

# Biodiversiteit en bodembeheer in de landbouw



*C.J. Koopmans<sup>1</sup>*  
*F.W. Smeding<sup>1</sup>*  
*M. Rutgers<sup>2</sup>*  
*J. Bloem<sup>3</sup>*  
*N. van Eekeren<sup>1</sup>*

1. Louis Bolk Instituut (LBI), Driebergen
2. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven
3. WUR-Alterra, Wageningen

**Louis Bolk Instituut, RIVM, WUR-Alterra**

December 2006

© 2006 Driebergen, Louis Bolk Instituut B.V.

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

Louis Bolk Instituut is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

LBI rapport nr. LB14

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van het Ministerie van Volkhuysvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Directie Bodem, Water en Landelijk Gebied (BWL), in het kader van het project "Bodem, bedrijf en biodiversiteit (BBB)" (zaaknr: 5050.040.080).

Colofon

**Louis Bolk Instituut**

Adres: Hoofdstraat 24  
3972 MA Driebergen

Tel: 0343 523860

Fax: 0343 515611

E-mail: [info@louisbolk.nl](mailto:info@louisbolk.nl)

Internet: [www.louisbolk.nl](http://www.louisbolk.nl)



**INHOUD**

<b>VOORWOORD</b>			5
<b>Deel A</b>	<b>1</b>	<b>BELEIDSCONTEXT</b>	
	1.1	Aanleiding en doelstelling	7
	1.2	Beleidscontext	7
	1.3	BBB als schakel	8
	1.4	Maatregelen en terminologie	9
	1.5	Resultaat uit een trage bodem	9
	<b>2</b>	<b>MAATREGELLEN EN ECOLOGISCHE DIENSTEN VAN DE BODEM</b>	
	2.1	Mesttype veehouderij	11
	2.3	Mesttype akkerbouw	13
	2.4	Vruchtwisseling veehouderij	16
<b>Deel B</b>	<b>3</b>	<b>AANPAK</b>	
	3.1	Diensten	19
	3.2	Bodemgebruik en bodemtype	21
	3.3	Maatregeldomeinen	21
	3.4	Keuze van de maatregeldomeinen	22
	3.5	Parameter keuze	23
	3.6	Experimenten	24
	3.7	Model	25
	<b>4.</b>	<b>ACHTERGRONDEN BIJ DE MAATREGELLEN</b>	
	4.1	Mesttype in de veehouderij en de akkerbouw	27
	4.1.1	Eigenschappen	27
	4.1.2	Hypothese	28
	4.1.3	Resultaten	29
		Mesttype in de Nederlandse veehouderij	29
		Mesttype in de Nederlandse akkerbouw	32
	4.1.4	Effect op bodemdiensten	33
	4.1.5	Tijd en geld	34
	4.1.6	Conclusie	36
	4.2	Vruchtwisseling in de Veehouderij	37
	4.2.1	Eigenschappen	37
	4.2.2	Hypothese	39
	4.2.3	Resultaten	38
	4.2.4	Effect op bodemdiensten	41
	4.2.5	Tijd en geld	41
	4.2.6	Conclusie	41
	<b>5.</b>	<b>CONCLUSIES</b>	43
<b>LITERATUUR</b>			45
<b>BIJLAGEN</b>			
1a.		Algemene methode van de veldexperimenten 2004-2005	47
1b.		Overzicht van locaties met relevante experimenten	48
2.		Mest als Kans 2004: mesttype op bouwland	49
3.		Verhoeven 2004: mesttype op grasland	52
4.		Gent 2004: vruchtwisseling en bemestingsniveau op grasland	54
5.		Hengstven 2004: bekalking op grasland	57

6.	Aver Heino in 2005: verdichting voorkomen op grasland	59
7.	Robben 2005: bestrijdingsmiddelen op bouwland	61
8.	Gent 2005: mesttype en bemestingsniveau op bouwland	64
9.	Rusthoeve 2005: Mesttype op bouwland	67

## VOORWOORD

Voor een duurzame landbouw is maatwerk nodig op bedrijfsniveau. Het rapport "Biodiversiteit en bodembeheer in de landbouw" maakt op dit niveau zichtbaar hoe een duurzaam bodembeheer, inclusief de optimalisering van het mineralenmanagement, hand in hand kan gaan met het benutten van bodembiodiversiteit. De onderbouwing van dit perspectief is mogelijk gemaakt door metingen aan bodembiodiversiteit in 2004-2006 binnen het project Bodem, Bedrijf en Biodiversiteit (BBB) aangevuld met literatuurstudie.

In het project BBB zijn bedrijfsmaatregelen beoordeeld op hun effectiviteit met betrekking tot ecologische diensten (of functies) via de beïnvloeding van het bodemleven. Het doel is om handvatten aan te reiken ter introductie van duurzaam bodembeheer op bedrijfsniveau. Een grondige onderbouwing van de bedrijfsmaatregelen maakt hier onderdeel van uit. Het project BBB heeft daarbij de focus gelegd op de onderbouwing van drie maatregelen, vanwege de complexiteit en nieuwigheid van het onderwerp. De resultaten vormen een voorbeeld om in de toekomst, met voortschrijdend inzicht, ook andere bedrijfsmaatregelen te onderbouwen.

De ambitie van het project BBB is dat kennis over de relatie tussen bodembeheer en bodemleven invulling geeft aan specifieke richtlijnen. Deze richtlijnen dienen tevens als ondersteuning van het beleid met betrekking tot bepaalde combinaties van bodemtype en bodemgebruik.

De belangrijkste producten van het project BBB bestaan uit praktijkadviezen voor bodemgebruikers inclusief specificaties voor te nemen maatregelen, de effecten voor bodemdiensten, de tijdsdimensie en de verwachte rentabiliteit. Daarnaast geeft het rapport "Biodiversiteit en bodembeheer in de landbouw" suggesties voor eenvoudige indicatoren en aanbevelingen voor vervolgonderzoek.

De uitvoering van project BBB vond plaats in een samenwerkingsverband van het Louis Bolk Instituut (LBI), Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) en Wageningen UR - Alterra. Het Louis Bolk Instituut was de penvoerder van het project.

Het project BBB is uitgevoerd in nauwe samenhang met het (Z)LTO voorlichtingsproject Bodemkwaliteit, Omgeving en Bedrijfssystemen (BOB). Hierbij vond kennisverspreiding plaats vanuit BBB naar het voorlichtingsproject BOB. Intensieve uitwisseling van informatie en gegevens heeft plaatsgevonden met het meetnet Bodembioologische Indicator (BoBi) en met het project Referenties voor Biologische Bodemkwaliteit (RBB). Bij de uitvoering van de BBB proeven werd afgestemd en samengewerkt met de projecten Zorg voor Zand, Hengstven, Bijzondere Bemesting en Bodem & Bemesting op Proefboerderij Rusthoeve en Mest als Kans.

De metingen in experimenten binnen het project BBB kwamen tot stand met de steun van Universiteit Gent, Proefboerderij Rusthoeve, het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek (BLGG) en agrarische ondernemers die hielpen bij de aanleg en uitvoering van proeven: Jan Robben, Jan van Geffen en Gerrit Verhoeven.

Als contactpersonen bij de opdrachtgever VROM-BWL zijn opgetreden: Arthur Eijs, Gert Eshuis en Brenda Vervoorn.

Bij de uitvoering van het project waren betrokken: Chris Koopmans (LBI), Frans Smeding (LBI), Michiel Rutgers (RIVM), Jaap Bloem (WUR-Alterra), Nick van Eekeren (LBI), Ton Schouten (RIVM), Marleen Zanen (LBI) en An Vos (WUR-Alterra).



# 1 BELEIDSCONTEXT

## 1.1 Aanleiding en doelstelling

Het beleid vanuit het ministerie VROM is gericht op het stapsgewijs toewerken naar een gezonde bodem onder Nederland. Onderzoek naar de bijdrage van bodembiodiversiteit aan een gezonde bodem is nieuw en inherent traag van onderzoekshorizon, maar zeker ook uitdagend en veelbelovend voor een daadwerkelijk duurzame bodem.

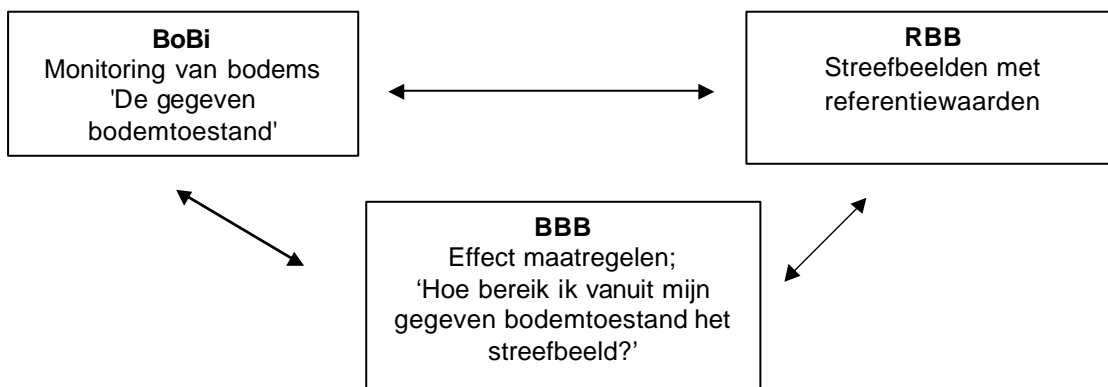
Binnen deze doelstelling zijn drie aansluitende vragen afgebakend voor het project Bodem, Bedrijf en Biodiversiteit (BBB):

- Wat zijn de effecten op de *bodem biodiversiteit* van 10 *topmaatregelen* in de veehouderij en akkerbouw op zandgrond?
- Hoe pakken vervolgens deze *topmaatregelen* (gericht op bodembiodiversiteit) uit op de vervulling van *ecologische diensten* voor de lokale bodemgebruiker?
- Wat zijn de specificaties voor de te nemen maatregelen, de tijdsdimensie waarin de effecten optreden en de verwachte rentabiliteit?

Verderop in het rapport staan de criteria voor de keuze van grondgebruik, de wijze waarop de (top)maatregelen zijn gekozen en de definities van bodembiodiversiteit en ecologische diensten. Ook is gekozen voor een focus op drie topmaatregelen: ‘mesttype’ in de veehouderij en akkerbouw en ‘vruchtwisseling’ in de veehouderij. Onderzoek aan de overige topmaatregelen beperkt zich tot het onderbouwen van de selectie en de samenhang met de met andere maatregelen binnen het totale instrumentarium op bedrijfsniveau. De drie uitgewerkte maatregelen dienen als voorbeeld om in mogelijk vervolgonderzoek, met voortschrijdend inzicht, ook andere maatregelen te onderbouwen.

## 1.2 Beleidscontext

Voor onderzoek ten behoeve van de transitie naar een duurzaam bodemgebruik in Nederland heeft VROM een raamwerk ontworpen waarin de projecten Bodembiologische Indicator (BoBi), Referenties voor Biologische Bodemkwaliteit (RBB) en Bodem, Bedrijf en Biodiversiteit (BBB) een driehoek vormen (figuur 1.1):



Figuur 1.1: Raamwerk van door ministerie VROM geïnitieerde onderzoeksprojecten ten behoeve van de transitie naar een duurzaam bodemgebruik.

