

# Mest: Compostering, nutriëntenverliezen en toepassing

*P398-I: Beleidsondersteunend onderzoek op het terrein van voedsel en groen*

D.A.J. Starmans  
M.A. Bruins  
R.W. Melse  
A.H.M. Veeken  
H.C. Willers

IMAG Rapport 2002-xx  
December 2002  
€ 16,00

## **CIP-GEGEVENS KONINKLIJK BIBLIOTHEEK, DEN HAAG**

Mest: Compostering, nutriëntenverliezen en toepassing/D.A.J. Starmans, M.A. Bruins, R.W. Melse, A.H.M. Veeken, H. C. Willers -Wageningen: IMAG -  
(Rapport 2003-xx/Wageningen UR, Instituut voor Milieu- en Agritechniek; 2003)

ISBN

NUGI 849

Trefw.: Mest, composteren, nutriënten, MINAS, landbouwkundige waarde

© 2003 IMAG, Postbus 43 - 6700 AA Wageningen

Telefoon 0317-476300

Telefax 0317-425670

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

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the institute.

# Voorwoord

Dit onderzoek werd gefinancierd door het Ministerie van Landbouw Natuurbeheer en Visserij. Op deze plaats wil ik alle medewerkers van zowel TMM als IMAG bedanken die aan dit project hebben meegewerkt.

Dr. J.P.M. Sanders  
Directeur

## Samenvatting

Als gevolg van een toenemende druk van de EU betreffende het naleven van de Nitraatrichtlijn, wordt in Nederland veel nadruk gelegd op de implementatie van nieuwe MINAS eindnormen. Tegelijkertijd wordt er vanuit het overheidsbeleid aandacht besteed aan mineralenmanagement op boerderijniveau. In dit kader wordt er in dit rapport dieper ingegaan op compostering als techniek voor het verhogen van de benutting van de stikstof in mest en wordt er ingegaan op de voordelen van het aanwenden van compost op landbouwgrond.

Composteren is de afbraak en stabilisatie van organische stof door micro-organismen. Het kan op velerlei wijze, extensief (weinig zorg, gedurende lange tijd) en intensief (veel zorg, gedurende lange tijd), zowel op een boerderij als bij een extern composteerbedrijf. Belangrijk voor een goede compostering is de beschikbaarheid van zuurstof in de hoop. Blijft dit achterwege door een slechte structuur of te vochtig materiaal, dan zal er weinig tot geen stikstof worden omgezet.

Composteren van een dikke mestfractie (globaal 30% van de totale mesthoeveelheid) leidt tot een sterke afname van ammoniakale stikstof en slechts in mindere mate tot afname van de organisch gebonden stikstof. Het vrijkomen van de resterende hoeveelheid stikstof in de compost voor de groei van planten gaat hierdoor minder snel. Compost is hierdoor te zien als een indirecte meststof, in tegenstelling tot bijvoorbeeld kunstmest of de vloeibare mestfractie, welke als directe meststoffen zijn te kenschetsen.

Uit de economische evaluatie van verschillende composteringsprocessen blijkt dat de benodigde investeringen fors zijn. Extensieve compostering is te realiseren voor € 2,06 /ton drijfmest, terwijl intensief composteren is te realiseren voor € 6,11 /ton drijfmest. Dit komt neer op een prijs van de compost van respectievelijk € 20,60 en € 61,10 per ton. Gezien de huidige marktprijzen is het onwaarschijnlijk dat compost voor deze prijs extern kan worden afgezet. Gezien de voordelen van het gebruik van compost, zal toepassing op het eigen bedrijf daarom eerder plaatsvinden.

Aan de hand van de mestproductie van een standaard melkveebedrijf (80 koeien en bijbehorend jongvee) en een standaard gesloten varkensbedrijf (200 zeugen met biggen, 1400 vleesvarkens en bijbehorende jonge varkens) wordt berekend hoeveel landbouwgrond er nodig is voor plaatsing van de geproduceerde mest. Er worden drie situaties per bedrijf doorgerekend. Zowel met MINAS eindnormen, de EU-Nitraatrichtlijn en een combinatie van toepassing van de EU-Nitraatrichtlijn en compostering van mest worden als randvoorwaarden meegenomen. Voor beide bedrijven leidt het composteren van de mest na mestscheiding tot een reductie van het benodigde landbouwareaal met 10 ha. De gemaakte kosten voor compostering bedragen ongeveer € 10,00 per kilogram verwijderde stikstof. Hierdoor wordt composteren als techniek voor het bereiken van een stikstofreductie te duur. De voordelen van de toepassing van compost moeten gezocht worden in een betere toepasbaarheid op het land.

Als veelbelovend werkveld wordt de opwerking van de vloeibare fractie na mestscheiding gezien. Concentratie tot hoogwaardige meststoffen kan leiden tot een verminderde behoefte voor toepassing van kunstmest. Potentiële gebieden zijn:

- Concentreren door middel van verdamping van water (toegepast in het Hercules project).
- Chemisch concentreren door selectieve eliminatie van  $\text{NH}_3$ . (in prototype fase).

# Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Samenvatting	4
1 Inleiding	9
1.1 Achtergrond	9
1.2 Indeling	10
1.3 Systeembeschrijving	12
1.4 Afbakening onderzoek	13
2 Composteren van een dikke mestfractie	14
2.1 Definities	14
2.2 Het composteringsproces	15
2.2.1 Kwalitatieve beschrijving	15
2.2.2 Kengetallen voor beluchting	16
2.2.3 Factoren die het composteringsproces beïnvloeden	19
2.3 Techniek/uitvoering van het composteringsproces	21
2.3.1 Voor- en nabehandeling	21
2.3.2 De compostering	22
2.4 Verlies van stikstof en andere nutriënten tijdens composteren	25
2.4.1 Inleiding	25
2.4.2 Stikstofverliezen	25
2.5 Stikstofverliezen in verschillende composteringssystemen	29
2.5.1 Gesloten reactorsysteem	29
2.5.2 Extensief passief belucht systeem met regelmatig omzetten	29
2.5.3 Stikstofverliezen	30
2.6 Samenstelling compost uit dierlijke mest	31
3 Wet- en Regelgeving	33
3.1 BOOM	33
3.1.1 Kwaliteit van de compost	33
3.1.2 Regels met betrekking tot de toepassing van compost	34
3.2 Meststoffenwet: MINAS	36
3.3 Berekende scenario's	38
3.3.1 Consequenties voor een model melkveebedrijf	38
3.3.2 Consequenties voor een model varkensbedrijf	39

4	Transport en opslag	40
4.1	Dunne mest	40
4.2	Vaste mest	40
5	Toediening en landbouwkundige waarde	41
5.1	Inleiding	41
5.2	Gangbare giften	41
5.3	Geschiktheid van mestsoorten	43
5.3.1	Vaststellen van geschikte soorten mest: de werkingscoëfficiënt	43
5.3.2	Randvoorwaarden door gewassen en percelen	44
5.3.3	Werking mest en compost	46
5.4	Gangbare technieken:	48
5.4.1	stalmeststrooiers	48
5.4.2	Strooi-aggregaten	49
5.4.3	Nauwkeurigheid	49
5.4.4	Overige randvoorwaarden	50
5.5	Discussie	51
5.6	Conclusies	51
6	Economische evaluatie	52
6.1	Inleiding	52
6.2	Uitgangspunten	52
6.3	Kostenberekening	53
6.3.1	Mestscheiding	53
6.3.2	Compostering	54
6.3.3	Totale kosten	56
6.3.4	Terugname compost door veehouder	56
6.4	Conclusies	57
7	Uitgewerkte praktijkvoorbeelden	58
7.1	Morveco Winterswijk	58
7.1.1	Achtergrond	58
7.1.2	Resultaten	59
7.1.3	Conclusies Morveco Systeem	61
7.2	Systeem Bouwmans te Bakel	62
7.2.1	Achtergrond	62
7.2.2	Resultaten	62
7.2.3	Conclusies Systeem Bouwmans	63

8	Conclusies en aanbevelingen	64
8.1	Conclusies	64
8.2	Aanbevelingen	66
9	Literatuur	67
10	Bijlagen	68
10.1	Bijlage I: Samenstelling model melkveebedrijf	69
10.2	Bijlage II: Minas voor model melkveebedrijf	71
10.3	Bijlage III: Model vijzelpers	77
10.4	Bijlage IV: Minas voor model varkensbedrijf	79



# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

De MINAS verliesnormen worden binnen de komende jaren aangescherpt, zodat Nederland op termijn aan de Europese Nitraatrichtlijn en andere internationale verplichtingen kan voldoen. Voor de primaire sector is het belangrijk dat er kosteneffectieve maatregelen en richtlijnen beschikbaar zijn, waarmee bedrijven in 2003 aan deze verliesnormen kunnen voldoen.

Er is de laatste jaren veel onderzoek op proefbedrijven en praktijkbedrijven verricht om efficiënter met stikstof en fosfaat om te gaan en de verliezen te beperken. Voorbeelden hiervan zijn talrijk<sup>1,2,3</sup> Recente grote projecten met proef- en praktijkbedrijven worden eveneens beschreven.<sup>2,4,5</sup> In de praktijksituaties zoals beschreven in deze proeven, bleek in het bijzonder de hoeveelheid fosfaat in de mest van belang voor de maximaal te plaatsen hoeveelheid mest op het land.

Tijdens de totstandkoming van dit rapport werden veranderingen aangekondigd in de MINAS-wetgeving. Wanneer het derogatieverzoek van Nederland aan de EU met betrekking tot de maximaal uit te rijden hoeveelheid dierlijke mest op landbouwgrond zou worden afgewezen, is het mogelijk dat de aangekondigde MINAS eindnormen voor 2003 komen te vervallen en een integrale eindnorm van 170 kg N van dierlijke oorsprong per hectare zou moeten worden gehanteerd.

Bij de afronding van dit rapport bleek door staatssecretaris van Geel uitstel te zijn verkregen bij EU-commissaris Walström tot de volgende zitting van het nitraat-comité (maart 2003). Deze zal zich dan wederom buigen over het Nederlandse derogatieverzoek. Inmiddels houdt het kabinet vast aan de eerder aangekondigde versoepelingen van het mestbeleid.

Invoering van de Nitraatrichtlijn zou tot gevolg hebben dat vooral de hoeveelheid stikstof een beperkende factor gaat worden bij het plaatsen van mest op het land. Verwerking van mest om de hoeveelheid aanwezige stikstof te verlagen wordt dus extra interessant. Compostering is een techniek die daarvoor ingezet zou kunnen worden. Om zo volledig mogelijk te zijn, zal bij de berekeningen in dit rapport worden uitgegaan van een drietal situaties:

1. MINAS eindnormen 2003
2. EU richtlijn van kracht: geen mestverwerking door compostering
3. EU richtlijn van kracht: compostering van de eigen mest

## 1.2 Indeling

In dit rapport wordt beschreven hoe compostering van mest invloed heeft op de keten dier-mest-bodem-gewas. Hiertoe worden de volgende onderdelen achtereenvolgens nader uitgediept:

### *Hoofdstuk 1: Systeembeschrijving en afbakening onderzoek*

Na een globale systeembeschrijving wordt ingegaan op de voorbehandeling van mest. Scheiding van mest in een dunne en dikke fractie levert een eerste grove opdeling van de mest in organisch vastgelegde mineralen en anorganische mineralen. De overgang tot een stapelbaar materiaal maakt compostering van de dikke fractie mogelijk. Voor de resterende dunne fractie moet een separate oplossing worden gezocht. Vanwege het grote aantal mogelijkheden tot verwerking van waterige mestfracties worden deze niet in het onderzoek meegenomen.

### *Hoofdstuk 2: Composteren van een dikke mestfractie*

Veel processen worden omschreven als "composteringsprocessen." Na een uitleg over mogelijke processen wordt nagegaan waartoe verschillende processen in staat zijn met betrekking tot mineralenverliezen, het voldoen aan milieueisen, en de landbouwkundige kwaliteit van het gemaakte product.

### *Hoofdstuk 3: Wet en regelgeving betreffende compost en compostproducten*

Verwerking van mest tot compost gaat gepaard met veranderingen in de concentraties van nutriënten. De mogelijkheden en onmogelijkheden binnen de regelgeving worden in dit hoofdstuk uit de doeken gedaan. Hierbij worden zowel het Besluit kwaliteit Overige Organische Meststoffen (BOOM) als de meststoffenwet (MINAS) besproken.

### *Hoofdstuk 4: Transport en opslag*

Nutriënten kunnen ook verloren gaan bij transport, overslag en opslag van mestproducten. In dit hoofdstuk worden deze verliezen gekwantificeerd, waarbij tevens praktijkoplossingen worden aangegeven om deze verliezen te beperken.

### *Hoofdstuk 5: Toediening en landbouwkundige waarde*

De veranderde fysische en chemische samenstelling heeft zijn consequenties voor de aanwending op het land en de landbouwkundige waarde voor het gewas.

### *Hoofdstuk 6: Economische evaluatie*

Elk verwerkingsproces kost tijd en geld. In dit hoofdstuk wordt economisch inzicht gegeven in het scheidings- en composteringsproces. Hierbij wordt onderscheid gemaakt of de compostering plaatsvindt binnen of buiten het veehouderijbedrijf.

### *Hoofdstuk 7: Uitgewerkte praktijkvoorbeelden*

Een aantal in de praktijk gebruikte systemen voor de compostering van mest worden in dit hoofdstuk overzichtelijk weergegeven.

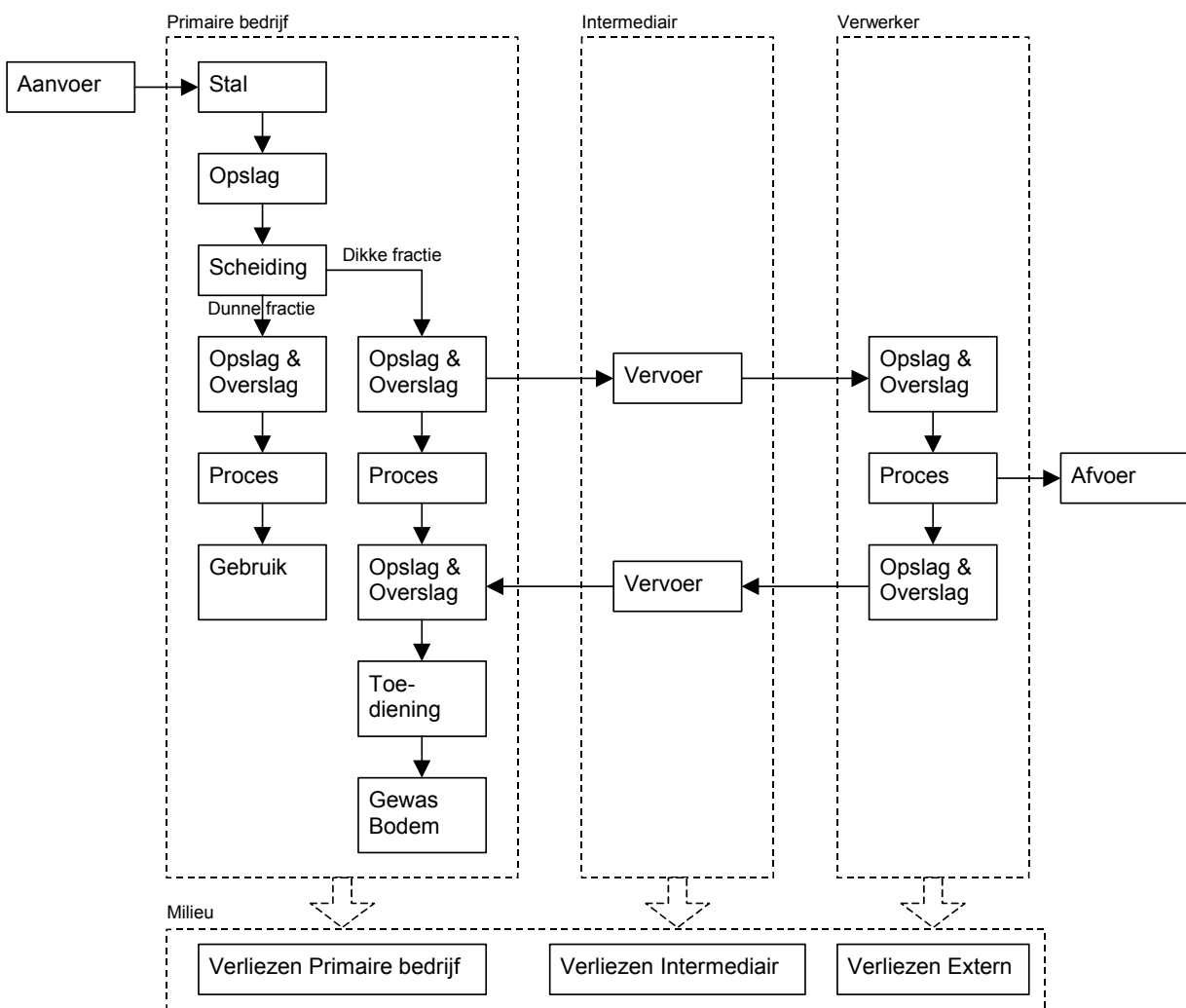
*Hoofdstuk 8: Conclusies*

Naar aanleiding van het vorige worden uitspraken gedaan over de mogelijkheden en onmogelijkheden van compostering als praktijkgereedschap wanneer de stikstof eindnormen aangescherpt worden. Lacunes in kennis worden daarbij aangegeven.

## 1.3 Systeembeschrijving

Het kiezen van relevante systeemgrenzen in het geval van mestproblematiek is van groot belang. Vaak is het zo dat maatregelen ter voorkoming van emissies in het ene deel van het systeem een nadelige uitwerking kunnen hebben voor andere delen van het systeem. Bij een dergelijke “afwenteling” heeft dan slechts netto een verschuiving van het probleem plaatsgevonden, terwijl de kern van het probleem nog steeds aanwezig is.

In figuur 1.1 is een globaal overzicht gegeven van de processen zoals die in de keten zijn aan te onderscheiden. Na de scheiding in een dikke en een dunne fractie is het mogelijk om de dikke fractie op het eigen bedrijf, óf bij een externe verwerker te composteren.



**Figuur 1.1:** Systeembeschrijving van de mestketen

De stippellijnen in figuur 1 geven de systeemgrenzen aan van respectievelijk het primaire bedrijf, de intermediair, de verwerker van de mest en het milieu. In de weergegeven situatie kan de afgescheiden dikke fractie na opslag zowel door een intermediair naar een externe verwerker worden vervoerd voor compostering, als op het primaire bedrijf zelf worden gecomposteerd. Het gecomposteerde materiaal wordt op het eigen bedrijf aangewend.

Voor de milieukundige evaluatie van beide werkwijzen zullen de individuele bijdragen van de nutriëntenverliezen naar het milieu moeten worden gewogen en opgeteld. Als gekeken wordt naar de economische waarde van beide werkwijzen, dan moeten de individuele bijdragen voor het realiseren van de verschillende processen worden gewogen en opgeteld.

## **1.4 Afbakening onderzoek**

Wijzigingen in de wetgeving (nationaal of EU-breed) met betrekking tot de maximaal toe te passen hoeveelheid stikstof en fosfaat op landbouwgrond hebben een grote impact voor primaire bedrijven met weinig of geen eigen grond. Normaal gesproken zetten deze bedrijven hun mest af bij externe landbouwbedrijven. Om de impact van verscherping van de regelgeving te zien op deze bedrijven, worden scenario's doorgerekend waarbij de benodigde hoeveelheid grond wordt berekend. Dit wordt dan het uitgangspunt voor af te sluiten mestafzet overeenkomsten.

De mestproblematiek spitst zich in Nederland vooral toe op veehouderijbedrijven waar varkens of koeien worden gehouden. Om deze reden worden alleen dit type bedrijven in deze studie meegenomen.

Het hier beschreven onderzoek gaat niet in op de verdere verwerking van de bij de scheiding van mest ontstane dunne fractie. Deze zal worden aangewend op de eigen grond, of als zodanig worden afgezet via mestafzet overeenkomsten bij derden.

## 2 Composteren van een dikke mestfractie

### 2.1 Definities

Omdat in de praktijk de verschillende processen en definities vaak worden verward, worden hier expliciet de definities van composteren en compost gegeven welke in dit rapport worden gehanteerd.<sup>6</sup>

Onder **composteren** wordt verstaan:

“Het gecontroleerde, aërobe proces dat bij thermofiele temperatuur (50-60 °C) leidt tot afbraak en stabilisatie van organische substraten onder invloed van microbiologische activiteit”.

Het product **compost** wordt als volgt gedefinieerd:

“Een organische bodemverbeteraar die gestabiliseerd is tot een humusachtig product, vrij is van ziektekiemen en plantenzaden, geen insecten en ongedierte aantrekt, geurvrij kan worden opgeslagen en de plantengroei bevordert”.

Bij een goed verlopend composteringsproces vinden de volgende processen plaats:

- afbraak van organische stof tot een bepaald stabiliteitsniveau
- massa- en volumereductie door waterverwijdering en afbraak van organisch materiaal
- afdoding van pathogenen en plantenzaden doordat de temperatuur van de composthoop gedurende een bepaalde periode rond 50-60 °C is geweest

Willen deze processen binnen een bepaald tijdsbestek verwezenlijkt worden dan moet de luchttoevoer aan de composthoop goed geregeld zijn. De luchtvoorziening zorgt voor voldoende aanvoer van koele, zuurstofrijke lucht en de afvoer van warme, waterverzadigde lucht. Onder deze condities zullen de aanwezige micro-organismen optimaal functioneren en binnen afzienbare tijd organische stof stabiliseren. In de volgende paragrafen worden de verschillende aspecten van het composteren van dierlijke mest besproken.

