gemengd en niet té luchtig op te zetten (zodat de temperatuur beperkt blijft tot een kleine  $55^{\circ}\text{C}$ ), zal mede dankzij de hogere C/N verhouding en het minder voorkomen van natte plekken het verlies aan N beperkt blijven.

soort stro Tarwestro is beter bij het bereiden van vaste mest dan het stro van andere granen, omdat het meer structuur geeft en het inzakken van de hoop tegengaat. Deze structuur heeft te maken met dikkere celwanden en met een hoger siliciumgehalte van het tarwestro.

Siliciumgehalte in %  $\text{SiO}_2$  van de droge stof van het stro .

tarwe 1,82

gerst 0,65

haver 0,73

rogge 0,53

maïs 0,51



*In vaste mest is stro van tarwe het beste.*

Gerstestro, met vrijwel hetzelfde C/N gehalte als tarwestro, breekt sneller af vanwege de dunnere celwanden, het geringere ligninegehalte en het betere vochtopnemend vermogen.

Hoewel tarwestro minder vocht opneemt heeft het meestal toch de voorkeur, omdat het een betere structuur geeft.

De mate waarin houtzaagsel wordt afgebroken is mede afhankelijk van de kenmerken van de houtsoorten, zoals het vezeltype en de hoeveelheid hars. Populier en wilg worden sneller afgebroken dan beuk, eik of naaldhout.

### **homogeniteit**

Tijdens het opzetten is het belangrijk dat de uitgangsmaterialen zo goed mogelijk gemengd worden, om te voorkomen dat er natte en droge, zuurstofarme en zuurstofrijke plekken ontstaan. Water kan het beste tijdens het mengen toegevoegd worden. Soms worden verschillende materialen in afwisselende, dunne lagen aangebracht.

### **verteerbaarheid**

Houtige, biologisch moeilijk afbreekbare stoffen als takken en spruitstronken moeten voor het composteren verkleind worden om een zo groot mogelijk aangrijpingsoppervlak voor het afbraakproces te krijgen. Zoniet dan doen deze materialen niet meer mee aan het composteringsproces.

Naast de bovenstaande eigenschappen die invloed hebben op het composteren is ook het gehalte aan fosfaat en zware metalen van belang. Deze gehalten bepalen de toepassingsmogelijkheden in het kader van de wetgeving (MINAS en BOOM). In hoofdstuk 8.4 wordt hier nader op ingegaan.

#### **4.2.3 De technieken**

##### **1. Extensieve compostering van mest op het landbouwbedrijf**

Bij het composteren van dierlijke mest staat het regelen van de luchttoetreding centraal. Verschillende factoren spelen hierbij een rol:

- keuze van de vorm van de hoop: hoogte en breedte
- keuze van de soort en de hoeveelheid structuurvormend materiaal
- de afbreeksnelheid van de organische stof:

afmetingen De vorm van de composthoop heeft te maken met de beschikbare ruimte en met de mechanisatie. Wanneer er omgezet wordt met composteermachines moet er in rijen worden gewerkt. De grootte hangt samen met de gewenste temperatuur, de aanwezige structuur, en de vochtigheid. Vanwege de verplichting door de overheid om een vloeistofdichte ondergrond te maken, zullen veel boeren uit kostenbesparingen ervoor kiezen deze betonplaat niet te groot te maken. Als gevolg hiervan worden de hopen vrij hoog gemaakt en dan kan het nodig zijn om vaker om te zetten.

Bekijken we enkele afwegingen om tot een ideale grote te komen:

- bij een te grote hoop die nat en dicht is, zal er in het midden voortdurend te weinig zuurstof zijn, waardoor er geen compostering plaatsvindt.
- als de hoop groot is, maar te luchtig opgebouwd, kunnen de temperaturen binnenin te hoog, boven de 60°C, oplopen. Om de temperatuur te begrenzen moet de hoop dichter worden (minder uitwisseling, minder zuurstof) of kleiner gemaakt worden (meer uitwisseling, relatief groter oppervlakte).

- bij een te kleine mesthoop is er teveel 'rand', waardoor de weersomstandigheden teveel invloed hebben op de processen in de hoop. Bovendien wordt dan een relatief klein gedeelte goed omgezet.

Gebruikelijke afmetingen voor rijen zijn: 2 tot 3 meter breed en 2 meter hoog.



*Extensieve compostering op de kopakker.*

### **opzetten**

Stalmest wordt meestal op een hoop gestort door kipkarren of vrachtwagens. Meestal verdroogt de buitenkant van de hoop na opwarming. Omzetten verkleint het materiaal en geeft een nieuwe impuls voor de vertering.

Opzetten van vaste mest gebeurt ook wel eens met mestverspreiders. Door te variëren met rijsnelheid, toerental en snelheid van de schuifketting kan de vorm en de luchtigheid van de hoop beïnvloed worden. Een meststrooier met horizontale strooi-assen is hiervoor het meest geschikt. In afwezigheid hiervan kan met bijvoorbeeld platen aan de zijkant voorkomen worden dat de hoop te breed wordt.

De mestverspreider geeft vaak een te luchtige hoop. Dit kan opgelost worden door aan te stampen, water toe te voegen of af te dekken met aarde, maar dat zijn arbeidsintensieve methodes. Behalve dat geven aanstampen en water toevoegen het risico van anaërobe zones. Het is ook mogelijk om de verspreid-as van de mestverspreider te verwijderen en alleen de schuifketting te gebruiken. Er blijft dan meer structuur in de hoop. Bij gebruik van een mestverspreider is het van belang goed op te

letten of het luchtige materiaal niet in elkaar zakt en te dicht wordt. Vooral bij nat uitgangsmateriaal kan dit optreden en het is moeilijk weer goed te krijgen. Het is dan beter de mestverspreider niet te gebruiken.

afvoer van lek- en regenwater Er moet bij voorkeur een afvoer zijn van lek- en regenwater. Een hoop mag geen 'natte voeten' hebben. Als er geen afvoer mogelijk is moet de hoop zeker niet te nat worden opgezet. Te nat wil zeggen dat bij knippen in het materiaal er makkelijk vocht uit komt.

### **afdekken**

Afdekken met speciaal compostdoek is van belang in perioden met zeer veel neerslag. Dit compostdoek, dat water niet en lucht wel doorlaat, is vrij duur maar gaat meerdere jaren mee. Bij normale omstandigheden kan afdekken ertoe leiden dat de compost te droog wordt. Onderzoek onder normale omstandigheden heeft tot nu weinig positief resultaat van afdekken laten zien. Zie ook hoofdstuk 4.3.

Een andere mogelijkheid is het gebruik van stro, dat bij veel neerslag echter niet genoeg beschutting biedt. Een voordeel is de warmte-isolatie, waardoor de buitenkant van de compost zelf beter op temperatuur komt. In het stro zelf moeten dan niet teveel onkruidzaden zitten. Vochtig stro kan de stikstofverliezen beperken omdat er ammoniak in opgevangen wordt.

Incidenteel wordt er op bedrijfsniveau gebruik gemaakt van een overkapping.

### **omzetten**

Na de warme fase heeft de hoop de neiging in te zakken. De structuurbrengende delen (zoals stro) zijn grotendeels verteerd. Er is eventueel wat water bijgekomen en het materiaal kan zich nu verdichten. Om de vertering op gang te houden en anaërobe omstandigheden te voorkomen, kan de hoop op dat moment omgezet worden. Omdat de snel afbreekbare verbindingen inmiddels verteerd zijn, kan de hoop nu losser opgezet worden. Door te mengen wordt het gecomposteerde materiaal homogener. Het is mogelijk om het composteringsproces zonder omzetten te voltooien, maar dat hangt af van de uitgangsmaterialen en de mogelijkheden om het water te beheersen.

Omzetten kan ook een noodgreep zijn als de temperatuur te hoog oploopt. Door het verspreiden van de warmte koelt de hoop weer af. Herhaald omzetten kan soms nodig zijn wanneer de temperatuur weer te hoog wordt. Dan kan het nodig zijn om bij te mengen met andere materialen zoals grond of water. Omzetten is mogelijk met een kraan of frontlader, eventueel in combinatie met een mestverspreider. Een goede keuze van de uitgangsmaterialen voorkomt dat het materiaal te grof blijft. Te nat of grof materiaal kan in het begin bijvoorbeeld bijgemengd worden met oudere compost.





Afdekken met speciaal compostdoek is belangrijk in perioden met veel regen.

omzetmachine Gebruik van een speciale omzetmachine is ook mogelijk. Intensief machinaal omzetten kan ook negatief werken. Een natte mest of compost kan na gebruik van de omzetmachine extra inzakken, een wat drogere kan extra warm worden. In beide gevallen kan dit verholpen worden door herhaaldelijk omzetten. Dit moet soms wel twee maal per dag gebeuren, vervolgens om de week en in een periode van 6 weken wel 10 tot 15 keer. Wanneer alleen mest gebruikt wordt gaat dit gepaard met hoge verliezen aan organische stof en stikstof (zie hoofdstuk 4.4). Die verliezen zijn te beperken als meer dan 50% groenafval wordt bijgemengd. Deze methode wordt als CMC methode nog nader beschreven.



Mest kan met een kraan worden omgezet. De kans bestaat dat de mest te grof blijft. Begin daarom met mest die niet te nat is.

### **uitbrengen**

De nauwkeurigheid van meststrooiers laat in het algemeen vaak te wensen over. Compost met een homogene structuur en samenstelling heeft hier minder last van omdat hij zich fijner laat verdelen. Een breedwerkende meststrooier met verticale strooi-assen verdient de voorkeur.





*Omzetten met speciale machines geeft een homogeen materiaal. Deze intensieve werkwijze vraagt een goede procesbegeleiding.*

## **2. Intensieve compostering op rillen met omzetmachines**

Bij deze intensieve compostering met rillen of ruggen staat de procesregulering centraal. In een periode van ongeveer 6 weken wordt het materiaal meerdere malen omgezet. De frequentie van omzetten wordt bepaald door het koolzuurgehalte van de lucht en de temperatuur in de hoop. Deze moeten daarom steeds gemeten worden. Soms worden speciale (bacterie)preparaten toegevoegd (zie 4.5). Meestal wordt een mengsel gebruikt van dierlijke mest en plantaardig structuurvormend materiaal. Soms wordt ook alleen dierlijke mest gebruikt. Dit geeft een mooie 'korte' mest met gestabiliseerde organische stof. De hoge stikstofverliezen bij deze aanpak (tot 60%) bestaan voor een groot deel uit ammoniak en lachgas. Beide gassen zijn schadelijk voor het milieu. De verliezen zijn geringer als meer koolstofrijk plantaardig materiaal wordt toegevoegd.

### **CMC**

De meest bekende intensieve methode is de Controlled Microbial Composting (CMC). Dit is een beschermde merknaam gebaseerd op het werk van E. Pfeiffer, een Duitse landbouwpionier die in de jaren dertig van de vorige eeuw aan de basis heeft gestaan van de biologisch-dynamische landbouw in Nederland. Gebruik van speciale preparaten is een onderdeel van de methode. Varianten van deze

methode worden ook veel toegepast maar dragen dan niet de naam CMC. Bij de CMC methode wordt door vaak om te zetten het proces zuurstofrijk gehouden.

Composteerbedrijf de 'Blauwe Kei' werkt met de CMC methode.

Bij de CMC methode worden de uitgangsmaterialen gesplitst in C-rijk en N-rijk en vervolgens gemengd om de juiste C/N verhouding van ongeveer 30:1 te krijgen. Het mengsel wordt opgezet in hopen van maximaal 3 meter breed en 1,6 meter hoog (minimale afmeting is 1,2 bij 0,8 meter). De nadruk ligt op het luchtig opzetten. Na het opzetten wordt een CMC starter toegevoegd, een bacteriepreparaat. De CMC-starter bevat 55 geselecteerde soorten micro-organismen. De hoop wordt afgedekt met een compostdoek. Aan de hand van gemeten CO<sub>2</sub>-gehalte en temperatuur wordt er bepaald of er omgezet moet worden. Omzetten vindt de eerste twee weken iedere dag, daarna ongeveer om de drie dagen plaats. Tegen het eind van het proces wordt wekelijks omgezet. Na 6 tot 10 weken is de compost klaar.

Het proces wordt gecontroleerd en zo nodig bijgestuurd aan de hand van CO<sub>2</sub> - en temperatuurmetingen. We gaan kort op deze factoren in.

### **temperatuur**

In de eerste week is vooral de temperatuur de bepalende factor voor de omzetting. Deze moet plaatsvinden bij een temperatuur van 65°C en daarom moet er dagelijks gemeten worden door het steken van een thermometer boven in de hoop.

### **CO<sub>2</sub>-gehalte**

Na de eerste week zakt de temperatuur en is het CO<sub>2</sub>-gehalte de bepalende factor voor het omzetten. Dit gehalte moet onder de 2,5% blijven. Hogere gehalten zijn een aanwijzing voor anaërobe condities die niet wenselijk zijn. Het CO<sub>2</sub>-gehalte wordt met een speciaal apparaat gemeten.

### **vochtigheid**

Het vochtgehalte moet tussen de 55 en 60% zijn. Dit kan met de hand of in een laboratorium worden beoordeeld. Bij een beoordeling met de hand moet er na stevig knijpen juist nog wat vocht uitgeknepen kunnen worden. Bij teveel vocht kan zuurstoftekort optreden. Als de hoop te droog is kan er tijdens het omzetten extra water gegeven worden.

### **micro-farming**

De CMC methode is een onderdeel van het Micro-farming systeem van Compara (zie hoofdstuk 9). Dit systeem richt zich op de voedselketen in de grond. Er wordt van uitgegaan dat sommige houtige gewassen (fruit, bomen, rozen) een grond nodig hebben waarin schimmels overheersen. Andere gewassen, zoals de blad, bol- en knolgewassen prefereren een grond waarin bacteriën overheersen.

Om de grond in de gewenste richting te kunnen sturen wordt eerst het voedselweb in de bodem geanalyseerd. Dit gebeurt in de laboratoria BBClabs en SFI (zie hoofdstuk 9 voor adressen). Op grond van deze resultaten kan de gewenste compost gekozen worden. Door bijmenging van meer houtachtig materiaal of meer dierlijke mest kan bijvoorbeeld een meer schimmeldominante of een meer bacteriedominante compost worden bereid. Die kan ingezet worden om het bodemleven in de gewenste richting te sturen. In de Verenigde Staten wordt deze methode al geruime tijd toegepast. De resultaten van bedrijven in Nederland zijn nog beperkt gedocumenteerd.

### **omzetmachines**

Bij intensieve methodes wordt gebruik gemaakt van speciale machines om de compost om te zetten. Deze machines hebben een grote horizontaal gemonteerde frees, die door de hoop getrokken wordt. Er zijn zowel getrokken als zelfrijdende versies. Zowel bij het opzetten als het omzetten kan er met de omzetmachine water of drijfmest toegevoegd worden.

#### **Aanwijzingen voor gebruik van compostomzetters zijn.**

\* Asdiameter: lang, nog niet verteerd stro en verdraalde strotouwtjes kunnen zich om een as wikkelen. Hoe dunner de as hoe groter dit probleem. Daarom raden wij een asdiameter aan van meer dan 50 cm. \* Schoepvorm: de schoep moet zodanig gevormd zijn dat de mest van de zijkanten naar binnen gewerkt wordt.

Afhankelijk van de diameter heeft de as doorgaans een toerental van 150-600 omwentelingen per minuut. Met de combinatie rijsnelheid, toerental en eventueel hoogte-instelling kan wat gevarieerd worden in de intensiteit van omzetten.

Bij zelfrijdende omzetters zitten de aandrijfwielen of rupsbanden aan de achterkant en is de omzet-as in hoogte verstelbaar (bijvoorbeeld via hydraulisch in hoogte beweegbare voorwielen). Hierdoor kun je bij het omzetten de stand variëren en het apparaat over de weg vervoeren.

Bij getrokken mestomzetters (doorgaans hangen deze in de hef en hebben ze een steunwiel) moet de trekker een kruipstand hebben. Bij de eerste keer omzetten is de maximaal te rijden snelheid ongeveer 500 m/uur. De omzetter heeft de neiging om de trekker scheef te trekken.



Bereiding van CMC compost op het bedrijf de Blauwe Kei te Ravenstein.





*Machinaal aanbrengen van het compostdoek.*



Een zelfrijdende omzetmachine.



*Bij intensieve compostering moet meerdere malen worden omgezet.*



*Een dikke as wordt minder vuil.*

### **3. Compostering van groencompost**

Groencompost wordt op gespecialiseerde bedrijven gemaakt. Een groot aantal organische materialen wordt gebruikt, waarvan berm- en slootmaaisel de belangrijke bestanddelen zijn. Deze maken vaak niet meer dan 30% van het materiaal uit omdat ze te weinig structuurvormende eigenschappen bezitten. Het houtige afval uit groenvoorzieningen moet de nodige structuur geven. Dit afval wordt eerst verkleind met messen die goed composteerbare vezels opleveren of verwerkt tot chips die minder goed composteren. Er zijn ook machines die mengvormen geven.

Bij het opzetten van de hoop wordt de verhouding tussen wel- en niet structuurvormend, wel en niet stikstofrijk en meer of minder nat zorgvuldig gekozen.

#### **tafels, rillen**

De gebruikelijke methode is het composteren op 'tafels' van ongeveer 3 meter hoogte, maar er wordt ook wel gewerkt op rillen (ruggen). De rillenmethode is bewerkelijker maar maakt wel een betere homogenisering mogelijk doordat er frequenter en intensiever wordt gemengd.

Bij het werken met tafels is geforceerde beluchting nodig, die meestal van onderen af omhoog wordt geblazen. Een enkele maal wordt de lucht weggezogen. Als de lucht bij het wegzuigen door een vochtig mengsel van houtsnippers (biofilter) wordt geblazen neemt dat de geur weg. Het beluchten werkt tevens als koeling om de temperatuur te controleren op een waarde van ongeveer 60°C.



Omdat het materiaal de neiging heeft om uit te drogen, is bevochtigen periodiek nodig. Tijdens het composteren wordt de compost met de shovel of met speciale machines enkele malen omgezet. De composteringsduur is 6 weken of langer. Soms wordt al na 4 weken gezeefd. Dit gebeurt meestal met een trommelzeef, maar ook de sterzeef wordt toegepast.



Figuur 4.1. Principe van groencompostering.



Bij tafelcompostering rijdt de omzetmachine door de tafel heen en verplaatst de compost enkele meters.



*De frees van de omzetmachine.*



*Van onder af wordt lucht in de tafel geblazen. Hierbij gaat vocht verloren.*





Het zeven van groencompost.

#### 4. Continue reactors

**continue proces** Bij continue processen wordt er steeds materiaal toegevoegd en onttrokken in een voortdurend proces. Dat is anders bij de normale compostering waarbij de materialen worden gestort, het proces

**batch proces** eenmalig doorlopen en de plaat weer schoongemaakt (een 'batch proces').

Het bekende VAM-compostvat bijvoorbeeld is een kleine uitvoering van de 'continue verticale reactor'. Materialen worden van boven toegevoerd, ondergaan het composteringsproces en worden onderaan verwijderd.

Er bestaan 9 meter hoge installaties met hetzelfde principe en een inhoud van 2000 m<sup>3</sup>. Doorgaans geven hoogten groter dan 3 meter al problemen met de goede uniforme luchtdoorstroming.

Als de materialen horizontaal door de reactor worden gevoerd, spreken we van een 'continue horizontale reactor'. De hoogte daarvan is nooit meer dan 2 tot 3 meter. Zuurstof kan zowel geforceerd als door omzetten toegevoerd worden en het proces is goed beheersbaar in zuurstoftoevoer en temperatuur.



*Het compostvat is een continue verticale reactor in mini-formaat.*

## **5. Wormencompostering**

In een normale composthoop zullen vaak gedurende de rijpingsfase wormen gaan leven. Dit is vooral de rode mestworm. Deze soort voelt zich beter thuis in de wat hogere temperaturen en het rijke substraat dan in de bodem.

Bij wormencompostering ('vermicomposting' en 'vermiculture' als de wormen zelf het hoofddoel zijn) wordt voor het omzetwerk een groter beroep op deze wormen gedaan. Er is geen thermofiele fase. Het is een methode die sinds de jaren 70 met name in de VS en in Australië opgang maakte, zowel op huishoudelijk niveau als op wat grotere schaal. Er wordt gewerkt aan continue systemen voor wormencompostering op bedrijfsniveau.

### **rode mestworm**

De rode mestworm (*Eisenia foetida*) is een pioniersoort: een intensieve stofwisseling en daarmee een snelle omzetting van het substraat ondersteunt een snelle jeugdontwikkeling en een grote vermeerderingsnelheid.

De ideale temperatuur voor *E. foetida* ligt tussen de 20 en 29°C. Bij te lage temperaturen gaat het omzettingsproces langzamer, bij hogere temperaturen zullen de wormen migreren of doodgaan. Het

substraat moet voedselrijk zijn en voldoende fijn gemaakt. Het moet ook minerale bodembestanddelen bevatten en luchtig zijn.

De grote betekenis van de mestworm is het creëren van gunstige omstandigheden zodat het microleven zijn werk kan doen. De worm zorgt voor:

- het mengen en verplaatsen van het substraat door het graven van gangen
- het mengen en verkleinen van deeltjes in zijn maag/darm-kanaal
- het creëren van goede omstandigheden voor bacteriën in zijn maag/darmkanaal
- het beter beschikbaar komen van voedingsstoffen in het verteerde substraat

Verder draagt de worm bij aan de structuur door afgifte van slijmstoffen en andere verbindingen.

### **regelmatig voeren**

Composteren met wormen is in feite wormen voeren. Dat betekent dat er regelmatig (bijvoorbeeld dagelijks) een nieuwe hoeveelheid organisch afval toegevoerd moet worden. Doordat het regelmatig gebeurt zijn de toe te voeren hoeveelheden zó klein dat er weinig temperatuurverhoging optreedt. Meerdere soorten organisch afval zijn geschikt, zoals drijfmest met stro en voedselresten. Het uitgangsmateriaal moet wel een constante, homogene samenstelling hebben en klein gemaakt zijn.

### **oogst**

Bij het oogsten van de compost moeten de wormen gespaard blijven voor 'hergebruik'. Dit kan bijvoorbeeld door (met droogte of warmte) de wormen te verdrijven uit het te oogsten deel, zodat ze in de hoop migreren naar de versere delen. Een andere mogelijkheid is het eindmateriaal te zeven: wormenuitwerpselen zijn kleiner dan wormen of wormeneieren en minder kleverig dan wormen. De wormen blijven op de zeef liggen.

### **hoop of silo**

De traditionele methode van wormencompostering waren hopen of rijen op de grond van ongeveer 50 cm hoogte. De nadelen daarvan zijn: er is veel oppervlakte nodig, veel arbeid en het werkt langzaam.

Er wordt ook wel met containers gewerkt. Deze hebben de genoemde nadelen minder. Ze werken volgens het 'batch' – principe (vullen, verwerken, legen). Er zijn zowel grootschalige als kleinschalige varianten van. Sommige van deze systemen kunnen een laag substraat van een meter hoog in 30 dagen verwerken. Er wordt gewerkt aan continue systemen voor wormencompostering voor grootschalig gebruik.





*Mestwormen zijn te herkennen aan de gele dwarsstrepen.*

### **stikstofverlies**

Het is niet duidelijk of wormencompostering een lager stikstofverlies geeft. Er is slechts één onderzoek bekend. Hier was het stikstofverlies 50%. Omdat er geen thermofiele fase is, en er dus minder N in de vorm van ammoniak zal verdwijnen, is het aannemelijk dat het verlies vaak duidelijk onder de 50% zal zijn.