- Met het BoBi-project (o.a. Schouten et al., 2001) wordt via een monitoring in het Landelijke Meetnet Bodemkwaliteit (LMB) inzicht verkregen in de toestand van de bodem voor wat betreft een groot aantal bodemchemische en bodembiologische parameters en de duurzaamheid van het bodemgebruik in Nederland. Het RIVM voert dit monitoringsprogramma uit in samenwerking met Alterra, WUR, BLGG en Louis Bolk Instituut;

- Het RBB-project (Rutgers et al., 2005) heeft een recept opgeleverd voor de afleiding van referentiewaarden van biologische bodemkwaliteit die een duurzame situatie indiceren. De duurzame situatie wordt beoordeeld aan de hand van de ecologische diensten van de bodem (zie §3.1 voor uitleg). Het opstellen van dit recept gebeurde in overleg tussen deskundigen, adviseurs, bodemgebruikers en vertegenwoordigers van het bevoegd gezag (VROM, LNV, IPO, VNG, DLG, Bodem+, SBB, Alterra, RIVM en anderen).

Het project RBB heeft op drie punten belangrijke inzichten opgeleverd:

- Er zijn ca. 50 biologische en chemische bodemparameters aangewezen die geschikt zijn voor de evaluatie van optimaal bodemgebruik op een bodemtype (gras op zand, akkerbouw op klei, etc.). Deze set parameters vormt een breed instrumentarium om duurzame bodemkwaliteit te meten op basis van de ecologische diensten van de bodem voor de bodemgebruiker;
- Referentie- cq. streefbeeld voor de praktijk, op basis van adviezen van deskundigen uit verschillende hoeken (ecologen, bodemkundigen en agrarisch adviseurs). Dit streefbeeld in het project RBB vorm gegeven door middel van de zogenaamde 'amoebe' die van een gegeven locatie de parameterscores laat zien ten opzichte van de referentiewaarden. De streefbeeld zullen in 2006-2007 gepreciseerd worden voor diverse bodemtypen en bodemgebruikvormen;
- Een ontwerp van een 'algoritme' waarmee uit de set de meest adequate parameters te selecteren waarmee de lokale bodemgebruiker inzicht kan krijgen in zijn bodemkwaliteit in vergelijking met het streefbeeld.

De projecten BoBi en RBB leveren dus de gegevens, de indicatoren en de maatlat waarlangs duurzame bodemkwaliteit afgemeten kan worden. Vanaf 2006 zullen de bodembioologische referenties, het algoritme en de praktijkmeetset worden uitgetest in drie RBB-pilots, namelijk in Zuid-Holland (Hoekse Waard), Drenthe en Noord-Brabant (Banisveld). Een belangrijk onderdeel van deze RBB-pilots is het overleg tussen bodemgebruikers, bevoegd gezag en deskundigen om de optimale configuratie voor de lokale situatie te bepalen.

Een belangrijke schakel in het raamwerk voor duurzaam bodemgebruik (figuur 1.1) is het inzicht in het effect van maatregelen en het praktisch bodembeheer op de duurzame bodemkwaliteit. De bestaande vuistregels voor duurzaam agrarisch bodembeheer zijn gebaseerd op doordachte ideeën en praktijkervaring. Maar de onderbouwing ontbreekt meestal of zij is onvoldoende gekoppeld aan uitspraken over de ecologische diensten die de bodembiodiversiteit verricht (bijvoorbeeld: Bodem+, 2006; Eekeren et al., 2003). Het BBB project heeft als doel om deze lacune op te heffen via gericht onderzoek.

### 1.3 BBB als schakel

Inzicht in het effect van maatregelen op de duurzame bodemkwaliteit via het agrarische bodembeheer is dus van belang voor praktijk en beleid. In het project BBB krijgen de streefbeeld van RBB een koppeling naar de landbouwpraktijk door middel van de onderbouwing van de vraag: 'Hoe bereik ik het streefbeeld?'. Centraal staan daarbij de concrete praktijkmaatregelen die ecologische diensten voor de productiefunctie van de bodem beïnvloeden: bodemvruchtbaarheid, bodemstructuur, en ziekten en plaagwering. Hiermee krijgt de boer naast inzicht in de duurzame bodemkwaliteit ook mogelijkheden om deze te verbeteren. BBB zal zich niet direct richten op de overige zeven ecologische 'basisdiensten' (Rutgers et al., 2005) die meer relevant zijn voor het milieubeleid, zoals de stofkringlopen en de klimaatfuncties van de bodem.

De afbakening tot ecologische diensten die de productiefunctie ondersteunen is ingegeven door de wens het vastgesteld budget optimaal in te zetten, de aankoppeling van BBB aan



het BOB-project, en de uitbreiding van mogelijkheden voor communicatie en verspreiding van het projectresultaat. Draagvlak in de praktijk voor maatregelen die de productiefunctie van de bodem verbeteren is relatief eenvoudig te verwerven.

De keuze van de topmaatregelen is gebaseerd op urgente problemen en actuele behoeften in de landbouwpraktijk (zie ook §3.4). Het betreft de maatregelen 'mesttype' in de veehouderij en akkerbouw en topmaatregel 'vruchtwisseling' in de veehouderij. De maatregelen zijn dus niet primair geselecteerd op grond van hun vermogen om ecologische diensten te bevorderen. Echter, aangenomen is dat het vermogen van de maatregelen om ecologische diensten via bodemleven te beïnvloeden, impliciet meespeelt in de prioriteitstelling door de landbouwpraktijk. De keuze voor de typen grondgebruik van veehouderij en akkerbouw op zand is ingegeven door het grote areaal en de urgentie van duurzaam bodemgebruik op deze bedrijven (zie ook §3.2).

Onderbouwing van het effect van maatregelen op de duurzame bodemkwaliteit is dus de primaire taak van project BBB. Hierop richten zijn de onderzoeksvragen in de eerste plaats gericht (§1.1). In aanvulling op het vaststellen van het effect is in BBB ook aandacht voor het onderbouwen van de maatregelen naar

- Locatiespecificiteit;
- Rentabiliteit (op de korte en lange termijn);
- Eenvoudige evalueerbaarheid voor de praktijk.

Het project BBB zal ook aangeven in hoeverre het effect van maatregelen op de duurzame bodemkwaliteit nog onzeker is (op basis van beschikbare onderzoeksgegevens en literatuur) en waar een positief effect onwaarschijnlijk is. Dit is belangrijk voor vervolgonderzoek.

#### 1.4 Maatregelen en terminologie

Het project BBB is gericht op concrete aanbevelingen voor praktijkmaatregelen die ecologische diensten in de bodem bevorderen. Een sleutelbegrip is de zogenaamde 'ecologische dienst' van de bodem. Dit is een intrinsieke eigenschap van het bodemecosysteem die van belang is voor het bodemgebruik, zoals bodemvruchtbaarheid en afbraak van organisch materiaal (Rutgers et al., 2005)

Kennis uit experimenten en literatuur heeft vaak een algemene strekking. Om deze kennis meer te 'trechteren' in de richting van concrete aanbevelingen is in BBB binnen het begrip 'maatregelen' onderscheid gemaakt in drie niveaus, namelijk:

- **Maatregeldomein**, bijvoorbeeld: "Mesttype"
- **Vuistregelmanagement**, bijvoorbeeld: "Gebruik daar waar mogelijk vaste mest"
- **Specifieke aanbevelingen**, bijvoorbeeld: "Voor het herstel van het bodemleven bij de herinzaai van grasland is jong organisch materiaal nodig. Bedrijfseigen vaste mest of compost zijn hiervoor de meest aangewezen hulpbronnen."

Het maatregeldomein geeft aandacht aan belangrijke stuurmogelijkheden voor de boer: in het geval van bijvoorbeeld "mesttype" voor de primaire beïnvloeding van de nutriëntenstroom en de keuze tussen vaste mest, drijfmest, compost of minerale mest. De vuistregels geven de indicaties voor de richting van de maatregel en motiveren tot een daadwerkelijk gebruik op brede schaal. De specifieke voorbeelden geven de fijnafstelling voor de koplopers en vernieuwers; hiermee kan concreet aan de slag worden gegaan, met inachtneming van de locatiespecifieke nuances. In de tekst over de vuistregels en specifieke voorbeelden spelen naast het streven naar de benutting ecologische diensten, ook technische, financiële of juridische motieven een rol.

Bij de start van BBB zijn 10 topmaatregelen benoemd voor akkerbouw en melkveehouderij. Een belangrijk deel van deze maatregelen gaat gepaard met de input in de bodem van plantaardig materiaal of dierlijke meststoffen. De maatregelen beïnvloeden de ecologische diensten 'nutriënten', 'structuur' en 'ziektewering' (zie Hoofdstuk 3, tabel 3.1). Een belangrijke a-priori afbakening (§1.1) in het project BBB is dat de maatregelen effect dienen te hebben op de ecologische diensten door middel van bodembiodiversiteit. Het project BBB onderbouwt de topmaatregelen (incl. maatregeldomein, vuistregels, specifieke voorbeelden) met behulp van intensieve bemonstering en aanvullend literatuuronderzoek. Daarnaast zijn metingen aan bodembiodiversiteit in lopende initiatieven geëvalueerd.

Naast de definitie maatregelen en niveaus erbinen, gebruikt dit rapport termen die geheel aansluiten bij BoBi project (Schouten et al., 2001), project RBB (Rutgers et al., 2005) en het TCB advies (TCB, 2003). De eenvormige terminologie komt de eenduidigheid en duidelijke positionering binnen het bodembeleid ten goede.

### **1.5 Resultaat uit een trage bodem**

Bodemprocessen hebben een eigen langzame dynamiek; sommige maatregelen hebben pas effect op lange termijn. Daarom is grip krijgen op goed onderbouwde maatregelen voor duurzaam bodemgebruik tijdrovend en inspannend. Op de lange termijn levert deze investering ook aan de ontwikkeling van duurzaam bodemgebruik een krachtige bijdrage. Bodemgebruikers kunnen hierdoor op trefzekere wijze maatregelen nemen die vervolgens ook weer lang kunnen doorwerken.

Vanwege het tijdrovende en kostenintensieve karakter is gekozen voor een tweeslag bij de metingen aan bodembiodiversiteit binnen project BBB. Ten eerste zijn er nieuwe proefvelden opgezet, bijvoorbeeld gericht op effecten van vermindering van berijding of achterwege laten van bestrijdingsmiddelen op bouwland (zie Bijlage 1b). Ten tweede is zoveel mogelijk aangesloten bij lopende proeven. Deze proeven zijn meestal niet vanuit een biodiversiteitsperspectief opgezet, maar lenen zich toch goed voor de monitoring van effecten van langdurig doorgezette maatregelen op de bodembiodiversiteit. Bijvoorbeeld de experimenten op het proefbedrijf Aver Heino met de toepassing van klaver in grasland of het proefveld 'Mest als Kans' te Lelystad dat opgezet is voor het monitoren van lange termijn effecten van verschillende meststoffen op de gewasontwikkeling. Bestaande infrastructuur wordt hierdoor optimaal benut. Naast de metingen in het veld omvat het onderzoek in het BBB project ook analyse en evaluatie van bestaande literatuur over het effect van landbouwkundige maatregelen op bodemleven en ecologische diensten.