## 2.2 Het composteringsproces

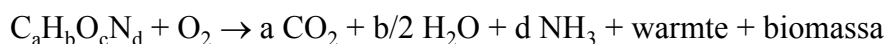
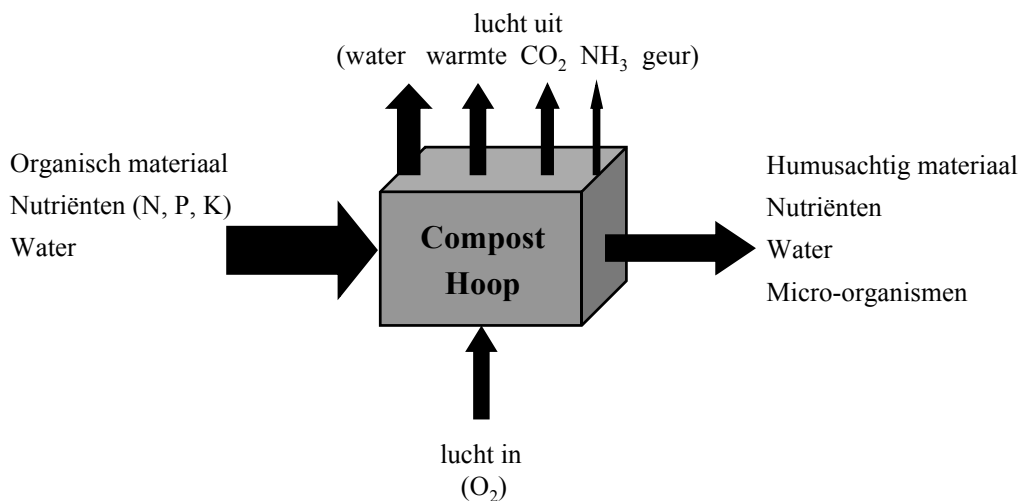
### 2.2.1 Kwalitatieve beschrijving

Tijdens het composteren wordt het afbreekbare organische materiaal (dat voornamelijk bestaat uit (hemi)cellulose, vetten, eiwitten en lignine) door micro-organismen afgebroken. Hierbij wordt een gedeelte van het organische materiaal geconsumeerd en afgebroken (gedissimileerd) tot voornamelijk  $H_2O$ ,  $CO_2$  en  $NH_3$ . Men spreekt hierbij vaak van mineralisering. Strikt chemisch gezien is deze laatste term onjuist.

Een gedeelte van het afbreekbare materiaal wordt omgezet (geassimileerd) tot nieuwe biomassa en humuszuurverbindingen. Deze biomassa is vervolgens weer het substraat voor verdere afbraak. Het eindproduct compost bestaat dus uit niet afgebroken organisch materiaal, nieuw gevormde verbindingen en een hoeveelheid biomassa.

Tijdens de compostering nemen zowel het volume als de massa van het materiaal af. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door verwijdering van water. In mindere mate treden hiernaast nog verliezen op door mineralisatie.

In figuur 2.1 is een schematische weergave gegeven van het composteringsproces. Bij de aërobe dissimilatie van organisch materiaal wordt een hoeveelheid warmte geproduceerd die wordt gebruikt om water uit het compostbed te verdampen. In het compostbed wordt koude, zuurstofrijke lucht aangevoerd en warme, waterverzadigde lucht (met o.a. kooldioxide en ammoniak) afgevoerd.



**Figuur 2.1:** Schematische weergave van het composteringsproces

Een compostbed bestaat uit een vaste matrix (opgebouwd uit water en vaste deeltjes) en lucht. De lucht wordt door de luchtkanalen (poriën) aangevoerd. Op het grensvlak van de lucht en de vaste matrix vindt uitwisseling van zuurstof, kooldioxide, ammoniak en water plaats. De zuurstof dringt slechts enkele  $\mu\text{m}$  ( $10^{-6}$  m) in de vaste matrix door, waardoor het grootste deel van de vaste fase anaëroob is. De afbraak van het substraat geschiedt daarom in twee stappen:

- in de anaërobe kern van vaste deeltjes: hydrolyse en fermentatie van substraat tot monomere producten (voornamelijk vluchtige vetzuren)
- op het grensvlak van vaste deeltjes met lucht worden deze monomeren geoxideerd tot mineralisatieproducten

Anaërobe omstandigheden moeten worden voorkomen tijdens composteren omdat hierdoor broeikasgassen (methaan en lachgas) en ongewenste geurverbindingen worden geëmitteerd. Onder aërobe omstandigheden kan de emissie van ammoniak een probleem zijn (zie paragraaf 2.2.4.2).

De compostering verloopt goed als voldoende zuurstof wordt aangevoerd voor de microbiologische afbraak en er voldoende warmte en water kan worden afgevoerd. De luchtbehoefte wordt bepaald door de afbraaksnelheid van het substraat. De compostering verloopt optimaal bij een temperatuur van 50-55 °C en een zuurstofgehalte  $>5\%$  in de poriën van het compostbed. De warmteafvoer wordt voor het grootste gedeelte verzorgd door de afvoer van waterdamp (waterverdamming kost 2,4 MJ per kg water). De warmteafvoer is groter bij hogere temperatuur omdat meer water kan worden opgenomen in de gasfase.

De waterafvoer leidt tot het drogen van de composthoop zodat vanuit een vochtig uitgangsmateriaal een droge compost kan worden geproduceerd. Als een composthoop echter te droog wordt ( $<20\%$  water), dan wordt de microbiële activiteit geremd. Hierdoor treedt geen verdere stabilisatie van organische stof op en wordt een slechte kwaliteit compost verkregen. Om dit te voorkomen is het noodzakelijk dat de composthoop tijdens de compostering wordt herbevochtigd als het drogestof gehalte te hoog wordt.

## 2.2.2 Kengetallen voor beluchting

De behoefte aan luchtverversing tijdens compostering is afhankelijk van de zuurstofbehoefte en de benodigde warmteafvoer. Deze worden bepaald door de afbraaksnelheid (of stabiliteit) van de organische stof (OS). Een maat voor de stabiliteit van de compost is de zuurstofconsumptiesnelheid (of respiratiesnelheid) uitgedrukt in  $\text{mmol O}_2$  per kg OS per uur. Voor het substraat cellulose (de meest gangbare component in natuurlijke organische stof) is de reactievergelijking:



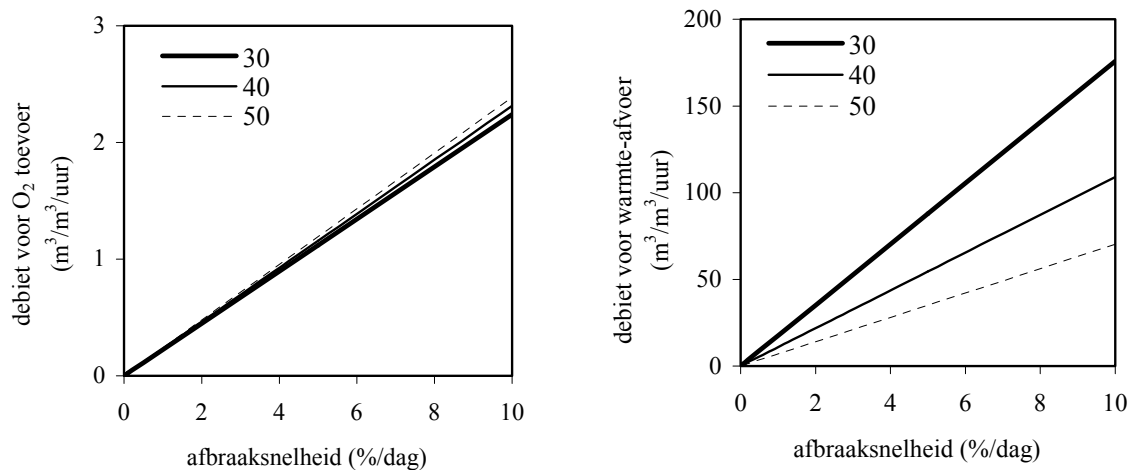


Op basis van gewicht levert dit de volgende kengetallen op voor de compostering:

- O<sub>2</sub> verbruik: 1.07 g O<sub>2</sub> per gram OS
- CO<sub>2</sub> productie: 1.47 g CO<sub>2</sub> per gram OS
- waterproductie: 0.6 g per gram OS
- warmteproductie: 16 kJ per gram OS

In figuur 2.2 zijn de luchtverversingen voor zuurstofvoorziening en voor warmteafvoer als functie van de afbraaksnelheid van het substraat bij verschillende temperaturen uitgezet. De berekeningen zijn uitgevoerd voor een compostbed met de volgende karakteristieken:

- basis van de hoop: 1 m<sup>2</sup>
- hoogte van de hoop: 1 m
- dichtheid van de mest: 700 kg/m<sup>3</sup>
- drogestofgehalte van de mest: 30 %
- organischestofgehalte van de mest: 75 % van DS



**Figuur 2.2:** Benodigde O<sub>2</sub>-debiet (links) en luchtdebiet voor warmteafvoer (rechts) tijdens composteren als functie van de afbraaksnelheid bij verschillende temperaturen

Bij deze berekeningen is aangenomen dat de warmteafvoer via geleiding aan het oppervlak kan worden verwaarloosd. Deze aanname geldt als de hoop niet te klein is en de afbraak van de organische stof niet te langzaam is. Bij kleine hopen en een langzame afbraak ( met een corresponderende langzame warmteproductie) kan warmteafvoer via geleiding zeer aanzienlijk zijn.

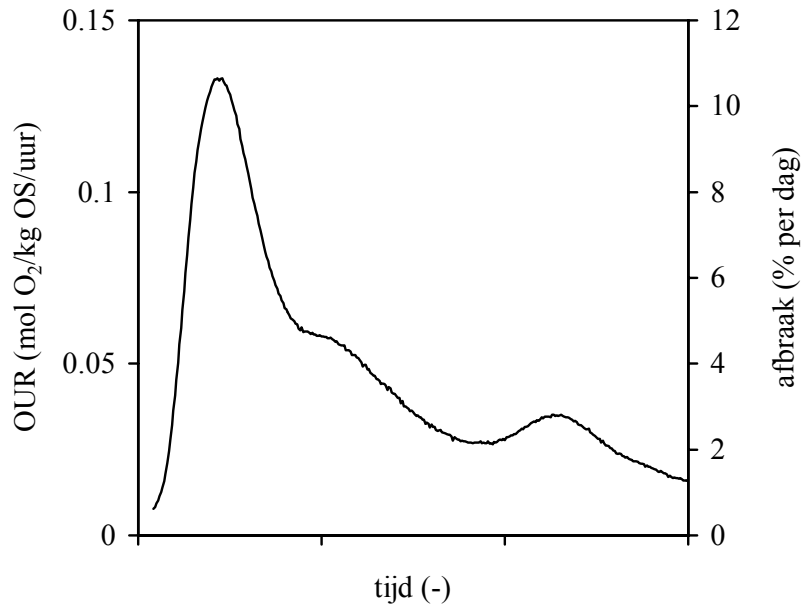
De luchtverversing voor warmteafvoer is ook afhankelijk van de temperatuur van de uitgaande lucht. Omdat de warmteafvoer wordt bepaald door de opnamecapaciteit van water (d.w.z. warmte wordt uit de composthoop afgevoerd door de verdamping van water) en er meer water door lucht

kan worden opgenomen bij hogere temperatuur, neemt de warmteafvoer toe met toenemende temperatuur. Zoals te verwachten is, neemt de benodigde hoeveelheid lucht voor het composteren toe met de afbraaksnelheid omdat er meer zuurstof nodig is en er meer warmte wordt geproduceerd.

De berekeningen geven aan dat de luchtbehoefte voor warmteafvoer vele malen groter is dan de luchtbehoefte voor zuurstofvoorziening. Een hoog zuurstofgehalte ( $>10\%$ ) in de lucht van de composthoop geeft aan dat de condities voor aërobe afbraak optimaal zijn maar de compostering kan toch geremd worden door een te lage warmteafvoer. Bij temperaturen boven  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  wordt de microbiologische activiteit namelijk sterk geremd. De hoogste microbiële activiteit en dus de hoogste composteringssnelheid vindt plaats bij  $50\text{-}55\text{ }^{\circ}\text{C}$ . De gebrekkige warmteafvoer is te herkennen aan een temperatuurverloop met een plafond van  $60\text{-}70\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

De luchtvoorziening voor  $\text{O}_2$  neemt iets toe bij hogere temperatuur omdat het gehalte  $\text{O}_2$  in de lucht afneemt. Daarentegen neemt de luchtvoorziening voor warmteafvoer sterk af met de temperatuur omdat meer warmte via water kan worden afgevoerd.

De afbraak van organisch materiaal volgt een typisch patroon zoals in figuur 2.3 is afgebeeld. Na een hoge afbraaksnelheid in het begin (die kan oplopen tot  $10\%$  per dag) neemt de afbraaksnelheid geleidelijk af naar een niveau van  $2\text{-}4\%$  per dag. Bij een composteringstemperatuur van  $50\text{-}60\text{ }^{\circ}\text{C}$  betekent dit een typische luchtbehoefte van  $50\text{-}70\text{ m}^3/\text{m}^3/\text{uur}$  bij aanvang van het proces en van  $5\text{-}7\text{ m}^3/\text{m}^3/\text{uur}$  na de piekperiode.



**Figuur 2.3:** Typisch patroon van afbraak organische stof tijdens het composteren

### 2.2.3 Factoren die het composteringsproces beïnvloeden

De volgende factoren zijn primair verantwoordelijk voor het verloop van het composteringsproces.

#### *Vochtgehalte*

Als er onvoldoende vocht aanwezig is, wordt het microbiële leven geremd. Als regel wordt een vochtgehalte >40% aangehouden voor optimale microbiële activiteit. Volledige inactivering treedt op rond 20% vocht. Bij een te hoog vochtpercentage worden echter de luchtporiën van het compostbed gevuld met water. Hierdoor kan de lucht (zuurstof) niet voldoende plaatsen bereiken wat leidt tot een lage afbraaksnelheid en de productie van geurverbindingen in de anaërobe zones. Het optimale vochtgehalte hangt af van het type materiaal maar ligt voor de meeste materialen tussen 40-70 %.

#### *Zuurstofgehalte*

Er moet een voldoende hoog zuurstofgehalte in de poriën van de hoop heersen om aërobe afbraak te garanderen. Het minimale beluchtingdebit om de zuurstofvraag voor aërobe afbraak te garanderen is in paragraaf 2.2.2 gegeven. Te lage zuurstofgehalten komen voor bij een lage porositeit en hoog vochtgehalte van het materiaal.

#### *Temperatuur*

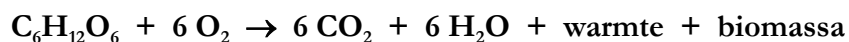
De maximale afbraaksnelheid ligt rond 50-60 °C. Bij lagere temperatuur daalt de afbraak met een factor 2 per 10 °C (de afbraak loopt dus bij 55 °C ongeveer 10 maal sneller dan bij 20 °C!). Bij hogere temperaturen daalt de activiteit van micro-organismen snel en zijn micro-organismen volledig inactief rond 65-70 °C. Dit effect is ook noodzakelijk om schadelijke organismen (pathogenen) af te doden. De benodigde beluchting voor voldoende warmteafvoer is in paragraaf 2.2.2 berekend.

#### *Deeltjesgrootte*

De afbraaksnelheid wordt bepaald door de hydrolyse van het vast substraat (polymeer materiaal zoals polysacchariden, eiwitten, lignine). Hydrolyse vindt plaats aan het oppervlak van het deeltje dus zal de afbraaksnelheid toenemen met afnemende deeltjesgrootte, dit is bij een toenemend specifiek oppervlak. Verkleinen van het materiaal kan dus de afbraak versnellen maar kleinere deeltjes vergroten ook de kans op te lage permeabiliteit en porositeit voor aërobe condities.

#### *C-N verhouding*

De vergelijking voor de microbiële aërobe afbraak in paragraaf 2.2.2 is niet helemaal volledig maar moet zijn:

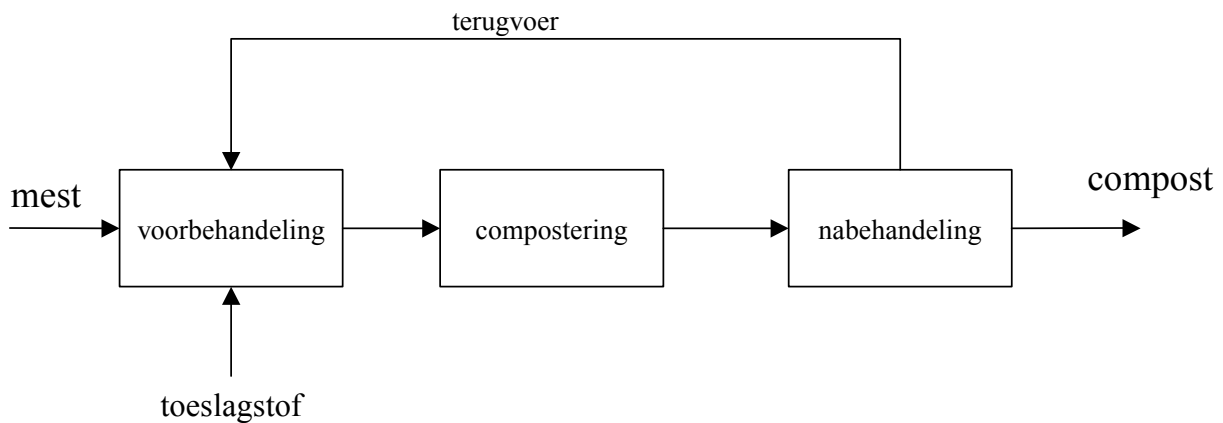


Bij de microbiologische afbraak wordt een gedeelte van het substraat dissimileerd, waarbij energie vrijkomt. Een ander gedeelte wordt gebruikt voor de aanmaak van nieuwe micro-organismen

(assimilatie). De yield-factor (de hoeveelheid biomassa per hoeveelheid afgebroken substraat) voor aërobe afbraak bedraagt ongeveer 0.5-0.6, hetgeen wil zeggen dat er 0,5 gram biomassa wordt gevormd per gram afgebroken cellulose. De molecuulformule voor biomassa is  $\text{CH}_{1,8}\text{O}_{0,5}\text{N}_{0,2}$ . Voor de vorming van 1 gram biomassa is dus 0.1 gram N nodig. Een C/N verhouding groter dan 10 leidt dus tot een minder optimale groei van biomassa en remming van de compostering.

## 2.3 Techniek/uitvoering van het composteringsproces

In figuur 2.4 is een stroomdiagram van het volledige composteringsproces gegeven. In de eerste stap wordt het materiaal ontvangen en eventueel voorbehandeld om het materiaal geschikt te maken voor composteren. In de tweede stap wordt het eigenlijke composteerproces uitgevoerd. In de volgende stap wordt het materiaal nabehandeld zodat een bruikbaar product (de compost) wordt afgeleverd. Eventueel kan een vervolgstap worden ingebouwd waarbij de compost wordt nagerijpt. De voor- en nabehandeling worden kort besproken en de verschillende composteringstechnieken worden uitgebreider toegelicht.



**Figuur 2.4:** Stroomdiagram van een composteringsproces

### 2.3.1 Voor- en nabehandeling

In vele gevallen wordt er een voorbehandeling toegepast om het inkomende materiaal geschikt te maken voor composteren. Er zijn hierbij twee aspecten te onderscheiden:

- De structuur van het materiaal
- De samenstelling van het materiaal

De structuur van het materiaal moet de beluchting van de composthoop garanderen. De belangrijke aspecten hierbij zijn permeabiliteit en inklinking. De permeabiliteit, gedefinieerd als de reciproke waarde van de weerstand tegen luchtstroming, moet niet te laag zijn zodat er beluchting kan plaats vinden. De permeabiliteit neemt af met afnemende deeltjesgrootte en afnemende porositeit. Een stevige structuur maakt het mogelijk dat de hoop voldoende hoog kan worden opgebouwd zonder dat de hoop inklinkt en de permeabiliteit teveel afneemt waardoor een voldoende beluchting niet gerealiseerd kan worden.

Met een voorbehandeling van het materiaal kan de samenstelling geoptimaliseerd worden. Enkele voorbeelden van aanpassingen die toegepast kunnen worden, zijn:

- Toevoegen droog materiaal zodat een natte mest toch gecomposteerd kan worden
- Toevoegen C-rijk materiaal zodat de C-N verhouding van de mest verhoogd wordt en de ammoniakemissie gereduceerd kan worden
- Toevoegen energierijk materiaal zodat de geproduceerde warmte wordt verhoogd en de droging beter kan plaats vinden
- Zeven zodat grote fractie niet wordt mee gecomposteerd
- Verkleinen zodat afbraak beter verloopt

De belangrijkste nabehandeling is het zeven van de compost tot een verpakbaar, goed hanteerbaar en te vermarkten product. In de meeste gevallen wordt de compost afgezeefd op 10-15 mm waarbij de doorloop het eindproduct vormt en de overloop kan worden teruggevoerd als toeslagstof in de voorbehandeling (zie figuur 2.4).

### 2.3.2 De compostering

Het centrale composteringsproces kan op vele manieren worden uitgevoerd. De belangrijkste criteria zijn:

- Beluchting: passief of geforceerd
- Menging: statisch, periodiek omzetten, (semi)continue menging
- Systeem: in de open lucht, afgesloten ruimte of reactor

Het composteringssysteem kan ook ingedeeld aan de hand van de hoeveelheid tijd, energie en kosten die erin gestoken wordt:

- Intensieve processen
- Extensieve processen

De intensieve composteringssystemen maken gebruik van omzetmachines en/of geforceerde beluchting met ventilatoren om de lucht door de hoop te blazen. Het systeem kan wel of niet in een gesloten reactor worden uitgevoerd. Het nadeel van intensieve systemen zijn de hoge investeringen en operationele kosten. Een groot voordeel is dat het proces goed geregeld en gestuurd kan worden. Hierdoor kan de kwaliteit en samenstelling van de compost beter gegarandeerd worden en schadelijke milieuemissies beter aangepakt worden.