### **ziekteverwekkers**

Ook bij wormencompostering verdwijnt een deel van de ziekteverwekkers, ondanks het ontbreken van de thermofiele fase. Dit wordt veroorzaakt door de afwijkende omstandigheden, met name in het wormdarmkanaal. Concurrentie tussen micro-organismen om voedsel speelt mogelijk een rol. Of de reiniging net zo effectief is als bij een compostering met een thermofiele fase, is niet duidelijk. Er zijn systemen ontwikkeld waarbij het uitgangsmateriaal eerst gewoon gecomposteerd wordt en waarbij later, na de temperatuurpiek, wormen worden ingezet.

In een Duits onderzoek is de kwaliteit van wormencompost vergeleken met gewone compost. Hierbij is onder meer gekeken naar gehalten en beschikbaarheid van voedingsstoffen, humus en zout. Het bleek dat verschillen tussen wel- en geen wormencompost niet zo groot waren als de verschillen veroorzaakt door de uitgangsmaterialen. Er was geen aantoonbaar verschil in de beschikbaarheid

van voedingsstoffen en het vóórkomen van plantenhormoonachtige stoffen. In principe is wormencompost een uitstekende meststof, zij het niet beter dan gewone compost.

## **6. Anaërobe vergisting**

Dit is strikt genomen geen compostering maar een zuurstofloze omzetting. Hierbij wordt gas gevormd met een gehalte van 50 tot 70% methaan. Dit proces vindt in warmere landen ook in moerassen plaats en daarom heet methaan ook wel moerasgas.

Van 1 ton bioafval kan 200 tot 300 m<sup>3</sup> biogas, met een energie-inhoud van 300-450 kWh gewonnen worden, waarbij de organische stof tot 90% kan verdwijnen. Het proces vindt plaats bij een temperatuur van 32 tot 55°C. Om het proces aan de gang te krijgen en te houden moet het in ons klimaat van buitenaf opgewarmd worden. Het kan zowel met een waterige massa (< 15% DS) als met een droge massa (maximaal 65% DS). Als verwerkingsproces is het bijvoorbeeld in gebruik bij grote composteerinstallaties, bij milieuvriendelijke woonprojecten en in de derde wereld. Fosfor en kali blijven bij dit proces behouden, stikstof voor een groot deel.

Het restproduct kan alsnog gecomposteerd worden en wijkt in kwaliteit niet zoveel af van andere soorten compost. . Anaërobe vergisting wordt op het moment op enkele grootschalige bedrijven toegepast, onder meer bij Compostering Lelystad in Lelystad.

Vergisten is een vorm van gecontroleerd verbranden, waarbij minder organische stof beschikbaar komt voor bodemverbetering dan bij aëroob composteren. De belangrijkste voedingsstoffen blijven wel behouden.



Cellen waarin groenafval vergist wordt. Hierbij komt methaangas vrij.

#### **4.3 Opslag mest en compost**

##### **Inleiding**

Bij de keuze van de juiste opslagmethode voor vaste mest en compost gaat het er vooral om wat de wet toestaat. Hoewel de wetgeving tamelijk eenduidig is wordt in de praktijk soms een streng en soms een soepel beleid gehanteerd. Onderzoek laat zien dat uit vaste mest van goede kwaliteit zeer weinig nutriënten uitspoelen en daar hangt het soepele beleid dan ook mee samen.

Vaak is een vloeistofdichte laag verplicht en bij de keuze van de methode spelen financiële en praktische overwegingen een belangrijke rol. Een steeds terugkerende vraag is de wenselijkheid van het afdekken van hopen. Op al deze thema's gaat dit hoofdstuk in. Eerst op de wetgeving, dan op de verschillende methodieken en tenslotte op het afdekken. Ook wordt een overzicht gepresenteerd van onderzoek naar uitspoeling uit vaste mest, die direct op de grond wordt opgeslagen.

##### **Wetgeving**



Er is wettelijk voorgeschreven dat vaste mest op een vloeistofdichte plaat moet worden bewaard. In het besluit melkrundveebedrijven (Staatsblad van 18 juni 1991) staat de volgende formulering (besluit 324):

"Art. 1.1.7. De opslag van vaste mest buiten de stal moet geschieden

mestdichte plaat op een mestdichte plaat, die is voorzien van een opstaande rand of een gelijkwaardige voorziening; de stapeling moet zodanig geschieden dat uitzakkend vocht niet van de mestplaat kan vloeien. Dit vocht moet door middel van een gesloten, mestdichte riolering worden afgevoerd naar een mestdichte opslagruimte."

In de wet staat dus niet voorgeschreven welk materiaal gebruikt moet worden. Elk materiaal is toegestaan mits het maar mestdicht is. Verder staat er dat er een opslagmogelijkheid moet zijn voor het mestwater. Dit is niet nodig wanneer er geen mestwater is. Hier zal nog nader op worden ingegaan.

In de praktijk wordt met de wettelijke verplichting om een vloeistofdichte laag vloeistofdichte laag toe te passen heel divers omgegaan. Er zijn gemeentes die opslag en composteren van vaste dierlijke mest zonder meer toestaan. Andere staan het toe onder bepaalde voorwaarden, zoals een droge stofgehalte hoger dan 45% of afdekken met provinciaal beleid compostdoek. Ook vanuit de provincies is het beleid divers. Provincies regelen niet de compostering van bedrijfseigen mest, maar wel de compostering van organisch materiaal dat van elders is aangevoerd. Dit mag in Noord-Holland bijvoorbeeld rechtstreeks op grond. In Overijssel mag dit niet, maar de provincie heeft wel proefprojecten waarbij direct op grond wordt gecomposteerd. In Friesland vindt men de eis van een vloeistofdichte laag niet zinvol, maar handhaaft die toch.

-----  
Duits beleid In Duitsland zijn de eisen aanmerkelijk soepeler. Vaste mest direct op de grond is daar bijvoorbeeld toegestaan. De reden hiervoor is dat er inmiddels veel onderzoeksresultaten bekend zijn over uitspoeling van voedingsstoffen uit mesthopen. In Duitsland mag mest direct op de grond worden bewaard of gecomposteerd. In waterwingebieden en gebieden met geneeskrachtige bronnen gelden strengere eisen. Interessant zijn de aanbevelingen die in Duitsland voor opslag worden gedaan:

hoeveelheid Hanteer een zinvolle relatie tussen te bemesten oppervlakte en hoeveelheid mest.

voorbehandeling Mest met een droge stofgehalte onder de 25% eerst voorbehandelen tot een hoger droge stofgehalte verkregen is.

opslag Kleihoudende gronden hebben de voorkeur, maar het kan ook op zandgrond. Niet op een drainbuis opslaan.

grondwaterdiepte Tenminste 1,5 m.

afstand tot Tenminste 100 m.

waterwingebieden

afstand tot Tenminste 20 m.

oppervlaktewater

aanleg Hou de grootte zo beperkt mogelijk. De bovenkant moet vlak zijn.

afdekking Niet direct nodig. Bij toepassing alleen na de warmtefase (4-6 weken na opzetten) en alleen met gasdoorlatende materialen zoals stro of compostdoek.

vloeistofdichte laag Aan te bevelen bij hogere grondwaterstand, bij zandgronden en bij mest met laag droge stofgehalte. Wanneer twee van deze drie punten optreden dan is een vloeistofdichte laag zonder meer nodig.

opslagtijd Niet langer dan 6 maanden.

nabehandeling grond Na wegruimen van de mest alleen een bodembehandeling wanneer er een gewas komt.

-----

### **Mogelijkheden voor een vloeistofdichte laag**

Materialen die in aanmerking komen om aan de eis van vloeistofdicht te voldoen zijn beton, plastic en verdichte klei. Omdat deze materialen niet 100% vloeistofdicht zijn is een beter criterium: afdoende

doorlatendheid vloeistofdicht. De doorlatendheid van de verschillende materialen wisselt sterk en de ene laag moet dikker zijn dan de andere om tot een gelijke doorlatendheid te komen.

Een verdichte kleilaag kan gelijkwaardig zijn aan een betonplaat. Op de langere duur is plastic zelfs minder geschikt dan klei door scheurvorming. Klei of een bentonietgrondmengsel wordt na verloop van tijd steeds beter van kwaliteit, beton en plastic worden steeds slechter doordat er scheuren kunnen ontstaan.

De kennis over gebruik van verdichte klei als vloeistofdichte laag is de laatste jaren sterk toegenomen door onderzoek ten behoeve van vuilstortplaatsen. Voormalige stortplaatsen moeten aan de boven- en onderzijde vloeistofdicht worden afgesloten.

Voor een vergelijking tussen de verschillende in aanmerking komende materialen kan de tabel 4.3.1 dienen.

Tabel 4.3.1. Doorlatendheid diverse afdichtingsmaterialen

Doorlatendheid diverse afdichtingsmaterialen

beton 0-13 m/sec

HDPE folie 10<sup>-12</sup> - 10<sup>-13</sup> „

verdichte klei 10<sup>-10</sup> - 10<sup>-11</sup> „



*Compacte bewaring  
bij een kasbedrijf.  
Mestwater kan goed  
opgevangen worden,  
maar lucht kan er  
moeilijk bij.*



### **dikte laag**

Uit bovenstaande tabel valt af te lezen dat een verdichte kleilaag 100 maal zo dik moet zijn als plastic folie om eenzelfde afdichting te krijgen. In de praktijk is een verdichte kleilaag van ongeveer 20 cm dikte voldoende om aan het criterium van vloeistofdichtheid te voldoen. Een dikkere laag is natuurlijk wel minder gevoelig voor beschadiging.

### **beton**

Beton wordt het meeste gebruikt om mest te bewaren of te composteren. Het voordeel is de berijdbaarheid van de plaat, het nadeel is de hoge prijs.

Bij toepassing van een gestorte, aaneengesloten plaat bedragen de kosten ongeveer € 30.000 voor een plaat van 400 m<sup>2</sup>.

Ook kunnen geprefabriceerde platen worden gebruikt. Door toepassing van kit kan ook aan het criterium van vloeistofdichtheid worden voldaan. Een plaat van 400 m<sup>2</sup> kost ongeveer € 16.000. Een nadeel van geprefabriceerde platen is dat de kwaliteit van de afdichting van de naden na verloop van tijd minder wordt.

Naast de basiskosten komen bij gebruik van beton vaak nog de kosten van een opstaande wand (ongeveer € 500 per 4 meter) en de kosten van een put voor opvang van het overtollige water. In plaats van een put kan ook met een pompomp worden gewerkt. Hier wordt nog op teruggekomen.

klei, leem en bentoniet/grondmengsels

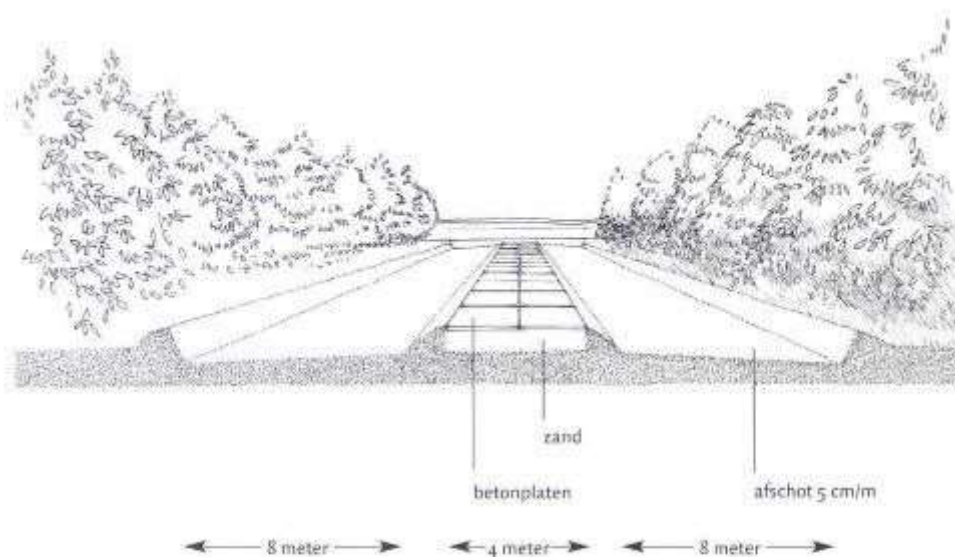
Het voordeel van vloeistofdichte lagen waarbij gebruik wordt gemaakt van kleihoudende materialen is dat ze goedkoper zijn dan beton en dat de kwaliteit niet afneemt na verloop van tijd.

Er is ook een belangrijk nadeel: het berijden van de vloeistofdichte laag is niet of slechts beperkt mogelijk.

Bij het kiezen van een ondergrond moet onderscheid worden gemaakt tussen gronden met meer dan 35% lutum (ongeveer 60% afslibbaar) en gronden met minder dan 35% lutum. Bij meer dan 35% lutum kan direct van de aanwezige grond gebruik worden gemaakt. Bij lichtere gronden moet bentoniet met de grond gemengd worden.

Om een wettelijk toegestane situatie te krijgen kan de volgende werkwijze worden gevolgd:

Ga uit van een niet te natte en niet te droge zavel of klei. Optimaal is de vochtigheid die vereist is voor het ruggenfrezen van aardappels.



Opslag van vaste mest op het bedrijf van de Mts. Ferket te Biddinghuizen.  
Via de prefab platen kan de kraan bij de mest komen. De ondergrond links en rechts van deze platen is klei van meer dan 35% lutum die op dit bedrijf van oorsprong aanwezig is.

Breng zoveel natriumbentoniet (zweklei) gelijkmatig aan de oppervlakte aan dat na menging van deze bentoniet met een 20 tot 25 cm dikke kleilaag een bentonietgehalte van 6 gewichtsprocenten ontstaat. Klei in natuurlijke ligging weegt 1,2 tot 1,5 kg per liter. Meng met een landbouwfrees met zeer lage rij-snelheid en zeer hoog toerental de bentoniet door de bovenste 20 tot 25 cm.

Breng zoveel natriumbentoniet (zweklei) gelijkmatig aan de oppervlakte aan dat na menging van deze bentoniet met een 20 tot 25 cm dikke kleilaag een bentonietgehalte van 6 gewichtsprocenten ontstaat. Klei in natuurlijke ligging weegt 1,2 tot 1,5 kg per liter. Meng met een landbouwfrees met zeer lage rijsnelheid en zeer hoog toerental de bentoniet door de bovenste 20 tot 25 cm. Herhaal dit enige malen. Er mogen geen kluiten overblijven. Wals vervolgens de laag aan.

#### werkwijze op zandgronden

Hier kan in principe dezelfde procedure gevolgd worden als bij kleigronden maar nu moet 8 gewichtsprocent bentoniet worden toegevoegd.

#### leem

Ook leem kan gebruikt worden om een vloeistofdichte laag te krijgen. Leem is een meestal kalkloos materiaal dat in stuwwallen uit de ijstijden wordt aangetroffen. De leem moet minimaal 35% lutum bevatten. De werkwijze is dezelfde als bij zavel of klei. De leemlaag moet ook ongeveer 25 cm dik zijn.

#### afvoer van mest- en regenwater

Wettelijk is de opvang in een mestdichte put voorgeschreven. Bij de afweging van keuzes om hieraan te voldoen is het van belang mestwater en regenwater te onderscheiden. Wanneer het regenwater kan worden opgevangen speelt alleen het mestwater een rol. Wanneer alleen mestwater opgevangen moet worden is een kleinere en dus goedkopere opslag voldoende. Regenwater kan worden opgevangen door de mest onder een overkapping te bewaren of gebruik te maken van compostdoek. Compostdoek laat wel lucht maar geen water door. Het is gemaakt van polypropyleen, een relatief minder schadelijke plasticsoort.

Wanneer er toch afvoer is van mest- en regenwater is hiervoor een opslag noodzakelijk. Een open opslag wordt soms toegestaan. Deze is ook te maken van klei, leem of een bentoniet/zandmengsel. Ook bij gebruikmaking van een riet of biezenveld is wettelijk een open situatie toegestaan. Verder wordt ook wel een mestzak gebruikt.

Een relatief goedkope oplossing wordt toegepast op het bedrijf van Ferket. De mest wordt opgeslagen op een kleilaag. Op het laagste punt is een deel met kippengaas afgescheiden om te voorkomen dat er grof materiaal naar toe stroomt. Met een pomp wordt het vocht (regenwater en lekwater) in natte perioden opgezogen in een giertank en weer over de mest uitgesproeid. Bij zeer natte omstandigheden wordt het in een tank opgeslagen. Bij gebruik van een pomp is het van belang dat deze van zeer goede kwaliteit is. De pomp moet langere tijd droog kunnen draaien en ook grover materiaal kunnen verwerken. De capaciteit hoeft niet groot te zijn. De kosten van de pomp bedragen ongeveer € 700.

## **afdekken**

Dierlijke mest verliest tijdens de bewaring veel vocht. Dit is niet alleen vocht dat in de mest zit, maar ook vocht dat vrijkomt bij de vertering van de mest. Bij die vertering worden koolhydraten omgezet in koolzuurgas en water, dat weg kan lekken. Door dit waterverlies dreigt de mest te droog te worden. Onderzoek heeft bevestigd dat het niet altijd noodzakelijk is om een mesthoop af te dekken. Toch hebben de laatste jaren veel bedrijven met wateroverlast en te natte mest te maken. Dat kan te maken hebben met een slechte afwatering van de mestopslagplaats, met het uitgangsmateriaal en met de extreme regenval van de laatste jaren. Gebruik van compostdoek of een overdekte mestplaats bleken in die gevallen nodig te zijn. Ook zijn er methoden, zoals de CMC methode of de daarvan afgeleide systemen, waarbij het compostdoek een essentieel onderdeel is.

## **uitspoeling**

Bij uitspoeling gaat vooral kalium verloren. Vervolgens stikstof en in mindere mate fosfor. Uitspoeling treedt op bij lage droge stofgehalten van de mest. Onder invloed van de hogere druk onder in de hoop wordt vocht uit de hoop geperst. Aan de zijkant komt het er als mestwater uit. Dit mestwater is enerzijds vocht uit de mest zelf, anderzijds regenwater dat door de hoop naar beneden is getrokken.

Onderzoek naar uitspoeling uit opgeslagen vaste mest en compost is in Nederland nauwelijks uitgevoerd, wel in het buitenland.

- Scheller deed onderzoek bij twee mesthopen op zandgronden. De hopen lagen op akkers en niet op een vaste compostplaats. Er bereikte zo goed als geen nitraat of ammonium het grondwater.
- Paffrath vond bij een mesthoop een uitspoeling van 8 kg N03-N per 250 m2 mestplaats.
- Von Wistinghausen deed onderzoek bij twee mesthopen op een tuinbouwbedrijf op lemig zand. Per 50 ton stal mest verdween 10 kg N03-N in de richting van het grondwater. De hoeveelheid die het grondwater werkelijk bereikt zal kleiner zijn, omdat een deel onderweg denitrificeert.
- Berner onderzocht drie standplaatsen in Zwitserland. Uit dit onderzoek blijkt dat de uitspoeling sterk afhankelijk is van de wijze van composteren. Bij te droog composteren spoelt er veel nitraat uit. Bij te nat composteren spoelt er veel organische stikstof en ammonium uit. Bij goede composteringsomstandigheden spoelt er de minste stikstof uit. In tegenstelling tot de andere onderzoeken werd hier bij ongunstige composteringsomstandigheden wel een grote uitspoeling van stikstof aangetroffen.

## **procedure**

De beoordeling van toegepaste oplossingen berust steeds bij de gemeentes. Hier moet in eerste instantie contact mee worden opgenomen. Per gemeente kan het beleid sterk variëren. Het gebruik van klei of leem kan gezien bovenstaande geen reden zijn om toestemming te weigeren.

## **4.4 Beperking van verliezen**

### **Verliezen bij bewaring en compostering van mest**

Bij mestbewaring en compostering treden verliezen aan organische stof en mineralen op. Bij compostering kunnen deze verliezen geaccepteerd worden wanneer de verkregen nieuwe eigenschappen opwegen tegen de verliezen. Het is evenwel steeds van belang de verliezen zo veel mogelijk te beperken.

De verliezen kunnen het gevolg zijn van uitspoeling en van vervluchtiging. Op problematiek rond de verliezen zal ingegaan worden bij de bewaring en compostering van mest, de compostering van groenafval en bij de GFT-compostering.

### **Verliezen bij bewaring van vaste mest**

Bij de bewaring van vaste mest gaan droge stof en mineralen verloren. Wat betreft de belangrijkste mineralen gaat het vooral om stikstof en kalium. De verliezen aan fosfor zijn beperkt.

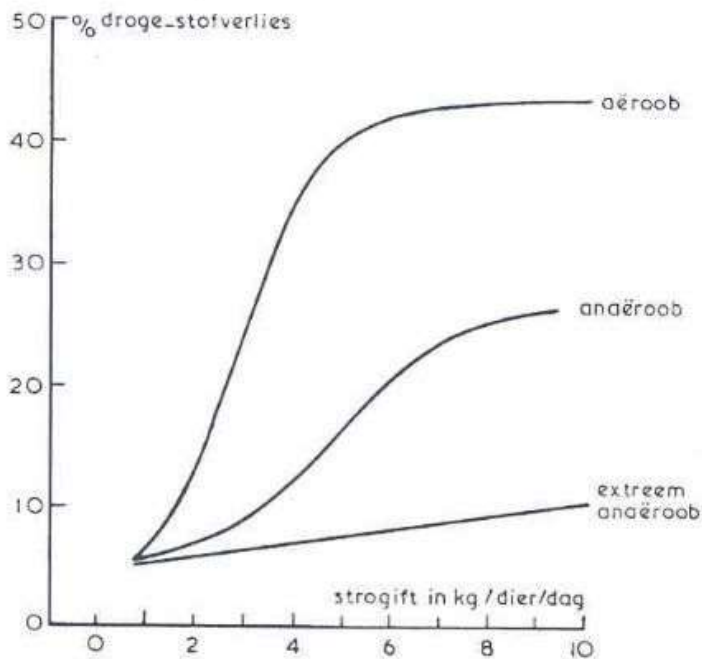
#### **verlies aan stikstof en droge stof**

Het stikstofverlies wordt bepaald door de hoeveelheid stro die wordt gebruikt, door de wijze van bewaring en door de wijze van afdekking. Verlies aan stikstof en aan droge stof zijn aan elkaar gekoppeld.

Wanneer veel stro wordt gebruikt is het percentage stikstof dat verloren gaat kleiner dan het percentage droge stof. In de overmaat aan koolstofrijk stro wordt stikstof gebonden. Bij een laag strogebruik gaat stikstof sneller verloren dan droge stof. De luchtarme en natte omstandigheden die dan ontstaan leiden tot extra stikstofverliezen door uitspoeling en gasvormige verliezen.

Het omslagpunt ligt bij 15% droge stofverlies. Boven 15% droge stofverlies gaat meer droge stof dan stikstof verloren.





Figuur 4.4.1. Uit: <sup>24</sup>

Dit figuur laat zien in hoeverre het droge stofverlies wordt bepaald door het strogebruik en de wijze van bewaring. Bij extreem anaërobe situaties treedt vrijwel geen droge stofverlies op. Bij anaërobe situaties waar toch beperkt lucht aanwezig is kan het verlies duidelijk groter zijn, vooral door  $N_2O$  verlies. Bij aërobe situaties worden de verliezen groter doordat ook het  $NH_3$  verlies toeneemt.