## 2 MAATREGELEN EN ECOLOGISCHE DIENSTEN VAN DE BODEM

Hoofdstuk 2 bevat de onderbouwing van de maatregelen ‘mesttype’ in de veehouderij en akkerbouw en de maatregel ‘vruchtwisseling’ in de veehouderij. Van iedere maatregel wordt de actuele kennis over het effect op bodemleven en ecologische diensten beschreven inclusief een uitspraak over welke parameters sterk reageren. De kennis wordt vertaald in adviezen voor de praktijk op de niveaus van maatregeldomein, vuistregelmanagement en specifieke aanbevelingen. Ook wordt aandacht geschonken aan de termijn waarop effecten verwacht mogen worden en de kosten en baten van maatregel.

### 2.1 Mesttype veehouderij

#### *Maatregeldomein*

Het bevorderen van ecologische diensten van bodemleven door middel van mesttype is een urgente maatregel voor veehouderij op zandgrond. Het maatregeldomein mesttype op grasland betreft de invloed van verschillende typen organische meststoffen (vaste mest, compost, drijfmest) evenals minerale mest op de aantallen en samenstelling van het bodemleven.

#### *Effecten*

Organische en minerale meststoffen in grasland hebben een duidelijk verschillend effect op de bodembiodiversiteit wat betreft bacteriën, schimmels, nematoden en wormen. Verschillen tussen de typen organische mest zijn echter klein.

Organische mest geeft een hogere bacteriebiomassa en bacterieactiviteit in vergelijking tot minerale mest. Hierdoor is de N-mineralisatie tot 30% hoger met organische mest dan met minerale mest. Organische mest geeft ook meer nematoden in grasland dan minerale mest. Gebruik van verschillende organische mestsoorten op grasland geeft geen verschil in aantallen regenwormen. Wel stimuleert vaste mest het aantal regenwormen uit de groep pendelaars, die een belangrijke rol spelen voor de dienst ‘structuur’ onder grasland.

De effecten van mesttype in graslandbodem op bodemleven resulteren in de vervulling van ecologische diensten, namelijk:

- de dienst ‘nutriënten’ door middel van het effect van organische meststoffen op de activiteit van de microflora en de daarmee samenhangende voedselketens en ook op het organische stofgehalte;
- de dienst ‘structuur’ door het effect van organische meststoffen met een hoge C/N quotiënt zoals vaste mest en humest, op de activiteit van microflora en de dichtheid van pendelende regenwormen.

De verschillen tussen mesttypen bleken het beste meetbaar met behulp van stikstof-mineralisatie, nematodensamenstelling, regenwormen, structuurbepalingen en chemische kenmerken.

#### *Vuistregelmanagement*

Voor het aansturen van ecologische diensten door middel van mesttype is de belangrijkste sleutel dat de beschikbare organische mest maximaal en strategisch wordt ingezet en de hoeveelheid minerale mest wordt geminimaliseerd. Binnen de randvoorwaarden van de nieuwe mestwetgeving mogen veehouderijbedrijven maximaal 250 kg N-totaal uit organische mest per hectare per jaar uitrijden op grasland en 170 kg N-totaal uit organische mest op bouwland. De meeste bedrijven vullen dit momenteel maximaal in. De rest wordt aangevuld met minerale mest.

Organische mesttypen waar veehouders uit kunnen kiezen zijn vooral bedrijfseigen mest in de vorm van drijfmest, een klein gedeelte vaste mest en in de toekomst mogelijk ook compost (in het bijzonder de op vaste mest gelijkende 'humest': bermmaaisel gecomposteerd met eigen drijfmest). Gezien de beperkte beschikbaarheid op de korte termijn van vaste mest of humest is het belangrijk om de beschikbare hoeveelheid strategisch in te zetten. In geval van de (continu)teelt snijmaïs kan vaste mest/humest het meest optimaal ingezet worden in combinatie met het instellen van vruchtwisseling; vooral op het moment van herinzaai van grasland na een bouwlandfase. In deze 1-3 jarige fase heeft het bodemleven namelijk een klap gehad. Door deze strategische inzet van vaste mest/humest slaat de graszode beter aan en komt de cyclus bodemleven → bodem → gewas op gang (Eekeren et al., 2003). Hierdoor gaat het grasland langer mee gaat en hoeft er minder frequent te worden ingezaaid. Uitstel van herinzaai betekent naast ontlasting van het bodemleven en opbouw van organische stof, ook een besparing van kosten. Dit resulteert in een lager noodzakelijk bemestingsniveau met aanvullende minerale mest etc. Bevordering van de dienst van bodemvruchtbaarheid door middel van het bodemleven wordt hierdoor tastbaar.

Wat betreft de dienst 'nutriënten' zit de meeste winst in het vergroten van het aandeel organische bemesting ten koste van het gebruik van minerale mest. Onder de nieuwe mestwetgeving is het daarom belangrijk de ruimte voor organische bemesting op grasland maximaal te benutten. Door middel van het bodemleven wordt het stikstofleverende vermogen van de grond optimaal gebruikt en zodoende kan de hoeveelheid minerale mest verminderd worden.

### *Termijn*

In gunstige gevallen geeft verandering van mesttype al na 3 jaar een meetbaar verschil in de stikstofmineralisatie. Het bodemleven en haar dienstenverlening in de richting van bodemvruchtbaarheid zijn dus op vrij korte termijn te beïnvloeden. Echter, om effecten op de organische stofhuishouding en samenstelling van bodemleven te meten is een termijn van 5 jaar minimaal nodig. Voor de stabilisatie van een nieuw gunstig evenwicht qua organische stof, bodemleven en ecologische diensten is, zoals blijkt uit lange termijnproeven, waarschijnlijk ongeveer 20 jaar nodig.

### *Specifieke aanbevelingen*

Praktische toepassingen betreffende mesttype die ecologische diensten bevorderen zijn:

- *Inzet van organische meststoffen in plaats van minerale meststoffen*  
De ruimte voor de hoeveelheid organische mest moet, binnen de nieuwe mestwetgeving, maximaal worden benut. De bemestingsnormen werken momenteel in het nadeel van deze aanbeveling. Want aan de hand van de bemestingsnormen voor een gewas mogen minerale meststoffen worden ingezet. Deze normen zijn voornamelijk hoog en leiden daardoor op korte termijn waarschijnlijk tot een toename van het gebruik van minerale meststoffen in de veehouderij. In de nabije toekomst zullen deze bemestingsnormen verder worden aangescherpt. Naar verwachting zal deze aanscherping deze aanbeveling gaan ondersteunen.
- *Reduceren van het gebruik van minerale meststoffen*  
Naast een maximale inzet van organische meststoffen (vorige aanbeveling) moet ook de inzet van meststof verder worden gereduceerd. Ook de (topmaatregel) 'inzet van klaver' in grasland is van belang naast bevordering het bodemleven en haar bijdrage aan het stikstofleverende vermogen van de grond, scherpere bemestingsadviezen en het gebruik van ammoniumhoudende minerale meststof. Een mengsel van gras met witte klaver is optimaal bij een gemengd perceelsgebruik van maaien en beweiden.

- *Strategische inzet van vaste mest of humest bij de herinzaai van grasland.*  
Voor het herstel van het bodemleven (bodemvruchtbaarheid en structuur) bij de herinzaai, is jong organisch materiaal nodig. Bedrijfseigen vaste mest of humest is de aangewezen hulpbron. Ook jonge compost is bruikbaar. De huidige mestwetgeving biedt extra ruimte voor de toepassing van compost via de zogenaamde 'fosfaatvrije voet'. Bij de berekening van de fosfaathoeveelheid in compost mag namelijk 50% van het fosfaat buiten beschouwing blijven.

### *Kosten*

Het aanwenden van organische mest op het eigen bedrijf betekent een besparing op afzetkosten die anno 2006 ongeveer € 10,- per ton drijfmest bedragen. Naar verwachting zal dit bedrag in 2007 verder stijgen. Bij overschakeling van bemesting met minerale mest naar drijfmest is globaal een opbrengstderving te verwachten van 5-15% (van Eekeren et al., 2005). Bij 5% derving weegt de reductie van opbrengst (5% van 10 ton droge stof per ha \* € 0,09 per kg ds) op tegen de besparing van minerale mest (125 kg N uit KAS \* € 0,87 per kg N) (KWIN-V, 2005). Maar bij 15% derving is dit niet zo.

Door inzet van klaver in maaipercelen met een mengsel van gras met rode en witte klaver kan derving achterwege blijven. Hierbij is er een jaarlijkse besparing mogelijk op de kosten van minerale mest (125 kg N uit KAS \* € 0,87 per kg N). Echter, omdat een gras met rode en witte klaver maar 3 tot 4 jaar stand houdt zijn de frequentie van graslandvernieuwing en daarmee de verstoring van bodemleven groter en inzaaikosten hoger. Kosten van herinzaai bedragen € 355-445 per hectare (KWIN-V, 2005). Dit is dus vooral interessant voor percelen die in een vruchtwisseling liggen met voeder- of akkerbouwgewassen.

Voor de strategische inzet van vaste mest hoeven geen extra kosten gemaakt te worden indien de vaste mest aanwezig is. Beperkingen voor het maken van humest zijn vooral de vergunningsverstrekking voor het composteren van bermmaaisel en drijfmest tot humest in de open lucht.

Over de financiële baten van de ecologische diensten op gebied van bodemvruchtbaarheid (bijv. stikstofleverend vermogen), bodemstructuur (bijv. bewortelbaarheid, vroege berijdbaarheid) en ziektenwering (bijv. klaverziekten) zijn geen cijfers beschikbaar. Belangrijke financiële voordelen betreffen ook het verlengen van de levensduur van de zode en de besparing op de kosten van minerale mest.

## **2.2 Mesttype akkerbouw**

### *Maatregeldomein*

Het bevorderen van ecologische diensten van bodemleven door middel van mesttype is belangrijk voor duurzame akkerbouw op zandgrond. Daarom is voor het maatregeldomein mesttype de invloed bepaald van verschillende typen organische meststoffen en minerale mest op de diversiteit en de samenstelling van het bodemleven (bacteriën, schimmels, nematoden en regenwormen). De vraag is of de samenstelling van de mest de bodembiodiversiteit beïnvloedt als middel tot vervulling van bodemdiensten.

### *Effecten*

De effecten op bodemleven van minerale versus organische mest verschillen sterk. In vergelijking met minerale mest leidt organische mest tot een toename van 30 tot 50% in hoeveelheden micro-organismen en N mineralisatie. Onderlinge verschillen tussen organische mesten (drijfmest, vaste mest en compost) zijn klein. Het mesttype vertoont de sterkste effecten op de stikstofmineralisatie in de bodem en de samenstelling van bepaalde nematoden groepen. De CO<sub>2</sub>-respiratie reageert sterk op wijzigingen in het mesttype. Deze respiratie is gerelateerd is aan de omzetting van organische stof en indiceert daardoor de

algemene activiteit van het bodemleven. In sommige gevallen kunnen na enkele jaren als gevolg van verschillende mesttypen ook verschillen in de bodemstructuur worden aangetoond. Het blijkt dat de structuurkenmerken van de bodem verbeteren bij de inzet van compost en vaste mest. Het effect van drijfmest op de structuur is wisselend. Opvallend is dat de bacteriële- en schimmel biomassa niet significant reageren en daarmee als indicator voor de bodembiodiversiteit minder geschikt lijken te zijn.