In het extensieve composteringssysteem wordt de lucht via natuurlijke convectie aangevoerd en worden de composthoopen meestal in de open lucht geplaatst (eventueel voorzien van een overkapping of in een gesloten hal). De voordelen van het extensieve systeem zijn de lage kosten en de eenvoudige uitvoering. Een nadeel is het gebrek aan sturing- en regelmogelijkheden van het composteringproces. Hierdoor is de kwaliteit van het product moeilijker te voorspellen en zijn

eventuele schadelijke milieuemissies moeilijk te controleren en de afwezigheid ervan moeilijk te garanderen. Afhankelijk van de gewenste compostkwaliteit en de acceptabele kosten moet een optimum gevonden worden.

### *Luchtvoorziening*

De luchtbehoefte kan alleen worden geleverd door de convectie van verse buitenlucht door het compostbed. Via diffusie en geleiding kan niet voldoende zuurstof worden aangevoerd en warmte worden afgevoerd. De convectie van lucht kan plaats vinden door:

- geforceerde beluchting: lucht wordt d.m.v. blowers door het compost geblazen
- passieve beluchting: de natuurlijke convectie verzorgt de luchtconvectie

Bij geforceerde beluchting wordt de lucht met een ventilator aan de onderkant de hoop ingeblazen. De benodigde energie is afhankelijk van de permeabiliteit van het compostbed. Bij een te hoge luchtweerstand zijn de energiekosten hoog. Belangrijk is dat de lucht gelijkmatig door de gehele hoop wordt geblazen en niet alleen via preferente kanalen stroomt zodat slechts een klein gedeelte van de hoop preferent wordt belucht.

Bij passieve beluchting (natuurlijke convectie) wordt de lucht in de composthoop warm en raakt verzadigd met water. Deze lucht is lichter dan de omgevingslucht en stijgt op. Hierdoor wordt verse lucht aangetrokken en komt de natuurlijke convectie op gang. De snelheid van de convectie neemt toe met hogere temperatuur van het compostbed. Daarnaast is de permeabiliteit (de luchtdoorlatendheid) van het compostbed belangrijk. De permeabiliteit neemt sterk af met toenemende hoogte van het compostbed omdat het bed onder het eigen gewicht samendrukt (inklinkt).

Het omzetten van de hoop om warmte te verwijderen en verse lucht aan te voeren kan niet de drijvende kracht achter het composteringsproces zijn omdat er door de zuurstof in de poriën slechts 0.003% organische stof per keer kan worden omgezet. Passieve beluchting is de drijvende kracht waarbij door omzetten de massa van de composthoop wordt gehomogeniseerd.

### *Menging*

Bij intensieve systemen komt mechanisch mengen en omzetten van de hoop vaak voor. Het interval van mengen hangt af van de bedstructuur en kan variëren van dagelijks tot eens per maand. In de praktijk is een brede selectie aan mengmachines in gebruik.

### *Systeem*

Het is onmogelijk om alle typen composteersystemen te beschrijven. Er wordt volstaan met een opsomming van verschillende praktijksystemen:

- Geforceerd beluchte hopen met en zonder omzetten
- Passief beluchte hopen met en zonder omzetten
- Tunnelsysteem met geforceerde beluchting
- Tunnelsysteem met beluchten en omzetten
- Roterende trommels
- Torenreactor

Voor de meer volledige beschrijving wordt verwezen naar de literatuur.<sup>6,7</sup>



## 2.4 Verlies van stikstof en andere nutriënten tijdens composteren

### 2.4.1 Inleiding

De volgende elementen in mest zijn belangrijk t.a.v. het composteringsproces:

- N, P voor de bemestende waarde en MINAS verliespost
- K voor de bemestende waarde
- Zware metalen voor BOOM normen

De elementen P, K en zware metalen zijn conservatieve elementen d.w.z. ze zijn niet vluchtig of onderhevig aan microbiologische omzettingen. De enige mogelijkheid waarbij deze elementen verloren kunnen gaan is uitspoeling met uittredend lekwater. Het uittreden van lekwater uit een compost hoop komt voor als het te composteren materiaal te nat of als het materiaal in de open lucht wordt gecomposteerd en regenval de hoop met water verzadigt. Onder de eigen druk (inklinking) wordt het water uit de hoop geperst.

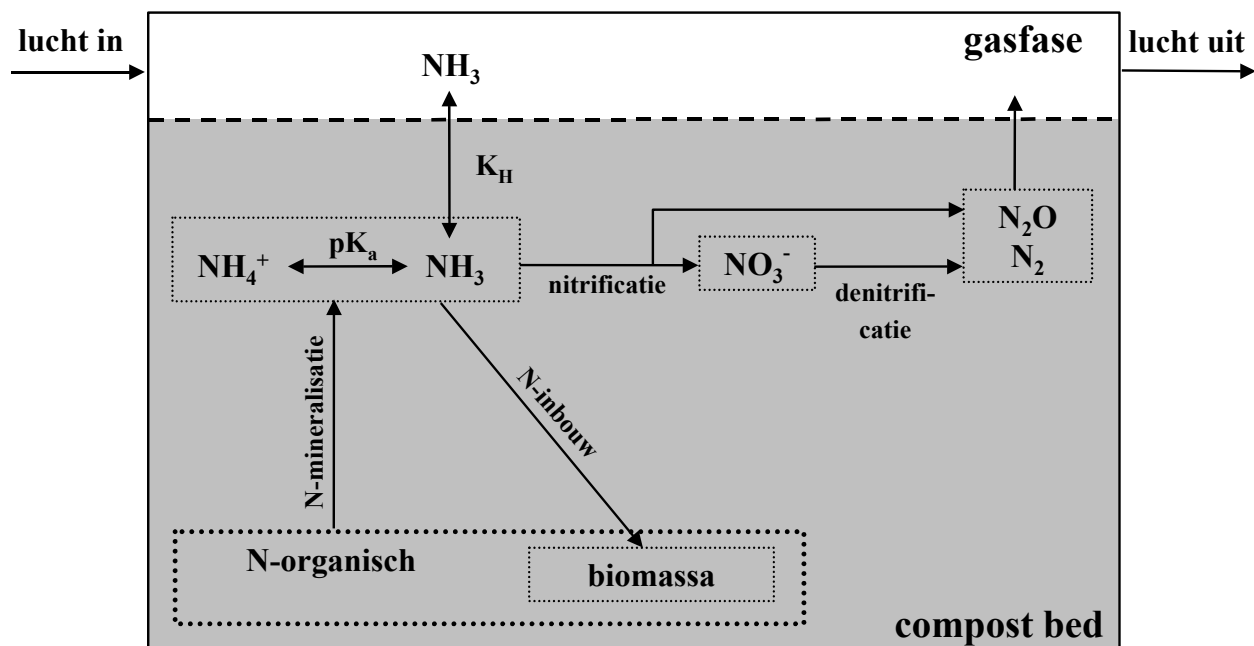
In een te natte hoop wordt de compostering geremd door onvoldoende beluchting, waardoor ook minder of geen droging van de compost plaatsvindt. In de praktijk worden composthopen daarom overkapt. In sommige gevallen wordt de hoop afgedekt met een speciaal doek dat verdamping mogelijk maakt, maar regenwater buiten houdt.

Het verlies van de elementen via lekwater wordt bepaald door hun oplosbaarheid in water:

- K: volledig oplosbaar dus sterk onderhevig aan uitloging
- Zware metalen: zeer matig tot niet oplosbaar dus zeer matige uitloging
- P: bijna niet oplosbaar dus lage uitloging
- N: uitloging via opgelost  $\text{NH}_4^+$  en  $\text{NO}_3^-$

### 2.4.2 Stikstofverliezen

Het element met de grootste verliezen tijdens compostering is N doordat het via emissie naar de buitenlucht (al dan niet na microbiologische omzettingen) de composthoop kan verlaten. De emissies zijn niet te vermijden omdat een composthoop belucht moet worden. Een schematische weergave van de stikstofroutes is weergegeven in figuur 2.5.



**Figuur 2.5:** Mogelijke omzettingen en vormen van stikstof in het composteringsproces

Figuur 2.5 geeft aan dat N tijdens het composteren als ammoniak ( $\text{NH}_3$ ), lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) of stikstofgas ( $\text{N}_2$ ) uit het compostbed verdwijnen met de doorgeblazen lucht. De volgende microbiologische processen bepalen de chemische vorm waarin N voorkomt:

- Afbraak van organisch materiaal: bij de afbraak van organische moleculen (voornamelijk eiwitten en de gevormde biomassa) komt N vrij in de vorm van ammoniak.
- Inbouw in biomassa: bij de aërobe afbraak van organisch materiaal wordt een gedeelte van het organisch materiaal gemineraliseerd (o.a. water, kooldioxide, water en ammoniak) en uit het andere deel wordt biomassa (bacteriën en schimmels) gevormd (zie paragraaf 0).
- Nitrificatie: ammoniak wordt hierbij omgezet in nitriet en vervolgens in nitraat; deze omzetting vindt alleen plaats in aanwezigheid van zuurstof (aëroob) en bij temperaturen onder 35-40 °C (mesofiel).
- Denitrificatie: omzetting van nitraat naar lachgas of stikstofgas; deze omzetting vindt plaats onder anaërobe omstandigheden in aanwezigheid van afbreekbaar organisch materiaal; normaliter wordt  $\text{N}_2$  gevormd maar in aanwezigheid van zuurstof en gebrek aan gemakkelijk afbreekbaar organisch materiaal kan een aanzienlijk deel  $\text{N}_2\text{O}$  (lachgas) worden gevormd.

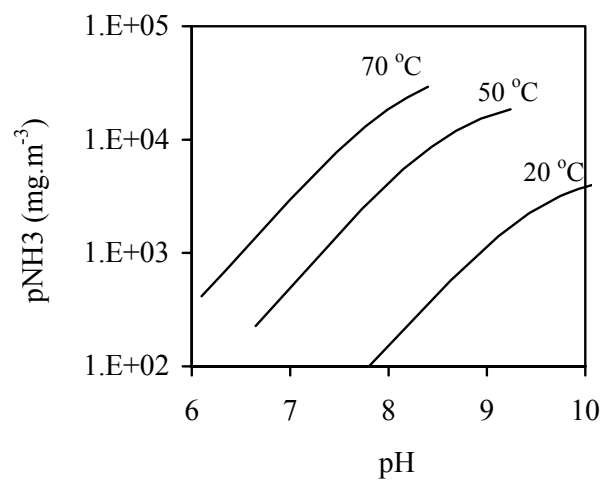
Stikstofgas en lachgas zijn beide slecht oplosbaar in water. Indien deze twee producten gevormd worden, komen ze volledig in de gasfase terecht. Ammoniak komt in de vloeistof voor als opgelost gas (ammonia,  $\text{NH}_3$ ) en ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Ammonium dissocieert in water volgens:



De zuurconstante  $K_a$  bedraagt  $5.8 \cdot 10^{-10}$  mol/l bij 25 °C en is gedefinieerd als:

$$K_a = \frac{[NH_3] \cdot [H_3O^+]}{[NH_4^+]}$$

Hieruit blijkt dat de dissociatie van ammonium sterk wordt bepaald door de heersende pH. Daarnaast zijn zowel  $K_a$  als de Henry coëfficiënt (de verdeling van ammoniak over de gas- en vloeistoffase;  $K_H$ ) afhankelijk van de temperatuur. In figuur 2.6 is het effect van de pH en temperatuur op de dampspanning van ammoniak gegeven. Bij hogere temperatuur is de dampspanning vele malen hoger zodat dit leidt tot een aanzienlijke toename in ammoniakemissies: b.v. bij pH 7 neemt de dampspanning met een factor 100 toe van 20 naar 70 °C.



**Figuur 2.6:** Ammoniak dampspanning (of emissie) als functie van de pH en temperatuur van het compostbed

De stikstofverliezen worden bepaald door de samenstelling van het uitgangsmateriaal en de uitvoering van het compostingsproces. Hierdoor kunnen de gerapporteerde stikstofverliezen sterk variëren. Achtereenvolgens worden de belangrijkste factoren genoemd die de stikstofverliezen bepalen.

#### *Initiële vormen van stikstof*

De belangrijkste vormen van stikstof in (verse) dierlijke mest zijn ammonium en organisch gebonden stikstof (N-organisch). De ammonium die aan het begin aanwezig is direct beschikbaar voor emissie. De partiële dampspanning van ammoniak neemt toe met de temperatuur en pH. Aannemende dat de partiële dampspanning in evenwicht is, zal ammoniakemissie toenemen met:

- Toenemend beluchtingdebiet
- Hogere temperatuur van het compostbed
- Hogere pH van het compostbed

Hierdoor kan de aanwezige ammoniak binnen een termijn van enkele uren tot dagen volledig uit het compostbed worden geëmitteerd.

Het probleem is dat de aanwezige ammoniak niet in deze korte periode kan worden ingebouwd in nieuw te vormen biomassa omdat er:

- niet voldoende snel-afbreekbare C aanwezig is
- de microbiële afbraak niet snel genoeg verloopt ten opzichte van het verdwijnen van ammoniak

#### *C-N verhouding*

Zoals in paragraaf 0 is aangegeven is de C-N verhouding van het uitgangsmateriaal belangrijk voor de compostering. Eigenlijk is het niet de C-N verhouding die belangrijk is maar de verhouding van afbreekbaar C en afbreekbaar N-organisch: C-Norg(afbreekbaar). Bij de afbraak van 1 gram cellulose (C-bron) is 0.1 gram N nodig voor vorming van nieuwe biomassa. Een C-Norg(afbreekbaar) verhouding >10 zou dus betekenen dat al de organisch gebonden N kan worden vastgehouden in de composthoop. De biomassa is echter zelf ook weer substraat en de afbraaksnelheid van biomassa is sterk afhankelijk van de temperatuur. De richtlijn voor de C-N verhouding voor een volledige inbouw van N in biomassa is 20-30. Bij nog hogere verhoudingen wordt de compostering weer geremd.

#### *Nitrificatie-denitrificatie*

Indien de ammoniak niet geëmitteerd is en niet is ingebouwd in nieuwe biomassa, is onder de juiste temperatuurcondities nitrificatie mogelijk. Nitrificerende bacteriën hebben een lage groeisnelheid maar rond 30-35 °C is nitrificatie zeker te verwachten. Deze temperatuur wordt meestal gevonden aan de buitenkant van (passief beluchte) hopen die in contact staan met de buitenlucht. Het geproduceerde nitraat hoopt zich meestal niet op in de hoop maar is onderhevig aan denitrificatie omdat er voldoende C-bron en anaërobe zones aanwezig zijn in het compostbed.

## 2.5 Stikstofverliezen in verschillende composteringssystemen

In de vorige paragraaf is duidelijk geworden dat de stikstofverliezen en emissies niet eenvoudig te voorspellen zijn. Enkele vuistregels zijn:

- Voor dierlijke mest met een hoge concentratie ammoniak is het moeilijk initiële ammoniakemissies te voorkomen
- Bij een C-Norg(afbreekbaar) verhouding boven 20-30 wordt al de gemineraliseerde N weer vastgelegd in nieuwe biomassa en wordt geen N afkomstig van Norg geëmitteerd.

De stikstofverliezen worden bepaald door de samenstelling van de mest en de procesvoering van composteren. De samenstelling van verschillende typen vaste dierlijke mest is in tabel 2.1 gegeven. De meeste soorten dierlijke mest bevatten een aanzienlijk deel mineraal stikstof in de vorm van  $\text{NH}_4^+$  (10-25 %). Afhankelijk van de procesvoering zal de minerale stikstof:

- Reactor: volledige emissie naar buitenlucht (of absorptie in scrubber)
- Extensief: grotendeels absorptie in de koude buitenlaag van het compostbed

### 2.5.1 Gesloten reactorsysteem

In een reactorsysteem met geforceerde beluchting en temperatuurregeling wordt gestuurd op een snelle omzetting van organisch materiaal. Hierbij wordt de gehele reactor zo snel mogelijk naar een temperatuur van 50-60 °C gebracht en zo lang mogelijk op deze temperatuur geregeld. De composteringduur bedraagt 2-4 weken onder optimale omstandigheden. Onder deze omstandigheden wordt het initieel aanwezige ammoniak snel uit het compostbed gestript. De concentratie aan ammoniak in de uittredende lucht is zo hoog dat de ammoniak met een zuurwasser (meestal zwavelzuur) moet worden opgevangen zodat emissies naar de omgeving worden voorkomen. Bij lage concentraties aan ammoniak (zoals bij de compostering van groenafval) kan volstaan worden met een biofilter voor de luchtreiniging. De emissies aan  $\text{N}_2$  en  $\text{N}_2\text{O}$  kunnen voorkomen worden door de aërobe condities in het compostbed via een goede beluchting te garanderen. Verliezen aan stikstof zijn echter niet te voorkomen en verlaten de mest hoofdzakelijk via ammoniak.

### 2.5.2 Extensief passief belucht systeem met regelmatig omzetten

In een passief belucht systeem kunnen de verliezen aan ammoniak meestal beperkt worden omdat ammoniak in de buitenste koudere laag van de hoop wordt geabsorbeerd en verder microbiëel omgezet naar nitraat. Ammoniak dat in de buitenlaag van de hoop wordt geabsorbeerd, kan namelijk niet worden vastgelegd in biomassa omdat de lokale C/N verhouding te laag is. Ammoniak zal

uiteindelijk via nitrificatie en denitrificatie de composthoop verlaten als  $N_2$  of  $N_2O$ . De emissie is dus anders van aard. Het proces is echter moeilijker te controleren.

### 2.5.3 Stikstofverliezen

De emissies van  $NH_3$ ,  $N_2O$  en  $N_2$  zijn moeilijk te voorspellen maar wat wel te voorspellen is, zijn de totale stikstofverliezen. Door het lage C-N gehalte en het hoge gehalte aan ammonium zal de stikstof niet kunnen worden vastgehouden in het organisch materiaal maar aanwezig zijn als ammonium-ammoniak. Deze twee componenten zijn onderhevig aan:

- Vervluchtiging
- Microbiële omzetting en vervluchtiging

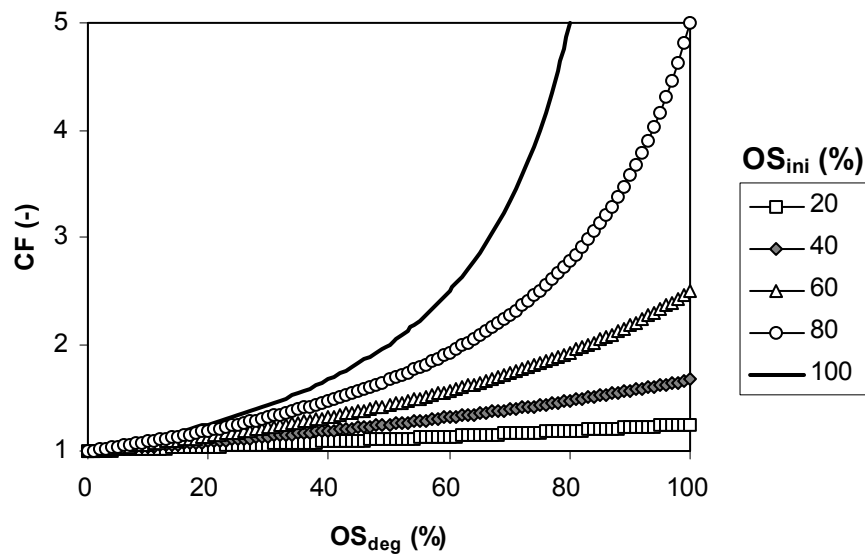
Gesteld dat de C-Norg evenredig verdeeld is over de organische stof, dan is de stikstofmineralisatie afhankelijk van de afbraak. Uitgaande van een afbraak van 50% wordt dus 50% van het N-organisch gemineraliseerd. Door de lage C-Norg verhouding wordt slechts een klein gedeelte vastgehouden in biomassa en grotendeels gedissimileerd. Deze ammoniak wordt weer op de hierboven beschreven routes verloren. Uiteindelijk kan dus ongeveer 50-60% van de totale stikstof verloren tijdens composteren van dierlijke mest.

## 2.6 Samenstelling compost uit dierlijke mest

Indien een compostering op een goede manier wordt uitgevoerd treden er alleen verliezen op van stikstof, droge stof en water. Er zijn alleen verliezen van andere elementen, voornamelijk K, als er grote hoeveelheden lekwater worden gevormd. In paragraaf 2.4.1 is reeds aangegeven dat deze situaties vermeden moeten worden omdat dan ook de compostering belemmerd wordt. De elementen die aanwezig blijven worden daardoor geconcentreerd in de compost omdat een gedeelte van het organisch materiaal wordt afgebroken. Indien de concentraties per kg droge stof wordt uitgedrukt dan kan de concentratiefactor (CF) als volgt worden berekend:

$$CF = \frac{100}{100 - OS_{ini} \frac{OS_{deg}}{100}}$$

Hierin zijn  $OS_{ini}$  het initiële organische stofgehalte (% van droge stof) en  $OS_{deg}$  het afbreekbare gedeelte van de organische stof (in %). In figuur 2.7 is de concentratie (indikking) weergegeven. Voor de dierlijke mest met een gehalte organische stof rond 70% van de droge stof en een geschatte afbraak van 50% van het totaal bedraagt de concentratie een factor 1.5.



**Figuur 2.7:** Concentratiefactor van elementen als functie van de initieel aanwezige organische stof bij verschillende afbraakpercentages.

In tabel 2.2 is de samenstelling voor de compost uit de verschillende mestsoorten berekend uit tabel 2.1 op basis van de volgende aannamen:

- Minerale stikstof verdwijnt volledig via emissie en/of nitrificatie/denitrificatie
- Organische stikstof wordt voor 50% behouden
- Organische stof breekt voor 50% af
- Drogestofgehalte van de compost is op 50% gesteld

**Tabel 2.1:** Samenstelling van verschillende dierlijke mestsoorten

Parameter	eenheid	Koeien	Varkens	Koeien*	Varkens**
Droge stof	g/kg	90	82	275	275
Organische stof	g/kg DS	733	695	733	686
N-totaal	g/kg DS	54	80	33,1	44,2
N-mineraal	g/kg DS	29	47	7,5	11,0
N-organisch	g/kg DS	26	33	25,6	33,0
C/N-organisch					
P	g/kg DS	8,7	20,9	8,7	20,9
K	g/kg DS	63	67	16,3	15,7
Dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	900	n.b.		