Tabel 4.4.1. Verlies aan stikstof bij bewaring van stalmest gedurende drie maanden (in procenten van totaal N).

	aëroob	normaal anaëroob	extreem anaëroob
<b>open bewaring</b>			
3 kg stro per dier per dag	24	17	13
10 kg stro per dier per dag	26	24	17
<b>overdekte bewaring</b>			
3 kg stro per dier per dag	17	12	8
10 kg stro per dier per dag	19	17	9

Als bewaren van mest en niet het composteren hoofddoel is, dan is het dus wenselijk tamelijk anaëroob te werken. Hiermee kan bij het opzetten van de hoop rekening worden gehouden. Verder is beperking van het strogebruik van belang om verliezen bij bewaring te voorkomen. Aan de temperatuur is makkelijk af te lezen of dit gelukt is: wordt deze hoog dan is er geen sprake van een anaërobe situatie.

## **kalium en fosfor**

Het verlies aan kalium is afhankelijk van de bewaringsduur, het droge stofgehalte en de wijze van afdekking. In tabel 4.4.2 zijn gemiddelde waarden aangegeven. Het blijkt dat er aanzienlijke verliezen aan kalium kunnen optreden. Kaliumrijke mest is vooral nodig op zandgronden, waar klaver in het gras van belang is. Daar moet je de nattere mest afdekken. Opvangen van mestwater is dan van belang.

Tabel 4.4.2. Kaliverlies in % na een bewaringsduur van 4 en 12 maanden.

	4 maanden	12 maanden
16% droge stof, afgedekt	27	27
30% droge stof, afgedekt	5	5
16% droge stof, niet afgedekt	40	50
30% droge stof, niet afgedekt	27	36



Mest uit een heuvelstal. Het mestwater loopt in een giertank. Foto: Hans Dijkstra - BvB

### Verliezen bij compostering van vaste mest.

De factoren die van invloed zijn op de verliezen bij bewaring van mest zoals strogebruik, mate van anaërobie en tijdsduur spelen ook bij compostering van mest een rol. Daarnaast treedt bij compostering een warmtefase op die extra verliezen kan geven. Er komt steeds meer onderzoek naar de verliezen bij compostering. De verliezen door vervluchtiging hebben vooral betrekking op NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> en N<sub>2</sub>O. Onder aërobe omstandigheden gaat het vooral om NH<sub>3</sub> en CO<sub>2</sub> en CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O onder anaërobe omstandigheden vooral om CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> en N<sub>2</sub>O. In het algemeen treden in een composthoop zowel aërobe als anaërobe omstandigheden op. Delen van de composthoop die niet in contact met de lucht staan zijn anaëroob. Daar waar er wel contact is kan de zuurstof slechts zeer beperkt de kluiten indringen. Het gaat om maximaal enkele micrometers. De lucht die door het omzetten van de hoop binnenkomt draagt nauwelijks bij aan een betere zuurstofvoorziening. Het naar boven opstijgen van warme lucht en het aan de zijkant instromen van zuurstofrijke lucht bepaalt de doorluchting in systemen waar geen geforceerde beluchting wordt toegepast. Steeds zullen er anaërobe plekken blijven en in ieder composteringsproces bestaan de verliezen daarom uit NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> en N<sub>2</sub>O.

De verhouding tussen de verschillende stoffen die verloren gaan en de mate waarin dit gebeurt hangt af van de samenstelling van het uitgangsmateriaal en de wijze van behandeling van het materiaal.

Onderzoek met varkensmest geeft inzicht in de invloed van de hoeveelheid stro die wordt toegediend. Door het bijmengen van stro werd de oorspronkelijke dichtheid van 1100 kg per m<sup>3</sup> teruggebracht tot respectievelijk 700 en 560 kg per m<sup>3</sup>. De veranderingen in de stikstof fractie na 50 dagen composteren zijn te zien in tabel 4.4.4.

Tabel 4.4.4. Veranderingen in de stikstof fractie na 50 dagen compostering (% van oorspronkelijke hoeveelheid N).

Dichtheid (kg/m <sup>3</sup> )	1100	700	560
verlies aan N	10	40	40
(in 50 dagen)			
over aan NO <sub>3</sub> -N	0	5	20
over aan NH <sub>4</sub> -N	50	5	10
over aan org-N	40	50	30
totaal	100	100	100

Bron: <sup>25</sup>

Uit de resultaten blijkt dat een relatief nattere compost de minste verliezen kent. De mest blijft dus beter bewaard. Bij meer stro neemt het verlies sterk toe en ontstaat er vooral meer nitraat-stikstof.

Bij meer stro neemt het C/N verhouding toe en in dit geval het totale N verlies niet. Dat is geheel in overeenstemming met wat bij de bewaring van mest is vermeld. Bij een C/N verhouding van 30 of hoger zijn er nauwelijks meer verliezen aan stikstof.

### omzetten

Omzetten heeft invloed op de verliezen.<sup>25</sup> Tabel 4.4.5 laat de verliezen zien van varkensmest bij niet omzetten en na 3 maal omzetten.

Tabel 4.4.5. Verliezen van varkensmest na 120 dagen als percentage van de oorspronkelijke hoeveelheid.

	niet omzetten	3 x omzetten
organische stof	39	57
NH <sub>3</sub>	1,8	3,5
N <sub>2</sub> O	7,3	2,2
CH <sub>4</sub>	12	1

Bron: <sup>16</sup>

## Stikstofverlies bij aërobe compostering

% verlies aan stikstof

15	Klapp 1967
15	Tietjen 1963
16	Klapp 1967
17	Vogtmann en Ott 1980
22	Roemer et al 1955
24	Nehring en Schliemann 1952
28	Schulz 1952
28	Vogtmann en Ott 1980
31	Vogtmann en Ott 1980
35	Klapp 1967
50	Becker 1934

Bron: <sup>26</sup>

Niet omzetten geeft vooral emissies van de broeikasgassen N<sub>2</sub>O en CH<sub>4</sub> en ook het grootste verlies aan totaal stikstof.

### verliezen N en OS.

Zoals uit het voorgaande blijkt heeft de samenstelling en de wijze van omzetten grote invloed op de verliezen. Het is dan ook niet verwonderlijk dat in de literatuur uiteenlopende getallen over stikstof- en organische stofverliezen worden gevonden

Uit deze grote verschillen blijkt wel hoe groot de invloed is van de omstandigheden. De volgende vuistregel heeft zich in de praktijk al langer bewezen: 20% verlies aan stikstof bij zeer zorgvuldig werken, 40% verlies onder normale praktijkomstandigheden en 60% verlies bij ongunstige omstandigheden.

### beperken verliezen Beperken van verliezen is mogelijk door:

- genoeg koolstof, die bereikbaar is voor de organismen in de composthoop. Werk daarom met een hoge C/N verhouding
- voldoende hoog vochtgehalte, boven de 50%
- een temperatuur niet hoger dan 55°C
- enkele malen (twee tot drie keer) omzetten. Niet omzetten en vaak omzetten (meer dan 4 keer) verhogen de emissies

- een niet te hoge pH-waarde bij de start

#### **4.5 Toevoegingen en hulpmiddelen**

Over Cobio-litière, Bio Aktief poeder, EM, Bokashi en FIR.

##### **Bacteriën, Cobio-litière**

Veel producten zijn op basis van bacteriën. Een voorbeeld hiervan is cobio-litière. Dit product, op de markt gebracht door Slootsmid te Laren, moet aan het strobed van vee worden toegevoegd. Het bevordert het omzettingsproces door een combinatie van bacteriën. Volgens de producent zijn dit de effecten van het middel:

- het strobed wordt droger
- de stank wordt minder
- minder ziektekiemen

##### **Bio Aktief Poeder**

Holland Green B.V. te Hedel brengt producten op de markt onder de naam Bio Aktief Poeder. Er zijn producten voor het toevoegen aan veevoeder, drinkwater en mest. Deze producten zouden de mest een hoge zuurstofactiviteit geven, met minder ammoniak en stank als gevolg. Ook zou het composteringsproces beter verlopen en bij bemesting de hoge zuurstofactiviteit positief doorwerken in de bodem.

##### **Effectieve micro-organismen (EM)**

EM is een gemengde cultuur van nuttige bacteriën (hoofdzakelijk bestaande uit fotosynthetiserende bacteriën en melkzuurbacteriën), gisten en schimmels (onder meer actinomyceten). Deze cultuur kan geënt worden ter verhoging van de microbiële diversiteit in de bodem of in een vloeibare medium.

##### **fermentatie**

Effectieve micro-organismen is een vinding van Prof. Dr. Teruo Higa van de universiteit van Ryukyus in Okinawa (Japan). Het preparaat kan voor vele doeleinden worden ingezet, zoals het omzetten van organisch materiaal. Higa spreekt over fermenteren in plaats van composteren, omdat het is te vergelijken met het inkuilen van gras of maïs, of met de omzetting van witte kool in zuurkool. De uitgangsmaterialen worden min of meer anaëroob opgezet en na toevoeging van EM verzuren de uitgangsmaterialen onder invloed van melkzuurbacteriën en gisten. Ze worden aldus geconserveerd. De bedoeling is om de werkelijke afbraak pas op het veld te laten plaatsvinden, zodat de energie en de voedingsstoffen ook daar beschikbaar komen.



De temperaturen blijven tijdens het fermentatieproces onder de 40°C, waardoor de structuur van het materiaal niet zoveel verandert. De pH zakt naar 3,5 tot 4 en dat is een reden om niet teveel eindproduct te gebruiken: 1 à 4 ton per ha.

## **Bokashi**

Bokashi is de Japanse naam voor gefermenteerd organisch materiaal. Het wordt gemaakt door een mengsel van bierbostel, tarwezemelen en dinkeldoppen (spelt), bentoniet kleimineralen, zeeschelpenkalkmeel en melasse te fermenteren met EM als toevoeging. Omdat vrijwel alle verse organische materialen voor het fermentatieproces gebruikt kunnen worden, is het mogelijk om Bokashi zelf te maken.

## **effecten**

Volgens Agriton (zij werken met EM) heeft het EM-preparaat de volgende effecten:

- het bevordert het kiemen, bloeien, de vruchtzetting en de rijping van gewassen.
- het verbetert de fysische, chemische en biologische toestand van de bodem en onderdrukt de door de bodem voortgebrachte ziekteverwekkers en plagen.
- het verhoogt de benutting van de fotosynthese door de gewassen
- het bevordert de kieming en een betere beworteling van de plant
- het verhoogt het rendement van de organische stof als bemesting

Voor uitgebreide informatie over EM is het volgende boek aan te raden: Effectieve micro-organismen, voor een duurzame landbouw en een gezond milieu, Teruo Higa, uitgeverij Jan van Arkel, 1998 (ISBN 90 6224 405). Hierin wordt door Agriton dieper ingegaan op de werking en toepassing van EM in de landbouw.

---

## **Frits van Ham, Agriton:**

“Van de fotosynthese zou eigenlijk efficiënter gebruik gemaakt kunnen worden. Het potentiële benuttingspercentage van de plant om zonlicht om te zetten in koolhydraten ligt tussen de 10 en 20%. De werkelijke benutting bedraagt in de praktijk echter minder dan 1%. Zelfs sommige C4 planten, zoals suikerriet, overschrijden zelden een benuttingspercentage van 6 tot 7%. In vroegere studies nam men aan dat het benuttingspercentage van zonlicht voor de fotosynthese niet verder verhoogd kon worden. De productie van de biomassa zou een maximum niveau hebben bereikt. Maar door het zichtbare licht en de infrarode straling beter te benutten, kan de productie van biomassa verder worden verhoogd. Tevens zou men een methode moeten ontwikkelen om een beter hergebruik te realiseren van de energie die in plantaardige en dierlijke afvalstoffen aanwezig is, waardoor deze organische moleculen direct door de plant kunnen worden opgenomen. Het is dus moeilijk om de bestaande limiet in de opbrengst te overschrijden, tenzij men beter gebruik maakt van de energie afkomstig uit het zonlicht en uit bestaande organische moleculen, zoals aminozuren,

peptiden en koolhydraten. Deze benadering kan helpen om problemen van milieuvervuiling en bodemdegradatie op te lossen die worden veroorzaakt door een overmatig gebruik van kunstmeststoffen en chemische bestrijdingsmiddelen. Er is een dringende behoefte aan nieuwe landbouwmethoden, die geen kunstmeststoffen en bestrijdingsmiddelen toepassen. Deze ontwikkeling is nu en in de toekomst van vitaal belang voor de landbouw en het milieu. Maar ook voor het recht van de mens om gezond en veilig voedsel tot zich te nemen”





	Compost	Bokashi
<b>Karakteristieken proces</b>		
Aanwezigheid zuurstof	*	-
Procestemperatuur	55-65 graden	35-40 graden
Noodzakelijke toevoegingen	Geen	Kalk, klei en 'Microferm'
Procesvoering	Opzetten composthoop, vervolgens regelmatig omzetten.	Opzetten van kuil volgens 'lasagne principe', vervolgens geen bewerkingen nodig.
Omzetting tijdens proces	Vergaande biologische afbraak totdat een stabiel, humusrijk product ontstaat.	Alleen fermentatie, waardoor het product Bokashi een 'halfabricaat' is (afbraak gaat verder wanneer Bokashi in contact met lucht komt).
<b>Karakteristieken product</b>		
Organische stof	Gestabiliseerd, omgevormd in humus.	Verse koolstof nog aanwezig (afbraak vindt plaats in eerste jaar na toediening in de bodem).
Landbouwkundige waarde	Aanvoer organische stof en bemestende waarde.	Stimulering van bodemleven.
Veiligheid	Gegarandeerde afbraak van onkruid- en ziektekiemen.	Onduidelijk (nog niet vastgesteld).
Kosten	Totale kosten €15-20/ton.	Kosten hulpstoffen €9-10/m <sup>3</sup> Geen gegevens beschikbaar over operationele kosten en investeringen.
Wettelijke status	Als meststof onder de Meststoffenwet met gedeeltelijke N+P vrijstelling.	Geen erkende meststof.

In 2016 is Bokashi door de Bedrijfsvereniging Organische Reststoffen (BVOR) geëvalueerd.

Opvallend zijn de hoge kosten (bijna 10 euro per m<sup>3</sup>) van de hulpmiddelen die moeten worden toegevoegd. Onderzoek dat uitwijst dat dit de moeite waard is, is nog niet voorhanden, maar er lopen diverse experimenten.

Het Louis Bolk Instituut heeft in 2015 onderzoek gedaan naar het verschil tussen inkuilen volgens de Bokashi methode en 'traditioneel' inkuilen. De conclusie van dit onderzoek was dat in Bokashi een hoger gehalte melkzuur aanwezig is vergeleken met traditioneel ingekuild gras, wat aangeeft dat in de kuil met toevoegingen meer omzetzactiviteit aanwezig is. De fermentatie gaat sneller. (Louis Bolk Instituut, 2015, 'Verwerken van maaisel voor landbouwkundig gebruik – waarde van compost, Bokashi en bermgraskuil als meststof'). Voorlopig lijkt het toch waarschijnlijk dat de hoge kosten van de hulpmiddelen niet terug verdient worden. Mocht onderzoek uitwijzen dat fermenteren gunstig is dan kan dat waarschijnlijk ook goed zonder de dure toevoegingen. Fermenteren wordt ook bij bijvoorbeeld de zuurkoolbereiding toegepast. Hier hebben toevoegingen nooit een positief effect gehad.

## Groenaval.

Bij de verwerking van groenafval of maaisel uit natuurgebieden zijn er vrij hoge kosten voor het afleveren van het materiaal bij een groencomposteerbedrijf. Het gaat dan om transportkosten en afleverkosten. Toepassing van de Bokashi methode ziet er financieel dan wat anders uit



Bereiden van Bokashi uit bladafval bij Leusden in een plastic luchtdichte tunnel, oktober 2016. Of dit wettelijk toegestaan is, is nog niet duidelijk, zie hieronder

Op 14 februari 2017 publiceerde de BVOR onderstaande tekst (vet) met kritiek op Bokashi. Hier en daar onze opmerkingen, niet vet.

### **De Bokashi-hype ontrafeld door de BVOR**

#### *10 vragen en antwoorden*

*Bokashi is een hype. Promotors van Bokashi claimen tal van agronomische en milieukundige voordelen. Daarbij zetten zij zich af tegen bewezen technologieën als compostproductie. De hierbij gebruikte argumenten bevatten onjuistheden en zijn vaak weinig genuanceerd.*

*Deze factsheet gaat in op een aantal vragen en claims rond Bokashi. Het doel hiervan is een meer genuanceerd beeld te geven van voor- en nadelen van Bokashi en de regelgeving die van toepassing is bij productie en toepassing van Bokashi. Wat is Bokashi?*

*Bokashi is de naam van een product dat ontstaat bij de fermentatie van organisch materiaal. Kenmerkend bij Bokashi is het toevoegen van hulpstoffen en het laagsgewijs opbouwen van het te fermenteren materiaal en de hulpstoffen (lasagne model). Gebruikte hulpstoffen zijn effectieve micro-organismen ('Microferm'), zeeschelpenkalk en kleimineralen.*

*Ten onrechte wordt de naam Bokashi ook nogal eens misbruikt voor het simpelweg inkuilen of het op hopen leggen van organische reststromen.*

*-Wat is het verschil tussen het fermentatieproces van Bokashi en een composteerproces? In bovenstaande tabel zijn de belangrijkste karakteristieken van het composteerproces en het maken van Bokashi met elkaar vergeleken.*

*-Hoe zit het met de claim dat 'bij Bokashi waardevolle componenten zoals organische stof, koolstof en energie behouden blijven, terwijl die bij composteren grotendeels verdwijnen'?*

*Deze claim is onjuist. Bij composteren wordt tijdens het composteerproces gemakkelijk afbreekbare organische stof afgebroken tot stabiele humus. Bij Bokashi wordt deze afbraak uitgesteld: in de Bokashi-kuil blijft de organische stof weliswaar behouden. Echter, de organische stof wordt alsnog afgebroken nadat het materiaal op het land is uitgereden (en dus in contact komt met zuurstof). Bovendien onttrekt het materiaal dan zuurstof en stikstof van de bodem. Het gaat dus om een ander moment waarop de organische stof en koolstof worden omgezet. Opmerking GBB: dit is niet geheel juist. Bij composteren gaat er wel degelijk meer organische stof verloren dan bij de Bokashi methode. De vraag is of dit erg is. De makkelijke verteerbare fractie gaat in de bodem ook snel verloren en deze fractie kan ook negatief op de bodem werken. Alleen meerjarig onderzoek kan antwoord op deze vraag geven en dat is nooit uitgevoerd. .*

*-Levert Bokashi dan wel of niet meer organische stof voor de bodem dan compost?*

*Bokashi bevat vers organisch materiaal, bij compost is dit in het composteerproces afgebroken tot stabiele humus. De hoeveelheid vers organisch materiaal die je met Bokashi opbrengt is om die reden groter dan met het opbrengen van compost.*

*Voor de bodemkwaliteit op lange termijn is echter niet de hoeveelheid vers organisch materiaal van belang, maar de hoeveelheid Effectieve Organische Stof (EOS). EOS is de hoeveelheid organische stof die een jaar na toedienen nog aanwezig is (aangegeven door het humificatiecoëfficiënt). Dit is de humus die langjarig in de bodem blijft gebonden. Het aandeel humus is in compost veel groter dan in Bokashi. Het humificatiecoëfficiënt van compost is 90%, terwijl het humificatiecoëfficiënt van Bokashi, grassen en maaisels onder de 35% ligt. Opmerking GBB: het gaat niet alleen om organische stofopbouw, maar ook om voeding van het bodemleven. Dat verzorgt Bokashi mogelijk meer, maar of dit goed is en de lagere organische stofbouw compenseert is nog niet bekend.*

*-En hoe zit het dan met het koolstofbehoud deel bij Bokashi, en de bijdrage aan het tegengaan van klimaatverandering?*

*Voor het tegengaan van klimaatverandering is van belang dat koolstof langjarig opgeslagen (gebonden) blijft in de bodem. Dit is alleen het geval wanneer deze koolstof in de vorm van stabiele organische stof aanwezig is (humus). Opmerking GBB: dit kon wel eens waar zijn.*

*Zoals bij hierboven aangegeven, breekt de gemakkelijk afbreekbare organische stof snel af nadat Bokashi op het land is gebracht. De hierin opgeslagen koolstof komt dan vrij als CO<sub>2</sub>. Kortom: deze koolstof draagt niet bij aan het tegen gaan van klimaatverandering.*

*-Is Bokashi een veilig product?*

*Veilig betekent onder meer dat het vrij is van onkruidzaden en plantpathogenen. Er is géén onderzoek dat aantoont dat onkruidzaden en plantpathogenen in de Bokashi-kuil effectief worden afgedood. Met andere woorden: wanneer de input voor Bokashi onkruidzaden en plantpathogenen bevat is het aannemelijk dat deze zich verspreiden wanneer Bokashi op het land wordt gebracht.*

*Bij een gecontroleerd composteerproces (55-65 °C gedurende meerdere dagen) worden onkruidzaden en plantpathogenen wél effectief afgedood. Deze hygiënisatie is van oudsher een belangrijke reden om organische reststromen te composteren. Opmerking GBB: de hogere temperatuur van groencompost zal zonder meer meer zaden en ziekten doden, maar de hogere temperatuur gaat wel ten koste van de kwaliteit van de compost*

*-En invasieve exoten dan?*

*Invasieve exoten zijn planten die van origine niet in Nederland voorkomen en door hun sterk woekerende werking inheemse soorten verdringen. Ze veroorzaken overlast en schade zorgen. Voorbeelden zijn de grote waternavel, de Japanse duizendknoop en de Reuzenberenklauw.*

*Wanneer delen van deze planten in maaisel voorkomen is zorgvuldige verwerking gewenst om te voorkomen dat verdere verspreiding optreedt. Van belang is dat gegarandeerde afdoding plaatsvindt*

van zaden en andere plantdelen waaruit deze soorten zich vermeerderen. Bokashi geeft die garantie niet.

Een composteerproces kan wel voor effectieve afdoding zorgen. Het proces moet hiertoe zorgvuldig worden ingericht en gemonitord. Het certificatieschema 'Erkende verwerker invasieve exoten' specificeert eisen voor de verantwoorde verwerking van invasieve exoten. Opmerking GBB: bij gebruik in de landbouw speelt dit niet.

-Mag Bokashi eigenlijk wel worden toegepast als bodemverbeteraar?

Het gebruik van bodemverbeteraars valt onder de Meststoffenwet. De regels hiervoor staan beschreven in de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet. Allereerst moet worden vastgesteld onder welke categorie meststof Bokashi zou kunnen vallen. Aangezien Bokashi geen dierlijke mest, zuiveringsslib, compost of kalkmeststof is, zou het moeten vallen in de categorie 'overige organische meststof'. Om een overige organische meststof te mogen toepassen, moet deze vermeld staan in bijlage Aa (behorende bij artikel 4 uit de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet). Bokashi staat hier niet op vermeld, is dus geen erkende meststof en mag niet worden verhandeld en toegepast als bodemverbeteraar.

Een uitzondering hierop vormt Bokashi die door een akkerbouwer op eigen terrein met eigen organisch materiaal is geproduceerd. Dit product mag hij toepassen als bodemverbeteraar op zijn eigen gronden

-Hoe zit het met de Bokashi en de Vrijstellingregeling plantenresten ('Kleine Kringloop')? De meststoffenregelgeving staat rechtstreekse afzet van bermgras, slootmaaisel en ander groenafval aan de landbouw niet toe. Er bestaat een regeling die hierop een uitzondering maakt, namelijk de 'Vrijstellingsregeling plantenresten en tarragrond'. Deze wordt ook wel aangeduid als de Kleine Kringloop.