Compost en vaste mest hebben via beïnvloeding van het bodemleven een positief effect op de ecologische dienst van bodemvruchtbaarheid. Het aspect van nutriëntenlevering (N mineralisatie) wordt naast vaste mest ook door drijfmest bevordert. Het mesttype kan behalve op de nutriëntenfunctie ook het effect hebben op de functie van ziektevering door de inzet van compost (in vergelijking met minerale mest). Indicatoren voor de vervulling van deze dienst door het bodemleven zijn de N mineralisatie en de nematoden samenstelling.

In grote lijn kan gesteld worden dat vaste mest en drijfmest het sterkst werken op de dienst 'nutriënten' en vaste mest en compost het sterkst op de dienst van 'structuur'. De dienst 'ziektevering' kan bevordert worden via het bodemleven door een evenwichtige nematodencompositie als gevolg van vaste mest of drijfmest. Vooral voor de grotere organismen (wormen, predatore nematoden) speelt ook de tijdsdimensie mee: het voedselaanbod is gunstiger bij vaste mest en compost dan bij drijfmest omdat de voedingsstoffen van deze meststoffen geleidelijker vrijkomen.

Parameters die in experimenten effecten van mesttypen vertonen zijn vooral: stikstofmineralisatie, nematoden samenstelling, regenwormen, structuurbepalingen en bodemchemische kenmerken.

#### *Vuistregelmanagement*

De sleutel voor het bevorderen van bodemleven en gewenste ecologische diensten is de organische stofvoorziening met de inzet van organische meststoffen. Daarbij is meestal de inzet van vaste meststoffen en compost gunstiger dan de inzet van dunne meststoffen. Dunne meststoffen zijn op hun beurt weer gunstiger voor de bodemlevensamenstelling dan minerale meststoffen.

Belangrijk is de kwaliteit van de organische meststof, bijvoorbeeld haar C/N verhouding. Rundveemest, zowel in vaste als in dunne vorm bevat meer stabiele organische stof (d.w.z. een hogere C/N verhouding) dan dunne varkens- of kippenmest. In de praktijk is het belangrijk om te letten op het gehalte effectieve organische stof in de mestsoorten. Dit bestanddeel is essentieel voor de bodemlevenfuncties van nutriënten en structuur.

#### *Termijn*

In de praktijk geldt een periode van 5 jaar als richtlijn voor het bewerkstelligen van effect op bodemleven door veranderd mestgebruik. Echter, in BBB proeven bleek dat ook al na 3 jaar effect optreden op de mineralisatie in de bodem.

#### *Specifieke aanbevelingen*

Bevorderen van bodemleven en ecologische diensten door middel van een groter aandeel organische meststoffen moet passen binnen de huidige wetgeving en met inachtneming van de duurzaamheid qua mineralenbeleid. De volgende aanbevelingen zijn van belang:

- *Het opstellen van bemestingsplannen die naast de wettelijke kaders rekening houden met de organische stofvoorziening en stimulering van bodemleven.*  
Aspecten die hierbij van belang zijn en die via mesttype ecologische diensten bevorderen:
  - Keuze van de meststof: naast plantenvoeding is bodemverzorging vanuit de bovenomgeschreven kennis de basis;

- Hoeveelheid: gewasbehoefte is in principe uitgangspunt;
- Tijdstip: minimale verstoring van de bodem (gelaagdheid) en daardoor het bodemleven is het uitgangspunt en tevens de minimalisatie van verliezen;
- Plaats: verspreiding breedwerpig of in de rij met oog op lokalisatie van korte termijn effecten op bodemleven;
- Methode: techniek en afstelling van apparatuur met oog op verstoring bodemleven en minimalisatie van verliezen.

Voor de keuze van mesttype en toepassingstechniek spelen vanzelfsprekend meerdere motieven naast bevorderen bodemleven en ecologische diensten.

➤ *Verschuiving van de inzet van minerale meststoffen naar inzet van organische meststoffen*

In de praktijk wordt de bemesting meestal afgestemd op de gewasbehoefte zonder rekening te houden met het bodemleven. Door een evenwichtige afstemming van meer plantenvoedende en bodemvormende meststoffen kan zowel het gewas als het bodemleven (en via ecologische dienst indirect opnieuw het gewas) ervan profiteren. Op dit moment beperkt de mestwetgeving het gebruik van organische meststoffen, via de regels ter beperking van de aanvoer van vooral fosfaat.

➤ *Gebruik maken van de mogelijkheden die de mestwetgeving biedt voor de inzet van compost*

Binnen de huidige mestwetgeving is ruimte voor toepassing van extra compost door de zogenaamde fosfaatvrije voet. Bij de berekening van de fosfaathoeveelheid in compost hoeft men 50% van de hoeveelheid fosfaat niet mee te tellen.

➤ *Dunne varkensmest vervangen door rundveedrijfmest*

Aangezien rundveedrijfmest meer organische stof en minder stikstof bevat dan dunne varkensmest werkt rundveedrijfmest wat gunstiger voor het bodemleven. De beschikbaarheid van rundveedrijfmest kan in de praktijk wel een probleem zijn.

➤ *Verschuiving van de organische bemesting naar de meest behoeftige gewassen*

Op sommige bedrijven wordt organische mest toegediend aan gewassen die niet zo behoeftig zijn. Toediening van organische mest aan de meest behoeftige gewassen betekent een besparing op de aanvoer van minerale mest. De organische mest moet uiteraard wel bedrijfstechnisch inpasbaar zijn vanuit het oogpunt van stikstofbehoefte en zaai-, plant of poottijdstip.

➤ *Toepassing van stikstof bijbemesting*

Door stikstof niet in één keer maar in meerdere porties aan het gewas te geven kan door middel van bijbemesting de aanvoer van minerale meststoffen verder worden beperkt. Als basisbemesting kan een organische mest dienen.

➤ *Geen minerale bemesting aan weinig behoeftige gewassen*

Door de inzet van minerale meststoffen aan weinig behoeftige gewassen te beperken kan een verschuiving naar een groter aandeel organische meststoffen in het bouwplan worden gerealiseerd.

➤ *Plaatsing van minerale meststoffen*

Door meststoffen dicht bij plantenwortels te plaatsen kan met minder minerale meststof eenzelfde opbrengst worden gehaald. Deze plaatsing is mogelijk via rijenbemesting maar ook door meststoffen ondiep toe te dienen. Hierdoor wordt een groter deel van de bodem relatief ongestoord gelaten.

### *Kosten*

De uiteindelijke keuze door de akkerbouwer en dus de rentabiliteit van de inzet van organische meststoffen wordt bepaald door: de gewasbehoefte, de wettelijke regels, de prijs en beschikbaarheid van de meststof, het tijdstip van uitrijden en de effecten op de bodem. De kosten van meststoffen en van het machinaal uitbrengen ervan zijn voor agrariërs betrekkelijk laag. Het rendement is zeer afhankelijk van bedrijfstype en locatie. In het geval van vaste mest en compost vormt de prijs van de meststof vaak wel een financiële drempel: goede vaste mest is duur en kost anno 2006 maximaal €10/ton. GFT compost is beschikbaar voor €2- €3 /ton maar voor kwalitatief goede (natuur)compost is een prijs van €10/ton niet ongebruikelijk. In de Nederlandse akker -en tuinbouw is veel meer dunne mest beschikbaar dan vaste mest. In het geval van dunne mest zal de transportafstand in de meeste gevallen de prijs ervan bepalen. Voor varkensmest betalen veehouders in overschotgebieden in West-Brabant, Gelderland en Overijssel 14 tot 16 euro per kuub toe. Voor rundveedrijfmest wordt tussen de 7 en 15 euro per kuub toe betaald. Deze financiële toeslag is aantrekkelijk voor akkerbouwers en kan bevordering van ecologische diensten doorkruisen.

Het rendement van organische meststofinzet in de praktijk zal dan ook moeten komen uit de tastbare positieve bijdrage aan de ecologische diensten van nutriënten, structuur en ziektenwering. Over de financiële waarde van deze effecten op ecologische diensten zijn geen cijfers beschikbaar. De lange termijn effecten op het rendement zijn onbekend. Voordelen die zich in principe lenen voor kwantificering, zijn nog niet in kaart gebracht, bijvoorbeeld: opbrengsten, verminderde inzet van bestrijdingsmiddelen, besparingen op kosten voor grondbewerking en rooien (Thijssen et al., 2006).

#### **Rekenvoorbeeld compostgift**

Uitgaand van een compostgift van 17 ton/ha (maximum toegestane dosering binnen BOOM besluit) kost dit een akkerbouwer in Flevoland ca  $17 \times €4,65 = €79,05/\text{ha}$ . Door een verbeterde organische stofvoorziening mag een extra opbrengst worden verwacht van 2 tot 3%. Dit betekent voor de teler een meeropbrengst €40- €90 in het eerste jaar. De meerwaarde en het rendement op langere termijn zijn echter onbekend.

## **2.3 Vruchtwisseling veehouderij**

### *Maatregeldomein*

Het bevorderen van ecologische diensten van bodemleven door middel van vruchtwisseling in veehouderij op zandgrond is vooral actueel in de vorm van grasland met een tussenteelt van snijmaïs. De praktijk zoekt naar een optimale tussenvorm van blijvend grasland en continueelt bouwland vanwege de nadelige effecten van de continueelt op ecologische diensten door het bodemleven.

### *Effecten*

Onder blijvend grasland is het bodemvoedselweb goed ontwikkeld (bacteriën, nematoden en wormen) waardoor er een basis is voor ecologische diensten van 'nutriënten', 'structuur' en 'ziektewering'. Gras leidt tot een verhoogde hoeveelheid mineralisatie en dichtheid aan micro-organismen, vooral schimmels. De schimmelbiomassa neemt sterk toe in de volgorde: blijvend bouwland, tijdelijke bouwland, tijdelijk grasland, blijvend grasland.

Het aantal nematoden is het hoogste onder oud grasland, waarbij plantenetende nematoden sterk domineren. Oud bouwland heeft de helft van het aantal nematoden van oud grasland en daar domineren de bacterie-etende nematoden.

Scheuren van grasland leidt tot geleidelijke achteruitgang van organische stof, micro-organismen en mineralisatie, en tot een snelle achteruitgang van regenwormen en sommige soortengroepen van nematoden. Omgekeerd kan bouwland door het inzaaien van gras



betrekkelijk snel worden verbeterd. Bij vruchtwisseling is de mineralisatie in de bodem duidelijk hoger dan bij een blijvende akker, maar weer lager dan bij een blijvend grasland. Op melkveebedrijven die naast grasland ook maïs telen, is vruchtwisseling een basismaatregel om de bodembiodiversiteit op peil te houden. Met dit systeem kunnen deze biodiversiteit en de opbouw van organische stof zich herstellen tijdens de graslandfase. Hierdoor worden de ecologische diensten van 'structuur' en 'nutriënten' bevorderd.