\* Dikke fractie koeienmest uit een bedrijf met melkkoeien en bijbehorend jongvee

\*\* Dikke fractie varkensmest uit een gesloten bedrijf met zeugen, vleesvarkens en bijbehorende jonge dieren.

**Tabel 2.2:** Berekende samenstelling van compost uit verschillende dierlijke mestsoorten

Parameter	eenheid	Koeien	Varkens			
			(op stro)	Leghennen	Geiten	Paarden
Droge stof	g/kg	498	500	506	502	507
Organische stof	g/kg DS	483	533	570	547	676
N-totaal	g/kg DS	21.8	25.0	36.7	22.9	13.5
N-mineraal	g/kg DS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
C/N		11.1	10.7	7.8	11.9	25.0
P	g/kg DS	10.5	26.2	25.0	9.8	7.1
K	g/kg DS	38.8	19.4	32.1	70.8	24.7



## 3 Wet- en Regelgeving

In de Nederlandse wet en regelgeving zoals beschreven in het Besluit kwaliteit en gebruik Overige Organische Meststoffen<sup>8</sup> (BOOM) wordt compost beschreven als:

"een product dat geheel of grotendeels bestaat uit één of meer organische afvalstoffen die met behulp van micro-organismen zijn afgebroken en omgezet tot een zodanig stabiel eindproduct dat daarin alleen nog een langzame afbraak van humeuze verbindingen plaatsvindt, mits - blijkens door de producent over te leggen gegevens - dit product niet geheel of grotendeels is geproduceerd uit dierlijke mest."

Analoog aan wat er in hoofdstuk 2 al naar voren is gekomen over de definitie van de term compost, zijn er dus ook binnen de regelgeving veel producten als compost te benoemen. Na een beknopte weergave van de regelgeving rond compost worden de consequenties voor de MINAS boekhouding beschreven in dit hoofdstuk.

### 3.1 BOOM

Het Besluit kwaliteit en gebruik Overige Organische Meststoffen (BOOM) bevat regels die noodzakelijk zijn voor een deugdelijke inzet van meststoffen, de verhandeling daarvan, de bescherming van de bodem, alsmede ter uitvoering van de Richtlijn van de Raad van de Europese Gemeenschappen van 12 juni 1986, nr. 86/278/EEC, welke handelt over de bescherming van het milieu en de Richtlijn nr. 91/676/EEC van 12 december 1991, ook bekend als de nitraatrichtlijn.

#### 3.1.1 Kwaliteit van de compost

De samenstelling van compost moet voldoen aan de eisen weergegeven in tabel 3.1. Op grond van de gehalten kan onderscheid gemaakt worden in "compost" en "zeer schone compost." De weergegeven normen zijn de waarden zoals deze gelden bij het verschijnen van dit rapport.

Er zijn twee manieren toegestaan om de karakteristieken van een lading compost vast te leggen: 1) Per bijgevoegd certificaat van een erkende producent. 2) Door een afschrift van een analyserapport van een erkende instantie.

Tabel 3.1: Eisen samenstelling compost (concentraties in mg/kg droge stof)

	Compost	Schone compost
Organische stof	$\geq 20\%$ van de droge stof	$\geq 20\%$ van de droge stof*
Cadmium	$\leq 1$	$\leq 0,7$
Chroom	$\leq 50$	$\leq 50$
Koper	$\leq 60$	$\leq 25$
Kwik	$\leq 0,3$	$\leq 0,2$
Nikkel	$\leq 20$	$\leq 10$
Lood	$\leq 100$	$\leq 65$
Zink	$\leq 200$	$\leq 75$
Arseen	$\leq 15$	$\leq 5$

\* Of de zuurbindende waarde is tenminste 20% van die van de droge stof.

Producenten en handelaren dienen een register bij te houden van de hoeveelheden compost die worden geproduceerd en verhandeld. Als vercomposteerde organische afvalstromen als compost op het eigen bedrijf worden aangewend, vervalt de registratieplicht.

### 3.1.2 Regels met betrekking tot de toepassing van compost

Het gebruiken van een mengsel van compost en dierlijke mest is alleen toegestaan als:

- door analyse van de bodem wordt aangetoond dat deze voldoet aan de toetsingswaarden vermeld in tabel 3.2.
- de maximale toegestane dosering zoals gegeven in tabel 3.3 niet wordt overschreden

Tabel 3.2: Toetsingswaarden bodem (concentraties in mg/kg droge stof)

Cadmium	$\leq 0,4$	+ 0,007 (L + 3H)
Chroom	$\leq 50$	+ 2L
Koper	$\leq 15$	+ 0,6 (L + H)
Kwik	$\leq 0,2$	+ 0,0017 (2L + H)
Nikkel	$\leq 10$	+ L
Lood	$\leq 50$	+ L + H
Zink	$\leq 50$	+ 1,5 (2L + H)
Arseen	$\leq 15$	+ 0,4 (L + H)

L = % Lutum

H = % Organische stof, met dien verstande dat in de berekening dit percentage  $\leq 15$  is.

Tabel 3.3: Maximaal toegestane dosering van compost

Soort land	Compost	Zeer schone compost
Bouwland of braakland	6 ton droge stof /ha /jaar	Geen beperking
	12 ton droge stof /ha /2 jaar*	
	N en P -aanvoer: MINAS	
Grasland	3 ton droge stof /ha /jaar	Geen beperking
	6 ton droge stof /ha /2 jaar*	
	N en P -aanvoer: MINAS	
Overige grond	6 ton droge stof /ha /jaar	max. 20 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha /jaar
	12 ton droge stof /ha /2 jaar*	
	én max. 20 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha /jaar**	
	eenmalig; max. 200 ton /ha***	

\* Gedurende deze periode dient voor het betreffende grondgebied het grondgebruik hetzelfde te blijven

\*\* Geldt voor de som van fosfaat in compost en dierlijke mest

\*\*\* Uitzondering betreffende een door het ministerie toegekende aan te leggen voorziening

Bovenstaande regels over compost dosering zijn niet van toepassing op het gebruik van compost die door de gebruiker zelf is vervaardigd uit op zijn landbouwbedrijf of uit zijn particuliere huishouding vrijgekomen organische afvalstoffen. De weergegeven MINAS verantwoording blijft echter altijd van kracht.

## 3.2 Meststoffenwet: MINAS

In het belang van de bevordering voor deugdelijke toepassing van dierlijke meststoffen zijn regels opgesteld in de meststoffenwet. Deze regelgeving draagt bij aan de bescherming van de bodem en een doelmatige afvoer van eventuele mestoverschotten, en beoogt een afdoende tegemoetkoming te zijn van de Nederlandse Staat met betrekking tot de Nitraatrichtlijn van de EU (welke aangeeft dat de toegestane hoeveelheid dierlijke mest een maximale gift van 170 kg N/ha. mag bevatten).

In MINAS wordt per bedrijf een balans opgemaakt van de veranderingen in de hoeveelheden stikstof en fosfaat in een jaar. De hoeveelheid aangevoerde mineralen minus de afgevoerde hoeveelheid geeft de belastbare hoeveelheid mineralen. Deze berekening kan vereenvoudigd (forfaitair) en uitgebreid (verfijnd) worden uitgevoerd. Tabel 3.4 geeft een overzicht van de verschillen hierin. De heffing over de belastbare hoeveelheden mineralen bedraagt € 9,00 per kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en € 2,30 per kg N. In 2002 bedraagt de heffing over de eerste 40 kg N € 1,15 per kg N.

Tabel 3.4: MINAS-posten veehouderij

Forfaitaire aangifte	Verfijnde aangifte
+ Aangevoerde meststoffen	+ Aangevoerde mineralen in mestproducten
+ Geproduceerde meststoffen	+ Aangevoerde mineralen in dieren
+ Stikstofbinding door het gewas*	+ Stikstofbinding door het gewas*
	+ Aanvoer voer
	- Afgevoerde mineralen in dierproducten
	- Afgevoerde mestproducten
	- Diercorrectie
- Afgevoerde meststoffen	- Afgevoerde mineralen in dieren
- Opname meststoffen door het gewas**	- Opname mineralen door het gewas**

\* Bouwland beteeld met:  
 stamslabonen: 30 kg N per ha. erwten, pronkbonen of slabonen: 50 kg N per ha.  
 luzerne: 160 kg N per ha. veldbonen of tuinbonen: 120 kg N per ha.

\*\* Bouwland: 165 kg N per ha. en 65 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha.

Het systeem houdt rekening met toelaatbare verliezen van meststoffen, welke door de overheid jaarlijks worden benoemd en (naar beneden) worden bijgesteld. Op deze manier wordt geleidelijk de ideale situatie bereikt zoals deze wordt beoogd door de EU. Tabel 3.5 geeft de verliesnormen weer voor de jaren 2002 tot en met 2004.

Tabel 3.5: Verliesnormen in kg/ha.

Grondsoort	2002		2003*		2003**		2004**	
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Grasland:								
normaal	220	25	180	20	180	20	180	20
uitspoelinggevoelig	190	25	140	20	160	20	140	20
-----								
Bouwland:								
normaal	110	30	100	20	100	25	100	25
klei- of veen	150	30		20				
uitspoelinggevoelig	100	30	60	20	80	25	60	25
-----								
Braakland:								
normaal	110	30	100	20				
klei- of veen	150	30		20				
uitspoelinggevoelig	100	30	60	20				
-----								
Natuurterrein:	50	10	50	10				

\* Eindnorm zoals eind 2002 aangekondigd

\*\* Verliesnormen zoals na 12 december 2002 zijn geaccepteerd door de tweede kamer

Tijdens de totstandkoming van deze rapportage bleek MINAS sterk onder druk te staan vanuit de EU. Deze ontwikkeling heeft tot gevolg gehad dat er naast scenario's beschreven vanuit de bovengenoemde cijfers ook scenario's zijn doorgerekend waarbij uitgegaan wordt van de EU-norm van 170 kg N/ha. Deze berekeningen zijn weergegeven in paragraaf 3.3.

## 3.3 Berekende scenario's

Onafhankelijk van de gekozen forfaitaire of verfijnde MINAS aangifte is een bedrijf verplicht om alle meststoffen te kwantificeren. Hieronder valt ook een verkregen vloeibare fractie na het scheiden van ruwe mest. Om een overzicht te krijgen welke invloed compostering van mest op het eigen bedrijf heeft voor de MINAS aangifte, worden in deze paragraaf voor zowel een standaard melkveebedrijf als een standaard (gesloten) varkensbedrijf verschillende scenario's doorgerekend. Als aparte casus wordt de invloed van het doorvoeren van de EU-richtlijn op deze modelcalculaties besproken.

### 3.3.1 Consequenties voor een model melkveebedrijf

Het melkveebedrijf dat model staat voor deze berekening, bestaat uit 80 stuks melkvee met bijbehorend jongvee<sup>9</sup>. Het bedrijf heeft 50 ha. eigen grasland op grond die niet speciaal gevoelig is voor uitspoeling van mineralen. Uit de berekeningen van Melse volgt de mestproductie van het vee en de mestsamenstelling. Randvoorwaarden bij deze berekening zijn: De dieren worden het gehele jaar binnen gehouden en het water dat gebruikt wordt voor reiniging van de melkinstallatie en de stal wordt bij de mest gevoegd (12 liter /koe/dag). Er werd berekend dat de 2635 ton drijfmest die gedurende een jaar wordt uitgescheiden 12913 kg N en 2071 kg P bevat.

#### *Gebruiksnorm 2003*

Als de gebruiksnormen van 2003 worden gehanteerd en de maximale gift op grasland worden opgeteld, dan is er op 50 ha. grasland plaatsingsmogelijkheid voor 15000 kg N en 3250 kg P<sup>10</sup>. Voor de geproduceerde N en P is derhalve slechts 44 ha. grasland nodig, hetgeen inhoudt dat er meer mest uitgereden kan worden dan dat er in het bedrijf wordt geproduceerd.

#### *EU-richtlijn van kracht*

Als de EU-richtlijn van kracht wordt, dan wordt de maximale gift op de 50 ha. grasland gelijk aan 8500 kg N. Om dus de volledige jaarproductie mest te plaatsen is dus een totale hoeveelheid grasland van 76 ha. nodig. De plaatsing van N is limiterend geworden.

#### *De kracht van composteren na mestscheiding; EU-richtlijn van kracht*

Om de hoeveelheid N in de aan te wenden meststoffen te verminderen kan de vaste fractie na mestscheiding worden gecomposteerd. Scheiding van de geproduceerde mest met een vijzelpers<sup>11</sup> levert 1845 ton dunne fractie (5,06 kg/ton N, 0,56 kg/ton P) en 790 ton dikke fractie op. Compostering van de laatste levert 539 ton compost (3,32 kg/ton N en 1,92 kg/ton P). Als de compost wordt afgezet buiten het bedrijf, dan blijft bijna voldoende grond over voor het plaatsen van de complete dunne fractie (55 ha. nodig). Moet daarentegen de compost worden geplaatst op het eigen land, dan is in totaal 66 ha. grasland nodig. Bij deze berekening is uitgegaan dat de bij compostering optredende N-verliezen voor rekening komen van de boer, hetzij in de vorm van een MINAS-heffing, hetzij als te maken kosten voor het plaatsen en onderhouden van een gaswasser

voor de vrijkomende ammoniak. Tegen deze kosten is 10 ha. minder land nodig voor het plaatsen van de eigen mest.

### 3.3.2 Consequenties voor een model varkensbedrijf

Het varkensbedrijf dat model staat voor deze berekening is een gesloten bedrijf met 200 zeugen, 440 biggen, 566 jonge varkens en 1400 vleesvarkens (de samenstelling van een dergelijk bedrijf is weergegeven in de literatuur<sup>12</sup>. Het bedrijf heeft geen eigen grond en moet derhalve de mest plaatsen bij boeren met eigen grond. De hoeveelheid grasland die hiervoor nodig is wordt in de diverse scenario's berekend.<sup>13</sup> Op het bedrijf wordt 2504 ton mest per jaar geproduceerd, welke 16405 kg N en 4311 kg P bevat.

#### *Gebruiksnormen 2003*

Aan de hand van de gebruiksnormen van 2003 wordt de maximale gift op 50 ha. grasland bepaald (capaciteit: 15000 kg N en 3250 kg P). Door de extra hoeveelheid fosfor is 50 ha. niet genoeg. Er is in totaal 67 ha. nodig voor plaatsing van alle mest.

#### *EU-richtlijn van kracht*

Als de EU-richtlijn van kracht wordt, dan wordt de maximale gift op 67 ha. grasland gelijk aan 11390 kg N en 4355 kg P. Er kan dan nog maar 1738 ton mest worden geplaatst, waarbij de hoeveelheid N bepalend is. Voor de overige mest moet dan nog plaatsingsruimte worden gevonden. In totaal is 97 ha. grasland nodig voor plaatsing van alle mest.

#### *De kracht van composteren na mestscheiding; EU-richtlijn van kracht*

Om de hoeveelheid N te verminderen kan compostering na mestscheiding worden gebruikt. Scheiding van de geproduceerde mest met een vijzelpers levert 1753 ton dunne fractie (6,77 kg/ton N, 1,23 kg P) en 751 ton dikke fractie op. Compostering van de laatste levert 512 ton compost op (4,44 kg/ton N en 4,21 kg/ton P). Als de compost wordt afgezet buiten de landbouw, dan is 70 ha. grond nodig voor het plaatsen van de dunne fractie. De hoeveelheid N is hierbij limiterend. Moet daarentegen ook de compost worden geplaatst op landbouwgrond, dan is in totaal 84 ha. grond nodig. Ook hier is de hoeveelheid N limiterend.

Bij deze berekening is uitgegaan dat de bij compostering optredende N-verliezen voor rekening komen van de boer, hetzij in de vorm van een MINAS-heffing, hetzij als te maken kosten voor het plaatsen en onderhouden van een gaswasser voor de vrijkomende ammoniak. Tegen deze kosten is 13 ha. minder land nodig voor het plaatsen van de eigen mest.

## 4 Transport en opslag

Als mest of mestproducten getransporteerd moet worden tussen locaties, dan kunnen er verliezen optreden bij de overslag in het gekozen vervoermiddel. Met de huidige mesttransportvoertuigen zijn verliezen tijdens het transport zelf nagenoeg uitgesloten. Vergeleken hiermee zijn verliezen tijdens overslag en opslag vele malen groter. Hierbij moet onderscheid gemaakt worden tussen vloeibare drijfmest en dunne mestproducten enerzijds, en steekvaste of dikke mestproducten anderzijds.

### 4.1 Dunne mest

Dunne mest en dunne mestproducten worden vaak verpompt als ze moeten worden afgevoerd. Naast fysische verliezen in buizen en de pomp treden er ook verliezen op door het ontsnappen van afgassen afkomstig uit de tanks die gevuld worden. Alhoewel de volumina per keer relatief laag zijn, treedt door dit laatste wel een piekbelasting op met betrekking tot geurcomponenten. De fysische verliezen worden geschat op minder dan 0,5 procent.

Veruit de meeste dunne mest wordt vervoerd met behulp van opleggers met een tank. De verliezen tijdens het transport zijn hierdoor nagenoeg nul.

Opslag van drijfmest vindt veelal plaats in een mestkelder. Een benadering van de emissie van het model melkveebedrijf uit paragraaf 3.3.1 wordt verkregen uit de regeling ammoniak en veehouderij.<sup>14</sup> Deze emissie bedraagt ongeveer 760 kg N per jaar. Dit is 6 procent van de hoeveelheid stikstof in de mest.

Een benadering van de emissie van het model varkensbedrijf uit paragraaf 3.3.2 volgt eveneens uit eerdergenoemde regeling, uitgaande van traditionele huisvesting. Deze emissie bedraagt ongeveer 5240 kg N per jaar. Dit is 32 procent van de hoeveelheid stikstof in de mest.

### 4.2 Vaste mest

Tijdens het opslaan van vaste mest kunnen zowel anaërobe als aërobe omstandigheden voorkomen. In de literatuur<sup>15</sup> worden waarden voor het stikstofverlies na 7 maanden opslag gegeven als percentage van de initieel aanwezige stikstof:

- Vaste rundmest: aëroob 0,1%, anaëroob 0%
- Vaste varkensmest: aëroob 23,4%, anaëroob 0%

Verliezen tijdens transport bedragen een fractie van deze waarden.



## 5 Toediening en landbouwkundige waarde

### 5.1 Inleiding

In de afgelopen jaren wordt steeds vaker vaste mest en compost op het land gebracht. Enerzijds is dit door de opgang van de ecologische landbouw anderzijds is er een grote hoeveelheid compost ontstaan door bewerking van mest. Een voordeel van de toepassing van vaste mest en compost is de afname van het te transporteren volume, vergeleken met onbewerkte mest.

Een gelijkmatige aanwending van de vaste mest of compost op het land is niet eenvoudig. De jaarlijkse giften in ton per hectare verschillen, door verschillen in samenstelling, per mestsoort. In dit hoofdstuk zijn een aantal giften berekend van verschillende mestsoorten voor verschillende giften stikstof op grasland en fosfaat op bouwland. Nagegaan is of met de huidige technologie deze meststoffen goed verdeeld op het land kunnen brengen. Naast deze technologie worden ook randvoorwaarden gesteld waarmee rekening gehouden moet worden gehouden bij de keuze van de mest.

### 5.2 Gangbare giften

Vaste mest en compost kunnen zowel op grasland als op bouwland worden aangewend. Op bouwland wordt de vaste mest/ compost van elders aangevoerd en zal één keer per jaar, in het voorjaar, worden aangewend. De mest die op bouwland wordt aangewend is afkomstig van varkens en kippen, waarbij fosfaat ( $P_2O_5$ ) de beperkende factor is. In tabel 5.1 staan giften in ton/ha voor respectievelijk 60, 70 en 90 kg  $P_2O_5$  per hectare. De samenstelling van de mest- en compostsoorten waarmee de giften berekend zijn, zijn weergegeven in tabel 5.2.

Uit tabel 5.1 blijkt dat bij de verschillende gehalten aan fosfaat, de op te brengen giften ( $ton \cdot ha^{-1} \cdot jaar^{-1}$ ) in een aantal gevallen lager zijn dan  $4 ton \cdot ha^{-1}$ . Mogelijk is het op dit moment moeilijk om lagere giften toe te dienen met een voldoende regelmatige verdeling van de mest. Op de landelijke mestdagen in Lelystad 1998, reden drogemeststrooiers 6 ton droge slachtkuikenmest uit. Deze strooiers hadden geen boordcomputer om de gewenste gift in te stellen. In de literatuur werd een precisiebemester beschreven die  $4 ton \cdot ha^{-1}$  drogekippenmest of compost nauwkeurig en gelijkmatig kan verdelen over het zaaibed.<sup>16</sup> Nadeel is de beperkte werkbreedte van 3 m.

Op grasland wordt meestal rundveemest toegediend. In het voorjaar is de stikstofbehoefte van het gras het grootst.<sup>17</sup>

**Tabel 5.1:** Jaarlijks toe te dienen vaste mest, gecomposteerde mest en mest uit de vijzelpers in ton.ha<sup>-1</sup> bij verschillende stikstofgiften op grasland en verschillende fosfaatgiften op bouwland.