De Vrijstellingsregeling is een uitzondering van het stortverbod buiten inrichtingen. De regeling staat onder een aantal voorwaarden toe dat deze maaisels binnen één kilometer van de plaats van vrijkomen rechtstreeks op of in de bodem mogen worden gebracht. De Vrijstellingsregeling voorziet niet in tussentijdse behandeling van het materiaal via fermentatie, compostering of anderszins, noch staat zij het toevoegen van hulpmiddelen toe (bijvoorbeeld de 'Microferm'). Bokashi productie is dus binnen de Vrijstellingsregeling/Kleine Kringloop niet toegestaan.

*-Is voor het maken van Bokashi een vergunning nodig?*

*Wanneer Bokashi wordt gemaakt op een inrichting van een ondernemer in de zin van het Besluit Omgevingsrecht (BOR), is de vergunningsplicht dan wel het Activiteitenbesluit van toepassing. Bokashi mag worden gemaakt op een inrichting met een Omgevingsvergunning voor het be-, en verwerken van organische reststromen, mits het fermenteren in de vorm van Bokashi specifiek is vergund.*

*Een inrichting zonder Omgevingsvergunning mag volgens het Activiteitenbesluit tot 600 m<sup>3</sup> groenafval innemen, versnipperen/bewerken en composteren, mits aan een aantal voorwaarden is voldaan. In de eerste plaats mag het alleen gaan om groenafval of gewasresten die afkomstig zijn van het eigen bedrijf, of van eigen werkzaamheden buiten het bedrijf. In de tweede plaats mag geen sprake zijn van hinder naar de omgeving en van milieurisico.*

*Hoewel het maken van Bokashi niet specifiek is benoemd in het Activiteitenbesluit, zou men dit als*

*'bewerken' van groenafval kunnen aanmerken. Voorwaarde is dan wel dat adequate milieuvoorzieningen aanwezig zijn, zoals een bodembeschermende voorziening.*

*Contact*

*Neem voor meer informatie contact op met de BVOR via [info@bvor.nl](mailto:info@bvor.nl).*

Opmerking GBB: Wacht even met Bokashi tot er meer onderzoek beschikbaar is. De kans dat je veel investeert in iets wat weinig of niets oplevert is groot.

## **FIR systeem**

Het FIR systeem heeft als doel de kwaliteit van drijfmest te verbeteren. Dit wordt gedaan door aan het veevoer een voederadditief (FIR-MMC) toe te voegen. Volgens het FIR-systeem heeft het toevoegen van voederadditief de volgende effecten:

- betere vertering van de rantsoen, waardoor in de mest minder onverteerde delen voorkomen

- afvalstoffen die bij de vertering vrijkomen worden geabsorbeerd, waardoor er meer bacteriën en schimmels aanwezig zijn
- verschuiving van ammoniak naar organische-N in mest, met als gevolg minder stank en minder emissie

## **humesteren**

Een ander onderdeel van het FIR-systeem is humesteren. Dit is een vorm van mestverwerking waarbij de voorbehandelde drijfmest verwerkt wordt tot een steekvaste mest. Met voorbehandelde drijfmest wordt bedoeld dat het voederadditief (zie hierboven) is ingezet in het rantsoen. Bij humesteren wordt drijfmest vermengd met organisch materiaal zoals natuurhooi. Dit kan op het eigen bedrijf plaatsvinden. Het eindproduct wordt humest genoemd. Het proces van humesteren is hetzelfde als bij composteren. Zie voor het composteringsproces hoofdstuk 4.1 en voor de techniek in hoofdstuk 4.6.

In de praktijk blijkt dat bij droog natuurhooi (ongeveer 80% DS) en bij weinig of geen neerslag, 3 à 4 gewichtsdelen drijfmest kunnen worden toegevoegd aan 1 gewichtsdeel hooi. Bij meer neerslag zal er minder drijfmest in het materiaal opgenomen kunnen worden.

### **Een praktijkervaring met humesteren op het bedrijf Mts Bouwmans vanaf 1998.**

De Maatschap Bouwmans is in januari 1998 begonnen met het toepassen van het FIR-systeem. Sinds die tijd is er op het bedrijf continu gehumesteerd en is er ervaring met het systeem opgedaan. De zogeheten jonge ontginningsgronden rondom het bedrijf zijn te typeren als arme zandgrond met een organische stofgehalte van ongeveer 2 à 3%. Deze gronden zijn droogtegevoelig en vertonen amper bodemleven. Jaarlijks is ongeveer 25 m<sup>3</sup> humest per ha uitgereden. Het organische stofgehalte op die percelen is sinds 1998 gestegen tot ongeveer 5 à 6%. Dit is een toename van ongeveer 100%. Deze stijging van het organische stofgehalte heeft onder meer tot gevolg gehad dat het wormenbestand fors is toegenomen: in de herfst van 2000 werden 200 wormen per m<sup>2</sup> geteld. Hoewel daar geen metingen aan zijn verricht bestaat sterk de indruk dat het waterbufferend vermogen op deze percelen is toegenomen. De kunstmestgift kon flink worden teruggebracht. De voorbehandelde drijfmest is reukarm bovengronds verwerkt en heeft hierdoor een ongeveer 50% hogere mineralenbenutting. Die van de humest op het land benadert de 80 à 90% en de stal-emissie is verwaarloosbaar klein. Het krachtvoergebruik is verminderd met ongeveer 20%. Het ruwe celstofgehalte van de eigen ruwvoerders is verhoogd. De maatschap Bouwmans heeft in de afgelopen 3 jaar aangetoond dat de mineralenbenutting van zowel de voorbehandelde drijfmest als van de humest goed omhoog is gegaan. Verder concludeert de maatschap dat zij ongemerkt hun bedrijfskringloop in de richting van een biologisch duurzame landbouw hebben verbeterd. Dat past in het kader van de ontwerp-Wet Reconstructie Zandgronden.

### **4.6 De bereiding van vaste mest uit stro en drijfmest.**

Het is mogelijk om uit drijfmest vaste mest te maken door deze te mengen met stro. Nodig is hiervoor een opslagmogelijkheid met een vloeistofdichte laag. Deze laag kan van beton zijn maar kan



ook van zware klei of een mengsel van bentoniet en zand of zavel gemaakt worden (zie 4.3). Een probleem bij het proces is dat het stro op de drijfmest gaat drijven. Omdat het dan niet goed mengt neemt het onvoldoende vocht op. Het werken in lagen is hiervoor een oplossing: eerst wordt een laag stro aangebracht, vervolgens wordt hier drijfmest over uitgebracht en met bijvoorbeeld een kraan enigszins gemengd. Na een dag inweken kan een nieuwe laag stro en drijfmest worden aangebracht. Vervolgens worden meerdere lagen stro en drijfmest aangebracht. Drie lagen stro en drie lagen drijfmest zijn in het algemeen voldoende om een laag mest met een dikte van 1 tot 1,5 m te bereiden. Met 1 ton stro kan ongeveer 5 ton drijfmest verwerkt worden. Na enkele dagen kan de mest met een kraan op een hoop worden opgezet om te bewaren of om te composteren. De gehalten van de zo bereide mest zijn te vergelijken met die van potstalmest.

### **strofiltermest**

Met de bereiding van vaste mest uit stro met het strofiltersysteem is tot nu toe alleen ervaring opgedaan met varkensmest. Ook met andere soorten drijfmest kan dit systeem toegepast worden.

Het strofilter is een mestscheiding waarbij de drijfmest over een licht aflopende vloer vloeit met daarop een laag stro. De dikke fractie blijft in het stro achter. De dunne fractie komt via een afvoergoot in een opslag. Bij een experiment bleek 1 m<sup>3</sup> zeugenmest (4,1% droge stof) met 4 kg tarwestro te scheiden te zijn in 885 kg dunne fractie (1,3% droge stof) en 115 kg dikke fractie (34% droge stof).

Strofiltermest heeft veel organische stof. Ook bevat hij veel fosfaat, dat achterblijft als stikstof en kalium voor een belangrijk deel in de dunne fractie terecht komen. De mest is daarom vooral geschikt voor situaties waar organische stof en fosfaat van belang zijn. De toepasbaarheid is daarom beperkt. Problemen bij de productie van deze mest zijn de ammoniakemissie bij de bereiding en de beperkte toepasbaarheid van de dunne fractie.

composteren van strofiltermest met groencompost

De strofiltermest kan gecomposteerd worden met dezelfde uitgangsmaterialen die voor groencompost gebruikt worden. Bij een experiment op een groencomposteerbedrijf te Hattemerbroek<sup>29</sup> werden bermgras, houtige snippers en strofiltermest gecomposteerd. De compostering duurde 8 weken bij 60-70°C. Met de shovel werd er 3 maal omgezet.

De eigenschappen van de uitgangsmaterialen en de eigenschappen van de compostsoorten zijn weergegeven in tabel 4.6.1 en 4.6.2.



Onderzoek naar de bereiding van vaste mest uit drijfmest en stro bij het Louis Bolk Instituut te Driebergen.

Tabel 4.6.1. Samenstelling uitgangsmaterialen compost van bermgras, snippers en strofiltermest in kg per ton.

	bermgras	snippers	strofiltermest
droge stof	780	660	240
organische stof	555	350	180
stikstof (N)	15	4,5	6,0
fosfaat ( $P_2O_5$ )	4,9	1,6	12,2
kalium ( $K_2O$ )	15,6	3,7	4,8
C/N verhouding	37	78	30

Tabel 4.6.2. Berekende samenstelling mengsels voor composteren.

mengsel	bermgras %	24	20	19
	snippers %	76	65	51
	strofiltermest %	0	15	30
droge stof		690	620	560
organische stof		400	365	340
stikstof (N)		6,9	6,8	6,7
fosfaat ( $P_2O_5$ )		2,4	3,9	5,5
kalium ( $K_2O$ )		6,5	6,2	6,7
C/N verhouding		58	53	50

techniek - Handboek Mest en Compost

Tabel 4.6.3. Samenstelling composten van verschillende mengsels.

mengsel	bermgras %	24	20	19
	snippers %	76	65	51
	strofiltermest %	0	15	30
droge stof		610	500	570
organische stof		183	170	222
stikstof (N)		5,1	5,5	7,4
fosfaat ( $P_2O_5$ )		2,3	3,5	5,9
kalium ( $K_2O$ )		49	4,5	6,9
C/N verhouding		35	31	30

de compost is veel rijker aan voedingsstoffen en waarschijnlijk ook rijker

Wat opvalt bij alle drie de composten is dat de C/N verhouding 30 of hoger is en dat er op korte termijn geen stikstoflevering te verwachten is. Omdat de groencompost van alleen bermgras en snippers een laag fosfaatgehalte van 2,3 kg per ton heeft, zijn er binnen MINAS ruime toepassingsmogelijkheden. Door het mengen met de strofiltermest neemt het fosfaatgehalte toe en daarmee de gebruiksmogelijkheden binnen MINAS af. Dit lijkt ongunstig, maar de compost is veel rijker aan voedingsstoffen en waarschijnlijk ook rijker aan makkelijk verteerbare organische stof. De

positieve invloed op bodemleven, bodemstructuur en ziekteverendheid van de bodem is daarom mogelijk groter.

#### **4.7 Overleven van ziektekiemen tijdens de compostering**

##### **Inleiding**

In mest en groenafval kunnen zich ziekteverwekkers bevinden. Tijdens het composteren zullen de meeste ziekteverwekkers het loodje leggen of geïnactiveerd worden. In welke mate hangt af van de omstandigheden: niet alleen de temperatuur, maar ook de mate van anaërobie en de vochtigheid spelen mee. Ook de gebruikte mechanisatie en de manier van werken van de composteerder hebben invloed.

In deze paragraaf wordt vooral gekeken naar ziekteverwekkers waar planten last van hebben en die in de bodem voorkomen: schimmels, bacteriën, virussen en aaltjes. In de volgende paragraaf worden de voor mensen vervelende ziekteverwekkers bekeken.

##### **analyse**

Het is vaak lastig om door een simpele test de aanwezigheid van ziekteverwekkers in het eindproduct van de compostering aan te tonen. Dat komt omdat je lage concentraties al moet opsporen. Daarom zijn er gespecialiseerde bedrijven, zoals het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek (BLGG) in Oosterbeek, die bijvoorbeeld testen uitvoeren op aaltjes, virussen en schimmels in compost.

##### **toetsplant**

Een andere test om besmetting aan te tonen is een gevoelige plant te laten groeien in een mengsel van compost en steriele grond. Dit kan sneller tot resultaat leiden dan het daadwerkelijk opsporen van de organismen. Het is belangrijk dan de plant te kiezen die later geteeld zal worden. Op het moment worden komkommer, bloemkool en rode biet veel gebruikt.

##### **procescontrole**

Het composteringsproces kan ziekteverwekkers in het uitgangsmateriaal uitschakelen. Het kan dus belangrijk zijn om dit proces te beoordelen op kiemdodende eigenschappen, vooral als je niet weet of er ziekteverwekkers in je uitgangsmateriaal zitten.

Dit lijkt eenvoudiger dan het is: je moet de resistentie van de verschillende ziekteverwekkers kennen om vervolgens de voorwaarden te kunnen formuleren.

##### **warmteontwikkeling**

De fusariumschimmel die verwelkingsziekte in aubergine veroorzaakt, wordt gedood door een verblijf van 4 uur bij 55°C onder vochtige omstandigheden. Door eenvoudigweg de temperatuur te meten kun je al vaststellen of je risicovrij een afgedragen auberginegewas kan composteren.

Alleen kijken naar dit soort procesparameters zegt echter niet alles, omdat een gedeelte van de hoop altijd iets koeler kan blijven. Ook bestaat het risico dat rijpe compost met het verse uitgangsmateriaal in aanraking komt.

### **indicatororganismen**

Het proces kan ook indirect beoordeeld worden, met behulp van indicatororganismen. Zo kun je bijvoorbeeld kijken naar het vóórkomen van de doorgaans onschadelijke, maar makkelijk te bepalen bacteriën van de coligroep die altijd in menselijke en dierlijke feces voorkomen. Hoe minder coli-bacteriën er voorkomen, hoe minder ziekteverwekkers je mag verwachten.

Je moet dan wel de overlevingscondities van potentiële ziektekiemen kennen, zodat je die kunt vergelijken met die van de indicator. Zo kun je een overlevingsrisico inschatten.

Om een idee te krijgen van de overlevingstemperaturen van verschillende schadelijke organismen worden in tabel 4.7.1 en 4.7.2 enkele vuistwaarden gegeven, bepaald bij gegeven condities. Virussen kunnen overleven nog bij hoge temperaturen. Schimmels en bacteriën kunnen minder hebben en aaltjes zijn al heel snel geëlimineerd.

**Tabel 4.7.1. Inactivatietemperatuur (°C) van bodemvirussen, bij een behandeling van 10 minuten in plantenvocht.**

tabaksmozaïekvirus	90 - 95
tomatenmozaïekvirus	85 - 90
tabaksnecrosisvirus	70 - 90
tabaksratelvirus	80 - 85
komkommerneecrosisvirus	75 - 80
zwakke bietenvergelingvirus	65 - 70
Arabis mozaïcavirus	55 - 60
meeste plantenvirussen	52 - 70

Tabel 4.7.2. Inactivatietemperatuur (°C) van bodemaaltjes, schimmels en bacteriën bij een behandeling van 30 minuten in vochtige grond.

<i>Olpidium brassicae</i>	55 - 62
<i>Plasmodiophora brassicae</i>	55 - 62
<i>Fusarium oxysporum</i>	55 - 62
de meeste schadeverwekkende bacteriën en schimmels (inclusief de sclerotien-vormende soorten)	45 - 55
aaltjes	50 of lager

### Overleven van aaltjes

Proefresultaten tonen aan dat aaltjes het composteerproces vrijwel nooit overleven. Dit geldt ook voor de cyste-vormende soorten en de wortelknobbelaaltjes die in de bodem doorgaans veel droogte en chemicaliën kunnen weerstaan.

De weinige studies naar het overleven van aaltjes tijdens composteren, laten zien dat een goed bereide compost met een warmte- en een rijpingsfase vrij is van plantenziekten veroorzakende aaltjes.

### Virussen

Ongeveer eenzesde van het aantal soorten plantenvirussen bereikt de plant via de bodem. Deze virussen infecteren de planten via wortels, bollen of knollen. Ze worden gevonden in de meeste tuinbouw- en akkerbouwbodems.

#### tabaksmozaïekvirus

Sommige virussen kunnen veel warmte verdragen. Er zijn proeven bekend waarbij het tabaksmozaïekvirus nog aanwezig bleef na het composteren van tabaksplantresten gedurende 6 weken op 50 tot 70°C. Warmteresistente organismen kunnen vaak in minder goede omstandigheden, zoals de combinatie van warmte met droogte, een tijdelijke overlevingsvorm aannemen. Zo worden ze niet gedood maar slechts tijdelijk geïnactiveerd. Het tabaksmozaïekvirus is hier een voorbeeld van.

Bij het bepalen van het risico van het gebruik van compost dat virussen bevat, moet ook gekeken worden naar de manier waarop de virussen in de plant terechtkomen.

### vector



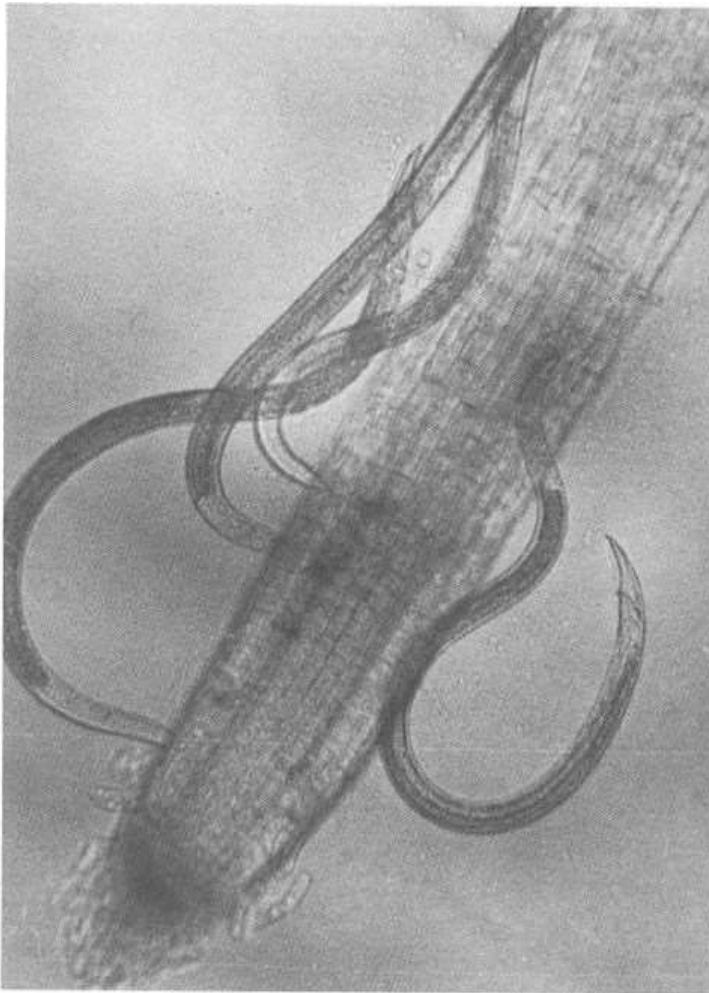
Overdracht gebeurt direct of door een drager, een 'vector'. De meeste bodemvirussen hebben een vector nodig in de vorm van een aaltje of een schimmel.

Door aaltjes overgedragen bodemvirussen

Er is van ongeveer 20 plantenvirussen bekend dat ze door aaltjes worden overgedragen.

### **tabaksratelvirus**

Eén daarvan is het tabaksratelvirus dat overgebracht wordt door de vrijlevende aaltjes van de geslachten *Trichodorus* en *Paratrichodorus*. Het virus heeft vele waardplanten, waaronder economisch belangrijke gewassen als aardappel en tulp en kan composteren weerstaan. De aaltjes echter zijn gevoelig voor warmte en zullen het composteren doorgaans niet overleven.



Aaltjes zuigen aan wortel.

Foto: Plantenziektkundige Dienst, Wageningen





Tabaksmozaïekvirus.

Foto: Plantenziektkundige Dienst, Wageningen

Het is mogelijk dat virushoudende compost wordt toegediend aan een bodem die besmet is met virus-overbrengende aaltjes. De aaltjessoorten die virussen aan planten kunnen overdragen zijn doorgaans parasitair. Die voeden zich met levende plantenwortels en niet met micro-organismen of andere elementen uit de compost. Deze aaltjes doorboren de celwand van de wortelcellen met een 'stylet', waarna ze zich tegoed kunnen doen aan het celvocht. Als het aaltje zich verplaatst wordt de stylet ingetrokken en die komt daarbij niet in aanraking met de composthoudende grond. Het is daarom onwaarschijnlijk dat op deze manier, via besmetting door compost en grond, een plant besmet wordt.

## **Door schimmels overgedragen virussen**

De schimmels die als drager functioneren kunnen zich alleen vermeerderen als ze parasitair leven op planten. In de bodem vormen ze sporen en overleven op die manier de ongunstige condities.

### **bietenrhizomanievirus**

De drie bekendste virus/schimmelcombinaties zijn: het bietenrhizomanievirus, overgedragen door de schimmel *Polymyxa betae* in de suikerbiet; het tabaksnecrosisvirus en het bobbelbladvirus, beide overgedragen door *Olpidium brassicae*.

De weerstand van *P. betae* tegen composteren is nog niet bestudeerd, wel die van *O. brassicae*, die meer weerstand heeft dan aaltjes. Ook is gebleken dat virussen beter tegen hitte bestand zijn dan schimmels.

Als er schimmels in de bodem zitten en virussen worden aangevoerd met de compost, dan kan de plant besmet worden. Het hangt af van de virus/vectorschimmel combinatie of de zoösporen van de onbesmette schimmel de virussen uit de bodem oppikken en aan de plant doorgeven.

.

## **Bacteriën**

Plantenziekte verwekkende bacteriën worden doorgaans gedood tijdens het composteringsproces. *Erwinia amylovora*, de veroorzaker van bacterievuur in perenbomen, werd geheel vernietigd toen de geïnfecteerde uitlopers 7 dagen op tenminste 40°C waren gehouden. Twee andere bacteriën, *Erwinia carotovora* var. *chrysanthemi* en *Pseudomonas phaseolicola*, die voorkomen in chrysantenafval en bonenbladeren, zijn nog gevoeliger voor warmte.

Anaërobe vertering van gewasresten vernietigt ook een groot deel van de schadelijke bacteriën. *Clavibacter michiganense*, de veroorzaker van bacteriekanker in de tomaat, werd vernietigd in een vergistinginstallatie, waar tomatenresten verwerkt werden bij 35°C.

Gezien de beschikbare gegevens lijkt het er op dat goed gemaakte compost geen problemen met bacteriebesmetting zal opleveren.



Bacteriekanker in tomaat.

Foto: Plantenziektkundige Dienst, Wageningen



Witrot in ui.

Foto: Plantenziektkundige Dienst, Wageningen

## Schimmels

### makkelijke soorten

De meeste schadelijke schimmels worden snel geïnactiveerd. Dit geldt ook voor soorten die sclerotiën vormen, zoals *Sclerotium cepivorum*, de verwekker van witrot in uien en *Sclerotinia sclerotiorum*, de verwekker van sclerotiarot in komkommers, leguminosen en witlof. Hoewel sclerotiën in de grond langdurig overleven tijdens moeilijke omstandigheden, kunnen ze niet tegen de hoge temperaturen van het composteringsproces.

### moeilijke soorten

De biotrofe schimmels met dikwandige rustsporen zijn moeilijker uit te roeien. Dit zijn schimmels die voor hun vermeerdering wortels moeten infecteren. De sporen kunnen vele jaren overleven en weerstaan droogte en hitte. Een voorbeeld: de schimmel *Olpidium brassicae*, de drager van virussen in sla en andere gewassen, wordt pas gedood als de composthoop onder vochtige omstandigheden gedurende enkele uren een temperatuur van tenminste 60°C heeft.