Parameters die in vruchtwisselingsexperimenten meetbare verschillen vertonen zijn vooral de hoeveelheid schimmels, stikstofmineralisatie, nematoden samenstelling, regenwormen, structuurbepalingen en organische stof.

#### *Vuistregelmanagement*

De vuistregel is dat continueelt snijmaïs voorkomen moet worden en er dus zoveel mogelijk een vruchtwisseling moet plaatsvinden. Binnen deze vruchtwisseling is belangrijk om de graslandperiode zoveel mogelijk te verlengen en de bouwlandfase te verkorten. In de praktijk betekent dit: 4 jaar grasland gevolgd door 2 jaar bouwland of 6 jaar grasland gevolgd door 3 jaar bouwland. De belangrijkste randvoorwaarde is hierbij het overheidsbeleid betreffende de derogatie en de eis van maximaal 30% bouwland op een veehouderijbedrijf. Bij minder maïsland kan de periode van grasland nog verder verlengd worden. Met oog op versterking en herstel van bodemleven lijkt 3 jaar de maximale duur van de bouwlandfase.

#### *Termijn*

Door het inzaaien van gras op bouwland kunnen het bodemleven en de mineralisatie al op een termijn van 5 jaar sterk worden bevorderd. Maar na 3 jaar kan al sprake zijn van een meetbare verdubbeling van de hoeveelheid schimmels en N mineralisatie. Het inzaaien van gras heeft sneller effect op het herstel van het bodemleven na een bouwlandfase dan organische mest (maatregel mesttype).

#### *Specifieke aanbevelingen*

Inzet van vruchtwisseling voor het bevorderen van bodemleven en ecologische diensten kan concreet gestalte krijgen door toepassing van de volgende aanbevelingen:

- *Basismaatregel vruchtwisseling*  
Op een bedrijf met bouwland (voedergewassen) en grasland moeten gewassen in rotatie worden geteeld.
- *Minimaliseren oppervlakte bouwland*  
De oppervlakte bouwland moet worden geminimaliseerd om de frequentie van scheuren van grasland te beperken (m.a.w. de levensduur van de zode te verlengen) en ook de tijdsduur van de bouwlandfase in de rotatie te beperken moet. De verbouw van krachtvoer kan worden verminderd door onder andere door te sleutelen aan het rantsoen van het vee wat betreft de hoeveelheid en kwaliteit van graskuil.
- *Bouwlandfase combineren met organische bemesting en de teelt van groenbemesters*  
Organische mest en groenbemesters compenseren gedeeltelijk de versterking van het bodemleven en de afname van het organische stofgehalte tijdens de bouwlandfase (Voorbeelden van dit effect zijn de vruchtwisselingproef in Gent (bijlage 4) en een proef met drijfmestbemesting bij 15 jaar continueelt snijmaïs op Aver Heino)
- *Graslandfase combineren met het gebruik van klaver*  
Klaver in grasland stimuleert in het bijzonder het aantal regenwormen en is daardoor positief voor de ecologische dienst van structuur 'structuur'. Dit is extra belangrijk in de herstelfase na bouwland. Ook zorgt klaver voor een input van organisch gebonden

N die stimulerend werkt op de activiteit van andere bodemlevengroepen (vooral bacteriën) in de richting van ecologische diensten van nutriënten.

### *Kosten*

De keuze door veehouders tussen continueelt snijmaïs versus vruchtwisseling wordt momenteel vooral bepaald door de verkaveling en de kosten die daarmee samenhangen. Telers kiezen voor continueelt snijmaïs op percelen op afstand want dit geeft een besparing op tijd en transportkosten. Snijmaïs hoeft immers maar één keer geoogst worden terwijl gras 4-6 keer geoogst wordt. In het vroegere subsidiestelsel van de EU werd continueelt maïs gestimuleerd door de Mac Sharry regeling, maar deze regeling is vervallen. In geval van een kleine huiskavel is het moeilijk om weidegang te combineren met maïsteelt. Als een teler gaat vruchtwisselen dan betekent dit meer kosten. Het grasland wordt immers frequenter wordt gescheurd zodat de inzaaikosten berekend over het eigen graslandareaal toenemen met €355-445 per hectare (KWIN-V, 2005).

Een systeem van vruchtwisseling van 2 jaar snijmaïs met de teelt van 4 jaar gras met rode en witte klaver kan een antwoord geven op de kosten van vruchtwisseling. Dit systeem beantwoordt ook aan de toekomstige aanscherping van bemestingsnormen en de reductie van het gebruik van minerale meststoffen. Bij gelijkblijvend productieniveau levert deze manier van vruchtwisseling een besparing op van 150 kg N in de 2 jaar voedergewasfase en 500 kg N in de graslandfase. Over 6 jaar betekent dit in totaal een besparing van €565,50 per hectare (namelijk: 650 kg N uit KAS \* €0,87 per kg N uit minerale mest). De inzaaikosten van €355-455 per hectare vallen hier tegen weg. De baten van vruchtwisseling wat betreft de ecologische diensten qua stikstofleverend vermogen, structuur en eventuele ziektenwering komen er bij. Over deze baten zijn geen kwantitatieve gegevens beschikbaar.

De kosten en motieven voor vruchtwisseling zijn vaak bedrijfsspecifiek en maken dat vruchtwisseling niet voor alle bedrijven voor de hand ligt. Maar vruchtwisselen kan zeker financieel voordelig zijn vanwege zowel teelttechnische aspecten als ecologische diensten door het bodemleven.

### 3 AANPAK

Hoofdstuk 3 is een uitbreiding en verdieping van de inleiding van Hoofdstuk 1. De positie van het project BBB binnen het bodembeleid (conceptueel kader) wordt nader uitgelegd. Hierbij worden ecologische diensten en maatregelen nader gedefinieerd en met elkaar in verband gebracht. Ook wordt gemotiveerd hoe het project BBB is geïmplementeerd door keuzen op gebied van voor typen grondgebruik, maatregelen, parameters en gerichte experimenten. Ten slotte volgt de opzet van een eenvoudig model dat dient als doorverwijzer en overzicht naar de maatregelen en haar effecten op ecologische diensten in de praktijk.

#### 3.1 Diensten

Een duurzaam bodembeheer maakt gebruik van de diensten die de bodem levert, onderhoud ze en put ze niet uit (TCB 2003, NMP4). In het nieuwe bodembeleid van de rijksoverheid en bij de transitie naar een duurzame landbouw staan diensten centraal. In het project BBB wordt daarom specifiek gekeken naar het belang van het bodemleven (cq. bodembiodiversiteit) voor die diensten, ter aanvulling op de meer traditionele chemische aspecten van de bodemkwaliteit. In het project Referenties Biologische Bodemkwaliteit (RBB) (Rutgers et al., 2005) is een systematiek ontwikkeld voor het leggen van een relatie tussen diensten en bodemkwaliteitsparameters inclusief het bodemleven.

In het landbouwbedrijfsleven is een toenemend besef van de grenzen van de intensivering in de landbouw als gevolg van problemen met de bodem (m.a.w. van het 'disfunctioneren' van de bodem). Agrarische ondernemers hebben een zakelijk belang bij de bodemdiensten op gebied van de bodemvruchtbaarheid, zoals nutriënten recycling, structuurvorming en ziektevermindering. Maar zij hebben weinig kennis over de relatie tussen maatregelen (bodembewerking, bemesting etc.), bodembiodiversiteit en de diensten zoals bodemvruchtbaarheid. Een aanvullende kennisbehoefte van ondernemers over de maatregelen betreft de rentabiliteit en de tijdsfactor voor het bereiken van het effect.

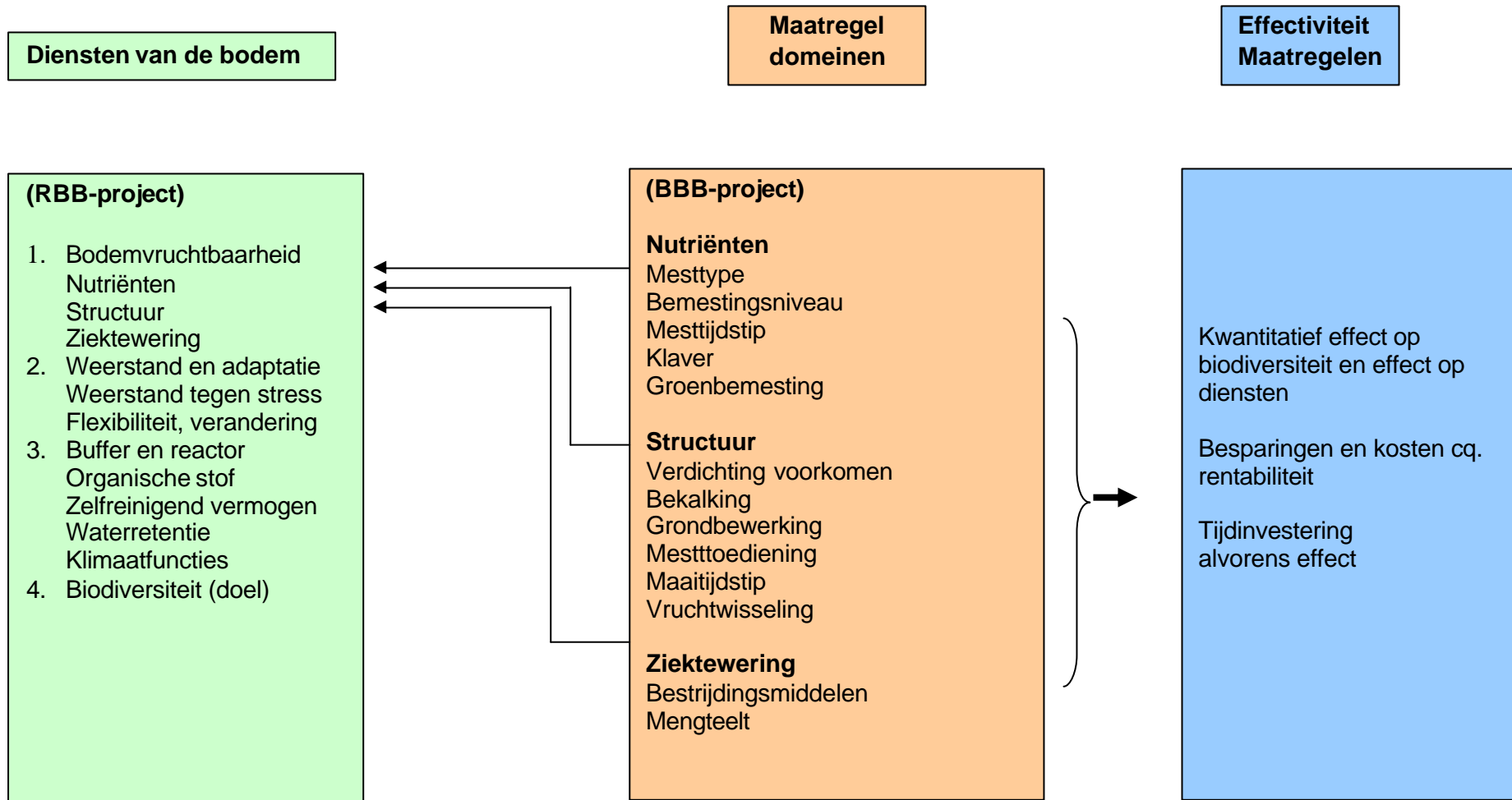
Figuur 3.1 geeft de koppeling weer tussen de diensten van de bodem, de topmaatregelen en effecten van deze maatregelen op de bodembiodiversiteit en rentabiliteit. De topmaatregelen in het project BBB hebben betrekking op de hoofddienst 'bodemvruchtbaarheid' en alle diensten die daarbinnen vallen:

- nutriënten retentie en levering
- bodemstructuur, stabiele aggregaten en profielontsluiting
- ziekten en plaagwering

Deze keuze van de diensten houdt verband met het gebruik door boeren op een lokale schaal ('schaal 1' in project RBB, zie Rutgers et al., 2005). In overeenstemming met RBB dient de koppeling tussen bodemgebruik en dienst uitgevoerd te worden in samenspraak met de beheerder van de locatie. In een agrarische bodem worden waterretentie en organische stof eveneens afgedekt door 'structuur' en 'nutriënten' in het kader van de hoofddienst 'bodemvruchtbaarheid'.