	<u>grasland</u>			<u>bouwland</u>		
	kg N toegediend per jaar			kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> toegediend per jaar		
	200	300	400	60	70	90
<b>Vaste mest</b>						
Rund	29	43	58	16	18	24
Varkens op stro	27	40	53	7	8	10
Leghennen	8	12	17	3	4	5
Kippen	10	16	21	2	3	4
Vleeskuikens	11	16	21	2	2	3
<b>Gecomposteerde mest</b>						
Rund	18	28	37	5	6	8
Varkens op stro	16	24	32	2	2	3
Leghennen	11	16	22	2	2	3
<b>Gecomposteerd vijzelpers</b>						
Rund	15	23	31	4	4	6
Varkens	12	18	24	2	2	2

**Tabel 5.2:** Samenstelling van mest- en compostsoorten in kg per 1000 kg.

	DS	OS	ρ	N <sub>totaal</sub>	N <sub>anorg</sub>	N <sub>org</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	Na <sub>2</sub> O
	kg/ton	kg/ton	kg/m <sup>3</sup>	kg/ton	kg/ton	kg/ton	kg/ton	kg/ton	kg/ton	kg/ton
<b>vaste mest</b>										
rundvee	235	153	900	6,9	1,6	5,3	3,8	7,4	2,1	0,9
varkens op stro	230	160		7,5	1,5	6	9	3,5	2,5	1
leghennen	515	374	605	24,1	2,4	21,7	18,8	12,7	4,9	1,5
<b>gecomposteerde mest</b>										
rundvee	498	240		10,9	0		12	23,2		
varkens op stro	500	266		12,5	0		30	11,6		
leghennen	506	289		18,6	0		29	19,5		
<b>mest uit de vijzelpers</b>										
rundvee	500	290		13			16	15,5		
varkens	501	262		17			36	14,5		

De stikstof-jaargiftindicator<sup>18</sup> geeft aan dat in het voorjaar de stikstofbenutting en de grasopbrengst verhoogd wordt door meststoffen toe te dienen met een hoog gehalte aan ammonium (50%). Doordat bij vaste mest de mineralisatie nog op gang moet komen, levert deze, toegediend in het vroege voorjaar, een geringe bijdrage heeft aan de eerste snede. Latere snedes kunnen wel de gemineraliseerde stikstof opnemen. Een vergelijking van verschillende stikstofgiften met verschillende meststoffen en bijbehorende giften (ton.ha<sup>-1</sup>.jaar<sup>-1</sup>) staan in tabel 5.1.

## 5.3 Geschiktheid van mestsoorten

Dierlijke mest is één van de belangrijkste bronnen voor mineralen. Samen met compost is het de belangrijkste bron voor organische stof. Met het opbrengen van vaste mest worden mineralen én organische stof op het land gebracht. Het voordeel van vaste mest en compost ten opzichte van dunne mest is de veel kleinere hoeveelheid water.<sup>17</sup> Hierdoor is een geringere opslagruimte nodig en zijn de transport- en aanwendingskosten lager.

### 5.3.1 Vaststellen van geschikte soorten mest: de werkingscoëfficiënt

Door mest in het vroege voorjaar op te brengen kan bespaard worden op kunstmest. De soorten mest die toegediend kunnen worden hangen af van:<sup>17</sup>

- De beschikbare soorten mest en de gehalten van de mest.  
Hierbij wordt betrokken: de soort mest, de beschikbaarheid en het leveringstijdstip, of de samenstelling constant is, of de gehalten aan stikstof, fosfaat en kalium bekend zijn, de gehalten aan effectieve organische stof, en of risico's bekend zijn van ziekten, onkruiden en verontreinigingen.
- Het aanwendingstijdstip en werking van de dierlijke mest/ compost. Hierbij zijn de mogelijke aanwendingsmethoden en –tijdstippen belangrijk en het werkingspercentage van de werkzame stikstof, fosfaat en kalium in de mest. Op basis van deze gehalten zijn de verhoudingen tussen werkzame fosfaat/ stikstof, fosfaat/ kalium en fosfaat/ effectieve organische stof (e.o.s) te berekenen. Ook is nu de minimale gift dierlijke mest per keer te bepalen.

De werkingscoëfficiënt van mest is het percentage van de stikstof die in het eerste jaar beschikbaar komt, afhankelijk van het groeiseizoen. In tabel 5.3 is een overzicht gegeven van vaste mestsoorten en hun werkingscoëfficiënten bij verschillende tijdstippen van opbrengen.

**Tabel 5.3:** Werkingscoëfficiënten voor vaste mest met verschillende tijdstippen van toediening. Tussen haakjes zijn de werkingspercentages voor het tweede jaar gegeven.

	Kip, varken vaste mest			Rund, vaste mest		
	Mrt-jun (granen)	Mrt-jun (aardappel)	Mrt-aug (bieten)	Mrt-jun (granen)	Mrt-jun (aardappel)	Mrt-aug (bieten)
Juli-aug	8 (5)	10 (7)	12 (10)	9 (5)	13 (7)	15 (10)
Sept-nov	11 (5)	15 (7)	17 (10)	12 (5)	17 (7)	20 (10)
Feb- mei	55 (5)	60 (7)	65 (10)	35 (5)	40 (7)	45 (10)

Overgenomen uit literatuur<sup>19,20</sup> en gebaseerd op modelberekeningen<sup>21</sup>

Wanneer vaste mest of compost in het voorjaar op grasland wordt toegediend, zal de stikstofbijdrage aan de eerste snede gering zijn. Het aandeel minerale stikstof is laag en de vertering moet nog op gang komen.

Als mest wordt gescheiden, ontstaat er een dunne, stikstofarme fractie die veel water bevat. De concentraties van K, Na en Cl zijn vrijwel gelijk aan die van de onbewerkte mest. Bij aanwenden van grote hoeveelheden dunne fractie, worden grote hoeveelheden kalium, natrium en chloor aangewend. Hoge kaliumgehalten belemmeren een goede verdeling van stikstof over de grassneden. Minder kalium aanwenden is mogelijk door het gebruik van kalium houdende kunstmest te beperken.

De mestsoort wordt normaal gesproken uitgezocht op een fosfaat/ stikstofverhouding die het beste past bij het gewas dat wordt verbouwd. Bij voorjaarsaanwending is stikstof in principe de beperkende factor. De resterende fosfaatbehoefte van het bouwplan kan dan worden gedekt met aanwending van relatief stikstofarme dierlijke mest.

Gecomposteerde rundveemest heeft een geleidelijke stikstoflevering door geleidelijke afbraak van de resterende organische stof. Mest en compost met hoge stikstof- en fosfaatconcentraties breekt sneller af dan mest met lagere gehalten. De veehouderij heeft, vanuit de stikstof gezien, geen belang bij vaste mest/ compostsoorten die (zeer) weinig stikstof leveren. De bijdrage aan organische stof in de zode is volgens de literatuur<sup>19</sup> nauwelijks van belang gezien de grote hoeveelheden wortelresten en bladresten die aanwezig zijn. Het is echter, beschreven in de literatuur dat het onmogelijk is om met alleen kunstmest dezelfde opbrengst te halen als met een combinatie van kunstmest en stalmest.<sup>22</sup> Andere invloeden van mest dan de werking van stikstof, fosfaat, kalium of toename van organische stof spelen een rol.

### 5.3.2 Randvoorwaarden door gewassen en percelen

Bij opbrengen van mest wordt rekening gehouden met twee aspecten: Wat is de gewenste hoeveelheid mineralen en wat is de gewenste organische stof.

### *Uitgangssituatie*

Hierbij wordt uitgegaan van de uitgangssituatie van de percelen en gewassen op het bedrijf. De volgende punten worden in de literatuur betrokken bij de analyse:<sup>17</sup>

1. Bouwplan, gewasopvolging per perceel, oogsttijdstip
2. Grondsoort en gegevens grondonderzoek
3. Organische stof in de bouwvoor (%) en afbraak ( $\text{kg organische stof} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ ).
4. Nawerking van stikstof die in voorgaande jaren is aangewend
5. Stikstof uit groenbemester
6. Te verwachten  $N_{\min}$ -voorraad in de bodem.

### *Randvoorwaarden regelgeving*

Vanuit de regelgeving zijn beperkingen opgelegd betreffende fosfaataanvoernormen en uitrijperiode. Ook zijn middels regelgeving de fosfaat- en stikstofverliesnormen geregeld. Deze zijn weergegeven in hoofdstuk 3.

### *Mineralengiften per perceel en per gewas*

De gewenste mineralengiften worden per perceel en per gewas gebaseerd op de in economisch opzicht optimale giften aan stikstof, fosfaat en kalium. Voor stikstof wordt gekeken naar de  $N_{\min}$ -voorraad in de bodem, voor fosfaat naar het Pw- of P-AL-getal en voor kalium naar het K-getal. Rekening moet worden gehouden met de stikstofwerking van dierlijke mest die aangewend is in het najaar en met stikstof die vrijkomt uit groenbemesters die voor of na de winter worden ondergeploegd. Eveneens moet rekening worden gehouden met gewasresten, grasklaver en luzernevoorvrucht, de bodem zélf, depositie en het tweede jaarseffect van organische mest (tabel 5.3).

Er is sprake van een tekort wanneer de levering minder is dan de behoefte. Hierbij dient rekening te worden gehouden met de mineraleninhoud en de werkingscoëfficiënt van de mest die afhankelijk is van de soort mest, het tijdstip van toediening en de duur van het groeiseizoen van het betreffende gewas.<sup>19</sup>

### *Aanvoer van organische stof*

Ten behoeve van de mestkeuze wordt vastgesteld wat de gewenste aanvoer van organische stof op het bedrijf is.

- De benodigde aanvoer van effectieve organische stof ( $\text{kg e.o.s. ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ )
- De gewenste verandering van de hoeveelheid organische stof per ha.
- De te verwachten aanvoer van e.o.s, uit gewasresten en groenbemesters
- De gewenste aanvoer van e.o.s. met meststoffen over het hele bouwplan.

De uitgangssituatie van percelen en gewassen op het bedrijf worden vastgesteld. Tevens worden bemestingsadviezen en wettelijke randvoorwaarden geïnventariseerd.

### *Percelen*

Voor welke gewassen/ percelen is opbrengen van dierlijke mest mogelijk? Ook moet worden vastgesteld voor welke gewassen/ percelen het opbrengen van mest in het voorjaar mogelijk is. Afhankelijk van de berijdbaarheid en het risico van structuurschade van de percelen wordt er over het al dan niet aanwenden van mest besloten.

Op bouwland op kleigrond wenden boeren mest meestal in het najaar aan, omdat aanwending in het voorjaar leidt tot praktische problemen.<sup>17</sup> Verliezen bij najaarsaanwending zijn enigszins te verminderen door in het najaar een groenbemester te zaaien, stro in te werken en/of nog stikstofarmere mest te gebruiken.

Hoeveel overmaat aan mineralenaanvoer is aanvaardbaar per gewas? (bijvoorbeeld kalium bij suikerbieten en mineralisatie van stikstof gedurende het groeiseizoen). Welke beperkingen moeten worden opgelegd aan het stikstofaandeel uit dierlijke mest in de dekking van de gewasbehoefte?

### 5.3.3 Werking mest en compost

Bokhorst et al.<sup>19</sup> schrijven dat aan het toepassen van vaste mest en compost positieve invloeden op de bodemstructuur, ziekteverendheid, wortelstelsel en productkwaliteit worden toegeschreven.

Een actief bodemleven zou gunstig zijn voor een natuurlijke ziekteonderdrukking. Een rijk bodemleven wordt bevorderd door veel organische stof met daarin constant bereikbare energie in de vorm van koolhydraten. Hierdoor kan het bodemleven gedurende langere tijd een continue voedingsbron zijn voor het bodemleven. Mogelijke oorzaken waarom een mest of compost ziekteverende eigenschappen heeft zijn:

- Voedselconcurrentie. Voor de ziekteverwekker blijft minder voedsel over doordat de microorganismen uit de compost hetzelfde voedsel gebruiken.

- Onderdrukken geur op wortelniveau. Sporen van schadelijke schimmels worden minder snel geactiveerd door uitscheidingen op wortelniveau. Uitscheidingen van de wortel worden geabsorbeerd door de compost waardoor de wortels niet goed te vinden zijn.
- Parasitisme ziekte verwekkers worden geparasiteerd door microorganismen uit de compost
- Antistoffen compost organismen produceren stoffen die op ziekteverwekkers remmend werken.
- Weerstandverhoging door toepassing van mest en compost groeit de plant evenwichtiger en krijgt meer weerstand tegen ziekten
- Milieuverandering: pH en vochthuishouding veranderen na toediening van mest en compost waardoor de omstandigheden voor ziekteverwekker minder gunstig worden.

Hoitink<sup>23</sup> ontwikkelde een recept voor schorscompost met ziekteonderdrukkende werking. De wortels van gewassen in de compost waren veel beter ontwikkeld dan de wortels van gelijke gewassen in potgrond zonder ziekteverende werking.

## 5.4 Gangbare technieken:

Vaste mest, gecomposteerde mest, compost worden aangewend met stalmeststrooiers. Stalmeststrooiers zijn er in groottes die uiteenlopen van 4 –21 ton<sup>24</sup> (Wageningen pers, 1998). Wagens met een laadvermogen van 9 à 10 ton zijn geschikt voor grote bedrijven en loonwerkers. De werkbreedtes variëren tussen 2.5 en 24m. Ca. 33% van de wagens hebben een werkbreedte van 10 –11m. Kleinere machines hebben een laadvermogen van 2.5 – 8 ton. waarbij de helft van de opgegeven machines een werkbreedte van 8m heeft.

### 5.4.1 stalmeststrooiers

Kleinere typen stalmeststrooiers hebben een bodemketting die wordt aangedreven door de aftakas. Hier wordt door mechanische transmissie de snelheid veranderd. Grotere typen stalmeststrooiers kunnen een constante gift geven, onafhankelijk van de vulling van het apparaat. Met behulp van elektronica wordt de aandrijving van de bodemketting geregeld als functie van het koppel op de assen van de freeswalsen. Bij grote typen wordt de bodemketting ook wel hydraulisch aangedreven. Ook hier is dan de bodemketting onafhankelijk van de rijnsnelheid, de walsen en de strooischijven te regelen.

Er zijn wagens die tijdens transport van vrijlopende stoffen als droge kippenmest de bak aan de achterkant afsluiten met een hydraulisch bedienbare doseerschuiif. Zeer natte producten worden uitgereden door wagens met een waterdichte bak en vijzels in plaats van een bodemketting (Gilibert).

De volgende onderdelen van een strooier zijn van invloed op de verdeling van vaste mest :

- helling van de strooischijven (beaters) in lengte richting
- helling van de strooischijven in breedte richting
- vormen van de strooischijven
- de positie van de strooischijven
- hoogte van meststrooier
- de afmeting en vorm van de werpschoepen (taps) van de strooischijven op de strooiers
- de snelheid van de bodemketting (spreader rollers)

Zware wagens kunnen structuurbederf van de grond voorkomen door de bodemdruk te verminderen. Grotere wagens verminderen de bodemdruk door toepassing van een tandemstel of twee assen (bij wagens vanaf 9 ton). De machine van Dezeure (24 ton) heeft drie assen.



## 5.4.2 Strooi-aggregaten

Het gebruikte strooi-aggregaat is afhankelijk van de gevraagde capaciteit. Eigen wagens kunnen zelf worden samengesteld doordat verschillende typen strooi-aggregaten op verschillende typen wagens passen. De mest wordt toegediend door middel van:

1. Apparatuur die de mest verkleint zoals:
  - Horizontale freeswals:  
voor homogene meststoffen (compost, oude stalmest)  
werkbreedte tot 6 m (tot 3 m bij hoge giften)  
geschikt voor giften van 30 – 70 ton/ha
  - Verticale freeswals:  
maakt de te verspreiden meststof los  
werkbreedte tot ca. 8m  
geschikt voor giften van 10 –50 ton/ha
  - Kettingrotors  
verdere verfijning na freeswalsen.
2. Strooischijven:  
in combinatie met horizontale freeswalsen  
werkbreedte tot 20 m. (een strooischijf heeft 2-4 werpschoepen)

## 5.4.3 Nauwkeurigheid

In de literatuur<sup>25</sup> wordt beschreven hoe de nauwkeurigheid van toediening van mest door stalmeststrooiers gemeten kan worden door het bepalen van de variatiecoëfficiënt van de mestverdeling over een standaard oppervlak. Wanneer dit getal lager is dan 20%, krijgt het apparaat de kwalificatie goed. Als het hoger ligt dan 30%, krijgt het apparaat de kwalificatie onvoldoende. Een variatiecoëfficiënt van 25 krijgt de kwalificatie voldoende.<sup>26</sup>

Er werden verschillende mestsoorten uitgereden met verschillende typen machines. Het bleek dat er een optimale werkbreedte was. Grotere werkbreedten leidden tot slechtere beoordelingen. Beide bronnen tonen eenzelfde beeld. De variatiecoëfficiënten zijn vermeld van zowel de optimale werkbreedte als van de maximale werkbreedte. Het blijkt dat bij de maximale werkbreedte, ca. 2-3 m breder is dan de optimale werkbreedte. De variatiecoëfficiënt is bij de maximale werkbreedte minder goed geworden in vergelijking tot de optimale werkbreedte.

In het beschreven onderzoek werd de verdeling van verschillende soorten vaste rundveemest door een stalmeststrooier onderzocht. Het bleek dat verschillende parameters invloed hadden op de optimale werkbreedte van de strooier. De mest was gedurende verschillende periodes opgeslagen (vers, 6 en 18 maanden), had verschillende dichtheden (respectievelijk 296, 620 en 957 kg/m<sup>3</sup>) en

drogestofgehaltenes (van respectievelijk 35, 25 en 37%). Voor een goede verdeling van vaste mestsoorten en compost is goed verkleind en homogeen materiaal nodig.

De huidige stalmeststrooiers hebben vaak geen optimale verdeling van de mest bij toediening: niet in de lengterichting en niet in de breedterichting. Bij een standaard Samson 908 vaste mestverspreider bleek dat de verdeling van vaste mest bij toediening op het land zowel in de lengte- als in de breedterichting aanzienlijk kon worden geoptimaliseerd. De vorm en de afmeting van de werpschoepen hadden de grootste invloed op een gelijkmatige verdeling van de toegediende vaste mest. In de lengterichting wordt de mest tot ca. 50% van de uitlaadtijd constant verdeeld. Door de rijnsnelheid aan te passen is de ongelijkheid in lengterichting te verminderen.

#### 5.4.4 Overige randvoorwaarden

Ook de fysische vorm van de te verdelen vaste mest is van belang bij het verkrijgen van een goed resultaat op het land. Na de verdeling van droge kippenmest en compost kunnen deze stoffen snel verwaaien. Mangus en van der Heyden ontwikkelden een precisiebemester die exact verdeelt, waarbij de mest niet verwaait, en ook in het voorjaar goed toepasbaar is.<sup>16</sup>

## 5.5 Discussie

### *Mestverdeling*

Uit onderzoek van Hansen (2000) blijkt dat de variatiecoëfficiënten verschillend zijn bij verschillende werkbreedtes en verschillende mestsoorten. Er wordt van uitgegaan dat werkbreedtes van strooi-aggregaten, zoals die door fabrikanten worden opgegeven, een goede variatiecoëfficiënt hebben. Hiermee is niet bekend voor welke mestsoorten (dichtheid, deeltjesgrootte en drogestofgehalte) deze specificatie geldt. In *Trekker & Werktuig* (anonymus, 1998) wordt eveneens vermeld dat de variatiecoëfficiënt sterk wordt bepaald door de gebruikte mestsoort.

### *Aanwending dunne fractie*

Veehouders letten op de hoeveelheid kalium die ze aanwenden op grasland, vanwege ziektes (kopziekte) welke kunnen optreden bij te hoge concentraties kalium. Akkerbouwers willen de kwaliteit van hun producten waarborgen en letten op het kalium- (en chloride)gehalte van de bodem.<sup>27</sup>

## 5.6 Conclusies

Vaste mest en compost kunnen worden toegediend op grasland. Op bouwland is de eenmalige gift van vaste mest of gecomposteerde mest aantal keren minder dan  $4 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ . Mogelijk geven deze lage giften problemen met toedienen.

De optimale werkbreedte van een stalmeststrooier is per mestsoort verschillend

Vanuit bemestingsoogpunt, heeft de veehouderij geen belang bij vaste mest/ compostsoorten die (zeer) weinig stikstof leveren.

## 6 Economische evaluatie

### 6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt doorgerekend welke kosten gepaard gaan met het scheiden en composteren van drijfmest.<sup>28</sup> Hierbij wordt uitgegaan van een melkveehouderijbedrijf met een omvang van 80 koeien (incl. jongvee), een areaal van 50 ha grasland en een drijfmestproductie van ca. 2500 ton/jaar. De scheiding van drijfmest vindt plaats op het bedrijf zelf, de compostering van de dikke fractie vindt elders plaats. Aangezien een deel van de drijfmest ongescheiden op het eigen bedrijf afgezet kan worden, wordt in eerste instantie slechts 30% (750 ton/jaar) van de mest gescheiden. Hieruit wordt ruim 100 ton vaste fractie gevormd die vervolgens wordt gecomposteerd.

### 6.2 Uitgangspunten

Om een realistische kostenberekening te maken worden onderstaande uitgangspunten gehanteerd voor het financieel doorrekenen van scheidings en composteringssysteem:<sup>29</sup>

- Schaalgrootte:	scheiding: boerderij compostering: regionaal
- Afschrijvingsduur machines:	7,5 jaar (lineair); restwaarde = 0
- Afschrijvingsduur gebouwen, opslag etc.:	20 jaar (lineair); restwaarde = 0
- Onderhoudskosten, jaarlijks:	3% van investering
- Rente, jaarlijks:	6% van netto contante waarde
- Arbeidskosten:	€ 18,- / uur

## 6.3 Kostenberekening

### 6.3.1 Mestscheiding

In Tabel 6.1 wordt berekend welke kosten gepaard gaan met het mechanische scheiden van mest op het bedrijf.<sup>30,31,32</sup> Hierbij wordt uitgegaan van een vijzelpers die, vanwege de beperkte capaciteit die benodigd is, niet aangeschaft wordt maar enige weken per jaar gehuurd wordt.