## **knolvoet**

Het onderzoek naar *Plasmodiophora brassicae* (de verwekker van knolvoet in kolen en andere kruisbloemigen) krijgt veel aandacht omdat het een serieus probleem vormt in deze plantengroep die vaak compost krijgt. De schimmel kan worden aangetoond door Chinese kool, een zeer gevoelige toetsplant, te gebruiken. De schimmel kan 3 weken bij 65°C overleven. Er kan echter ook complete vernietiging na 24 uur bij 54°C plaatsvinden en blijkbaar spelen ook andere factoren dan alleen de temperatuur een rol.

## **invloed vergisting**

Schimmels zijn gevoelig voor vergisting. Dit is aangetoond voor *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi* (verwelkingziekte in anjers) en *Sclerotium cepivorum* (witrot in uien) .

## **Mechanismen van inactivatie**

### **vier mechanismen**

Inactivatie en vernietiging van ziekteverwekkers wordt veroorzaakt door:

- warmte tijdens de thermofiele fase van het composteringsproces
- giftigheid van afbraak(tussen)producten
- afbraak door enzymen
- tegenwerking (antagonisme) door micro-organismen (zie het hoofdstuk 5.4 over ziekteverendheid)

De mechanismen werken vaak gelijktijdig en dus zal inactivatie vaak het gevolg zijn van een combinatie van bovenstaande factoren. Bijvoorbeeld blootstelling aan temperaturen die op zichzelf net niet dodelijk zijn zal een ziekteverwekker gevoeliger maken voor giftige afbraakproducten en omgekeerd. Naast de parameters achter bovenstaande mechanismen, zijn ook vochtgehalte en zuurgraad bepalende omgevingsfactoren bij de inactivatie.

## **In de praktijk**

### **pH**

Bij het tabaksmozaïekvirus is aangetoond dat een hogere pH (richting 8) onder verder dezelfde omstandigheden een betere eliminatie geeft. Het bereiken van een hoge pH kost echter veel moeite en het resultaat is gering.

### **vochtgehalte**

De vochtigheid tijdens de thermofiele fase heeft een grote invloed op de vernietiging van de ziekteverwekkers. Hoe droger, hoe eerder veel soorten in rusttoestand gaan, hoe minder gevoelig ze zijn voor de warmte. Naast de uitwerking op het composteerproces zelf is dat ook een goede reden om het vochtgehalte in de gaten te houden, en de compostering bij voldoende vocht te laten beginnen. Een belangrijk punt van aandacht is het ontstaan van droge plekken in de composthoop.

### **temperatuur**

Als het vochtgehalte in orde is geldt: hoe hoger de temperatuur, hoe beter de eliminatie van alle ziektekiemen. De temperatuur laat zich opjagen door een luchtige hoop te bouwen. Hierbij komt ammoniak vrij en kunnen we verwachten dat de gemiddelde concentratie ammoniak hoger wordt. Zowel een hogere temperatuur als meer ammoniak hebben een ziektedodende werking. Die situatie zal echter ook een groter stikstofverlies geven. Door langer bij een wat lagere temperatuur te composteren, wordt waarschijnlijk het stikstofverlies beperkt, maar zal de doding van ziektekiemen minder zijn.

Per hoop kan de afweging gemaakt worden: zijn er gewasresten met ziektekiemen, dan kan de temperatuur wat hoger worden. In andere gevallen (compost is niet automatisch besmet) kunnen we er juist voor kiezen om zoveel mogelijk stikstof te sparen. Hierbij kunnen we ook een afweging maken welke ziekteverwekkers we verwachten. We kunnen vooral problemen verwachten bij één van de tabaksvirussen die zelfs een temperatuur van 65°C nog kunnen overleven.

### **anaërobie**

Een andere mogelijkheid is om tijdens het composteren juist meer de anaërobe kant op te gaan door de hoop dicht op te zetten, zodat de giftige tussenproducten hun werk kunnen doen. Dit kan ook verlies geven in de vorm van NO<sub>2</sub>. Er is te weinig onderzoek bekend om een gefundeerde afweging te kunnen maken.

### **hygiëne**

Niet alleen de opzet, maar ook de uitvoering van het proces bepalen de effectiviteit van het composteren tegen de ziekteverwekkers. Enkele vragen daarbij:

- zijn werkelijk alle plekken van de compost voldoende lang vochtig en heet geweest (ook de randen)?
- is er voldoende scheiding tussen net beginnende en al rijpe compost?

Gebaseerd op: G.J. Bollen en D. Volker in: The science of composting : European Commission international symposium, Bertoldi ea. 1996.

## **4.8 Overleven van onkruidzaden bij het composteren**

Wanneer bij de compostering een temperatuur van 60°C bereikt wordt hebben onkruidzaden hun kiemkracht verloren ( , , , ). Ook bij lagere temperaturen kunnen onkruidzaden hun kiemkracht verliezen, afhankelijk af van de composteringsduur, het vochtgehalte, het aantal keren dat de hoop wordt omgezet, de aanwezigheid van giftige stoffen voor planten en van het soort onkruid.

In een onderzoek van Eghball verloren vrijwel alle onkruidzaden hun kiemkracht, als ze 3 maanden in stalmest bij een temperatuur van maximaal 45°C verbleven.

Bij een temperatuur van 70°C waren in 1 week alle zaden gedood. In nattere mest gaat de kiemkracht sneller verloren dan in droge, ook als daar de temperatuur hoger is. Eghball vond kleine verschillen tussen de soorten onkruid. Vaker omzetten bleek het onkruidzaad sneller te doden. Het toevoegen van een waterextract van een 3 weken oude groencompost laat de zaden hun kiemkracht sneller verliezen, aldus Shiralipour die onkruidzaden na drie uur bij 60°C in compost onderzocht. Hieruit werd geconcludeerd dat giftige stoffen voor planten ook een rol spelen.

De meeste zekerheid over het verlies aan kiemkracht wordt verkregen wanneer de temperatuur de 60°C haalt. Dit hoeft maar kort het geval te zijn, bijvoorbeeld enkele dagen. Deze temperatuur kan bij een compostering met de juiste uitgangsmaterialen en de juiste techniek bereikt worden. Dat geldt niet voor de buitenkant van de hoop. Deze blijft koeler en door omzetten moet ervoor gezorgd worden dat alle materiaal een hoge temperatuur bereikt. Ook een afdekking met isolerend materiaal kan helpen een voldoende hoge temperatuur te bereiken.

#### **4.9 Veiligheid van voedsel na gebruik van mest en compost**

##### **Inleiding**

Voedselveiligheid is een aandachtspunt bij de productie en verwerking van voedselproducten. Dierlijke mest en plantaardig afval afkomstig uit industrie of huishoudens worden in de landbouw veelvuldig gebruikt. In dit hoofdstuk wordt gekeken welke gezondheidsrisico's hiermee samenhangen en hoe deze beperkt kunnen worden. Ook zal kort worden ingegaan op gezondheidsrisico's voor werknemers van composteerbedrijven.

##### **Soorten pathogenen**

###### **primaire pathogenen**

Een probleem kunnen vormen bacteriën, virussen, parasieten, cysten, eitjes en prionen, die met het uitgangsmateriaal meekomen. Dit is een potentieel probleem bij rioolslib en mest. Sommige bacteriën kunnen zich ook in de compost vermeerderen.

###### **secondaire pathogenen**

Dit zijn pathogenen die tijdens bewaring en compostering ontstaan. Het betreft vooral schimmels (bijvoorbeeld *Aspergillus fumigatus*) en actinomyceten.



Sommige bacteriën en schimmels kunnen zelf gevaarlijk zijn, andere kunnen allergene en giftige stoffen vormen.

### **Risico voor consumenten**

Een pathogeen moet een lange weg afleggen van de bron tot de consument. Het daadwerkelijk optreden van problemen hangt af van:

- de hoeveelheid pathogenen in het bronmateriaal
- bij composteren: de overlevingskans tijdens het proces
- de overlevingskans in het veld
- of de pathogeen in een eetbaar deel van het gewas terechtkomt
- hoe de maaltijd bereid wordt
- hoe gevoelig een persoon in kwestie is
- hoe ernstig de ziekte is

### **onderzoek**

Door de gehele keten van de landbouw is er nog maar weinig specifiek onderzoek gedaan naar voedselveiligheid. Zowel de overheid als de consument tonen momenteel interesse in dit onderwerp.

Uit onderzoek naar het overleven van ziektekiemen bij compostering is gebleken dat bronmateriaal van dierlijke herkomst een veel groter risico vormt dan plantaardig afval. Met huishoudelijk afval kunnen zich evenwel ook problemen voordoen. Een uitbraak van varkenspest in Duitsland in 1993 wordt toegeschreven aan niet goed behandeld GFT-afval.

### **kans op problemen**

Het risico van besmetting door het gebruik van een meststof in de landbouw wordt laag ingeschat, onder meer vanwege de vele schakels in de keten. Er zijn weinig besmettingsgevallen in de literatuur beschreven. Bij de champignonenteelt is het risico groter omdat het product direct op het substraat groeit.

risico voor werknemers

Bij werknemers van composteerinstallaties zijn er enkele problemen bekend met *Aspergillus*-schimmels, die allergische reacties in de ademwegen geven. Deze schimmel komt bijvoorbeeld ook in vochtig hooi voor en kan relatief hoge temperaturen verdragen. Vijf tot tien % van de mensen blijkt er allergisch voor te zijn. Mensen met een verminderde weerstand krijgen eerder problemen.

De besmetting gaat makkelijker via de lucht (aërosolen) dan door direct contact. Onderzoek bij rioolzuiveringen en composteerinstallaties liet weinig aantoonbare besmettingen zien. Bij normaal

uitgangsmateriaal ligt het aantal ziektekiemen erg laag en is de kans klein dat een werknemer daadwerkelijk besmet wordt.

Voor boeren is geen onderzoek bekend en waarschijnlijk lopen zij vergelijkbare risico's als werknemers van composteerinstallaties. In theorie zou er bij het bemesten in het open veld problemen kunnen optreden bij mensen met een verminderde weerstand; in de praktijk is dat echter nog nooit aangetoond.

Een specifiek probleem voor werknemers van rioolzuiveringen is het 'rioolwerker syndroom'. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het vrijkomen van giftige stoffen uit bacteriën, met name in een stoffige omgeving. Symptomen zijn onder meer koorts en griep-achtige verschijnselen, tranende ogen en problemen met de luchtwegen.<sup>38</sup>

### **Bekende gevallen van voedselbesmetting via mest**

In de westerse wereld zijn gevallen bekend van besmetting van groente of fruit via de mest: bijvoorbeeld in Canada, waar een salade van kool die met schapenmest was bemest listeriosis (*Listeria monocytogenes*) veroorzaakte. Een uitbraak in de VS wordt geweten aan bemeste sla of selderij. Appelsap of cider, gemaakt van appels uit boomgaarden die organisch bemest of begraasd zijn, veroorzaakte een salmonellavergiftiging. Meer recent zijn er gevallen bekend van sinaasappelsap en alfalfa-kiemen die met pathogenen uit mest besmet waren.

Uit Italiaans onderzoek bleek dat er incidenteel *Salmonella*- en *Listeria*-bacteriën op biologisch geteelde groenten voorkwamen, maar een verhoogd risico ten opzichte van niet-biologische producten was statistisch niet te bewijzen.

Het risico om via dierlijke producten (vlees, eieren, melk) besmet te raken met pathogenen uit mest of de ingewanden van dieren is veel groter. Ook hiervan is niet bekend of er aantoonbare verschillen zitten tussen de biologische en niet-biologische landbouw.

### **Overleven van pathogenen tijdens het composteren**

Belangrijke ziekteverwekkende bacteriën en protozoa zijn :

*Campylobacter jejuni* en *C. coli*

*Salmonella* spp.

*Shigella* spp.

*Yersinia enterocolitica*

*Listeria monocytogene*

*Escherischia coli*

*Giardia lamblia*

*Entamoeba histolytica*

Andere ziekteverwekkers:

Virussen

Prionen

**Deze ziekteverwekkers zullen afzonderlijk behandeld worden.**

### **Campylobacter**

Campylobacter is pas eind vorige eeuw ontdekt, maar veroorzaakt meer gevallen van voedselvergiftiging dan de veel bekendere Salmonella.

Met name de soorten *C. jejuni* en *C. coli* kunnen schadelijk zijn. De bacterie is primair afkomstig uit mest, maar oppervlaktewater is ook een besmettingsbron. Hij komt in rauwe melk voor (in 1988 kwam in 4.5% van de rauwe melk in Nederland Campylobacter voor). *C. jejuni* kan behalve in de mest in een andere vorm ook in de uier voorkomen en is verantwoordelijk voor sommige soorten uierontsteking.

Een veel voorkomende besmettingsbron is onvoldoende verhit kippenvlees.

#### Groeiomstandigheden:

	min	optimaal	max
temp (°C)	32	42-43	45
pH	4.9	6.5-7.5	9
$a_w$	>9.987	9.997	-
atmosfeer	-	5% O <sub>2</sub> EN 10% CO <sub>2</sub>	-

pH is de zuurgraad,  $a_w$  is de vochtspanning.

De bacterie kan meerdere weken overleven in water van 5°C. Hij kan niet tegen droogte of teveel zuurstof, maar geeft de voorkeur aan wat meer CO<sub>2</sub> dan in de buitenlucht voorkomt. Hij kan niet zo goed tegen verhitting. Zo'n 6 seconden op 60 °C geeft al een decimering.

De beste weerstand van de bacterie is in de buurt van pH 7.

Samenvattend: bij een goede compostering op 50°C of meer mag er eigenlijk geen probleem optreden.

## Salmonella spp.

Salmonella is een heel bekende en vaak voorkomende besmetting. Het is een bacterie die voorkomt in de ingewanden van mensen en dieren. Buiten een gastheer kan hij echter lang overleven en blijven groeien, als de omstandigheden het toelaten. Enkele voorbeelden:

Overleving van Salmonella, volgens diverse bronnen (in dagen):

bodem	500, 15-280
anaëroob geproduceerde rioolslib	210+
bodemoppervlakte	15-46
gedroogde drijfmest	119
aardappels op bodemoppervlak	40
groenten	7-40
bietenbladeren	21
wortels	10
kool, kruisbessen	5
drijfmest uitgereden op land: in 10 dagen een reductie van 90%	
appelsap, pH 3.68	>30
appelsap, pH < 3.4	2

De groeicondities zijn:

	min	optimaal	max
temp (°C)	5.2 of 7	35-43	45
pH	3.8	7-7.5	9.5
aw	0.94	.99	>0.99

Lichte verhitting werkt voldoende: 30 minuten pasteuriseren op meer dan 63°C is volstrekt dodelijk. Bij experimenten met *S. typhimurium* in

kippenwaswater bleek dat de D-waarde (de tijd die nodig is om de populatie te decimeren) bij 52°C varieerde van minder dan een minuut tot maximaal 35 minuten, afhankelijk van de pH en het zoutgehalte van het water.

Er zijn twee bronnen van besmetting: producten van dierlijke herkomst en producten die in aanraking zijn geweest met mest en uitwerpselen (denk daarbij ook aan muizen en ratten). Voor mensen zijn bijvoorbeeld besmetting door alfalfa-kiemen en door appel- en sinaasappelsap bekend. Bij de kiemen kon achterhaald worden dat de besmetting was opgetreden bij een handelaar. Bij plantaardig materiaal bevinden de bacteriën zich op en niet in de drager. 43

## Shigella

Shigella heeft alleen de mens en enkele andere primaten als gastheer. De bacterie is gevonden in water en op diverse voedingsmiddelen, zoals aardappels. Ook van aardbeien en sla is bekend dat ze de ziekte kunnen verspreiden na in contact geweest te zijn met besmet water of met besmette handen. Een andere besmettingsroute is via rioolslib, met vliegen mee naar voedsel. In de bodem kan Shigella meerdere weken overleven, op tomaten 2 tot 7 dagen. De meeste gevallen van besmetting zijn ontstaan bij het bereiden van voedsel door besmette mensen. Dit kan voorkómen worden door basishygiëne, zoals handen wassen voor het eten klaarmaken.

groeiconditities <i>S. sonnei</i>	min	optimaal	max
temp (°C)	6.1	-	47.1
pH	4.9	-	9.34
NaCl (%)	-	-	5.18

groeiconditities <i>S. flexneri</i>	min	optimaal	max
temp (°C)	7.9	-	45.2
pH	5	-	9.19
NaCl (%)	-	-	3.78

Bij proeven met voedingsbodems, bleek dat Shigella vrij gevoelig is voor temperatuur:

temp (°C)	overlevingstijd voor:	
	<i>S. sonnei</i>	<i>S. flexneri</i>
45		5 dagen
46	2 dagen	
49		1 dag
50	1 dag	4 uur
54	45 min	45 min
60	10 min	10 min

Bron: <sup>43</sup>

groeiconditities	min	optimaal	max
temp (°C)	-1.3	25-37	42
pH	2.2	7.2	groei: 9.6 / geen groei: 10
NaCl (%)	-	-	groei: 5 / geen groei: 7

Bij temperaturen van iets boven de 50°C wordt al gauw een D-waarde bereikt van 30 minuten of minder.<sup>43</sup>

### **Listeria monocytogenes**

Behalve mensen kunnen ook veel soorten dieren besmet raken met *Listeria monocytogenes*. Bij de dieren gaat het om herkauwers, vissen en vogels. Besmettingsbronnen zijn bijvoorbeeld kuilvoer voor koeien en melk voor mensen. Een belangrijke *Listeria*-uitbraak betrof een besmetting van 50 mensen in Canada. Ze hadden koolsalade gegeten, die bemest was met schapenmest uit een kudde, waarvan enkele dieren gestorven waren door listeriosis.

Een andere besmetting kwam waarschijnlijk voort uit besmette rauwe groenten. Ook is bekend dat gepasteuriseerde melk van een geïnfecteerde koeienstapel deze ziekte kan veroorzaken. Blijkbaar is normaal pasteuriseren niet altijd genoeg. Ook is besmetting bekend via zachte kaas of niet genoeg verhit vlees.

De mortaliteit bij mensen kan wel 30% bedragen. De meeste mensen zijn resistent en problemen ontstaan bij mensen met verminderde afweer en bij zwangere vrouwen.

groeicondities	min	optimaal	max
temp (°C)	-0.4	37	45
pH	4.39	7.0	9.4
a <sub>w</sub>	0.92	-	-

*Listeria* kan relatief minder goed tegen UV-licht, maar wel goed tegen droogte. Het is niet onwaarschijnlijk dat het goed kan overleven op gewassen in het veld.<sup>43</sup> De bacterie kan meer dan 500 dagen overleven in mestflatten en 700 dagen in een vochtige bodem.

Bij een temperatuur van 50°C wordt in verschillende substraten (koolsap, vlees) een D-waarde van een kwartier tot 3 uur gemeten. Hierbij geldt: hoe neutraler de pH hoe lager de D-waarde. Bij 55 tot 56°C is deze waarde afgenomen van 2 tot 20 minuten. Met een goede en hygiënische aanpak is er weinig kans op overleven in het composteringsproces.

Ter voorkomen van besmetting is het van belang de graskuil zó te maken dat deze snel zuur wordt. Hiermee wordt voorkomen dat *Listeria* zich in de kuil vermeerdt. De kans dat deze ziektekiem in de melk - en via ongepasteuriseerde melk in de zachte kaas - of in de mest terecht komt wordt dan kleiner.<sup>43</sup>

### **E. coli.**

Deze darmbacterie komt in verse mest algemeen voor en wordt zelfs als een soort indicator gebruikt voor de hygiëne tijdens het composteren. Lang niet alle vormen zijn ziekteverwekkend. Problemen

kunnen optreden met de E. coli variant O157:H7, die een ernstig ziektebeeld kan geven. Over het algemeen kan deze bacterie minder goed tegen hitte dan Salmonella.

groeicondities	min	optimaal	max
temp (°C)	7-8	35-40	44-46
pH	4.4	6-7	9.0
a <sub>w</sub>	0.95	0.995	-

Bij 50°C is de D-waarde ongeveer 30 minuten. Bij 60°C ongeveer 1 minuut. Bij een goed uitgevoerde compostering mag E. coli geen probleem vormen. 43

Toch is er na 70 dagen composteren nog levende E. coli in rundermest aangetroffen.

Er is een groeiend bewijs dat E. coli O157:H7 kan overleven op sla en komkommer en bij de juiste omstandigheden van temperatuur en atmosfeer zelfs in aantal kan vermeerderen. 43

### **Giardia lamblia**

Giardia lamblia wordt behalve bij mensen ook gevonden bij katten, honden en diverse wilde dieren. Herkauwers kunnen door een verwant organisme besmet worden. Hij veroorzaakt diarree, met name bij kinderen en jongeren, want ouderen hebben doorgaans resistentie opgebouwd. Hij wordt vooral overgedragen door besmet water, maar overdracht via besmette groenten kan niet worden uitgesloten. In natte, vochtige condities kan het organisme overleven. De warmteresistentie en de overlevingstijd zijn niet bekend. Gezien het voorafgaande zijn problemen via de route mest-groenten-mensen niet erg waarschijnlijk.

### **Entamoeba histolytica**

Over deze amoëbe bestaan maar weinig gegevens. Cysten (de rustvorm) kunnen overleven in water, bodems en op - met name vochtige - groenten. De actieve fase leeft alleen maar in de gastheer en in de ontlasting. Hoewel sommige zoogdieren (honden en katten) besmet kunnen raken, scheiden ze geen cysten uit: de ziekte is van menselijke afkomst. Hij komt vooral voor in de tropen en arctische gebieden.

### **virussen: Hepatitis A virus, poliovirus**

Het menselijk lichaam, met name de ontlasting, is de enige bron van dit ziekteverwekkende virus. Er zijn enige tientallen gevallen bekend van Hepatitis A door besmet sla of fruit. De besmetting kan zowel door aanraken (bij te weinig hygiëne) als via besmet water verlopen. Dat laatste is aangetoond bij sterrenkokers. Van schelpdieren is bewezen dat ze door een nabijgelegen rioolstort besmet kunnen raken.



In de ontlasting kan Hepatitis A een maand actief overleven, evenals in melk die 30 minuten op 62.8°C gehouden is (lage pasteurisatie).

Enterovirussen kunnen vóórkomen in groenten en fruit van velden die met rioolwater geïrrigeerd zijn. Andere bronnen van besmetting zijn bewerkingen na de oogst. Doorgaans ligt de D-waarde boven de 60°C in de seconden, boven de 50°C in de minuten. Hepatitis A is hierop een uitzondering, want hij is resistenter. 43

### **prionen**

Prionen zijn hitte-resistente eiwitdeeltjes, afkomstig uit slachtafval. Waarschijnlijk zijn deze deeltjes gerelateerd aan de gekke koeienziekte (BSE) en mogelijk ook aan de ziekte van Creuzveld-Jacob.

Temperaturen zoals die optreden bij composteren hebben geen invloed op prionen. Het is nog niet bekend of ze op een andere manier aangetast worden.

In principe kan het gebruik van bloed- en beendermeel kans geven op besmetting van boer of tuinder en – via het product – van de consument. Waarschijnlijk is deze kans echter zeer klein.<sup>36</sup>

### **bewaren van drijfmest**

Bij een proef met het overleven van bacteriën als E. coli O149 en Salmonella typhimurium bleek met name het beluchten een grote invloed te hebben: meer lucht geeft minder overleving. Het beluchten verhoogde de temperatuur tot een maximum van 35°C. Toch gaan de onderzoekers ervan uit dat het vooral de microbiële antagonistwerking is, en niet direct warmte, die de pathogenen doodt.<sup>44</sup>

De variatie in de pH (in het bereik van 7.5 – 8.9) heeft vrijwel geen invloed op het overleven van pathogenen.