Van Eekeren et al. (2003) onderscheiden zeven diensten die relevant gevonden worden in de praktijk van de melkveehouderij en die gekoppeld zijn aan internationaal geaccepteerde *life support* diensten (Breure et al., 2003):

1. Aanvoer van nutriënten in de bodem door stikstofbinding;
2. Beschikbaar maken van nutriënten door mineralisatie en omzetting;
3. Vastleggen van nutriënten;
4. Opname van nutriënten en water door planten;
5. Bodemstructuurverbetering door aggregaatvorming;
6. Bodemstructuurverbetering door profielontsluiting;
7. Ziektevermindering.



Figuur 3.1: Conceptueel kader BBB project

Ook deze zeven diensten passen allemaal in de dienst 'bodemvruchtbaarheid'. Van Eekeren et al. (2003) maken in feite zowel binnen 'nutriënten' als binnen 'structuur' een verdere onderverdeling, wat een indicatie is voor het belang van juist deze diensten voor de melkveehouder. Ondernemers in de akkerbouw en melkveehouderij gebruiken in hoofdlijnen dezelfde formuleringen voor de bodemdiensten, met accentverschillen in waardering van de verschillende diensten. De keuze van diensten is voor beide typen bodemgebruik relevant.

### 3.2 Bodemgebruik en bodemtype

De maatregelen in het project BBB zijn afgestemd op melkveehouderij en akkerbouw. De ratio voor deze keuze in zowel BoBi, RBB als BBB, is dat dit de twee grootste landbouwsectoren in Nederland zijn en dat voor deze open teelten de benutting van bodem-biodiversiteit belangrijk is. De reden om te kiezen voor zand is dat deze grondsoort de grootste knelpunten geeft op het gebied van duurzaamheid en milieu. Echter, ook aan de grondsoort klei wordt in het project BBB aandacht besteed. De redenen hiervoor is het belang van deze grondsoort in het totale bodemgebruik binnen Nederland.

### 3.3 Maatregeldomeinen

Maatregelen in BBB worden gedefinieerd op drie niveaus:

- **Maatregeldomein** Bijv. "Mesttype"
- **Vuistregel** Bijv. "Gebruik daar waar mogelijk vaste mest"
- **Specifieke voorbeelden** Bijv. "Bijv. "Voor het herstel van het bodemleven bij de herinzaai van grasland is jong organisch materiaal nodig. Bedrijfseigen vaste mest en/of humest zijn hiervoor de meest aangewezen hulpbronnen."

Het maatregeldomein geeft aandacht aan belangrijke schakelmogelijkheden. De vuistregels zetten aan tot daadwerkelijk gebruik op brede schaal. De specifieke voorbeelden geven de fijnafstelling voor de koplopers en vernieuwers onder de agrariërs.

In de maatregeldomeinen zijn een aantal topmaatregelen onderscheiden die een directe link hebben met de diensten (tabel 3.1). Er zijn maatregelen die steeds op meerdere diensten tegelijk effect hebben. Vooral maatregelen die gepaard gaan met de input in de bodem van plantaardig materiaal of dierlijke meststoffen. Deze maatregelen werken op zowel 'nutriënten', 'structuur' (via organische stof) en 'ziektewering' (tabel 3.1).

Een belangrijke *a-priori* afweging in het project BBB is dat de maatregelen effect dienen te hebben door middel van beïnvloeding van de bodembiodiversiteit. De topmaatregelen zijn geselecteerd uit een groot aantal mogelijke management maatregelen op landbouwbedrijven. Door verschillende accenten, qua bodemmanagement in de melkveehouderij en akkerbouw, zijn er voor beide sectoren verschillende maatregelen geselecteerd. Voor de melkveehouderij 9 en voor de akkerbouw 10. Omdat de maatregelen niet allemaal overlappen zijn er binnen het project BBB in totaal 13 maatregelen onderscheiden.

Tabel 3.1: Relaties tussen praktijkproblemen en diensten die bijdragen tot de oplossing ervan. Per maatregel is de belangrijkste dienst aangegeven met twee kruisjes (XX).

Topmaatregelen		Diensten		
Melkveehouderij	Akkerbouw	Nutriënten	Structuur	Ziektenwering
Mesttype	Mesttype	XX	X	X
Vruchtwisseling	Vruchtwisseling	X	XX	X
Bemestingsniveau	Bemestingsniveau	XX	X	
Verdichting voorkomen	Verdichting voorkomen		XX	
Bekalking	Bekalking	X	XX	
Grondbewerking	Grondbewerking		XX	
Gras versus klaver		XX	X	
Toedieningstechniek		X	XX	
Maaitijdstip		X	XX	
	Bestrijdingsmiddelen			XX
	Groenbemesting	XX	X	X
	Mesttijdstip	XX		
	Mengteelt	X	X	XX

### 3.4 Keuze van de maatregeldomeinen

De keuze van de maatregeldomeinen is ingegeven door:

- Knelpunten in de landbouw;
- Korte en lange termijnwerking;
- Waarneembaarheid in de praktijk van effecten via de bodembiodiversiteit.

#### Knelpunten

Voor een goed, actueel beeld van knelpunten in de landbouw zijn in 2004 stafleden en leden van de LTO geconsulteerd. Dit beeld bevestigde de inzichten vanuit andere bronnen zoals praktijkcontacten, kranten, vaktijdschriften en literatuur. Er zijn globaal drie probleemvelden: nutriënten beperkingen, structuurproblemen en ziektepreventie. De geselecteerde domeinen zijn hierop gericht:

- De aanpassing aan de strengere milieuwetgeving ten aanzien van meststoffen, vooral de Nitraatrichtlijn en de Kader Richtlijn Water (KRW). Maatregelen gericht op de dienst van nutriënten zijn daarom urgent voor de praktijk, bijvoorbeeld optimalisatie van mesttype, bemestingsniveau, mesttijdstip en inzet van klaver in de melkveehouderij. Hieronder valt ook het maatregeldomein bekalking in (delen van) bedrijven met een extensiever grondgebruik. Deze domeinen zijn in de praktijk stuurbaar en daardoor aansprekend voor ondernemers.
- De verdichting van gronden. Verdichting en daarmee samenhangende verdroging hebben nadelige effecten op gras- of gewasproducties. Maatregelen met aangepaste mechanisatie ('verdichting voorkomen') en 'grondbewerking' bieden hier soelaas voor de dienst 'structuur'. Maatregelen op gebied van mechanisatie vragen vaak extra investeringen bij boeren en loonwerkers, echter voor technische innovaties bestaat in de landbouwpraktijk een positieve basishouding.
- Strengere milieuwetgeving ten aanzien van gewasbeschermingsmiddelen. Hiervoor is de dienst ziektepreventie zeer interessant voor de praktijk. Dit geldt vooral voor de akkerbouw

en tuinbouw. Maatregelen betreffen selectieve inzet van gewasbeschermingsmiddelen en het onderwerken van specifieke plantaardige materialen bij groenbemesting en vruchtwisseling. Omdat ziektevering zo traag werkt en ongrijpbaar is, is motivatie van boeren een zwak punt. De urgentie is echter hoog waardoor voorlopers in verschillende agrarische sectoren het thema al oppakten.

### Korte en lange termijn

De probleemgestuurde overwegingen zijn aangevuld met een overweging vanuit de systeembenadering. De motivatie is het verminderen van het risico van een *ad hoc* keuze. Daarom is in het totale pakket van topmaatregelen gelet op een evenwichtige verdeling tussen curatieve (korte termijn) en preventieve, structurele (lange termijn) maatregelen (tabel 3.2).

Tabel 3.2: Overzicht van de maatregelen uit het project BBB en de verwachte termijnen van werkzaamheid.

Topmaatregelen veehouderij	Topmaatregelen akkerbouw	Termijn
Verdichting voorkomen	Verdichting voorkomen	kort
Grondbewerking	Grondbewerking	lang
Bekalken	Bekalken	lang
Mesttype	Mesttype	lang
Bemestingsniveau	Bemestingsniveau	lang
Mest boven- versus ondergronds		kort
	Mesttijdstip	kort
Vruchtwisseling/scheuren	Vruchtwisseling/gewastype	lang
Gras versus klaver		kort
	Mengteelt	kort
	Groenbemester	lang
Maaitijdstip		kort
	Bestrijdingsmiddelen	kort

### 3.5 Parameter keuze

Bij de keuze van de BBB-parameterset (tabel 3.3, zie volgende bladzijde) is aangesloten bij het project Bodembioologische Indicator (Schouten et al., 1997; 1999) en Typeringen van Bodemecosystemen (Rutgers et al., 2005).

Met de parameterset wordt zowel inzicht verkregen in de opbouw van het bodemvoedselweb als in vervulling van de *life support* diensten door de bodemorganismen. Bij de meeste groepen is een beschouwing van de voedselstrategieën mogelijk. Vanwege de gewenste snelheid en noodzakelijke kostenreductie is er voor gekozen om de bepalingen aan potwormen en microarthropoden (d.w.z. mijten en springstaarten) achterwege te laten.

Ook niet-biologische parameters kunnen een belangrijke indicatie geven van de vervulling van de diensten in de bodem (Koopmans en Brands, 2003). In het project BBB gaat het om metingen aan N- en C-mineralisatie en parameters die de bodemstructuur bepalen (bijvoorbeeld organische stof en dichtheid). In elk experiment worden in principe dezelfde metingen gedaan, met uitzondering van de bodemdichtheid metingen die alleen in de verdichtingsproeven worden gedaan. In totaal omvat de parameterset van BBB 30 kenmerken.

De methoden die zijn gehanteerd stemmen overeen met die uit de Bodembiologische Indicator (Schouten et al., 1997; 1999) en Typeringen van Bodemecosystemen (Rutgers et al., 2005).

Tabel 3.3: Parameters in de experimenten van het project BBB.