**Tabel 6.1:** Investerings- en exploitatiekosten van mechanische mestscheiding van rundveedrijfmest

Totale capaciteit van scheider:	(ton/jaar)	1500 (drijfmest)
<b>1. Investeringskosten:</b>		
	Afschrijvingsduur	
Opslagtank vloeibare fractie (375 m <sup>3</sup> )	20 jaar	€ 28.125,00
Mestplaat (25 m <sup>2</sup> ; 50 m <sup>3</sup> )	20 jaar	€ 1.125,00
Verharding, infrastructuur, verzwaring elektriciteitsnet, leidingen etc.	15 jaar	p.m.
Totaal investeringen:		€ 29.250,00
	Per ton materiaal:	€ 19,50
<b>2. Exploitatiekosten per jaar:</b>		
2.1 Vaste kosten:		
Afschrijving:		€ 1.462,50
Onderhoud:	3%	€ 877,50
Rente:	6%	€ 877,50
Totaal vaste kosten:		€ 3.217,50
	Per ton materiaal:	€ 2,15
2.2 Variabele kosten:		
Huur mestscheider	€ 0,75 / ton	€ 1.125,00
Elektriciteit	€ 0,10 / kWh	€ 150,00
Arbeid	€ 18,00 / uur	€ 720,00
Totaal variabele kosten:		€ 1.995,00
	Per ton materiaal:	€ 1,33
Totaal exploitatiekosten:		
		€ 5.212,50
	Per ton materiaal:	€ 3,48

Dit betekent dat de exploitatiekosten voor het scheiden van de mest € 3,48 per ton bedragen. Wanneer ervan wordt uitgegaan dat geen nieuwe investeringen behoeven te worden gedaan met betrekking tot opslag van vloeibare en vaste fractie, bedragen de exploitatiekosten € 1,33 per ton.

### 6.3.2 Compostering

Er wordt uitgegaan van een grootschalige composteringsinrichting (verwerkingscapaciteit: 10.000 ton /jaar) op een locatie buiten het melkveebedrijf. Twee technieken voor compostering worden doorgerekend: 1) Extensieve compostering, 2) Intensieve compostering,

#### *Extensieve compostering*

De extensieve compostering vindt plaats in ruggen op een vloeistofdichte vloer. De ruggen zijn gemiddeld 1,5 m hoog en afgedekt met een kunststof doek (bijv. TopTex) dat een levensduur heeft van 3 tot 5 jaar. De composteringduur bedraagt 4 maanden en de ruggen worden één maal per maand omgezet. Er wordt 10 massa% groenafval opgemengd met de te composteren vaste fractie om een luchtige structuur te verkrijgen. Deze menging wordt uitgevoerd met de omzetmachine. Na de compostering wordt het groenafval afgezeefd en opnieuw gebruikt. Aangenomen wordt dat een gedeelte van de stikstofverbindingen verdwijnt in de atmosfeer (ca. 50% van de totale hoeveelheid stikstof in de oorspronkelijke drijfmest). Een kostenberekening van grootschalige extensieve compostering wordt gegeven in Tabel 6.2.

**Tabel 6.2:** Kostenberekening extensieve compostering van de vaste fractie uit mestscheiding

<b>Totale capaciteit:</b>	(ton/jaar)	10000
<b>1. Investeringskosten:</b>	Afschrijvingsduur	
Vloeistofdichte bodem (6500 m <sup>2</sup> )	20 jaar	€ 163.125,00
TopTex afdekking (6100 m <sup>2</sup> )	5 jaar	€ 20.300,00
Verharding, infrastructuur etc.	15 jaar	pm
<b>Totaal investeringen:</b>		<b>€ 183.425,00</b>
<b>2. Exploitatiekosten per jaar:</b>		
<b>2.1 Vaste kosten:</b>		
Afschrijving:		€ 12.216,25
Onderhoud:	3%	€ 5.502,75
Rente:	6%	€ 5.502,75
<b>Totaal vaste kosten:</b>		<b>€ 23.221,75</b>
<b>2.2 Variabele kosten:</b>		
Omzetmachine, huur incl. brandstof	€ 1,20 / ton ingaand	€ 12.960,00
Trommelzeef, huur incl. brandstof	€ 0,70 / ton ingaand	€ 7.560,00
Toeslagmateriaal	€ 18,00 / ton	€ 3.600,00
Arbeid	€ 18,00 / uur	€ 7.488,00
<b>Totaal variabele kosten:</b>		<b>€ 31.608,00</b>
<b>Totaal exploitatiekosten:</b>		<b>€ 54.829,75<sup>(1)</sup></b>

<sup>(1)</sup> Exploitatiekosten € 5,48 /ton ingaand materiaal, resp. € 7,31 / ton compost (25% massareductie)

### Intensieve compostering

De intensieve compostering vindt plaats op een vloeistofdichte vloer in een afgesloten hal. Het materiaal bevindt zich in sleufsilos (hoogte: 1,3 m) met een betonnen rand waarop zich een automatische omzetmachine verplaatst. De ruggen worden actief belucht en tweemaal per week omgezet met een automatische omzetmachine. De composteringduur bedraagt 4 weken. De ventilatielucht uit de hal wordt door een zure wasser geleid; er wordt vanuit gegaan dat op deze manier 20% van de stikstof-totaal uit de oorspronkelijke drijfmest wordt ingevangen in geconcentreerd salpeterzuur in de vorm van  $\text{NH}_4^+$ . Een kostenberekening van grootschalige intensieve compostering wordt gegeven in Tabel 6.3.

**Tabel 6.3:** Kostenberekening grootschalige intensieve compostering (€ / ton ingaand materiaal)

<b>Totale capaciteit:</b>	(ton/jaar)	10000
<b>1. Investeringskosten:</b>		
	Afschrijvingsduur	
Sleufsilos	20 jaar	€ 102.820,00
Beluchtingssysteem	20 jaar, bewegende delen 7.5 jaar	€ 50.420,00
Omzetmachine	7.5 jaar	€ 43.180,00
Gebouw (2500 m <sup>2</sup> )	20 jaar	€ 290.660,00
Luchtwater (125.000 m <sup>3</sup> /uur)	10 jaar	€ 500.000,00
Verharding, infrastructuur etc.	15 jaar	pm
<b>Totaal investeringen:</b>		<b>€ 987.080,00</b>
<b>2. Exploitatiekosten per jaar:</b>		
<b>2.1 Vaste kosten:</b>		
Afschrijving:		€ 80.431,47
Onderhoud:	3%	€ 29.612,39
Rente:	6%	€ 59.224,77
<b>Totaal vaste kosten:</b>		<b>€ 169.268,63</b>
<b>2.2 Variabele kosten:</b>		
Trommelzeef, huur incl. brandstof	€ 0,70 / ton ingaand	€ 7.560,00
Toeslagmateriaal (groenafval)	€ 18,00 / ton	€ 7.200,00
Elektriciteit	€ 0,10 / kWh	€ 13.619,20
Salpeterzuur (53%)	€ 300,00 / ton	€ 115.896,23
Arbeid	€ 18,00 / uur	€ 44.928,00
<b>Totaal variabele kosten:</b>		<b>€ 189.203,43</b>
<b>Totaal exploitatiekosten:</b>		<b>€ 358.472,06</b>
	Per ton ingaand materiaal:	€ 35,85
	Per ton compost <sup>(1)</sup> :	€ 47,80

(1) Aanname dat 25% massareductie optreedt.

### 6.3.3 Totale kosten

In tabel 6.4 wordt de optelsom gegeven van de kosten van het scheidingsproces en het composteringsproces, uitgedrukt per ton ingaande drijfmest en uitgedrukt per ton geproduceerde compost. De kosten voor het transport van het boerenbedrijf naar de composteringsinstallatie zijn niet opgenomen in tabel 6.4.

**Tabel 6.4:** Totale kosten verwerkingsproces (excl. transportkosten)

	Extensief (€/ton drijfmest)	Intensief (€/ton drijfmest)
Scheiding	1,33 <sup>(1)</sup>	1,33 <sup>(1)</sup>
Compostering	0,73 <sup>(2)</sup>	4,78 <sup>(3)</sup>
Totaal	2,06	6,11
Totaal (€/ton compost) <sup>(4)</sup>	20,60	61,10

<sup>(1)</sup> Aangenomen wordt dat geen extra mestopslagfaciliteiten noodzakelijk zijn.

<sup>(2)</sup> = € 5,48 / 7,5 aangezien 1 ton dikke fractie gevormd wordt uit 7,5 ton drijfmest.

<sup>(3)</sup> = € 35,85 / 7,5 aangezien 1 ton dikke fractie gevormd wordt uit 7,5 ton drijfmest.

<sup>(4)</sup> Uit 7,5 ton drijfmest wordt 0,75 ton compost gevormd

### 6.3.4 Terugname compost door veehouder

Wanneer een veehouder de gecomposteerde mest zou terugnemen om aan te wenden op zijn eigen bedrijf en het stikstofconcentraat dat tijdens de intensieve compostering wordt gevormd niet hoeft terug te nemen, voert hij dezelfde fosfaathoeveelheid aan die hij eerder had aangevoerd (tijdens compostering blijft de hoeveelheid fosfaat in de vaste fase gelijk).

De hoeveelheid stikstof-totaal is echter verminderd met 15% (extensief) resp. 50% (intensief) ten opzichte van de oorspronkelijke situatie. Omgerekend naar het N-totaal gehalte van drijfmest betekent dit een stikstofreductie van 4% of 0,2 kg N/ton drijfmest voor extensieve compostering en een stikstofreductie van 12% of 0,6 kg N/ton drijfmest voor intensieve compostering.

De kosten die gemaakt zijn voor reductie van de hoeveelheid stikstof in drijfmest bedragen voor zowel de extensieve als de intensieve compostering circa € 10,00 per kg stikstof (exclusief transportkosten van veebedrijf naar composteerder en vice versa, exclusief eventuele extra MINAS monsternamen en analysekosten). Externe compostering kan daarom absoluut niet gezien worden als een nieuwe manier om op een kosteneffectieve manier stikstof af te voeren van het boerenbedrijf. Bovendien dient afzet gevonden te worden voor het stikstofconcentraat dat tijdens luchtwassing in het intensieve composteringssysteem ontstaat.



## 6.4 Conclusies

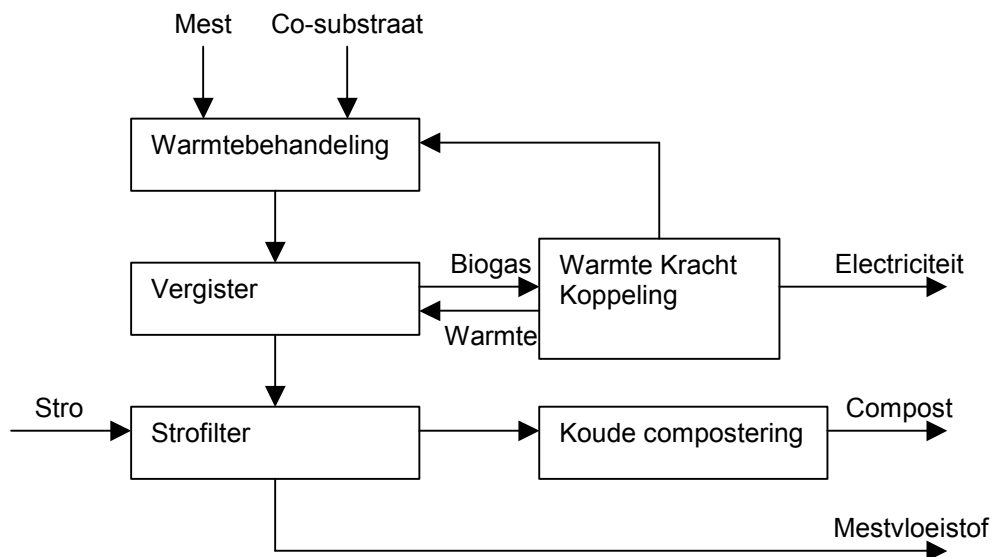
Vanuit het kostenperspectief dat gegeven wordt in tabel 6.4 is scheiding van drijfmest gevolgd door compostering van de dikke fractie alleen rendabel wanneer de afzet prijs van de compost die gevormd wordt uit de dierlijke mest hoger is dan € 20.60 (extensief) resp. € 61.10 (intensief). Gezien de huidige marktprijzen met betrekking tot afzet van dierlijke mest en compost is het onwaarschijnlijk dat compost voor deze prijs kan worden afgezet. Evenmin kan compostering worden gezien als een kosteneffectieve wijze om stikstof af te voeren van een veehouderijbedrijf door dikke fractie af te voeren en de hieruit geproduceerde compost (met lagere stikstofgehalte) op het bedrijf weer aan te voeren.

## 7 Uitgewerkte praktijkvoorbeelden

### 7.1 Morveco Winterswijk

#### 7.1.1 Achtergrond

In het kader van het programma Meervoudig Duurzaam Landgebruik wordt bij het Morveco Systeem bij Dhr. J. Leemkuil in Winterswijk-Miste een technisch onderzoek uitgevoerd naar de opwerking van mest en organische reststoffen tot hoogwaardige meststoffen en energie. Het processtroomschema is weergegeven in figuur 7.1.



**Figuur 7.1:** Schematische weergave van het Morveco Systeem

Varkensdrijfmest (eventueel aangevuld met gras of mergkool als co-substraat) ondergaat in dit systeem eerst een korte warmtebehandeling, waarna het mengsel wordt vergist onder anaërobe omstandigheden. Het Morveco systeem heeft vier vergisters. Deze kunnen ter wille van onderzoek onder verschillende omstandigheden worden bedreven. Het vrijkomende biogas wordt verbrand in een warmte-kracht motor, die bruikbare warmte en elektriciteit produceert. Het uitgegiste mengsel wordt nadien door een strobed geleid, waardoor een scheiding ontstaat tussen een vaste massa en een filtraat. De vaste massa wordt gestapeld tot een composthoop waar het materiaal gedurende een lange tijd wordt bewaard. Hierbij treedt geen significante temperatuurverhoging op, waardoor er moeilijk gesproken kan worden van een compostering zoals werd beschreven in hoofdstuk 2.

## 7.1.2 Resultaten

Voor dit rapport zijn het functioneren van het strofilter en de koude compostering van belang. De uitkomsten van de analyse van monsters van de in- en uitgaande processtromen zijn weergegeven in tabellen 7.1 en 7.2.

**Tabel 7.1:** Resultaten van de chemische analyses van processtromen in het Morveco Systeem

Monster	Drogestof g/kg	As g/kg	N <sub>totaal</sub> g/kg	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> g/kg	P <sub>totaal</sub> g/kg	K <sub>totaal</sub> g/kg
Vleesvarkensmest	69	25	7,0	4,4	1,5	6,8
Gras	439	36	6,6	0,1	1,7	11,2
Vergiste mest	56	22	6,9	5,1	1,0	7,4
Filtraat strofilter	22	12	2,9	2,2	0,2	5,1
Strofiltermest vers	260	79	8,4	3,0	5,7	9,8
Strofiltermest oud	259	84	8,1	3,2	5,2	8,2
Compost	358	193	6,4	0,3	7,4	3,2

**Tabel 7.2:** Resultaten van de meting van zware metalen gehalten in strofiltermest en compost

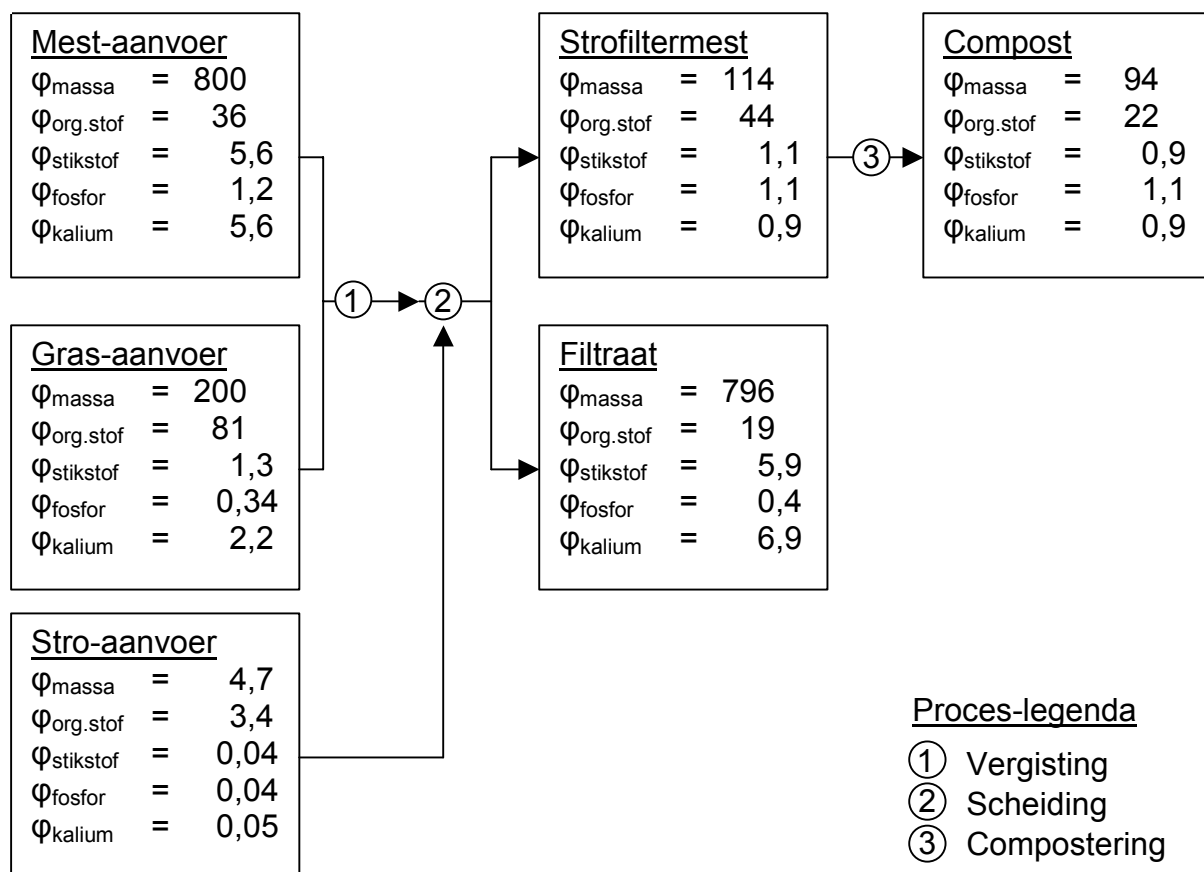
Monster	Cadmium mg/kg DS	Chroom mg/kg DS	Cobalt mg/kg DS	Koper mg/kg DS	Kwik mg/kg DS	Lood mg/kg DS	Nikkel mg/kg DS	Zink mg/kg DS
Strofiltermest vers	<0,12	22,8	2,38	317	<0,06	18,2	15,8	765
Strofiltermest oud	<0,11	28,0	2,43	241	<0,05	14,1	19,7	784
Compost	<0,11	52,8	3,58	430	<0,05	12,2	26,8	1475

Bij deze resultaten valt het volgende op te merken:

- Het drogestofgehalte van de producten, strofiltermest en compost, ligt tussen 25-35%. De onderlinge verschillen zijn klein.
- Het filtraat van het strofilter bevat nog een aanzienlijke hoeveelheid stikstof (die voor een groot deel uit ammoniumstikstof bestaat) en zeer weinig fosfaat, hetgeen aangeeft dat P in het strofilterbed achterblijft.
- Het drogestofgehalte van de varkensmest is relatief laag. Het drogestofgehalte van vleesvarkensmest in Nederland ligt tegenwoordig vaak boven 10%.
- Het gras lijkt zowel wat betreft stikstof- als fosforgehalte op de varkensmest. Het bevat ook een zelfde orde grootte aan kalium. Het verschil zit in het drogestofgehalte en in de vorm waarin de stikstof verkeert. In het gras is nagenoeg alle stikstof organisch gebonden; in de mest komt meer dan 50% van de stikstof als ammonium voor.
- Verse en oude strofiltermest lijken qua samenstelling zeer veel op elkaar. Dat betekent dat waterverdamping en stikstofvervluchtiging geen grote rol spelen in de periode dat het materiaal zich in het strofilter bevindt.
- In de compost zijn de kaliumconcentraties lager dan in de rest van de monsters. Dit is te verklaren doordat de mest en strofiltermest die op dat moment op het bedrijf aanwezig waren niet te relateren zijn aan de compost die reeds lange tijd (tot meerdere jaren) op het bedrijf

aanwezig is. Een deel van deze compost is geproduceerd met zeugenmest. Deze waarneming wordt bevestigd door een meting van de filtraatsamenstelling in 1998 (persoonlijke mededeling J. Leemkuil, 2002), waarin het kaliumgehalte 2.8 g/kg was, het fosforgehalte 0.1 g/kg en een stikstofgehalte van 2.1 g/kg.

- Het ammoniumstikstofgehalte van de compost is erg laag. Hiervoor zijn drie verklaringen: er is ammoniak vervluchtigd of ammoniak werd door biochemische processen omgezet naar stikstofgas ( $N_2$ ) of organisch gebonden stikstof. Mogelijk hebben alle drie processen een rol gespeeld, maar in welke onderlinge verhouding is niet te zeggen.
- De resultaten van de analyse van zware metalen in de producten laten zien dat cadmium en kwik beneden de detectiegrens van de bepaling uitkwamen en dat de voornamelijk aanwezige zware metalen koper en zink waren. Dit is in overeenstemming met de waarneming van koper en zink in varkensmest.



**Figuur 7.2:** Theoretische massabalans voor het Morveco Systeem, gebaseerd op aannames en samenstelling van de inputs. Gegevens weergegeven in tonnen per jaar.