### **hygiënisch composteren**

Belangrijke factoren bij het elimineren van ziektekiemen, en daarmee het verkleinen van het risico op besmetting, zijn onder meer temperatuur, watergehalte, pH, beluchting en hoelang de pathogeen aan de betreffende situatie is blootgesteld. Een speciaal punt van aandacht zijn de randen van de composthoop. Met de juiste machines kun je voor een zo goed mogelijke menging zorgen. Hierbij is van belang dat materiaal van de rand naar het midden verplaatst wordt.

### **wettelijke voorschriften**

De wettelijke normen en voorschriften voor composteren hebben vooral betrekking op GFT-afval en zijn verschillend per land. Een voorbeeld is de (gematigde) US PSRP-norm: tenminste 5 dagen op tenminste 40°C, waarbinnen tenminste 4 uur op tenminste 55°C. In Oostenrijk is de norm tenminste 6 dagen op minimaal 60°C.<sup>37</sup>

## **water, zuurstof en pH**

Normen vermelden het vaak niet expliciet, maar een watergehalte groter dan 40% is aan te raden. Wanneer mest of compost te droog is gaan sommige ziekteverwekkers over naar een rustvorm, bijvoorbeeld een cyste en kunnen dan veel langer overleven. Om diezelfde reden is ook een goede zuurstofvoorziening van belang. Liefst 10-15% zuurstof en zeker meer dan 7.5%. Het koolzuurgehalte moet lager dan 5% zijn. Bij een goede compostering zal aan al deze voorwaarden voldaan zijn.<sup>19</sup>

## **testorganismen**

In plaats van naar de composteringsparameters te kijken kan de compost ook getest worden met testorganismen. Er kan bijvoorbeeld gekeken worden naar de mate waarin coli-achtigen (van zichzelf al ruimschoots aanwezig in de mest) of toegevoegd tomatenzaad het proces overleven. Het gebruik van deze indicatororganismen heeft als voordeel dat ze makkelijk aan te tonen zijn. Bezwaar is dat ze doorgaans niet exact hetzelfde overlevingsvermogen hebben als de ziekteverwekkers waarvoor ze een indicatie geven. Zo kan Salmonella overleven waar E. coli dat niet kan.<sup>37</sup>

## **na en naast het composteren**

In de landbouwpraktijk kunnen een aantal eenvoudige maatregelen genomen worden om het risico op pathogenen voor de consument te verkleinen. Bijvoorbeeld: rij geen al te verse mest uit op een snel te oogsten groentegewas.

## **HACCP**

Er is een wens aanwezig bij de overheid, en bij consumentenorganisaties om de voedselketen steeds beter te kunnen controleren. Vaak wordt bijvoorbeeld gesproken over het HACCP-systeem (HACCP = Hazard Analysis of Critical Control Points). Dit is een systematische beschouwing van de diverse stappen in het proces waar het voedsel doorheen gaat. Door op bepaalde punten (Critical Control Points) de juiste eisen te stellen, wordt het risico van problemen uitgesloten of geminimaliseerd.<sup>40</sup> Hierbij wordt de landbouw gezien als eerste stap van een industrieel proces.

Voor kropsla en aardbeien bijvoorbeeld wordt als eerste kritische controlepunt aangegeven dat er goed opgelet moet worden voor besmetting via bemesting of via irrigatiewater. Bij aardbeien met een strolaag is het risico al kleiner omdat er minder bodemdeeltjes kunnen opspatten.<sup>40</sup>

## **Conclusie**

Composteren is een mogelijkheid om ziektekiemen onschadelijk te maken. Van belang is wel dat de temperatuur gedurende enkele dagen 50°C of hoger is. Door omzetten van de composthoop moet al het materiaal deze temperatuur enige tijd bereiken

## 5. Eigenschappen en beoordelingsmethoden van mest en compost

### 5.1 Levering van voedingsstoffen door mest en compost

De levering van voedingsstoffen is vaak niet het enige doel bij de toepassing van mest of compost. Toch is het een belangrijke functie, vooral ook omdat veel voedingsstoffen pas in latere jaren beschikbaar komen. Bij regelmatig gebruik kan de vertraagde levering van voedingsstoffen uit mest en compost een steeds belangrijker rol gaan spelen. In het volgende wordt op de hoofdelementen stikstof, fosfaat, kali en sporenelementen ingegaan.

#### stikstof

De stikstof komt voor in minerale vorm en in organische vorm. De minerale vorm is snel beschikbaar voor de plant en makkelijk te meten. Ammonium is bij mest vaak de belangrijkste minerale stikstof. In oudere compost kan nitraat gaan domineren. Het percentage minerale stikstof varieert sterk per type mest of compost (zie tabel 5.1.1).

Tabel 5.1.1. Het percentage minerale stikstof van verschillende mest- en compostsoorten.

mestsoort	totaal stikstof	hiervan mineraal
	kg per ton	%
rundveegier	4,0	90
vleesvarkensdrijfmest	7,2	58
rundveedrijfmest	4,9	53
vaste geitenmest	8,5	31
vaste rundveemest	6,9	23
GFT-compost	8,5	9
champost	5,2	6

Zoals uit tabel 5.1.1 blijkt kan de hoeveelheid minerale stikstof variëren van zeer laag tot zeer hoog. Bij de toepassing moet hiermee rekening worden gehouden. Dit behandelen we in de hoofdstukken rekenregels en simulatiemodellen in hoofdstuk 7.

#### organische stikstof

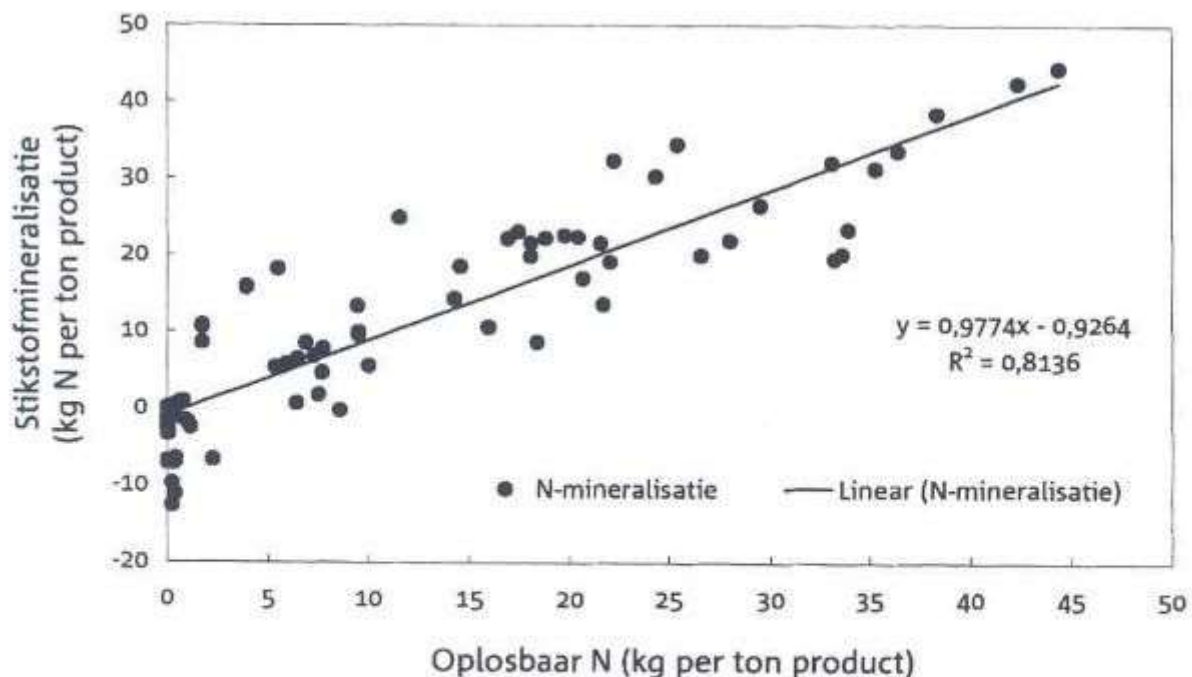
Omdat de meeste stikstof vaak in organische vorm aanwezig is, is het tempo waarin deze vrijkomt van belang. Een probleem hierbij is dat de organische verbindingen waarin deze stikstof voorkomt zeer uiteenlopend van karakter zijn. Soms zijn ze makkelijk afbreekbaar en soms zeer stabiel. Vooral

de stabielere verbindingen zullen bij regelmatig gebruik een vaste stikstofbron van de bodem worden en zo bijdragen aan de 'oude kracht'. Met simulatiemodellen is hier inzicht in te krijgen (Hoofdstuk 7.2).

### **experimenten**

Ook zijn er diverse pogingen gedaan om dit inzicht met praktische experimenten te krijgen:

- Veldproeven hebben geleid tot het onderscheid tussen  $N_m$ ,  $N_e$  en  $N_r$ .  $N_m$  is de direct beschikbare minerale stikstof,  $N_e$  is de stikstof die in het eerste jaar door mineralisatie van de organische stikstof vrijkomt en  $N_r$  is de stikstof die in volgende jaren vrijkomt. De benodigde veldproeven zijn evenwel tijdrovend en kostbaar en een individueel monster is niet eenvoudig te beoordelen.
- Incubatieproeven, dat wil zeggen het mengen van de mest of compost met grond en vervolgens meten hoeveel stikstof er vrijkomt, hebben als nadeel dat ze kostbaar zijn en de situatie in de grond niet goed nabootsen.
- Extractiemethoden hebben dit laatste nadeel nog sterker, maar zijn wel eenvoudig en snel. Diverse extractiemethoden zijn in het verleden uitgeprobeerd, maar geen ervan is goed onderzocht. De praktijk kan er dus niet voldoende op vertrouwen.
- Een veelbelovende methode is het meten van oplosbare stikstof in het 0,01 M  $CaCl_2$  extract. Over deze methode komt steeds meer onderzoek beschikbaar. Bij diverse organische materialen die op het proefbedrijf voor de bollenteelt in St. Maartensbrug werden toegepast gaf deze methode een goede correlatie tussen de hoeveelheid oplosbare stikstof in het extract en de gemeten mineralisatie (Fig. 5.1.1).



Figuur 5.1.1. De relatie tussen de hoeveelheid oplosbaar N in het 0,01 M  $\text{CaCl}_2$  extract en de N-levering van diverse organische meststoffen en oogstresten.

eigenschappen - Handboek Mest en Compost

De  $\text{CaCl}_2$  methode toegepast op een aantal mest- en compostsoorten binne het project "Mest als Kans" gaf opvallende resultaten (tabel 5.1.2). Zo is het te verwachten dat binnen GFT-composten er grote verschillen in stikstoflevering bestaan.

### **zelf beoordelen**

Naast de hulp van laboratoria kan ook ieder zelf wat te weten komen. Mest die in grove plakken diep ondergewerkt wordt in grond met een slechte structuur zal een heel andere werking hebben dan eenzelfde mest, die wat fijner verkruideld en oppervlakkig ingewerkt is in een grond met een mooie structuur.

We raden aan om de bouwvoor enkele weken na onderbrengen van de mest goed te bekijken. Hoe is de mest in de grond veranderd en hoe reageren de wortels erop? Zijn er blauwe anaërobe plekken rond de mest ontstaan waar de wortels omheen groeien, dan heeft de mestgift alleen maar een negatief gevolg gehad. Ook kan het zijn dat de wortels al snel intensief de mest gaan doorwortelen. Soms is in de zomer de mest van het voorjaar al geheel verdwenen. Laat de keuze van mestsoort en composteringwijze vooral ook door dit soort waarnemingen bepalen.

### **fosfaat**

In de plant is fosfor vooral in de vorm van fytine aanwezig. In het dier en in de compost wordt dit voor een deel omgezet in nucleïnezuren waardoor de fosfor makkelijker beschikbaar komt. De organisch gebonden fosfaat komt pas na mineralisatie vrij, maar ook de minerale fosfaat in de mest is niet allemaal wateroplosbaar en daarom niet steeds direct beschikbaar. Mest en compost maken ook fosfaat vrij door stimulering van het bodemleven. Er is een voorbeeld bekend van stalmest op een ijzerrijke, fosfaatfixerende grond waar meer fosfaat vrijkwam dan de stalmest zelf bevatte.

Door compostering van runderstalmest neemt de fosfaatwerking af. Bij kippenmest, die een relatief lage fosfaatwerking heeft, neemt deze werking bij compostering juist toe<sup>26</sup>. Plantaardige compostsoorten hebben een lagere fosfaatwerking vanwege de hoge C/P verhouding. De organismen hebben bij een hoge C/P verhouding een relatief tekort aan fosfaat en dan komt er minder fosfaat beschikbaar voor de te bemesten planten. Bij stalmest komt er boven een C/P verhouding van 200 weinig fosfaat meer vrij<sup>26</sup>. Bij GFT-compost is de fosfaatwerking 50 tot 60%, waarschijnlijk ook door de overmaat aan koolstof.

Bij drijfmest is meer onderzoek naar de fosfaatwerking gedaan. De waarden zijn aangegeven in tabel 5.1.3.

Tabel 5.1.3. Fosfaatwerking van drijfmest en GFT.

		% werkzame fosfaat
grasland:	alle soorten mest	100
bouwland:	rundveemest	60
	varkensmest	100
	kippenmest	70
GFT-compost		50-60

## kali

Algemeen wordt aangenomen dat de kali in mest en compost voor 100% beschikbaar is. Toch kan ook hier compostering tot een zekere binding leiden (tabel 5.1.4).

Tabel 5.1.4. Beschikbaarheid van kali bij compostering<sup>48</sup>.

	stalmest vers	stalmest 4 x omgezet
totaal kali (kg/ton)	18	16
wateroplosbaar kali	13	10

## sporenelementen

Mest en compost vinden hun oorsprong in planten en bevatten daarom ook de sporenelementen die planten nodig hebben. Met mest en compost is daardoor de kans op een evenwichtige bemesting groter dan bij gebruik van minerale mest. Toch is weinig bekend over het belang van sporenelementen in mest en compost. Wel is er bekend dat bepaalde organische verbindingen (chelaten) in compost de sporenelementen binden en daarmee beter beschikbaar maken voor de plant.

Het al wat oudere overzicht in tabel 5.1.5 laat zien dat de hoeveelheid sporenelementen in mest of compost landbouwkundig van belang zijn. Een matige bemesting met 10 ton stalmest per ha verzorgt geheel of voor een belangrijk deel de behoefte aan sporenelementen.

Tabel 5.1.5. Aanvoer van sporenelementen met stalmest en afvoer met gewassen (gemiddelde van aardappel, rogge, stoppelknollen, haver en voederbiet).<sup>24</sup>

	Mn (g/ha)	B (g/ha)	Cu (g/ha)	Mo (g/ha)
afvoer gewas	200	80	47	5
10 ton stalmest	500	40	30	2

Over sporenelementen in compost is weinig informatie bekend. Tabel 5.1.6 laat zien dat de gehalten van betekenis zijn en door vervuiling bij koper en zink zelfs zeer hoog kunnen zijn

Tabel 5.1.6. Gehalten aan sporenelementen in mest en compost (g/kg ve

element	stalmest <sup>24</sup>	GFT-compost Duitsland gemiddeld <sup>50</sup>
Fe	185	-
Mn	50	179
Zn	15	623
B	4	14
Cu	3	109

## 5.2 Opbouw van het organische stofgehalte door mest en compost

Er is nog geen eenvoudige, algemeen aanvaarde methode ontwikkeld die laat zien of een mest of compost in de grond snel of juist traag verdwijnt. , Snelle afbraak betekent een geringe bijdrage aan het organische stofgehalte, trage afbraak een relatief grote. In de literatuur zijn tabellen te vinden waarin het percentage effectieve organische stof van verschillende meststoffen staat aangegeven



(zie tabel 5.2.1). Deze cijfers zijn aannames en berusten slechts zeer ten dele op metingen. In de praktijk blijken de verschillen veel groter dan nu wordt aangenomen.

Tabel 5.2.1. De hoeveelheid effectieve organische stof van verschillende soorten meststoffen en compost.

Mestsoort	Organische stof kg/ton vers	Effectieve organi- sche stof als % van organische stof	Effectieve organische stof kg/ton vers	kg effectieve organische stof per 10 kg fosfaat
rundveedrijfmest	66	45	30	165
kalverendrijfmest	15	33	5	33
vleesvarkensdrijfmest	60	30	18	43
zeugendrijfmest	35	30	11	37
kippendrijfmest	93	42	37	47
rundveegier	10	50	5	250
varkensgier	5	40	2	22
zeugengier	10	30	3	33
vaste rundveemest	153	55	84	221
vaste varkensmest	161	40	64	71
droge hennenmest	376	50	188	100
legghen strooiselmest	422	55	232	96
vleeskuikenmest	508	55	280	165
kalkoenenmest	463	50	232	118
eendenmest	215	50	107	144
konijnenmest	365	50	183	133
paardenmest	251	50	126	420
schapenmest	206	50	103	245
nertsenmest	185	50	93	34
vossenmest	185	50	93	34
vaste geitenmest	183	50	91	175
champost	177	50	89	278
GFT-compost	189	85	160	432

In 2016 is er door het NMI in opdracht van de BVOR bij 3 monsters GFT-compost en 3 monsters groencompost onderzoek gedaan naar het percentage organische stof dat na een jaar nog over is. Tevens werd nieuwe literatuur geanalyseerd. De conclusie was dat 90% van de organische stof nog over is na een jaar. Dit onderzoek op zandgrond komt overeen met de conclusie uit 2001 van tabel 5.2.1. waar ook kalkrijke klei met een mogelijk hogere afbraaksnelheid bij betrokken was. De conclusie blijft dat bij GFT-compost en groencompost toch wel heel weinig voedsel voor het bodemleven beschikbaar komt. Hieronder twee tabellen uit de NMI studie.HC is de humificatiecoëfficiënt, het percentage organische stof na 1 jaar nog over.

Type compost	Auteurs	Type proef	HC
Gft- en groen-compost	De Neve et al., 2003	Incubatie, 39 dagen	0,87 - 0,95
Compost van gewas resten	VGroenigen & Zwart, 2007	Incubatie, 87 dagen	0,89 – 0,90
Gft- en groen-compost	Vd Burgt et al., 2011	Incubatie, 154-168 dagen	0,77 – 0,98

➤ Gemiddelde HC van compost = 0,90

➤ Variaties door uitvoering & interpretatie

De Neve et al. (2003) Carbon mineralization from composts and food industry wastes added to soil. Nutrient Cycling in Agroecosystems 67, 13-20.

Postma & Ros (2016) Bepalen van stabiliteit van GFT- en groencomposten. NMI-rapport 1580, 21 pp.

Van de Burgt et al. (2011) Duurzaamheid organische stof. PPO-rapport 448, 41 pp.

Van Groenigen & Zwart (2007) C- en N-mineralisatie van verschillende soorten compost. Alterra-rapport 1503, 30 pp.

Koolzuurproductie na toevoegen van mest of compost aan de bodem

Wanneer een meststof in de grond wordt afgebroken ontstaat er onder meer koolzuur. In het laboratorium is dit na te bootsen door mest of compost met grond te mengen en dan de koolzuurproductie te meten. Bij het project 'Mest als Kans' is dit bij een aantal mest- en compostsoorten gedaan. D

De opbouw van organische stof kan zo meer in detail beoordeeld worden. De resultaten zijn weergegeven in tabel 5.2.2.

Tabel 5.2.2. Resultaten van de koolzuurproductie metingen.

	% koolstofverlies bij vermenging met grond (4 weken 20°C)
strorijke kippenmest vers	24 - beperkte opbouw organische stof
strorijke kippenmest gecomposteerd	16
geitenmest vers	16
geitenmest gecomposteerd	6
runderpotstalmest vers	15
runderpotstalmest gecomposteerd	8
GFT	3
groencompost	3
boomschorscompost	2 - sterke opbouw organische stof

Bij kippenmest gaat in 4 weken bijna een kwart van de koolstof verloren. Deze mest zal beperkt aan organische stofopbouw bijdragen. Bij boomschorscompost is het tegenovergestelde het geval. Bij de mate van opbouw van organische stof door een mest of compost spelen het gehalte aan stikstof en fosfor en de composteringsduur een belangrijke rol. Een rijkere mest (met veel stikstof en fosfor) breekt sneller af dan een armere mest. Na langer composteren blijft een meer stabiele organische stof over. Om een indruk te krijgen van de afbreekbaarheid van een mest of compost kan gebruik worden gemaakt van een eenvoudige doe-het-zelf- test: de Solvita test (Woodsend). Zie hoofdstuk 9 voor adressen.

### 5.3 Mest en compost: overige eigenschappen en meerwaarde

Mest en compost leveren voedingsstoffen en organische stof. Hun werking is echter zelden uitsluitend hieruit te verklaren. Er zijn diverse

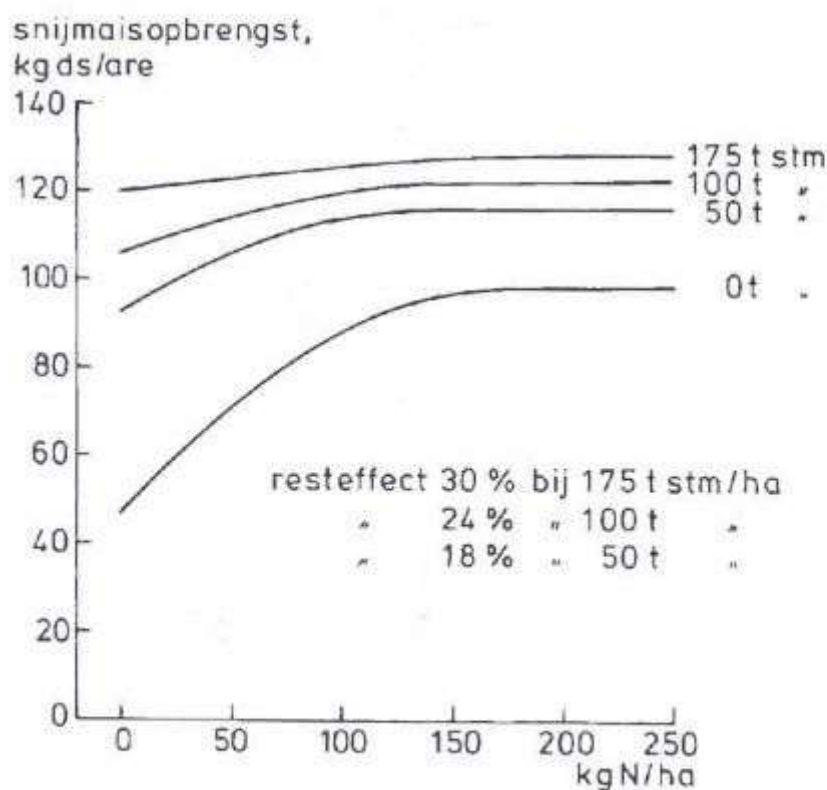
meerwaarde extra effecten die met 'meerwaarde' worden aangeduid. Deze kan een belangrijke reden zijn om voor mest of compost te kiezen boven kunstmest. Verschillende factoren verklaren de meerwaarde. Te denken valt aan een invloed van mest en compost op:

- de bodemstructuur als gevolg van slijmstoffen van bacteriën
- de ziekteverendheid van de grond
- de wijze van vrijkomen van voedingsstoffen
- het wortelstelsel
- de productkwaliteit (ziektegevoeligheid gewas, voedingskwaliteit)

Een overzicht van Nederlands onderzoek naar de meerwaarde van mest geeft de la Lande Cremer. De meerwaarde wordt hier 'resteffect' genoemd. Een overzicht van buitenlands onderzoek geven Dick en McCoy .