Nummer	Gebied	Parameter	Eenheid
1	Biotisch	Bacteriële biomassa	µg C/g soil
2		Thymidine inbouw	pmol/g soil/hr
3		Leucine inbouw	pmol/g soil/hr
4		Schimmel biomassa	µg C/g soil
5		Actieve hyfen	%
6		Potentiële N-mineralisatie	mg N/kg/week
7		Potentiële C-mineralisatie	mg C/kg/week
8		Nematoden aantal	n/100g grond
9		Nematoden bacterieetende	n/100g grond
10		Nematoden schimmeletend	n/100g grond
11		Nematoden plantenetend	n/100g grond
12		Nematoden predator	n/100g grond
13		Wormen biomassa	g/m <sup>2</sup>
14		Strooiselbewoners	n/m <sup>2</sup>
15		Bodembewoners	n/m <sup>2</sup>
16		Pendelaars	n/m <sup>2</sup>
17	Fysisch	Structuur kruimel	% in 0-10 cm
18		Structuur afgerond	% in 0-10 cm
19		Structuur scherp	% in 0-10 cm
20		Wortels op 10 cm	n per 400 cm <sup>2</sup>
21		Wortels op 20 cm	n per 400 cm <sup>2</sup>
22	Chemisch	Org.stof	%
23		Lutum	%
24		pH-KCL	
25		C-totaal	mg/100g
26		N-totaal	mg/100g
27		P-totaal	mg/100 g
28		Pw	mg/l
29		P-AI	mg/100 g
30		Kali	mg K <sub>2</sub> O/100g

### 3.6 Experimenten

Het effect van de meeste topmaatregelen is in het verleden al bestudeerd. Dit heeft niet altijd geresulteerd in wetenschappelijke publicaties. In een expertbijeenkomst met deskundigen van WUR-Alterra, RIVM en Louis Bolk Instituut is een overzicht gemaakt van Nederlandse en Belgische proeven met betrekking tot de topmaatregelen (bijlage 1b).

Op basis van het overzicht zijn lacunes geïdentificeerd. Aan de hand hiervan is invulling gegeven aan de relevante experimenten. Voor relatief belangrijke topmaatregelen als mesttype en bemestingsniveau is gekozen voor extra aanvullend onderzoek.

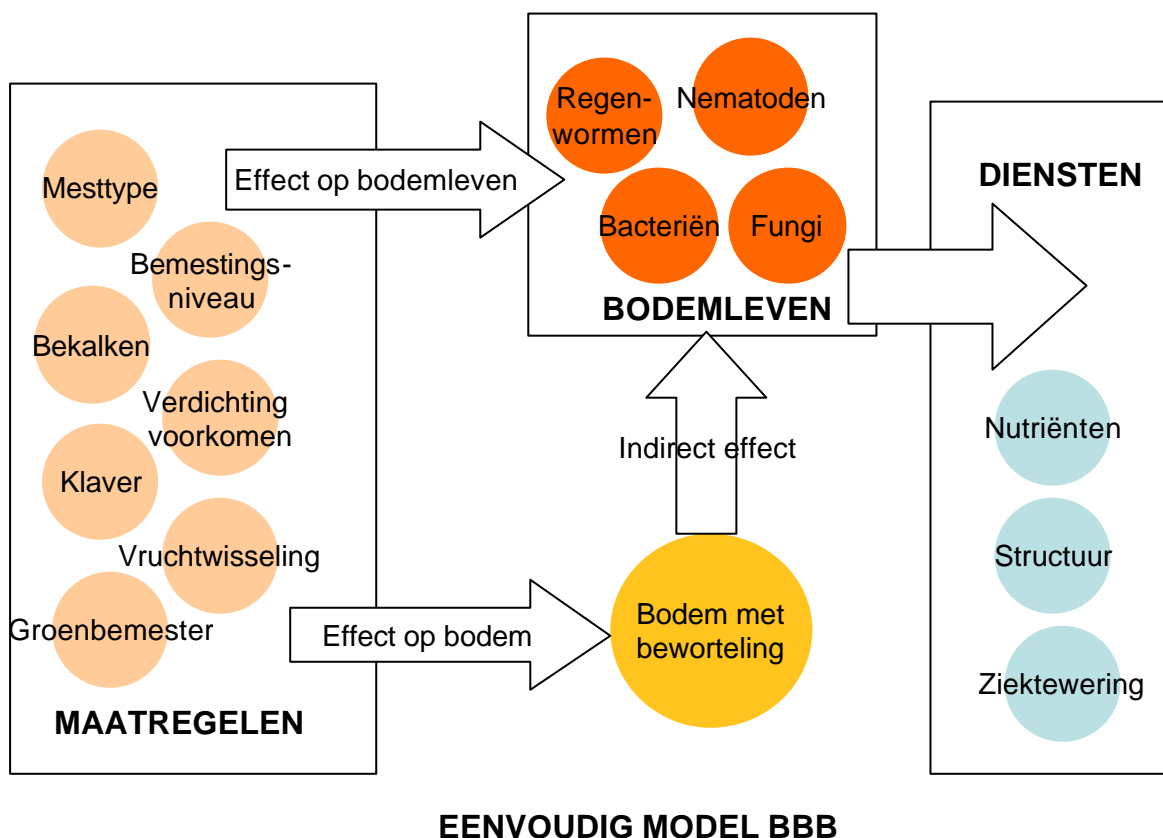


### 3.7 Model

#### Doelstelling

Het model dient om praktijkgebruikers inzicht te geven in de belangrijkste functies, belangrijkste bodemleven groepen en prioritaire maatregelen waar ze aan zouden moeten werken. De centrale vraag hierbij is: 'als ik een bepaalde ecologische dienst wil bewerkstelligen, welk bodemleven is hierbij dan nodig en met welke maatregelen kan ik dit bodemleven in de gewenste richting sturen'.

De meerwaarde van het model is in de eerste plaats dat het dient als een 'doorverwijzer' naar de maatregelen in het project BBB en tevens als een overzicht van deze maatregelen. In de tweede plaats geeft het model de praktijkgebruiker ook inzicht in de werking van de 'black box' van bodemleven met haar ecologische diensten. Dit is belangrijk omdat in praktijksituaties altijd meerdere maatregelen tegelijk plaatsvinden. Het model laat zien of gekozen maatregelen overeenstemmen en conflicteren in hun effect op bodemleven. Daarbij kan het model een inschatting geven van de relatieve sterkte van de effecten van de afzonderlijke maatregelen. Daarmee is een voorspelling mogelijk van het gecombineerde, cumulatieve effecten van een serie maatregelen.



Figuur 3.2: Hoofdlijnen van het eenvoudig model BBB; relaties tussen van maatregeldomeinen, bodemlevengroepen en ecologische diensten.

#### Ontwerp

Het model omvat dus drie velden met hun onderlinge relaties: de maatregelen, de bodemleven groepen en de ecologische diensten (figuur 3.2). Daarnaast is er nog een vierde veld: 'bodem met beworteling'. De logica hiervan is dat maatregelen ook indirect via bodem en gewas een effect kunnen hebben op het bodemleven. Bijvoorbeeld, een sterke toename

van de gewasgroei door drijfmest stimuleert het bodemleven via worteluitscheidingen, -resten en wortelvraat. Ook kan een maatregel via fysische, chemische of gewaseffecten de structuur bevorderen in aanvulling op het effect via het bodemleven op de structuur. Het combineren van de drie velden van maatregelen, bodemleven, diensten is nieuw in het Nederlandse bodemonderzoek; BBB vult hier een lacune (zie § 1.3)

Bij de selectie van de precieze onderdelen in het model is uitgegaan van de maatregelen, bodemorganismen en diensten in BBB, RBB en BoBi. Dit is in de eerste plaats een afbakening en maar waarborgt tevens dat er alle gekozen relaties systematisch naar antwoord wordt gezocht. De weergave van het model in figuur 3.2 berust op een onderliggende relatiematrix met alle maatregelen, (trofische groepen van) het bodemleven en de ecologische diensten in BBB.

De relatiematrix kan worden omgezet in een *fuzzy cognitive map* (FCM) (Wolfert, 2002). Hierin staan dan alle onderdelen met daarbij een semi-kwantitatieve schatting van hun relaties op basis van literatuur en *expert judgement*. Een uitgewerkte FCM is in staat om de impact van een maatregel te beschrijven via het sommeren van afzonderlijke effecten. Dit geeft een voorspelling van het effect van een gekozen maatregel samen met andere maatregelen binnen een praktijkcontext. De hoofdlijnen van de FCM bieden een onderbouwing voor het eenvoudig model dat bruikbaar is als didactisch hulpmiddel in praktijkworkshops met boeren. Een pc met een beeldprojector kan op contactmomenten ondersteunen om keuzes te illustreren en in de groep te bediscussiëren.

#### *Functie binnen het project BBB*

Het eenvoudig model is bedoeld als doorverwijzer voor praktijkgebruikers. Het is niet de bedoeling om hiermee te werken aan in de richting van een causaal model dat de werkelijke processen beschrijft; hiervoor is op dit moment volstrekt onvoldoende kennis beschikbaar. Door goede termen en grafische vormgeving kan het model veel steun bieden bij de begripsvorming van ondernemers zodat maatregelen, bodemleven en diensten niet als 'los zand aan elkaar hangen'.

Naast haar functie als doorverwijzer voor de praktijkgebruiker biedt het model ook steun aan het onderzoekswerk in het project BBB. Want het model biedt een raamwerk bij de weging van de effecten bij combinaties van maatregelen. Het raamwerk van het model helpt ook om aan te wijzen waar onzekerheden zitten. Bijvoorbeeld, wat betreft onderlinge interacties binnen de velden van maatregelen en bodemleven; voedselweb interacties kunnen de effecten van maatregelen zowel versterken als dempen (Brussaard, 1998; Eekeren et al., 2003; Smeding et al., 2005).

Het model is de basis voor een praktisch instrument dat de vertaalslag maakt van praktijkmaatregelen, effecten op het bodemleven naar bodemdiensten.

## 4. ACHTERGRONDEN BIJ DE MAATREGELEN

Hoofdstuk 4 geeft een wetenschappelijke verdieping aan Hoofdstuk 2; de hoofdstukken overlappen elkaar gedeeltelijk. In hoofdstuk 4 worden de maatregelen geanalyseerd en vervolgens (hypothetisch) in verband gebracht met effecten op de bodembiodiversiteit, ecologische diensten. Ook het tijdspad en rentabiliteit komen ter sprake. Wetenschappelijke bewijzen, onder andere uit de experimenten in het project BBB (zie Bijlagen 2-9) worden geordend en bediscussieerd.

### 4.1 Mesttype in de veehouderij en akkerbouw

#### 4.1.1 Eigenschappen

Bemesting is het actief toedienen van voedingsstoffen aan gewassen. Meestal verloopt de opname via de plantenwortel, soms via het blad. Minerale bestanddelen van bijvoorbeeld minerale mest en drijfmest kunnen *direct* aan de wortel worden toegediend. Organische mest moet eerst worden afgebroken en gemineraliseerd door het bodemleven, en werkt dus *indirect*. Naast plantenvoeding heeft bemesting ook andere diensten, namelijk verbetering en instandhouding van de bodemstructuur en het ziektevermogen (tabel 3.1). Deze effecten van bemesting op het gewas lopen grotendeels ook *indirect* via het bodemleven.