In figuur 7.2 zijn de massabalansen van het Morveco Systeem weergegeven. Als gekeken wordt naar de totale hoeveelheid stikstof, dan blijkt dat bij de vergisting en de daaropvolgende scheiding weinig stikstof verloren gaat. Bij de koude compostering gaat 0,2 ton/jaar verloren. Verlies als gevolg van lekwater ( $\text{NO}_3$ ) is onwaarschijnlijk, omdat de compostering overdekt plaatsvond en het materiaal al is uitgelekt toen het functioneerde als strofilter. Er werden geen verschillen in zowel kalium als fosfaat waargenomen tussen de strofiltermest en de compost.

Uit analyse van de gassen afkomstig uit het composteringsgebouw bleek dat met name in de rustperiode na het inrijden van de strofiltermest  $\text{N}_2\text{O}$  vrijkwam. Het jaarlijkse stikstofverlies naar de atmosfeer bedraagt volgens de massabalans ongeveer 3% van de ingaande hoeveelheid stikstof. Uit emissiemetingen kon 2% van het totale verlies worden aangetoond.

Het filtraat wordt op bouwland uitgereden. De vaste fractie (strofiltermest) wordt vermarkt, al dan niet na pelletiseren tot gestabiliseerde mestkorrels. Meer informatie over dit systeem is beschreven in de literatuur.<sup>33</sup>

Scheiding met een strofilter wordt ook elders in Nederland uitgevoerd. Op het bedrijf van dhr. P. de Swart<sup>32</sup>, dhr. H. Wegdam<sup>34</sup> en dhr. W. Hartgerink<sup>35</sup> wordt eveneens varkensmest gescheiden in een vaste, te composteren fractie en een vloeibaar filtraat. Soortgelijke initiatieven worden ook gevonden in Italië.<sup>36</sup>

### 7.1.3 Conclusies Morveco Systeem

Compostering zoals deze wordt uitgevoerd in het Morveco Systeem leidt tot weinig reductie van de hoeveelheden stikstof en fosfaat. Hierdoor kan deze methode niet gezien worden als een positieve bijdrage in het vinden van kosteneffectieve maatregelen om in de toekomst te kunnen voldoen aan de EU Nitraatrichtlijn.

## 7.2 Stelsel Bouwmans te Bakel

### 7.2.1 Achtergrond

In 2001 is het Praktijkonderzoek Veehouderij gestart met het project “Compostering op Melkveebedrijven”. Dit project beschrijft het perspectief van compostering van dunne rundveemest en grashooi op het melkveebedrijf. Het sluit aan bij de vraag of compostering een rol kan spelen bij de verbetering van het nutriënten- en waterbeheer in de melkveehouderij.

Op het bedrijf van dhr. H. Bouwmans te Bakel werden proeven door het Praktijkonderzoek Veehouderij gedaan met het composteren van een mengsel van dunne rundveemest en hooi/stro in een speciaal ingerichte kapschuur. De menging werd gerealiseerd met een aangepaste, zelfrijdende portaalmenger die was uitgerust met een systeem voor toediening van vloeibare mest. Gedurende 4 weken werd een rug om de 2 dagen omgezet. De rijpe compost werd nadien uitgereden over het land.

### 7.2.2 Resultaten

Voor dit rapport is de beschreven compostering van belang. De massabalans over dit proces is weergegeven in tabel 7.3. De stikstofbalans is weergegeven in tabel 7.4.

**Tabel 7.3:** Massabalans Stelsel Bouwmans in kg

	Rug 1	Rug 2	Rug 3	Rug 4
Hooi en stro	1296	1223	1300	1244
Drijfmest	5560	6150	2880	6440
<b>Totaal aanvoer</b>	<b>6986</b>	<b>7493</b>	<b>6920</b>	<b>7818</b>
Compost	4180	4520	4050	4330
Lekvocht	330	310	510	880
Emissies	1133	1274	1409	1574
Rest (onverklaard)	1343	1389	951	1034

Er treedt een massaverlies op dat ligt tussen de 40 en 45%. Het onverklaarde restant kan onder andere bestaan uit N<sub>2</sub> emissie. Dit kon niet worden gemeten.

Tabel 7.4: Stikstofbalans in kg

	Rug 1	Rug 2	Rug 3	Rug 4
Hooi en stro	9,6	10,3	11,2	12,1
Drijfmest	16,7	25,2	15,3	20,6
<b>Totaal aanvoer</b>	<b>27,7</b>	<b>39,9</b>	<b>28,0</b>	<b>34,2</b>
Compost	21,7	27,3	21,4	24,7
Verlies	6,0	9,5	6,6	9,5

Uit tabel 7.4 blijkt dat 20-28% van de aangevoerde stikstof verloren gaat door emissie of in lekvocht.

### 7.2.3 Conclusies Systeem Bouwmans

Het regelmatig omzetten van een composthoop zorgt voor een goede menging. Hierdoor kan het composteringsproces sneller zijn gang gaan. In vier weken wordt dan ook een gestabiliseerd eindproduct verkregen. Er treedt een reductie op van de hoeveelheid stikstof van 20 tot 28% van de totaal aangevoerde hoeveelheid stikstof. In welk compartiment deze stikstofstroom uiteindelijk terechtkomt, is echter onbekend.

Of de bereikte reductie voldoende is om gezien te kunnen worden als een positieve bijdrage in het vinden van kosteneffectieve maatregelen om in de toekomst te kunnen voldoen aan de EU Nitraatrichtlijn, valt nog te bezien. Uit de rekenvoorbeelden blijkt dat een reductie van 50% van de totaal aangevoerde stikstof nodig is om de mest van een standaard varkensbedrijf te kunnen plaatsen op dezelfde hoeveelheid grond onder naleving van de voorgestelde EU-normen voor de applicatie van dierlijke mest.

## 8 Conclusies en aanbevelingen

### 8.1 Conclusies

Officieel is composteren van dierlijke mest in Nederland verboden. Degenen die dat toch doen, noemen het bewaren, waardoor het wel wordt toegestaan. In de VS en Canada is het in de biologische landbouw niet toegestaan om verse vaste mest of drijfmest aan voedingsgewassen aan te bieden, om redenen van voedselveiligheid. In deze landen wordt dierlijke mest massaal gecomposteerd.<sup>37,38</sup>

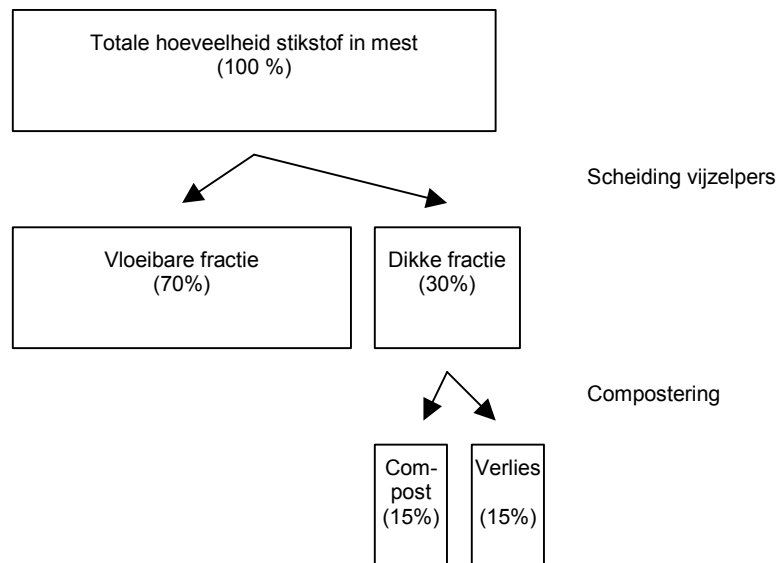
Als composteren gelijk wordt gesteld aan vochtig bewaren zonder toevoeging van structuur bevorderende stoffen, kan gesteld worden dat het geen of nauwelijks bijdraagt aan een reductie van de hoeveelheid stikstof die op het land gebracht dient te worden. Deze vorm van “composteren” levert dan ook geen bijdrage om te komen tot een oplossing voor het mestprobleem als de stikstofnormen worden verlaagd tot de door de EU aangegeven waarden.

Composteren zonder actieve beluchting, maar mét regelmatige menging van de hoop levert een mestproduct waarbij voornamelijk de hoeveelheid ammoniakale stikstof is verminderd. Hierdoor komen de meststoffen minder snel beschikbaar voor de plant. Uit de modelberekeningen blijkt dat er meer land nodig is voor de plaatsing van de behandelde mest als de EU-normen worden opgevolgd. Bovendien dient er voor het stikstofverlies binnen de MINAS systematiek te worden betaald als het plaatsvindt op het eigen bedrijf.

De compostering kan echter ook buiten het eigen bedrijf plaatsvinden bij een extern composteerbedrijf. De dikke fractie kan na scheiding van de mest worden afgevoerd naar een dergelijk bedrijf, waar het wordt gecomposteerd. Deze afvoer wordt door de boer geregistreerd binnen MINAS. De compost kan vervolgens weer worden teruggenomen voor aanwending op het land. Echter, de hoeveelheid stikstof in dit product is verminderd ten opzichte van de afgevoerde dikke fractie: de mineralen aanvoer is gereduceerd.

Uit dit rapport blijkt dat composteren mét actieve beluchting én regelmatige menging van de hoop kan leiden tot een reductie van 50% van de stikstof in de vaste fase. In figuur 8.1 is weergegeven hoe de totale hoeveelheid stikstof (100%) door externe compostering kan worden gereduceerd tot (70+15) 85% van de oorspronkelijk in mest aanwezige hoeveelheid. Netto is er dus een verschuiving opgetreden van 15% van de totale stikstofhoeveelheid van het MINAS-plichtige domein naar het niet-MINAS-plichtig domein (het externe composteerbedrijf).





**Figuur 8.1:** Overzicht van de stikstofstromen weergegeven als oppervlakken en percentages ten opzichte van de totaal in mest aanwezige hoeveelheid stikstof.

Het bovenstaande wordt genuanceerd door de te maken kosten. De kosten voor de geschetste 15% verlegging van de stikstofstromen bedragen voor zowel de extensieve als de intensieve compostering circa € 10,00 per kg stikstof, exclusief vervoer en bemonstering. Het geschetste scenario dat een boer tegen dit bedrag zijn mest laat composteren bij derden zal daarom weinig voorkomen. Bovendien heeft de veehouderij weinig belang bij vaste mest/ compostsoorten die weinig stikstof leveren.

Als alle voor- en nadelen op een rij gezet worden, dan kan er geconcludeerd worden dat compostering slechts een beperkte oplossing kan zijn voor de stikstofproblematiek zoals deze geschetst is in dit rapport. Een belangrijk feit is dat ook de dunne fractie moet worden uitgereden (zie figuur 8.1). Deze laatste fase bevat ongeveer 70% van de totaal in de mest aanwezige stikstof. Aanpak van de vloeibare fractie is daarom te verkiezen boven de compostering van de vaste fase.

## 8.2 Aanbevelingen

Reductie van stikstof uit mest is gunstig vanuit het perspectief zoals dit hiervoor wordt geschetst. Echter, veelal treedt er slechts een verschuiving op van het stikstofprobleem naar een ander compartiment. Gasvormige emissies hebben een grote impact op het milieu en dienen daarom te worden tegengegaan. Het beperken van deze emissies met behulp van gaswassers levert vloeistoffen op die gekenschetst kunnen worden als chemisch afval. Ook het scheiden van mest in een vaste en vloeibare fractie levert een vloeistof op met beperkte (mest)waarde. Het huidige onderzoek zoekt daarom een oplossing om deze vloeistofstromen te valoriseren tot producten die kunnen concurreren met kunstmest.

Voorbeelden om de vloeibare fase te verwerken zijn:

- Concentreren door middel van verdamping van water.  
In het Hercules II-project wordt naast primaire scheiding tussen urine en fecaliën de vloeibare fase ingedampt in een evaposcrubber. De warmte die hiervoor nodig is wordt verkregen door middel van de warmte in de stallucht en warmte die vrijkomt bij de stabilisering/compostering van de vaste fase.
- Chemisch concentreren door selectieve eliminatie van  $\text{NH}_3$ .  
IMAG en TMM hebben een eerste aanzet gegeven voor de realisatie van een vloeistof-gas-vloeistof uitwisselingssysteem waarmee ammoniak kan worden geconcentreerd door verlaging van de chemische potentiaal. Het uitwisselingsoppervlak wordt continu verversd door gebruik te maken van roterende schijven, waardoor de energieconsumptie sterk kan worden teruggedrongen ten opzichte van systemen waarbij water verdampt moet worden.

## 9 Literatuur

- <sup>1</sup> De Marke, <http://www.pv.wageningen-ur.nl/demarke>
- <sup>2</sup> Praktijkcijfers I en II, <http://www.praktijkcijfers.nl>
- <sup>3</sup> Mineralen op scherp, [http://www.nmi-agro.nl/\\_public/MOS/MOS.htm](http://www.nmi-agro.nl/_public/MOS/MOS.htm)
- <sup>4</sup> Koeien en Kansen, <http://www.koeienenkansen.nl>
- <sup>5</sup> Telen met Toekomst, <http://www.telenmettoekomst.nl>
- <sup>6</sup> R.T. Haug, "The Practical Handbook of Compost Engineering", Lewis Publishers, 1993, ISBN 0-87371-373-7.
- <sup>7</sup> R.Rynk and T.L. Richard, "Commercial compost production systems", in "Compost utilization in horticultural cropping systems" eds. P.J. Stoffella and B.A. Kahn, Lewis Publishers, 2001, ISBN 156670460X
- <sup>8</sup> Besluit kwaliteit en gebruik overige organische meststoffen (BOOM) zoals geldig vanaf 01-01-2002. Bron: SDU wettenbank. <http://wetten.sdu.nl/>
- <sup>9</sup> R.W. Melse IMAG intern 2002 weergegeven in bijlage I
- <sup>10</sup> D.A.J. Starmans Model weergegeven in bijlage II
- <sup>11</sup> R.W. Melse Model weergegeven in bijlage III
- <sup>12</sup> H. de Nijs, "Handboek Varkenshouderij", Afd. Varkenshouderij Rosmalen, 1993, ISBN 90-800999-3-7
- <sup>13</sup> D.A.J. Starmans Model weergegeven in bijlage IV
- <sup>14</sup> Regeling ammoniak en veehouderij, Staatscourant 1 mei 2002, nr. 82, p. 16.
- <sup>15</sup> H. Kirchmann, A. Lundvall, "Treatment of solid animal manures: identification of low NH<sub>3</sub> emission practices", Nutrient Cycling in Agroecosystems nr. 51, 1998, p. 65-71.
- <sup>16</sup> Anonymous, "Droge kippenmest exact verdeeld voor het zaaibed; Nieuw product: precisiebemester voor droge mest", Boerderij / Akkerbouw nr. 35, 2001, p. 24-25.
- <sup>17</sup> N. Middelkoop, S.T. Buijze, E.E. Biewinga, "Naar een optimale inzet van dierlijke mest", Centrum voor Landbouw en Milieu, rapport CLM 300, 1997, pp. 84.
- <sup>18</sup> Nutriënten Management Instituut (NMI), 2002. Stikstofjaargiftindicator, <http://www.nmi-agro.nl>.
- <sup>19</sup> J. Bokhorst, C. ter Berg, "Handboek mest en compost", uitgave Louis Bolk Instituut, Driebergen, 2001.
- <sup>20</sup> F. Wijnands, W. van Leeuwen, "Plannen van bemesting is een lastige klus", Uitgeverij van Westering en Baarn, Ekoland nr. 9, 2000, p. 22-23.
- <sup>21</sup> Modelberekeningen uit NDICEA, Louis Bolk Instituut, Driebergen.
- <sup>22</sup> L.C.N. de la Lande Cremer, "Resteffecten, specifieke effecten, structureffecten, nevenwerkingen humus en organische stofwerkingen van organische bemestingen", verslag themadag PAV Lelystad, themaboekje 7, 1986.
- <sup>23</sup> H.A.J. Hoitink et al. "Status of compost-amended potting mixes naturally suppressive to soilborne diseases of floricultural crops", Plant Disease 75(9), 1991, p. 869-872.
- <sup>24</sup> Wageningen Pers, "Mestaanwendingsgids '98; Technische gegevens en prijzen", Wageningen Pers 1998, p. 24-28.
- <sup>25</sup> M.N. Hansen, "Development of solid manure spreaders with a view to spreading evenness", Ramiran report 2000, ed. F. Sangiorgi, p. 249-255.
- <sup>26</sup> Anonymous, "Verdeling droge mest kan nog beter", Trekker en Werktuig, 1998, p. 36-37.
- <sup>27</sup> E.A.P. Well, A. Kool, M. Boer, W.H.M. van der Hulst, "Mestbewerking; Vormen zouten een risico?", Centrum voor Landbouw en Milieu, Utrecht, CLM 551, 2002, pp. 52.

- 
- <sup>28</sup> J.G.L. Hendriks, “Voorstudie naar de mogelijkheden van het compsteren van strorijke varkensmest”, Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen, rapport P3.166, 1999.
- <sup>29</sup> KWIN-V (2000) Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2000-2001. September 2000. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR), Lelystad. ISSN 1385-0121.
- <sup>30</sup> N. Verdoes, G.M. den Brok, J.H.M. van Cuyck, “Mechanische mestscheiders als mogelijke schakel in de mestbewerking op bedrijfsniveau”, Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen, rapport P1.77, 1992.
- <sup>31</sup> R.W. Melse, D.A.J. Starmans, N. Verdoes (2002a), “Mestverwerking varkenshouderij. Mestscheiding en microfiltratie, Dirven te Someren”, Praktijkboek nr. 7, Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad, april 2002.
- <sup>32</sup> R.W. Melse, D.A.J. Starmans, N. Verdoes (2002b), “Mestverwerking varkenshouderij. Strofilter in foliekas, De Swart te Alphen (NB)”, Praktijkboek nr. 8, Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad, mei 2002.
- <sup>33</sup> H.C. Willers, H.M. Londo, R.W. Melse, “Van mest en organische reststoffen tot hoogwaardige meststoffen en energie”, rapportage december 2002 uitgebracht door KDO-advies.
- <sup>34</sup> R. Bodde, “Strofilter halveert de kosten van mestafzet”, Boerderij / Varkenshouderij, nr. 23, 1998, p.24-25.
- <sup>35</sup> J. Janssens, “Lage afzetkosten door compostering van mest / Varkenshouder scheidt zeugenmest met strobedfilter en zet producten af voor f 11,- per kuub”, Boerderij / Varkenshouderij, nr. 1, 2001, p 18-19.
- <sup>36</sup> P. Balsari and G. Airoldi, “Composting of swine slurry: first results”, Ramiran 98 congresbundel, 1999, p. 147-156.
- <sup>37</sup> S.M. Tiquia, T.L. Richard and M.S. Ho, “Effect of windrow turning and seasonal temperatures on composting of hog manure from hoop structures”, Environmental Technology, vol. 21, 2000, p.1037-1046.
- <sup>38</sup> D.L. Elwell, H.M. Keener, M.C. Wile, “Odorous emissions and odor control in composting swine manure/sawdust mixtures using continuous and intermittent aeration”, Transactions of the ASAE, vol. 44(5), 2001, p.1307-1316.