### meerwaarde stalmest

We geven nu een voorbeeld van meerwaarde aan de hand van stalmest. Tussen 1972 en 1979 werden op een Veluwe zandgrond verschillende hoeveelheden stalmest toegepast op snijmaïs. Tevens werden stikstoftrappen aangelegd. De resultaten zijn afgebeeld in de bijgaande figuur. Het blijkt dat het onmogelijk is om met alleen kunstmest een zelfde opbrengst te halen als met een combinatie van kunstmest en stalmest. Laatstgenoemde heeft een invloed op grond en gewas die niet alleen door de werking van stikstof, fosfor of kalium te verklaren is en ook niet uit de zeer geringe toename van het organische stofgehalte door de mest zelf (figuur 5.3.1).



Figuur 5.3.1. Hoeveel kunstmeststikstof ook gegeven wordt: door de meerwaarde van stalmest is de opbrengst van snijmaïs bij stalmest in combinatie met kunstmest altijd

### meerwaarde GFT

Ook onderzoek naar GFT illustreert het bestaan van de meerwaarde. Bij spinazie op zavelgrond gaf een eenmalige gift van 16 ton GFT per ha een opbrengstverhoging van meer dan 25% (figuur 5.3.2). Ook met hogere kunstmestgiften konden de opbrengsten door de GFT niet behaald worden. Het effect trad met dezelfde GFT bij prei op zand beperkt op en bij aardappel en suikerbiet op zavel in het geheel niet.

## **meerwaarde meten**

De meerwaarde van een mest of compost is heel divers van karakter en kan per bodem en gewas variëren. Het bepalen van de meerwaarde van een mest of compost is daarom niet eenvoudig. Wanneer bijvoorbeeld een bodem een ploegzool heeft, waardoor in de winter water op het land blijft staan, dan kan goede mest of compost dit probleem verhelpen door stimulering van de wormengroei. Wanneer de bodem die ploegzool niet heeft, treedt dit effect niet op. Ondanks dit soort verschillen is er ook een gemeenschappelijke noemer. Wanneer gedurende het groeiseizoen steeds energie beschikbaar is in de vorm van koolhydraten en cellulose, en die komt ook vrij, dan kunnen bodemleven en plant zich goed blijven ontwikkelen. Met dit als uitgangspunt is het mogelijk om een specifieke meerwaarde te bepalen. Dit kan door mest of compost te mengen met grond en vervolgens in een incubatievat de koolzuurproductie te meten. Komt daar een kortdurende, explosieve waarde uit, of een zeer geringe waarde, dan kan niet het hele seizoen energie aan het bodemleven worden geleverd.

Het geleidelijk vrijkomen van voedingsstoffen is moeilijker te beoordelen. De in hoofdstuk 5.6 behandelde extractie met 0,01 M  $\text{CaCl}_2$  is één van de mogelijkheden om de levering van voedingsstoffen te meten. Grote hoeveelheden organische, makkelijk oplosbare stikstof geven een sterke stikstofvrijmaking in het voorjaar. Is die niet aanwezig dan kan een mest of compost weinig voedingsstoffen leveren. Deze test zegt natuurlijk niet direct iets over de andere voedingsstoffen.

Voorbeelden van een aantal in 1999 onderzochte mestsoorten.

Voorbeelden van een aantal in 1999 onderzochte mestsoorten.

	Org N in 0,01 M CaCl <sub>2</sub> (mg N/kg org. stof)	% C verlies in 4 weken
<b>veel stikstoflevering, snelle afbraak, potentieel weinig meerwaarde</b>		
strorijke kippenmest 1	3029	24
strorijke kippenmest 2	4556	16
<b>weinig stikstoflevering, trage afbraak, potentieel weinig meerwaarde</b>		
natuurcompost	119	5
boomschorscompost	36	2
<b>geleidelijke N-levering, geleidelijke afbraak, potentieel veel meerwaarde</b>		
runderpotstalmest gecomposteerd	1720	8
geitenmest gecomposteerd	1271	6

## 5.4 Ziektewerendheid van grond bij gebruik van mest en compost

### Inleiding

In de Verenigde Staten is al veel onderzoek gedaan naar de ziekteonderdrukkende werking van compost. Deze werking is toevallig ontdekt in de jaren zeventig, bij het verwerken van afvalproducten uit de houtindustrie in potgrond. Het bleek toen commercieel en milieutechnisch interessant om de turf, die gebruikt wordt in potgrond, gedeeltelijk te vervangen door gecomposteerde boomschors.

Vanwege de ziektewerendheid van dit product kon aanzienlijk bespaard worden op het gebruik van bestrijdingsmiddelen tegen met name bodemschimmels. Ook andere soorten compost (onder meer gecomposteerde stalmest) zijn sindsdien onderzocht op bruikbaarheid voor ziekteonderdrukking, met verschillende effecten op de ziektewerendheid.

### uitgevoerd onderzoek

Het meeste onderzoek was en is gericht op het directe ziekteonderdrukkende effect in potgrond en grondmengels voor opkweek. In deze proeven bestaat minstens 10% van het totaalvolume uit compost en dat mengsel wordt vergeleken met een vrijwel steriel turf-potgrondmengsel of een ander medium. Een dergelijke opzet is niet helemaal te vergelijken met de praktijk van de grondgebonden teelten want daar wordt compost in een lagere dose-ring toegepast, is de

uitgangssituatie niet steriel en spelen ook langere termijn effecten een rol. Met name van de laatste is veel minder bekend en vaak worden de resultaten van experimenten in het laboratorium of op proefveldjes te gemakkelijk geëxtrapoleerd naar veldomstandigheden. Daarbij is het moeilijk het directe effect van de ziekteonderdrukking in het veld te scheiden van andere effecten van compost, zoals de voedingswaarde, de invloed op de bodemstructuur en andere eigenschappen die ook voor een gezondere plant kunnen zorgen.

## **Nederlands onderzoek**

Onderzoek onder specifiek Nederlandse omstandigheden heeft nog maar sporadisch plaatsgevonden. Door Plant Research International (Wageningen-UR) wordt onder meer gekeken naar de invloed van compost, mest en andere bodemtoevoegingen op onderdrukking van bodemziekten, zoals aaltjes of *Rhizoctonia solani* in de bloembollenteelt. Bij het LBO (Laboratorium voor Bloembollen Onderzoek, WUR) in Lisse wordt gekeken naar de invloed van composttoediening op *Pythium*. De leerstoelgroep Biologische Bedrijfssystemen van WUR is bezig met het ontwikkelen van een bio-toets voor ziekteverendheid.

## **compostextracten**

In laboratoriumproeven is de werking aangetoond van compostaftreksels als ziektebestrijder. Mogelijk heeft dit een toekomst als alternatief biologisch bestrijdings/plantversterkingsmiddel. Deze toepassing wordt in dit hoofdstuk niet behandeld omdat er nog te weinig ervaring is met toepassing op praktijkbedrijven. 19

---

## **Onderzoeksubjecten**

Het onderzoek naar ziekteverendheid van compost richt zich vooral op de bodemziekteverwekkers, met als hoofdrolspelers *Rhizoctonia solani*, *Pythium ultimum*, *Phytophthora cinnamomi* en *Fusarium oxysporum*.

Bij de aanpak van problemen door compost blijkt *Rhizoctonia* de lastigste en meest onvoorspelbare ziekteverwekker te zijn. Incidenteel zijn ook effecten van compost gevonden op het wortelknobbelaaltje en het *trichodorus*aaltje.

Tot de onderzochte planten behoren voedingsgewassen als komkommer, tomaat, aardappel, sterrenkers, pompoen, rode biet, bloemkool, radijs en siergewassen als iris, cycloam en poinsettia's. Ook is gebruik gemaakt van de zandraket, een bekende onderzoeksplant.

Oorspronkelijk is vooral veel aandacht besteed aan schorscompost. Later zijn alle mogelijke andere soorten compost, en diverse materialen als verse mest en stro onderzocht op hun ziekteverende eigenschappen.





### Mechanismen bij ziekteonderdrukking:

Er zijn meerdere oorzaken mogelijk waarom een mest of compost ziekteverwend is:

- voedselconcurrentie. Het microbiële leven uit de compost gebruikt hetzelfde voedsel als de ziekteverwekkers, waardoor er voor de laatste minder overblijft.
- onderdrukken geur. De sporen van schadelijke schimmels worden minder snel geactiveerd door uitscheidingen van de wortels. Aaltjes, die de geur van worteluitscheidingen 'ruiken', kunnen de wortel minder goed vinden omdat geurstoffen geabsorbeerd worden door de organische stof uit de compost. Een bekend voorbeeld is het *Trichodorus*-aaltje.
- parasitisme. Ziekteverwekkers worden geparasiteerd door compostorganismen.
- antistoffen. Compostorganismen produceren stoffen die op ziekteverwekkers remmend werken.
- weerstandsverhoging. De plant groeit door het gebruik van mest of compost evenwichtiger en krijgt meer weerstand tegen ziekten. Dit is een aan-uit mechanisme dat door een 'trigger', in dit geval een rijk bodemleven, geactiveerd wordt. De plant komt in een staat van verhoogde afweer, hetgeen

kan worden aangetoond door enzymanalyses en door proeven waarbij verschillende wortels van dezelfde plant in verschillende omgevingen geplaatst worden. Mogelijk is dit mechanisme gedeeltelijk ook verantwoordelijk voor de werking van compostaftreksels.

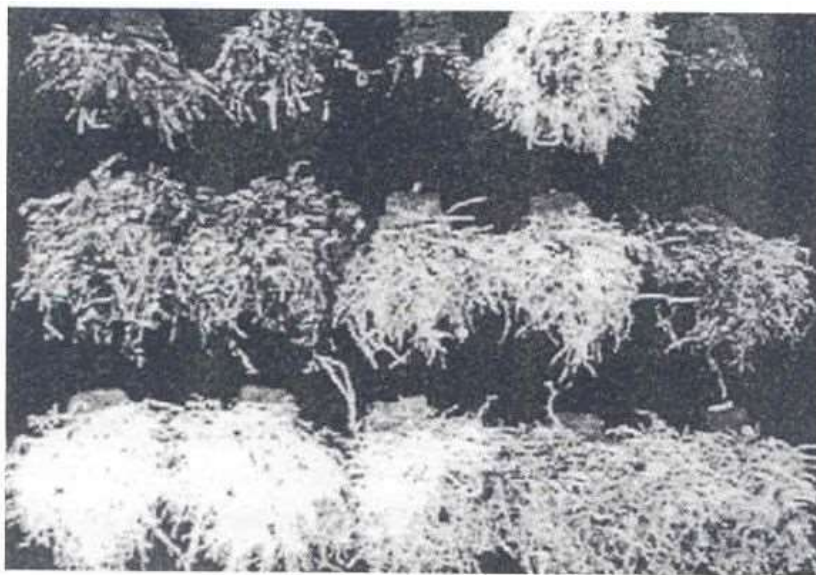
- milieuverandering. Door verandering van de zuurgraad en de vochthuishouding na toediening van mest of compost worden de omstandigheden voor de ziekteverwekker minder gunstig.

### **algemeen of specifiek**

Bij ziekteonderdrukking kan er sprake zijn van algemene of specifieke ziektewerendheid. Algemene ziektewerendheid is gericht tegen een brede groep van ziekteverwekkers en wordt veroorzaakt door de totale microbiële bodemflora. Specifieke ziektewerendheid is gericht tegen een of enkele verwante ziekteverwekkers (een soort of groep van micro-organismen). Dit betekent dat verschillende composten en bodems, die dezelfde samenstelling hebben en dezelfde behandeling ondergaan hebben, toch verschillende ziekteonderdrukking op een bepaalde ziekteverwekker te zien kunnen geven.

### **Onderzoekresultaten**

In de VS komt Hoitink tot duidelijke resultaten bij de ziekteonderdrukkende werking van compost uit de schors van grove dennen (zie figuur 5.4.2).



Figuur 5.4.2. Van boven naar beneden: een steeds betere wortelgroei van Poinsettia door compostgebruik. Foto: Hoitink

In afbeelding 5.4.2 zijn wortels van poinsettia's in verschillende (geïnfecteerde) opkweekmengels te zien. De bovenste rij is opgekweekt in turfpotgrond zonder ziektewerende eigenschappen, de middelste rij in turfpotgrond met ziektewerende eigenschappen en voor de onderste rij is gecomposteerde schors gebruikt.

## **veldonderzoek**

Veel onderzoek wordt gedaan onder laboratoriumomstandigheden. Maar ook bij veldonderzoek zijn er resultaten van composttoediening bekend. Hierbij gaat het meestal om grote compostgiften (bijvoorbeeld 60 of 120 ton/ha) op grond die vaak een laag gehalte aan organische stof heeft. Of het gaat om mulchen met een laagje compost op de bodem. In deze situaties wordt onderdrukking gemeld van bijvoorbeeld klavermoeheid in luzerne, Rhizoctonia in bonen, diverse ziektes in pompoenen en echte meeldauw in gerst. Het zal duidelijk zijn dat hoge compostgiften vanwege de mestwetgeving niet vaak toegepast kunnen worden.

## **Rhizoctonia**

In Nederland zijn laboratorium- en modelproeven gedaan over ziekteverendheid tegen Rhizoctonia door het PRI-WUR (G. Dijst) in samenwerking met het LBO-WUR. De effecten van verschillende organische grondbemesting en verrijkmethodeën verschilden daarbij sterk. Dat gold bijvoorbeeld voor Rhizoctonia solani, een veel onderzochte ziekte die ook op biologische bedrijven problemen geeft, met name in aardappels. 57

## **Pythium**

Bij een onderzoek in kassen door het LBO bleek een verhoging van de ziekteverendheid tegen Pythium na toediening van 12 ton/ha gerijpte GFT-compost. Dezelfde hoeveelheid op het veld gaf juist een stimulering van de Pythium-aantasting. Er is nog geen verklaring voor dit tegengestelde effect. 58

## **rijpheid**

In de literatuur wordt vaak gesproken over een verband tussen de rijpheid en de ziekteverende werking van compost. Verse compost is minder geschikt als ziekteverend middel omdat na toediening aan de bodem de concurrentie wegvalt en bodemziekteverwekkers de overhand kunnen krijgen. Niet-rijpe compost werkt niet alleen als voedsel voor het bodemleven, maar ook voor de ziekteverwekkers. Dit geldt het sterkst voor Rhizoctonia. Verse compost stimuleert Rhizoctonia in komkommers in een groeimedium met GFT-compost.

Tevens kan als gevolg van de hoge biologische activiteit van verse compost anaërobie in de bodem ontstaan waardoor wortels afsterven. Er zijn echter ook aanwijzingen dat anaërobie bijdraagt aan de ziekteverende werking.

Klaarblijkelijk is er voor de ziekteverendheid van compost een optimale rijpheid. Te jonge compost kan ziektes veroorzaken doordat het de verwekkers voedt, te oude compost is niet effectief omdat het zijn biologische activiteit verliest. Althans zo lijkt onderzoek en theorie te suggereren. Dit kon niet worden bevestigd door een onderzoek van het Zwitserse FiBL (Forschungsinstitut für biologischen Landbau) naar de onderdrukkende werking van compost op Pythium in rode bieten. De rijpheid van de mestcompost leverde wel verschillen op, maar er was geen 'optimale rijpheid', zoals blijkt uit tabel 5.4.1.

Tabel 5.4.1. Onderdrukkende werking van compost op *Pythium* in rode biet.

ouderdom compost	onderdrukking
1 jaar	47%
3 maanden	35%
1.5 jaar	18%
9 maanden	5%

Bron: <sup>64</sup>

caaskop testtekst 2018

### rijpingsperiode

Bij gebruik van compost in potgrond is niet alleen de absolute rijpheid, maar ook de rijpingsperiode na de temperatuurpiek van belang. Door die piek worden niet alleen ziektekiemen, maar ook de meeste andere micro-organismen gedood. De rijpingsperiode moet een paar weken duren, zodat de compost weer gekoloniseerd is met ziekteverwendend leven.

### tijdstip toediening

Dat verse compost eerder ziektes zal veroorzaken dan onderdrukken is met name aangetoond in groeimmedia. De werking van compost op het land is onder andere afhankelijk van de tijd tussen toediening van compost en zaaien. Hoe langer deze periode hoe meer kans de compost heeft om zich 'in te werken'. Dit is met name van belang om schade van snel koloniserende bodem ziekteverwekkers (zoals *Rhizoctonia solani*) te voorkomen. De tijd tussen toediening en zaai zal twee tot vijf maanden moeten bedragen om schade ten gevolge van *Rhizoctonia solani* te voorkomen, zo bleek uit onderzoek van G. Dijst in Wageningen.<sup>57</sup>

### antagonisten

Sommige bodemziekten hebben specifieke tegenwerkers (antagonisten) nodig. Van *Rhizoctonia solani* is bekend dat par-tijen van dezelfde soort compost nogal kunnen verschillen in hun ziekteonderdrukkende werking. Sommige auteurs schrijven dit toe aan het toeval-ig voorkomen van specifieke soorten bacteriën en schimmels. Voorbeelden zijn *Bacillus subtilis*, die in GFT een gifstof produceert en een *Trichoderma* variant in schorscompost die parasiteert op de sporen van *Rhizoctonia*.<sup>56</sup>

Anderen weerspreken dit specifieke antagonisme tegen *Rhizoctonia*, onder verwijzing naar bodemziekten als *Pythium* en *Rhizoctonia* die goed beperkt kunnen worden door het stimuleren van het algemene antagonisme. Dat kan door met geschikte composten of bodemverrijkers de natuurlijke ziekteverwendendheid van gronden te verbeteren.<sup>57</sup>

## enten

Compost kan in principe met antagonisten geënt worden. Een procédé hiervoor is gepatenteerd. De ervaringen ermee zijn wisselend. Geënt schorscompost dat rechtstreeks uit het warme deel van de composthoop komt blijkt bijvoorbeeld nog steeds niet onderdrukkend te werken op *Rhizoctonia*. Een verklaring is dat de geënte *Trichoderma*-antagonist zich bij voorkeur voedt met afstervende warmteminnende bacteriën en niet met de *Rhizoctonia*.

Naar de  
ziektewerendheid van  
boomschorscompost is  
veel onderzoek  
gedaan.



## Betekenis voor de praktijk

korte en lange termijn Bij de veldtoepassingen gaat het waarschijnlijk om dezelfde soort werkingen als bij potgrond: met name de concurrentie tussen bodemorganismen en verhoogde plantweerstand. Voor een direct effect zijn hoge concentraties compost nodig. Voor veldtoepassingen is het belangrijker om te kijken naar het lange termijneffect: het opbouwen van een gezonde bodem (een bodem met veel en verschillende bacteriën en schimmels) door vol-doende organische stof.

mulchen Bij regelmatige toediening van compost in de tuin-bouw zou gewerkt kunnen worden met strookmulchen of een andere plaatselijke manier van toedienen om de ziektewerendheid van de plant op korte termijn te verhogen, zonder de mestwetgeving te overtreden.

gewaskeuze Het zou voordelig kunnen zijn in de vruchtwisseling de compostgift te concentreren voor een (bodem) ziektegevoelig gewas. Hiervan is geen onderzoek bekend. Overigens spelen met de plaats van de toediening in de vruchtopvolging van de compost ook andere overwegingen een rol: wat is het korte- en lange termijn aanbod aan voedingsstoffen (met name stikstof), en wat is de behoefte van de plant?

praktijkervaringen Ervaringen in de praktijk van de biologische landbouw laten zien dat de meeste bodemziekten voor-komen of onderdrukt kunnen worden door een goede vruchtwisseling toe te passen en te werken aan voldoende organische stofgehalte. Daarmee wordt ook het bodemleven versterkt. Het gebruik van compost in hoge concentraties als snelwerkend preventief of zelfs genezend ziekteverwend middel lijkt ons meer geschikt voor de gevoelige, laboratoriumachtige omstandigheden van de opkweekmedia.

---

### **Recept voor compost met ziekteonderdrukkende werking**

Omdat er al veel ervaring in opkweekmedia is opgedaan met schorscom-post van grove den, hierbij een recept<sup>56</sup>.

1. Schors van de grove den wordt versnipperd tot stukjes van minder dan 1,25 cm. Zorg ervoor dat het houtaandeel minder dan 20% is.
2. Voeg een kleine hoeveelheid stikstof en water toe. Stikstof in de vorm van ammonia, om de compostering op gang te krijgen en de pH te verhogen. Bij toepassing in de biologische landbouw kan het ook zonder ammonia. Dan niet teveel gebruiken in het uiteindelijke potgrondmengsel omdat anders een tekort aan N ontstaat. Het uitgangsmateriaal heeft een hoge C/N verhouding. Bijmengen met een organische meststof aan te raden.

Van dit uitgangsmateriaal maakt water 65-70% van het gewicht uit. De pH is 5,0 tot 7,4.

3. Zet het materiaal in hopen op. Het watergehalte moet in het begin meer dan 50% blijven. De hopen moeten zó klein gemaakt worden dat de temperatuur tijdens het composteren onder de 65°C blijft. Als de temperatuurpiek voorbij is moet het wateraandeel onder de 50% zakken en daar blijven. Dek de hoop eventueel af tegen de regen. Er moet echter zeker meer dan 30%, en liefst meer dan 40% water overblijven, om herkolonisatie door zowel schimmels als bacteriën mogelijk te maken.

Na ongeveer 10 weken is de compost gereed voor gebruik.

Het uiteindelijke mengsel voor potplanten bestaat voor 55% uit compost. Bij gebruik als kiem-bed is dat 80%.

Vanwege het zoutgehalte en de structuur kan er van andere compostsoorten minder in het potgrondmengsel gebruikt worden. Bijvoorbeeld gecomposteerde mest wordt tot hooguit 15 volumepercent toegepast. Voor een ziekteonderdrukkende werking is vanwege het ruimere microleven ook minder nodig: van gecomposteerde riool-slib zijn ziekteonderdrukkende effecten op *Pythium* waargenomen bij een toepassing van 2,5 volumepercent.

---



## **5.5 Zware metalen en het gebruik van mest en compost**

In de duurzame landbouw is het vraagstuk van de zware metalen een belangrijk aandachtspunt. Met mest en compost komen al snel meer zware metalen in de grond dan afgevoerd worden met gewassen en door uitspoeling. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de gehalten aan zware metalen in mest en compost en de betekenis hiervan voor de praktijk.

Belangrijke metalen wat betreft ophoping in de grond zijn cadmium, lood, zink en koper. Een korte karakterisering wat betreft afkomst en effecten:

### **cadmium**

Cadmium is afkomstig van de industrie en hoopt zich via krachtvoer en mest op. Fosfaatmeststoffen zijn een belang-rijke bron. Het is het meest schadelijke zware metaal. Cadmium tast bij te hoge opname de nieren aan waardoor deze versneld verouderen. Cadmium is mogelijk kanker-verwekkend. Verder heeft het een negatieve invloed op het bodemleven onder meer op de stikstofbindende bacteriën.

### **lood**

Lood is afkomstig van het verkeer en de industrie, onder meer de voormalige verfindustrie. Een chronisch effect van lood is bloedarmoede. Verder tast lood het zenuwstelsel en de nieren aan. In de bodem wordt vooral het bacterieleven beïnvloed. Bij concen-traties van 100 tot 200 mg/kg treden meetbare effecten op, het eerst bij lichtere en zuurdere gronden.

### **zink**

Zink heeft dezelfde herkomst als cadmium, ze komen in de natuur ook vaak samen voor. In tegenstelling tot cadmium en lood is zink noodzakelijk voor de plant en de mens. De behoefte van volwassenen bedraagt 7-15 mg per dag. Acute of chronische vergiftiging met zink is alleen bij zeer hoge opnames bekend. In de bodem treden bij gehalten van 50 mg/kg de eerste invloeden op bodembacteriën op. Vooral de stikstofhuishou-ding wordt beïnvloed. Boven 1000 mg/kg treden deze effecten vrijwel altijd duidelijk op.

### **koper**

Koper is vooral afkomstig van varkensmest. Het is in kleine hoeveelheden nodig voor de plant.

### **gehalten in de grond**



Een overzicht van de gehalten in de Nederlandse gronden is in tabel 5.5.1 weergegeven. Deze waarden komen in grote lijnen overeen met eerdere waarden .

Tabel 5.5.1. Gemiddelde gehalten aan zware metalen in de toplaag van de Nederlandse gronden in mg/kg grond<sup>52</sup>.

	Cadmium	Lood	Zink	Koper
<b>grasland</b>				
holoceen zand	0,2	20	30	6
pleistoceen zand	0,3	21	39	11
zeeklei	0,5	41	90	13
rivierklei	0,8	77	146	35
dalgrond	0,5	42	49	21
veen	0,8	101	143	46
löss	0,6	24	73	12
<b>bouwland</b>				
holoceen zand	0,1	8	18	3
pleistoceen zand	0,2	16	26	11
zeeklei	0,4	26	67	17
rivierklei	0,5	25	107	25
dalgrond	0,3	39	29	19
veen	0,7	161	101	53
löss	0,9	32	105	15

### Streefwaarden grond

Door deze waarden te vergelijken met de waarde die niet overschreden mag worden om de gehalten in de voedingsgewassen niet te hoog te laten worden wordt de stand van zaken duidelijk. Deze streefwaarden zijn weergegeven in tabel 5.5.2. Bij alle vier weergegeven metalen is op sommige bodemsoorten de streefwaarde al overschreden en bij de andere is het verschil tussen huidige gemiddelde waarde en de streefwaarde niet groot.

Tabel 5.5.2. Streefwaarden standaardbodem (10% organische stof en 25% lutum) in mg/kg grond.

	Cadmium	Lood	Zink	Koper
Streefwaarde	0,8	85	140	36

### bodemleven

Een andere beoordelingsmogelijkheid van gehalten aan zware metalen is de vraag of het bodemleven negatief wordt beïnvloed door de zware metalen. De waarde waarbij 5% van de bodemdiersoorten onbeschermd is kan als maat gebruikt worden. In tabel 5.5.3 is een overzicht van de verschillende waarden gegeven. Het blijkt dat in veel gronden het bodemleven nu al schade van zware metalen ondervindt.

Tabel 5.5.3. Berekende NOEC (No Observed Effect Concentration) 95% (5% van de bodemdiersoorten onbeschermd) in mg/kg).

Cadmium	Lood	Zink	Koper
0,2	140	4,5	1,7

Om de toekomstige ontwikkeling van de gehalten aan zware metalen in te schatten kan de situatie in de huidige landbouw als uitgangspunt worden aangenomen. Als voorbeeld een tuinbouwbedrijf (tabel 5.5.4).

Tabel 5.5.4. De zware metalenbalans van een biologisch tuinbouwbedrijf<sup>70</sup>; hoeveelheden in g/ha.

	Cadmium	Lood	Zink	Koper
<b>aanvoer</b>				
uit de lucht	3	98	390	56
30 ton stalmest	2	53	550	126
<b>totaal</b>	<b>5</b>	<b>151</b>	<b>940</b>	<b>182</b>
<b>afvoer</b>				
met gewassen	0,3	0,9	150	15
uitspoeling	1,2	8	81	44
<b>totaal</b>	<b>1,5</b>	<b>8,9</b>	<b>231</b>	<b>59</b>

Uit tabel 5.5.4 blijkt dat de aanvoer op een tuinbouwbedrijf steeds groter is dan de afvoer, uitgaande van de situatie dat de gewassen relatief lage gehalten aan zware metalen hebben. Het is mogelijk te berekenen na hoeveel jaar op zo'n bedrijf de maximaal toegestane waarde, de streefwaarde bereikt wordt. In tabel 5.5.5 is dit gedaan voor een holocene zandgrond (de schoonste bodemsoort wat betreft zware metalen) en op een rivierkleigrond (de minst schone minerale grond).

Tabel 5.5.5. Aantal jaren waarna op een tuinbouwbedrijf met gemiddelde gehalten aan zware metalen in de grond en 30 ton stalmest per ha per jaar de streefwaarde wordt bereikt.

	Cadmium	Lood	Zink	Koper
holoceen zand	470	1560	520	810
rivierklei	200	1200	145	270

Steeds duurt het vele jaren voordat de streefwaarde bereikt is. Van een duurzame situatie is geen sprake.

In tabel 5.5.6 staan de gehalten aan zware metalen van een aantal mest- en compostsoorten aangegeven.

Tabel 5.5.6. Gehalten aan zware metalen van enkele soorten dierlijke mest en compost (g/ton vers).

	Cadmium	Lood	Zink	Koper	bron
drijfmest rundvee, gras	0,03	1,3	16,1	4,1	71
drijfmest rundvee, maïs	0,03	2,6	24,7	6,3	71
drijfmest mestvarkens	0,03	2,0	75,2	42,3	71
drijfmest kippen	0,11	< 4,1	64,0	18,0	51
vaste mest leghennen	0,11	6,2	216,6	33,3	71
vaste mest vleeskuikens	0,10	5,6	173,7	77,9	71
vaste mest rundvee	0,06	0,7	25	7	72
vaste mest rundvee	0,06		12	7	73
champost	0,08	1,4	38,6	8,7	74
GFT-compost	0,5	71	116	25	72
groencompost	0,3	15	98	23	72

Om de meststoffen ten opzichte van elkaar beter te kunnen vergelijken is ook het gehalte per kg fosfaat berekend (zie tabel 5.5.7). De waarden stammen uit de gangbare landbouw en de toevoeging van zink bij kippenvoer en koper bij varkensvoer komt duidelijk naar voren in de hoge gehalten van deze metalen in vergelijking met het fosfaatgehalte.

Tabel 5.5.7. De aanvoer van zware metalen cadmium, zink en koper in enkele soorten dierlijke mest en compost in relatie tot de hoeveelheid fosfaat (g/kg fosfaat).

Product	Cadmium	Zink	Koper
drijfmest rundvee, gras	0,010	8,3	2,1
drijfmest rundvee, maïs	0,012	11,2	2,2
drijfmest mestvarkens	0,007	16,0	9,0
drijfmest kippen			
vaste mest leghennen	0,006	11,8	1,8
vaste mest slachtkuikens	0,006	9,7	4,4
vaste mest rundvee			
champost	0,007	3,2	0,7
GFT-compost			

Tabel 5.5.8. Maximaal toegestane gehalten aan zware metalen in compost (in mg/kg droge stof).

	Cadmium	Chroom	Koper	Kwik	Nikkel	Lood	Zink	Arseen
compost	1	50	60	0,3	20	100	200	15
zeer schone compost	0,7	50	25	0,2	10	65	75	5

## 5.6 Analysemethoden mest en compost

### inleiding

De meest gebruikte analyses van mest en compost zijn het droge stofgehalte, het organische stofgehalte, totaalgehalten aan voedingsstoffen en een aantal aanvullende chemische bepalingen waaronder gehalten aan zware metalen. Er zijn meer analyses mogelijk, gericht op de landbouwkundige beoordeling van gunstige eigenschappen, of op negatieve eigenschappen zoals ziekteverwekkers en onkruiden. Veel van die analyses hebben weinig zeggingskracht. In het volgende worden een aantal analysemethoden belicht, die aanvullend bij mest en compost te gebruiken zijn.

### koolzuurproductie

Met incubatieproeven kan de koolzuurproductie van een mest of compost bepaald worden (zie ook 5.2). Op het Louis Bolk Instituut wordt onder meer de volgende incubatiemethode toegepast. Van

gedroogde en gemalen mest of compost wordt 1 gram gemengd met grond en onder een waternevel onder voortdurend schudden bevochtigd tot de eerste kluitvorming optreedt. Dit monster wordt op een schaalte in een afgesloten vat geplaatst. Onderin het vat bevindt zich 0,1 N KOH. Na een week bij 20°C wordt na toevoeging van fenolftaleïne de kaliloog teruggetitreerd met 0,2 N zoutzuur. De hoeveelheid zoutzuur is een maat voor de koolzuurproductie van het monster na vergelijking met een blanco. Met een simulatiemodel kan uit deze koolzuurproductie ook het stikstofleverend vermogen ingeschat worden (zie 7.2). Meting gedurende langere tijd is dan wenselijk. Hierbij moet wekelijks de kaliloog verversen en getitreerd worden.

De standaardanalyses die nu veelal worden toegepast geven nog geen goed beeld van de landbouwkundige eigenschappen van mest of compost.

Foto:

Hans Dijkstra - BvB



### stikstoflevering

In de bovengenoemde geïncubeerde grond kan in principe ook de productie van nitraat en ammonium gemeten worden. Door denitrificatie wordt de productie vaak wel te laag ingeschat.

Een snelle indicatie van de stikstoflevering is de extractie met 0,01 M  $\text{CaCl}_2$ . Vijf gram gedroogde, gemalen en gezeefde (2 mm) mest of compost wordt gedurende twee uur geschud in 0,01M  $\text{CaCl}_2$  bij 20°C. In dit extract wordt nitraat, ammonium en totaal stikstof bepaald. Door de hoeveelheid totaal stikstof te verminderen met de minerale stikstof wordt de hoeveelheid organische stikstof verkregen. Deze hoeveelheid is een globale maat voor het stikstofleverend vermogen van de mest of compost (zie 5.1).

## **chroma's**

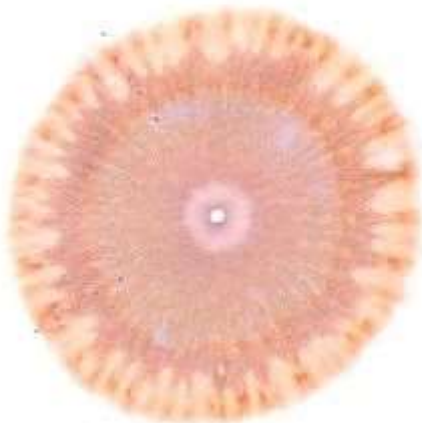
Door een natronloogextract in met zilvernitraat geprepareerd chromatografiepapier te laten opstijgen ontstaat een kleuren- en vormenpatroon dat per mest of compost sterk verschillend kan zijn. De methode is ontwikkeld door Pfeiffer en wordt al langere tijd voor mest en compost gebruikt.

Verse mest of verse plantenresten geven eenvoudige beelden. Tijdens het composteren wordt het beeld steeds vormenrijker. Op deze wijze kan de rijpingsgraad worden beoordeeld. Ook rijpe composten kunnen onderling worden vergeleken. Wat de beoordeling betreft is er een gemis aan systematisch opgezet fundamenteel onderzoek. Wel is het zo dat laboratoria door jarenlang vele beelden te bekijken en te vergelijken met andere informatie die over een organische mest bekend is, veel ervaring hebben opgebouwd. Een beeld dat bestaat uit meerdere goed ontwikkelde zones (zoals in figuur 5.6.1) zou wijzen op een in biologisch en chemisch opzicht goede compost. Laboratoria die de test toepassen zijn Agrecol, Aqua Maiandros, IRT (zie hoofdstuk 9).

Methode: 5 gram gedroogde, gemalen en gezeefde (2mm) mest of compost wordt aan 50 ml 1% NaOH toegevoegd. Na 1 uur schudden op schudmachine volgt centrifugeren of affiltreren over een hard filter.

In chromatografiepapier (Whatmann nr 1) wordt een gat van 4 mm diameter geponst. Hierin wordt een rolletje filtreerpapier gestoken en via dit papier stijgt 0,5% zilvernitraat op. Deze oplossing breidt zich cirkelvormig uit in het chromatografiepapier, tot een diameter van 8 cm. Laten drogen en vervolgens met een nieuw rolletje filtreerpapier het mest- of compostextract laten opstijgen en uitlopen tot een diameter van 12 cm. Dit laatste moet bij 100% luchtvochtigheid gebeuren. Drogen en enkele dagen laten ontwikkelen bij getemperd daglicht. Meer informatie vindt u in Voitl en Guggenberger.





Boven: Chroma van verse kippenmest.

Midden: Chroma van gecomposteerde kippenmest.

Onder: Chroma van een gecomposteerd mengsel van groenafval en stalmest. Chroma's met een dergelijke ontwikkeling in de verschillende zone's zijn typisch voor wat langer gecomposteerde mineraalrijke compost.

**stabiliteit**



Of een compost of mest nog tot actieve processen in staat is of uitgerijpt is kan beoordeeld worden met Duitse 'Rottegradmethode'.

Het verse monster wordt gezeefd op 1 cm. Het vochtgehalte moet zodanig zijn dat bij intensief knijpen net geen vocht vrijkomt. Dit monster wordt gedurende 16 uur bij kamertemperatuur weggezet in een vat van 2 liter onder afdekking met aluminiumfolie. Het monster wordt vervolgens in een Dewar-proefvat gebracht. Op eenderde afstand van de bodem wordt een temperatuurvoeler aangebracht. De starttemperatuur is 20°C. Na 1 uur wordt de temperatuur voor het eerst afgelezen. Het temperatuurmaximum wordt in het algemeen na 2 tot 5 dagen bereikt. De stabiliteit wordt in de volgende klassen uitgedrukt:

#### Onkruidkiemen

klasse	maximum temperatuur
I	> 60°C
II	50,1-60°C
III	40,1-50°C
IV	30,1-40°C
V	< 30,1°C

Deze methode zegt alleen iets over de stabiliteit. Landbouwkundig kan het soms van belang zijn juist mest of compost toe te dienen die vrij vers is en een lage stabiliteit heeft. Hier wordt in hoofdstuk 6 uitvoerig op ingegaan.

Onderzoek naar onkruidkiemen is niet eenvoudig. Er is een verschil tussen landbouwgewassen en onkruiden wat betreft kieming. Landbouwgewassen kiemen onder gunstige omstandigheden. Onkruiden doen dit voor een deel, anders zouden ze geen onkruid kunnen zijn. Een kiemproef geeft evenwel wel een indicatie. De test wordt als volgt uitgevoerd. Veenmosveen (Type 3: >15 vol% bij 10 cm zuigkracht, zeeffractie 3-7 mm) wordt gemengd met mest of compost: 75% vol% veenmosveen en 25% vol% mest of compost. Bij 20°C wordt het aantal gekiemde onkruiden bepaald.

## 6 Toepassing van mest en compost

## **Inhoud:**

### **6.1 Akkerbouw en groenteteelt**

### **6.2 Groenteteelt**

### **6.3 Veehouderij**

### **6.4 Kasteelt**

### **6.5 Bollenteelt**

### **6.6 Boomteelt**

### **6.7 Fruitteelt**

## **6.1 Akkerbouw en groenteteelt**

In akkerbouwwrotaties komen gewassen voor die een geringe bijdrage leveren aan de bodemvruchtbaarheid, zoals peen, witlof, conservenerwten en bonen, en gewassen die een duidelijk positieve bijdrage leveren, zoals granen en veel vlinderbloemigen. Tevens is in de vruchtwisseling veel ruimte voor de teelt van groenbemesters. In de akkerbouw kan daarom stikstof voor een aanzienlijk deel uit andere bronnen dan mest geleverd worden. In sommige akkerbouwwrotaties wordt de benodigde stikstof volledig gedekt door klavergroenbemesters die stikstof uit de lucht kunnen binden.

Om bodemleven en bodemstructuur te stimuleren is de aanvoer van stalmest of compost vaak nodig. Daarnaast is, in aanvulling op de te verwachten stikstof uit de mineralisatie, gericht bijmesten nodig. Op lichtere klei en zand gronden kan dat door middel van voorjaarsbemesting. Op zwaardere kleigronden is naast de herfstbemesting in een groenbemester met vaste mest en compost de mogelijkheid om in het voorjaar bij te sturen met meststoffen waarin de

Vinasse stikstof makkelijk vrijkomt zoals drijfmest, kippenmest en Vinassekali.

(zie hoofdstuk 7.1).

Wanneer alleen organische mest wordt gebruikt dan is zowel de fosfaat- als kalivoorziening op de meeste bedrijven ruimschoots verzorgd. Kali kan voor bepaalde kaligevoelige teelten gewasgericht gegeven worden in de vorm van Vinassekali of patentkali. Fosfaattekorten kunnen door gebruik van kippenmest opgeheven worden.

De rol van mest en compost in de vruchtopvolging

## **vruchtopvolging**

In de akker- en tuinbouw is vruchtopvolging noodzakelijk om de bodem gezond en de gewassen productief te houden. Vaak is de markt een bepalende factor in het vormen van het bouwplan. Dit kan zó ver gaan dat de bodemvruchtbaarheid en daarmee de productiviteit vermindert.

De ideale vruchtwisseling met de ideale mest of compostkeuze is situationeel bepaald. Ieder bedrijf heeft zijn eigen mogelijkheden of potenties. Omvang, grondsoort, waterhuishouding en vakmanschap zijn steeds weer anders. Toch is het mogelijk om de landbouwkundige basisvoorwaarden in ieder bedrijf goed te verzorgen. Daarvoor moeten de verschillende onderdelen in een goede verhouding tot elkaar staan. In dit hoofdstuk worden bodem, gewas en mest/compost in hun onderlinge wisselwerking besproken. Vervolgens laten een aantal voorbeelden zien hoe dat in de praktijk uitwerkt.

In de vruchtopvolging is het belangrijk om rekening te houden met de snelheid van afbraak van de gewasresten en meststoffen. Er is een

goede verhouding nodig tussen de opbouw van organische stofgehalte op lange termijn en een bodemleven met jong en makkelijk verteerbare organische stof. Bepalend hierin zijn grondsoort, gewas en mest/compostkeuze.

### **Stikstof en koolstof**

Zo goed als de aanwezigheid en verhouding tussen koolstof en stikstof belangrijk zijn voor het verloop van het composteringsproces, zo zijn deze elementen in de processen in de bouwvoor ook van belang. De kwaliteit van koolstof en stikstof hangt af van de situatie waarin ze voorkomen. We lichten dat nu toe.

Koolstof in groenbemesters is voor een groot deel makkelijk verteerbaar en is daardoor een directe voedingsbron voor wormen en bacteriën. Koolstof in stabiele compost of aanwezig in maïsstengels en tarwestoppels, is voor een groot deel niet makkelijk verteerbaar. In deze vorm zal koolstof, naast de directe structuurverbetering, meer het schimmellevens in de bodem voeden.

Stikstof is onder te verdelen in makkelijk beschikbare of snel mineraliseerbare stikstof, zoals in drijfmest en kippenmest, en stikstof die organisch gebonden is en geleidelijker vrij komt, zoals in compost.

### **Organische stof**

De hoeveelheid en de aard van de organische stof in de bouwvoor bepalen sterk hoe de bodem bewerkbaar is, of hij vocht vasthoudt en doorwortelbaar is. Tevens bepalen de hoeveelheid en de aard van de organische stof de activiteit van het bodemleven die op haar beurt weer het vrijkomen van voedingsstoffen voor de gewassen beïnvloedt.

### **effectieve organische stof**

Dit zijn resten van de organische stof van planten en meststoffen die na een jaar in de bodem nog aanwezig zijn.

### **verse organische stof**

Makkelijk verteerbare organische stof is afkomstig van groenbemesters, gewasresten en organische meststoffen. Deze verse organische stof wordt in korte tijd door het bodemleven verteerd.

### **de bodem**

In Nederland zijn verschillende grondsoorten. De vruchtbaarheid, waterhuishouding en bewerkbaarheid hebben invloed op de keuze van gewassen en bemesting. In het volgende worden kort enkele bodemtypen en hun bemesting beschreven. Voor meer over de relatie bodem en bemesting in hoofdstuk 2.

### **podzol**

Een oudere zandgrond (podzol) met een pH van 5 en 4% organische stof, waarvan jaarlijks maar weinig wordt afgebroken, vraagt om jong organisch materiaal in de vorm van gewasresten, groenbemesters en niet geheel verteerde stalmest.

### **jonge zeeklei**

Een jonge zeekleigrond, 20% afslibbaar, waarin de organische stof snel wordt verteerd, met een pH van 7,2 en een organische stof gehalte van 1,8%, is gebaat bij meer stabiele, koolstofrijke gewasresten en goed verteerde mest- en compostsoorten.

### **zware kleigronden**

Een kleigrond, met meer dan 35% afslibbare delen en een organische stof van 2,2%, is gebaat bij een bouwplan met voldoende graan en vaste stalmest of compost die gericht is op de opbouw van organische stof. Daarnaast kan bij stikstofminnende gewassen (zoals kool) een gewasgerichte bemesting in het voorjaar stikstof leveren.

### **bodemstructuur**

Een goede bodemstructuur is onder meer nodig voor de omzettingsprocessen in de bouwvoor. Bepalend voor een goede bodemstructuur is het tijdig bewerken van de bodem onder gunstige omstandigheden. Lichte gronden kunnen in het voorjaar bewerkt worden. De zwaardere gronden zijn alleen in de nazomer droog genoeg om zonder structuurbederf bewerkt te worden. Groenbemesters, gewasresten en, vooral, intensieve beworteling hebben een positieve invloed op de bodemstructuur.

## gewas

Bij het samenstellen van een vruchtopvolging is het van belang rekening te houden met de invloed van de gewassen en de mest- en compostsoorten op de bodemstructuur. Hierbij is het oogsttijdstip bepalend. Vroeg te oogsten gewassen, zoals erwten en granen, geven de gelegenheid om onder droge omstandigheden te oogsten, de grond te bewerken, te bemesten en een groenbemester in te zaaien. Laat te oogsten gewassen, zoals wortel en knolselderij, worden meestal onder natte omstandigheden geoogst. Er is geen gelegenheid om te bemesten, de grond te bewerken en het is te laat voor de inzaai van een groenbemester. Wanneer toch met organische mest in het late najaar wordt bemest, is de kans groot dat er voedingsstoffen uitspoelen. Ook kunnen er gemakkelijk onder natte omstandigheden anaërobe plekken in de grond ontstaan. Op deze manier bemesten draagt in geringe mate bij aan de bodemvormende processen en aan het vrijkomen van voedingsstoffen voor de gewassen. Op klei en zavelgronden is een afwisseling tussen een hakvrucht (peen en bieten) en een maaiv Frucht (granen, erwten, bonen) noodzakelijk om de structuur voldoende herstellen. Zie tabel 6.1.1.

Naast de opbouw van organische stof en een goed bodembeheer is de invloed van het gewas en groenbemesters in de vruchtopvolging groot. Zij spelen een belangrijke rol in de belasting en het herstel van de bodem.

Tabel 6.1.1. Oogsttijdstip van gewassen.

vroeg	middelvroeg	laat
spinazie	aardappelen	wortelen
erwten	uien	witlof
bonen	late bonen	knolselderij
plantuien	vroege sluitkool	teunisbloemen
vroege aardappelen		sluitkool
vroege wortelen		boerenkool
bloembollen		spruitkool
vroege levering bieten		prei
vlas		schorseneren
granen		
karwij		

N-behoeftige gewassen	matig N-behoeftig	weinig N-behoeftig
koolgewassen	bieten	wortelen
bladgewassen	uien	pastinaak
maïs	aardappelen	schorseneer
prei	granen	erwten
	pompoen	bonen
		klaver
		karwij
		vlas
		teunisbloem