## 10 Bijlagen

## **10.1 Bijlage I: Samenstelling model melkveebedrijf**

COMPOSTERINGSPROJECT A98-53058.01						
<b>Auteur:</b>	Roland Melse					
<b>Datum:</b>	5-nov-02					
<b>MANURE PRODUCTION</b>						
				Manure production		Manure production
				l/day		l/day
				Winterfeed		Winterfeed
				100% grass silage		40% grass silage
						60% green maize
Cows:		Number:				
Dairy cows	-	80	67	5360	64.6	5168
Milkproduction	kg/cow	9000				
<i>Young cattle:</i>						
0-2 months	-	8	15	120	12	96
2-6 months	-	8	15	120	12	96
6-13 months	-	12	15	180	12	144
13-23 months	-	16	30	480	25	400
23 months-afkalven	-	0	30	0	25	0
				Manure production in winter:	6.26 m3/dag	5.904 m3/dag
				excl spoel/schoonmaakwater		excl spoel/schoonmaakwater
		min	max			
Flushing and cleaning:	l/cow/day	8	12			
Total:	m3/year	233.6	350.4			
Aantal dagen dat koeien binnen staan:		365	dagen/jaar			
<b>Total manure production per year:</b>						
Min		Max				
2154.96	m3/year	2284.9	m3/year	flushing/cleaning	<b>excluded</b>	
2162.96	m3/year	2635.3	m3/year	flushing/cleaning	<b>included</b>	
5.9	m3/dag	7.2	m3/dag	flushing/cleaning	<b>included</b>	

## **10.2 Bijlage II: Minas voor model melkveebedrijf**



Rekentabel Minas en Boom in de landbouw		Legenda:		Invalsen berekend uit andere sheets		kg N		kg P		kg K		kg N		kg P		kg K		kg N		kg P		kg K	
Jaarlijks aanvoer		Jaarlijks afvoer		kg N		kg P		kg N		kg P		kg N		kg P		kg N		kg P		kg N		kg P	
<b>Mest</b>	2635,3 ton Concentrate N 0,43 kg/ha Concentrate P 0,788 kg/ha	12912,2071	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Kunstmest</b>	0 ton Concentrate N 0 kg/ha Concentrate P 0 kg/ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Voer*</b>	0 ton Concentrate N 0 kg/ha Concentrate P 0 kg/ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Minderbodemgaten</b>	30 kg N/ha erwtensjaboonen 50 kg N/ha veultraboonen 120 kg N/ha luzerne 180 kg N/ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Landbouwasaf met</b>	0 ha stansaboonen 0 ha erwtensjaboonen 0 ha veultraboonen 0 ha luzerne	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Compostingskarakteristiek:</b>	50 % N verlies 0 % P verlies 0 % Waterverlies 40 % D.S. in compost	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Algemenerde mest</b>	2635,3 ton Concentrate N 0,43 kg/ha Concentrate P 0,788 kg/ha	12912,2071	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Mest op land</b>	2635,3 ton Concentrate N 0,43 kg/ha Concentrate P 0,788 kg/ha	12912,2071	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Scheidingskarakteristiek:</b>	50 % N in dikke fractie 27,2 % P in dikke fractie 50,0 %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Dikke fr. op land</b>	0 ton Concentrate N 0,00 kg/ha Concentrate P 0,00 kg/ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Dikke fr. n. comp.</b>	0 ton Concentrate N 0,00 kg/ha Concentrate P 0,00 kg/ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Dunne fr. op land</b>	0 ton Concentrate N 0,00 kg/ha Concentrate P 0,00 kg/ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Rest dunne fractie</b>	0 ton Concentrate N 0,00 kg/ha Concentrate P 0,00 kg/ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Compost op land</b>	0 ton Concentrate N 0,00 kg/ha Concentrate P 0,00 kg/ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Overige aanvoer</b>	0 ton Concentrate N 0,00 kg/ha Concentrate P 0,00 kg/ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Overige afvoer</b>	0 ton Concentrate N 0,00 kg/ha Concentrate P 0,00 kg/ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Totaal aan mineralen</b>	19	-1053	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Verliesnorm</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Betaalbaar voor MINAS</b>	0	-1053	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Hering N</b>	2,30 euro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Hering P</b>	9,00 euro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Uitgastafte herfing</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Totale heffing</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0





Rekentabel Minas en Boom in de landbouw				Legenda:				berekend uit andere sheets				invalen							
Jaarlijks aanvoer:				kg N				kg P				kg N				kg P			
<b>Mest</b>				2653,3 ton				0 ton				0 ton				0 ton			
Concentrate N				4,9 kg/ton				0 ton				0 ton				0 ton			
Concentrate P				0,786 kg/ton				0 ton				0 ton				0 ton			
<b>Ruistmest</b>				0 ton				0 ton				0 ton				0 ton			
Concentrate N				0 kg/ton				0 ton				0 ton				0 ton			
Concentrate P				0 kg/ton				0 ton				0 ton				0 ton			
<b>Vover*</b>				0 ton				0 ton				0 ton				0 ton			
Concentrate N				0 kg/ton				0 ton				0 ton				0 ton			
Concentrate P				0 kg/ton				0 ton				0 ton				0 ton			
<b>Vindstroomingen:</b>				0 ton				0 ton				0 ton				0 ton			
stamschikonen				30 kg N/ha				0 ton				0 ton				0 ton			
erwinstromen				50 kg N/ha				0 ton				0 ton				0 ton			
verdringen				40 kg N/ha				0 ton				0 ton				0 ton			
luzerne				160 kg N/ha				0 ton				0 ton				0 ton			
<b>Landbouw eal met:</b>				0 ton				0 ton				0 ton				0 ton			
stamschikonen				0 ha				0 ton				0 ton				0 ton			
erwinstromen				0 ha				0 ton				0 ton				0 ton			
verdringen				0 ha				0 ton				0 ton				0 ton			
luzerne				0 ha				0 ton				0 ton				0 ton			
<b>Compostingskarakteristiek:</b>				188 ton				0 ton				0 ton				0 ton			
N				100 %				0 ton				0 ton				0 ton			
P				50 %				0 ton				0 ton				0 ton			
Droge stof verlies				10 %				0 ton				0 ton				0 ton			
Waterverlies				40 %				0 ton				0 ton				0 ton			
Water in compost				322 ton				0 ton				0 ton				0 ton			
O.S. in compost				188 ton				0 ton				0 ton				0 ton			
<b>Compostingskarakteristiek:</b>				188 ton				0 ton				0 ton				0 ton			
N				100 %				0 ton				0 ton				0 ton			
P				50 %				0 ton				0 ton				0 ton			
Droge stof verlies				10 %				0 ton				0 ton				0 ton			
Waterverlies				40 %				0 ton				0 ton				0 ton			
Water in compost				322 ton				0 ton				0 ton				0 ton			
O.S. in compost				188 ton				0 ton				0 ton				0 ton			
<b>Van composteer</b>				538 ton				0 ton				0 ton				0 ton			
Concentrate N				3,32 kg/ton				0 ton				0 ton				0 ton			
Concentrate P				1,82 kg/ton				0 ton				0 ton				0 ton			
<b>Overige aanvoer</b>				0 ton				0 ton				0 ton				0 ton			
Concentrate N				0 kg/ton				0 ton				0 ton				0 ton			
Concentrate P				0 kg/ton				0 ton				0 ton				0 ton			
<b>Overcorrectie</b>				0 ton				0 ton				0 ton				0 ton			
Concentrate N				0 kg/ton				0 ton				0 ton				0 ton			
Concentrate P				0 kg/ton				0 ton				0 ton				0 ton			
<b>Totaal aanvoer</b>				14701,4				3107,77				15755,3108				3108			
Concentrate N				14701,4				3107,77				15755,3108				3108			
Concentrate P				1575,53108				310,777				1606,308777				310,777			
<b>Totaal aanvoer</b>				14701,4				3107,77				15755,3108				3108			
Concentrate N				14701,4				3107,77				15755,3108				3108			
Concentrate P				1575,53108				310,777				1606,308777				310,777			
<b>Verliesnorm</b>				0				0				0				0			
Concentrate N				0 kg/ton				0 ton				0 ton				0 ton			
Concentrate P				0 kg/ton				0 ton				0 ton				0 ton			
<b>Behaikbaar voor MINAS</b>				-1053				0				0				0			
Concentrate N				-1053 kg/ton				0 ton				0 ton				0 ton			
Concentrate P				0 kg/ton				0 ton				0 ton				0 ton			
<b>Totaal heffing:</b>				euro				-2,422				0				0			
Concentrate N				euro				-2,422				0				0			
Concentrate P				euro				0				0				0			
<b>Totaal heffing:</b>				euro				-2,422				0				0			
Concentrate N				euro				-2,422				0				0			
Concentrate P				euro				0				0				0			



## **10.3 Bijlage III: Model vizelpers**

SCHEIDING KOEIENMEST MET VIJZELPERS

Legenda: Invullen

Hoeveelheid mest die verwerkt wordt:

100% totale mestproductie

Component	Influent vijzelpers		Effluent vijzelpers					Afzet op eigen land (=som dunne fractie en ongescheiden drijfmest) (kg/jaar)	Af te voeren als dikke fractie (kg/jaar)	Totaal (=mestproductie) (kg/jaar)	
			Dik		Rendement scheiding (% v. totaal)	Dun					Rendement scheiding (% v. totaal)
	Debiet (ton/dag): Concentratie (g/kg)	Vracht (kg/dag)	Debiet (ton/dag): Concentratie (g/kg)	Vracht (kg/dag)		Debiet (ton/dag): Concentratie (g/kg)	Vracht (kg/dag)				
	7.22		1.08			6.14					
Ntotaal-N	4.9	35.38	9.10	9.85	27.9	4.16	25.52	72.1	8672	3597	12269
NH4+-N	2.6	18.77	2.07	2.24	12.0	2.69	16.53	88.0	5691	819	6510
NO3--N	0	0.00	0.00	0.00	#DIV/0!	0.00	0.00	#DIV/0!	0	0	0
N-org	2.3	16.61	7.03	7.61	45.8	1.47	8.99	54.2	2981	2778	5759
Ptotaal-P	0.78	5.63	2.38	2.58	45.8	0.50	3.05	54.2	1011	942	1953
Ktotaal-K	5.64	40.72	4.49	4.87	12.0	5.84	35.85	88.0	12346	1776	14122
DS	90	649.80	275	297.83	45.8	57.35	351.98	54.2	116645	108706	225351
as	24	173.28	73.33	79.42	45.8	15.29	93.86	54.2	31105	28988	60094
OS	66	476.52	201.67	218.41	45.8	42.06	258.12	54.2	85540	79718	165257
Water	910	6570.20	725	785.18	12.0	942.65	5785.03	88.0	1991960	286589	2278549

Aanname: Massa fractie dik (%): 15 Massa fractie dun (%): 85  
 N-org is Ntotaal minus NH<sub>4</sub><sup>+</sup> minus NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

**Berekening vijzelpers:**

Aanname: geen vervluchtiging NH<sub>3</sub> of water tijdens scheiden  
 Aanname: vracht K is recht evenredig met watervracht  
 Aanname: vracht P is recht evenredig met DS-vracht  
 Aanname: vracht NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en NO<sub>3</sub><sup>-</sup> is recht evenredig met watervracht  
 Aanname: vracht Norg is recht evenredig met DS-vracht  
 Aanname: vracht as is recht evenredig met vracht DS  
 Aanname: vracht OS is recht evenredig met vracht DS

## **10.4 Bijlage IV: Samenstelling model varkensbedrijf**



COMPOSTERINGSPROJECT A98-53058.01

Auteur: Dick Starmans  
 Datum: 5-nov-02

Gesloten bedrijf met	200	zeugen	Mestproductie	Totaal	N <sub>tot</sub> per jaar	N <sub>org</sub> per jaar	P per jaar	K per jaar	Droge stof	Org. stof
			m <sup>3</sup> /jaar per dier	m <sup>3</sup> /jaar	kg	kg	kg	kg	kg	kg
<i>Zeugen:</i>										
Zeugen met biggen	44	stuks	5.2	228.8	960.96	388.96	299.96	816.59	12584	8008
Zeugen zonder biggen	156	stuks	2	312	1310.4	530.4	409.03	1113.53	17160	16536
<i>Jonge varkens:</i>										
Biggen bij de zeug	440	stuks								
Gespeende biggen	526	stuks	0.5	263	1893.6	789	482.71	1571.69	23670	15780
Opfok zeugjes	40	stuks	0.5	20	144	60	36.71	119.52	1800	1200
<i>Volwassen varkens</i>										
Vleesvarkens	1400	stuks	1.2	1680	12096	5040	3083.47	10039.68	151200	100800
Mest totaal:			<b>2503.8</b>		16404.96	6808.36	4311.88	13661.00	206414	142324
Gehalte (kg/ton mest):					6.55	2.72	1.72	5.46	82	57

2504 ton/jaar = 6,8 ton/dag

Deze cijfers zijn inclusief schoonmaak van de hokken.

Bron Handboek varkenshouderij  
 1993  
 ISBN 90-800999-3-7

## **10.5 Bijlage V: MINAS voor model varkensbedrijf**

Rekentabel Minas en Boom in de landbouw										
	kg N	kg P	kg N	kg P	kg N	kg P	kg N	kg P	kg N	kg P
	Aanrijke aanvoer		Aanrijke afvoer		Legnaks		Invalen		Berekend uit andere sheets	
<b>Mest</b>	2504	0	18405	4311,88	0	0	0	0	0	0
Concentrate N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Concentrate P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Kunstmest</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Concentrate N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Concentrate P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Vover</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Concentrate N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Concentrate P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Vindstroomingen</b>	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stanklozen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
erwensproktonen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
valdieren	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
luzerne	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Landbouweaal met:</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stanklozen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
erwensproktonen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
valdieren	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
luzerne	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Compostingskarakteristiek:</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Droge stof verlies	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Waterverlies	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O.S. in compost	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Landbouweaal met:</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stanklozen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
erwensproktonen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
valdieren	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
luzerne	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Compostingskarakteristiek:</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Droge stof verlies	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Waterverlies	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O.S. in compost	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Van composteer</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Concentrate N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Concentrate P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Overige aanvoer</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Concentrate N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Concentrate P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Totaal</b>	2504	0	18405	4311,88	0	0	0	0	0	0
Aanvoer in kg	18405	4311,88	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Totaal aan mineralen</b>	18405	4311,88	0	0	0	0	0	0	0	0
Verliesnorm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Belastbaar voor MINAS</b>	-5450	0	13060	0	0	0	0	0	0	0
Grasland	100	0	100	0	0	0	0	0	0	0
Bouw- en braakland	20	0	20	0	0	0	0	0	0	0
Natuurterrein	25	0	25	0	0	0	0	0	0	0
<b>Totaal heffing:</b>	euro -12,535	0	euro 12,535	0	0	0	0	0	0	0
<b>Totaal</b>	12060	1340	0	0	0	0	0	0	0	0

Reken tabel Minas en Boom in de landbouw		Legenda		Invoer		Berekening uit andere sheets		Tweede aan		Ton mest		Ton dunne fractie		Ton compost		Alerts voor NUTAlerts BOOIT	
Jaarlijkse aanvoer		kg N kg P		kg N kg P		kg N kg P		kg N/kg P/kg		kg P/kg N/kg		kg N/kg P/kg		kg N/kg P/kg		kg N/kg P/kg	
<b>Mest</b>	2504 ton Concentrate N Concentrate P	16405   4311   82	788 ton Concentrate N Concentrate P	11387   2983	5018   1319	0 ha Landbouwgrond waaronder Gresland	0 ha Landbouwgrond waaronder Gresland	170 170	50 50	0 0	1738 1738	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
<b>Kunstmest</b>	0 ton Concentrate N Concentrate P	0   0	1738 ton Concentrate N Concentrate P	11387   2983	5018   1319	0 ha Gresland	0 ha Gresland	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
<b>Voer*</b>	0 ton Concentrate N Concentrate P	0   0	0 ton Concentrate N Concentrate P	0   0	0   0	0 ha Landbouwgrond	0 ha Landbouwgrond	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
<b>Uitdroogresten</b>	30 kg N/kg 120 kg N/kg 180 kg N/kg	0   0   0	0 ton Concentrate N Concentrate P	0   0	0   0	0 ha Landbouwgrond	0 ha Landbouwgrond	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
<b>Landbouwersafmest</b>	0 ha stambalonen erwten/erbonen veestambalonen kzernne	0   0   0   0	0 ton Concentrate N Concentrate P	0   0	0   0	0 ha Landbouwgrond	0 ha Landbouwgrond	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
<b>Compostering karakteristiek:</b>	50% N-voedsel P-voedsel Waterzels D.S. in compost	0   0   0   0	0 ton Concentrate N Concentrate P	0   0	0   0	0 ha Landbouwgrond	0 ha Landbouwgrond	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
<b>Van composteer</b>	0 ton Concentrate N Concentrate P	0   0	0 ton Concentrate N Concentrate P	0   0	0   0	0 ha Landbouwgrond	0 ha Landbouwgrond	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
<b>Overige aanvoer</b>	0 ton Concentrate N Concentrate P	0   0	0 ton Concentrate N Concentrate P	0   0	0   0	0 ha Landbouwgrond	0 ha Landbouwgrond	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
<b>Totaal aanvoer</b>	kg	-5460   0	21855   4312	21855   4312	21855   4312	0 ha Landbouwgrond	0 ha Landbouwgrond	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
<b>Verliesnorm</b>	kg	-5460   0	21855   4312	21855   4312	21855   4312	0 ha Landbouwgrond	0 ha Landbouwgrond	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
<b>Belastbaar voor MINAS</b>	kg	-5460   0	21855   4312	21855   4312	21855   4312	0 ha Landbouwgrond	0 ha Landbouwgrond	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
<b>Totaal heffing</b>	kg	-5460   0	21855   4312	21855   4312	21855   4312	0 ha Landbouwgrond	0 ha Landbouwgrond	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
<b>Totaal</b>	kg	-5460   0	21855   4312	21855   4312	21855   4312	0 ha Landbouwgrond	0 ha Landbouwgrond	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0

Rekentabel Minas en Boom in de landbouw				Legenda:		Invullen		berekend uit andere sheets		Toeschaan				Ton mest				Ton dunne fractie				Ton compost				Alerts voor NGR Alerts ECOM											
Aanpak		kg N		kg P		kg N		kg P		kg N/ha		kg P/ha		N		P		N		P		N		P		N		P									
<b>Mest</b>				2504	0	18405	4311,88	0	0	6,55	1,72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
<b>Kunstmest</b>				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
<b>Vover</b>				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
<b>Vindstbloemzogen</b>				30	0	50	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
<b>Landbouweaal mest</b>				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
<b>Compostingskarakteristiek</b>				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
<b>Van composteer</b>				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<b>Overige aanvoer</b>				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<b>Totaal aanvoer</b>				2504	0	18405	4311,88	0	0	6,55	1,72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<b>Verliesnorm</b>				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<b>Belastbaar voor MINAS</b>				-5450	0	-18405	4311,88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<b>Totaal herffing</b>				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Totaal</b>				17460	0	17460	0	0	0	0	17460	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Rekentabel Minas en Boom in de landbouw				Legenda:		invalen		berekend uit andere inhekt		Ton mest		Ton dunne fractie		Ton compost		Alets voor NLP Alets BOOM	
Aanpakkele aarde:		kg N		kg P		kg N		kg P		kg P		kg P		kg P		kg P	
<b>Mest</b>		2500 ton	18605	4311	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Concentrate N		6,55	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Concentrate P		1,72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Kunstmest</b>		0 ton	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Concentrate N		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Concentrate P		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Vorm*</b>		0 ton	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Concentrate N		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Concentrate P		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Vindbaar in de bodem:</b>		30 kg N/ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stamslakken		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
erfvervalsakken		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
vervalsakken		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nuzerne		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Landbouwwee eel met:</b>		0 ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stamslakken		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
erfvervalsakken		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
vervalsakken		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nuzerne		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Compost en pekte akten:</b>		327 ton	188	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U.S. in compost		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P verlies		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Droge stof verlies		10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Water verlies		40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Waters in compost		327	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U.S. in compost		188	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Compost en pekte akten:</b>		0 ton	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Concentrate N		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Concentrate P		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Van composte:</b>		612 ton	2272	2158	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Concentrate N		4,44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Concentrate P		4,21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Overige aanvoer:</b>		0 ton	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Concentrate N		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Concentrate P		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Totaal aan rinteraken:</b>		18877	8468	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verliesnorm		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Beleefbaar voor MINAS:</b>		5450	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Herfing N		3,39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Herfing P		8,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uggestatele hefing		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Totale hefings:</b>		12,635	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
euro		42,635	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Totaal</b>		12660	1400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Rekentabel Minas en Boom in de landbouw				Legenda:				Invullen				berekend uit andere sheets			
Aanpakke aanpak:				kg N kg P				kg N kg P				kg N kg P			
<b>Mest</b>				2504				0 ha				Landbouwgrond			
Concentrate N				6.55 t/ha				170				waaraan			
Concentrate P				1.72 t/ha				170				rest			
<b>Kunstmest</b>				0 ton				0 ha				Grasland			
Concentrate N				0 t/ha				0				waaraan			
Concentrate P				0 t/ha				0				rest			
<b>Vover</b>				2504 ton				0 ha				Houtterrein			
Concentrate N				6.55 t/ha				170				waaraan			
Concentrate P				1.72 t/ha				170				rest			
<b>Vindsbloemige:</b>				2504 ton				0 ha				Scheidingskatersteek			
Concentrate N				6.55 t/ha				170				Uitgang dik d.s.			
Concentrate P				1.72 t/ha				170				N in dikke fractie			
Concentrate N				6.55 t/ha				170				P in dikke fractie			
Concentrate P				1.72 t/ha				170				50.0 %			
<b>Landbouwersaal mest:</b>				0 ha				0 ha				Dikke fractie			
stamsiliconen				30 t/ha				6.05 t/ha				Concentrate N			
erwtenproteïnen				50 t/ha				7.51 t/ha				Concentrate N			
vedluminoen				120 t/ha				2.27 t/ha				Concentrate P			
azerte				108 t/ha				2.27 t/ha				Concentrate P			
<b>Compostingskatersteek:</b>				188 ton				1752 ton				Mest			
U.S.				20 %				6.77 t/ha				Concentrate N			
P verlies				10 %				6.77 t/ha				Concentrate P			
Waterverlies				40 %				6.77 t/ha				Concentrate P			
Water in compost				327 ton				6.77 t/ha				Concentrate P			
U.S. in compost				188 ton				6.77 t/ha				Concentrate P			
<b>Van composteer:</b>				6.21 ton				2272				Compost op land			
Concentrate N				4.44 t/ha				4.21 t/ha				Concentrate N			
Concentrate P				4.21 t/ha				4.21 t/ha				Concentrate P			
<b>Overige aanvoer:</b>				0 ton				0 ton				Overig op land			
Concentrate N				0 t/ha				0 t/ha				Concentrate N			
Concentrate P				0 t/ha				0 t/ha				Concentrate P			
<b>Uitcorrectie:</b>				-5450				-5450				Uitcorrectie			
Aanvoer in kg				18877				24127				Aanvoer in kg			
Tevens aan mineralen				kg				-5450				Tevens aan mineralen			
Verliesnorm				0				0				Verliesnorm			
Belastbaar voor MINAS				-5450				-5450				Belastbaar voor MINAS			
Helling N				2.30 euro				100				Helling N			
Lijgestabilisatiediffring				8.93 euro				25				Lijgestabilisatiediffring			
Totale heffing:				euro -12.535				10				Totale heffing:			
Totale				15120				1699				Totale			
<b>Landbouwgrond:</b>				170 ha				170 ha				Landbouwgrond			
<b>Grasland:</b>				170 ha				170 ha				Grasland			
<b>Houtterrein:</b>				170 ha				170 ha				Houtterrein			
<b>Scheidingskatersteek:</b>				170 ha				170 ha				Scheidingskatersteek			
<b>Dikke fractie:</b>				6.77 t/ha				6.77 t/ha				Dikke fractie			
<b>Mest:</b>				6.55 t/ha				6.55 t/ha				Mest			
<b>Compost op land:</b>				6.77 t/ha				6.77 t/ha				Compost op land			
<b>Overig op land:</b>				6.77 t/ha				6.77 t/ha				Overig op land			
<b>Uitcorrectie:</b>				-5450				-5450				Uitcorrectie			
<b>Totale:</b>				15120				1699				Totale			
<b>Verliesnorm:</b>				0				0				Verliesnorm			
<b>Belastbaar voor MINAS:</b>				-5450				-5450				Belastbaar voor MINAS			
<b>Helling N:</b>				2.30 euro				100				Helling N			
<b>Lijgestabilisatiediffring:</b>				8.93 euro				25				Lijgestabilisatiediffring			
<b>Totale heffing:</b>				euro -12.535				10				Totale heffing:			
<b>Totale:</b>				15120				1699				Totale			