In de landbouwpraktijk wordt daarom onderscheid gemaakt tussen mesttypen die direct het gewas voeden, en mesttypen die eerst het bodemleven en vervolgens indirect het gewas voeden (Van der Werff, 1994). *Gewasvoedende* mesttypen bevatten relatief veel gemakkelijk beschikbare stikstof (N). *Bodemvoedende* mesttypen bevatten meer organische stof, in het bijzonder koolstof (C). Andere belangrijke indelingscriteria voor mesttypen zijn:

- mineraal (minerale mest) versus organisch;
- binnen organisch: dierlijke, plantaardige of gemengde herkomst en de mate van vertering of compostering waardoor de C/N-verhouding stijgt en het aandeel eenvoudig afbreekbare C-verbindingen afneemt.

Globaal is er een spectrum van mesttypen van plantenvoedend tot bodemvoedend dat loopt van minerale mest via drijfmest naar vaste overwegend dierlijke mest, tot plantaardige compost (tabel 4.1).

Tabel 4.1: Samenstelling en stikstoflevering van verschillende organische meststoffen in volgorde van hun C/N quotiënt (Bron: Bokhorst en Ter Berg, 2001).

	C/N quotiënt	Totaal g N/kg	Beschikbaar direct g N/kg	Beschikbaar 12 maanden g N/kg	P g/kg	K g/kg
Rundveedrijfmest	5	5.9	3.5	5.8	1.6	4.5
Kippenmest	12	22.5	5.3	17.9	9.3	19.3
Varkensmest	12	7.5	1.5	5.1	3.9	2.9
Geitenmest	13	7.0	1.3	3.2	3.6	15.7
Rundveepotstalmest	14	5.6	0.7	3.6	2.7	12.4
Paardenmest	18	5.2	0.9	2.6	1.7	8.0
Champost	21	5.8	0.3	4.0	1.6	7.2

Het effect van mesttype op het gewas en het bodemleven is onderdeel van het totaal aan plantenvoedende processen in de bouwvoor of graszode. Ook gewasresten, afgestorven bodemorganismen en wortellexudaten zorgen voor voedingsstoffen. Een andere bron van stikstof is de symbiotische N-binding in de wortels van vlinderbloemigen, zoals klaver (Van Eekeren et al., 2003). Al deze plantenvoedende processen worden beïnvloed door het

mesttype. Bijvoorbeeld een hoge gift minerale stikstof leidt ertoe dat er, via een hoge gewasproductie, met de gewasresten indirect ook veel verse organische stof in de bodem komt. Met al deze processen moet rekening worden gehouden bij het bepalen of voorspellen van effecten van verschillende mesttypen.

Een ander voorbeeld van de complexiteit in de bodem is het indirecte effect van mesttype via verandering van pH of klaveraandeel op het bodemleven in grasland. Daarbij is ook de uitgangssituatie van belang: in een jonge zode met een laag organische stofgehalte is het effect van vaste mest groter dan op een oud grasland dat al een hoger organisch stofgehalte heeft. Via de cyclus gewas/beworteling → bodemleven → bodem (Eekeren et al., 2003) heeft vaste mest vooral effect op nieuw ingezaaid grasland.

De effecten van mesttypen worden mede veroorzaakt door hun specifieke methode en timing van de toediening. Bij minerale mest heeft de boer een grote vrijheid in tijdstip en dosering. Het bodemoppervlak wordt hierbij niet beroerd. Vloeibare meststoffen zijn gekoppeld aan technieken van uitbrengen die ook invloed hebben op het effect van de behandeling: injectie versus bovengronds uitrijden; al dan niet gebruik van een sleepslang. Op bouwland is organische bemesting meestal gekoppeld aan een direct erop volgende grondbewerking. Het uitbrengen van vaste mest vereist altijd draagkracht van de grond die weersafhankelijk is (droog najaar, vorstperiode). Voor het bemesten van een snelgroeiend gewas is minerale mest of drijfmest nodig; in geval van vaste mest moet deze langer van tevoren worden toegediend. In de tussentijd is het tegengaan van verliezen belangrijk; ook moet de teler het tijdverloop van de mineralisatie schatten op basis van zowel vaste mest als voorvrucht. Het simulatieprogramma Ndicea (Koopmans en Bokhorst, 2002) geeft hierin inzicht. Ieder mesttype of combinatie van mesttypen impliceert een bepaalde meerjarige aanpak of bemestingsstrategie. De lange termijn effecten van een mesttype op het bodemleven omvatten dus het totale effect van de bemestingsstrategie in de vruchtwisseling.

#### 4.1.2 Hypothese

Uitgangspunt is dat het mesttype het bodemvoedselweb van onderaf voedt (*bottom up* volgens Oksanen et al., 1996). Het mesttype beïnvloedt het bodemvoedselweb op drie punten: via de bacteriën, via de schimmels en via de fauna (wormen en insecten). De wijze waarop dit gebeurt, bepaalt de ecologische diensten (c.q. functies).

De hypothesen zijn:

- Minerale mest heeft het zwakste effect op het bodemleven en werkt alleen via de plant, waarbij evenals bij drijfmest, plantenetende nematoden bevorderd kunnen worden;
- Drijfmest bevordert bacteriën en bacterie etende nematoden, omdat het relatief veel stikstof bevat (lage C/N verhouding);
- Compost bevordert schimmels en schimmel etende nematoden, omdat het relatief weinig stikstof bevat (hoge C/N verhouding);
- Vaste mest (middelmatige C/N verhouding) heeft een tussenpositie en bevordert vooral regenwormen;
- Voor grotere bodemfauna (wormen, predatore nematoden) is vaste mest en compost gunstiger dan drijfmest omdat de voedingsstoffen geleidelijker vrijkomen.

Op deze wijze stimuleren drijfmest en vaste mest vooral de nutriëntenleverende functie van het bodemleven (mineralisatie), terwijl vaste mest en compost vooral een goede bodemstructuur bevorderen. De ziekteveringsfunctie kan worden bevorderd door vaste mest en drijfmest, bijvoorbeeld via een evenwichtige samenstelling van de nematoden-gemeenschap.

### 4.1.3 Resultaten

#### *algemeen*

Organische mesttypen met gemakkelijk afbreekbare verbindingen (zoals koolhydraten en eiwitten) en relatief veel nutriënten (in het bijzonder N) bevorderen de dichtheid en groeisnelheid van bacteriën (Bardgett et al., 1999; Bittman et al., 2005; Bloem et al., 2006; De Vries et al., in prep.). Dit geldt vooral voor drijfmest. Het kan zijn de verschillen vooral blijken uit de bacteriële groeisnelheid want bacteriën kunnen net zo snel kunnen worden opgegeten als ze worden gevormd (Bloem et al., 1994; 1997).

Compost bevat moeilijker afbreekbare verbindingen zoals celwandmateriaal (o.a. cellulose) en houtachtige stoffen (lignine) met een hoge C/N verhouding. Deze worden vooral door schimmels afgebroken. Compost bevordert daardoor het meest de schimmeldichtheid en activiteit (Alexander, 1977; Yeates, 1997; Henriksen and Breland, 1999; Vinten et al., 2002). Mogelijk is voor dit effect wel een hoge C/N verhouding nodig vanaf 20 (Vinten et al., 2002). Stalmest zal vanwege haar middelmatige C/N quotiënt (tabel 4.1) een middelmatig effect geven op schimmels in vergelijking met drijfmest en compost.

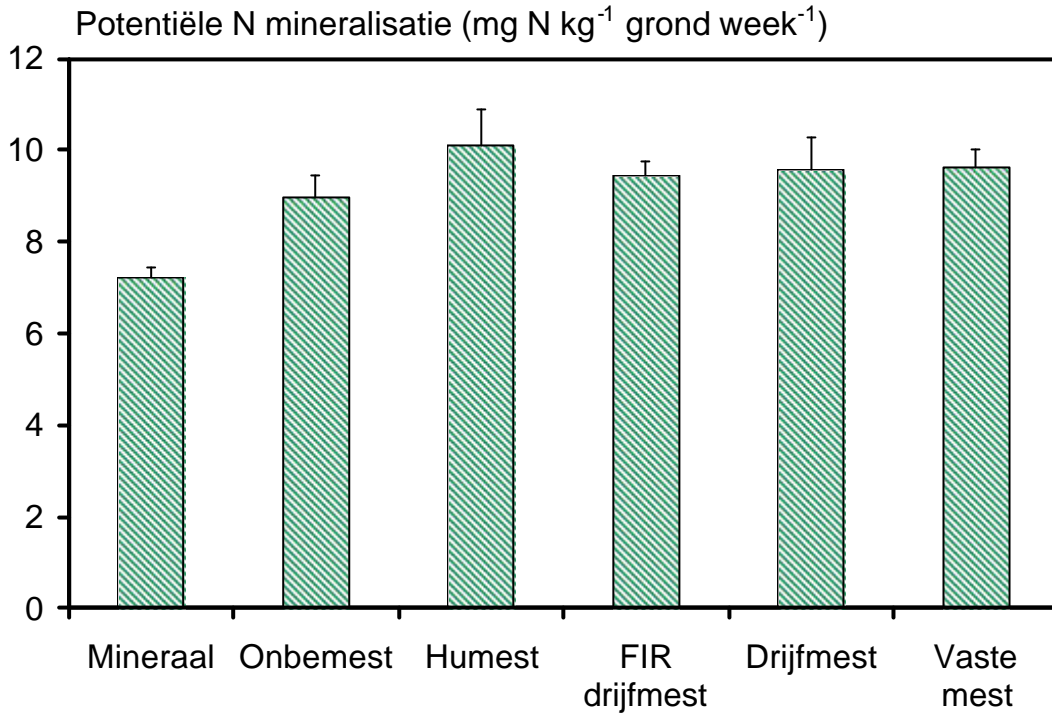
Over de relaties tussen bacteriën en bacterie etende nematoden, en tussen schimmels en schimmel etende nematoden bestaan veel aanwijzingen in de literatuur (bijv. Yeates, 1997). Omdat veel factoren de populatiedynamiek beïnvloeden is er niet altijd een correlatie. Ook in de database van LMB-BoBi blijken de verwachte relaties moeilijk aantoonbaar te zijn (Mulder et al., 2003; Smeding et al., 2005).

Een sterke groei van het gewas en de wortels door minerale mest of drijfmest, bevordert de plantenetende nematoden. Dat hoeft geen probleem te zijn. Maar als het gewas verzwakt is door een N overschot bij te veel minerale mest, of door een N tekort bij compost zonder aanvulling van N, dan neemt de vraat aan het gewas door de plantenetende nematoden sterk toe. Beide effecten spelen op grasland door elkaar heen (Smeding et al., 1995). De dichtheid van predatore nematoden is gerelateerd aan de dichtheid van hun prooidieren (vooral bacterie-etende en plantenetende nematoden) en aan 'stabiliteit' in de vorm van continue voedselbeschikbaarheid. Hoge dichtheden van prooidieren treden op bij gebruik van drijfmest. Echter, de continuïteit wordt het beste verzorgd door vaste mest en compost.

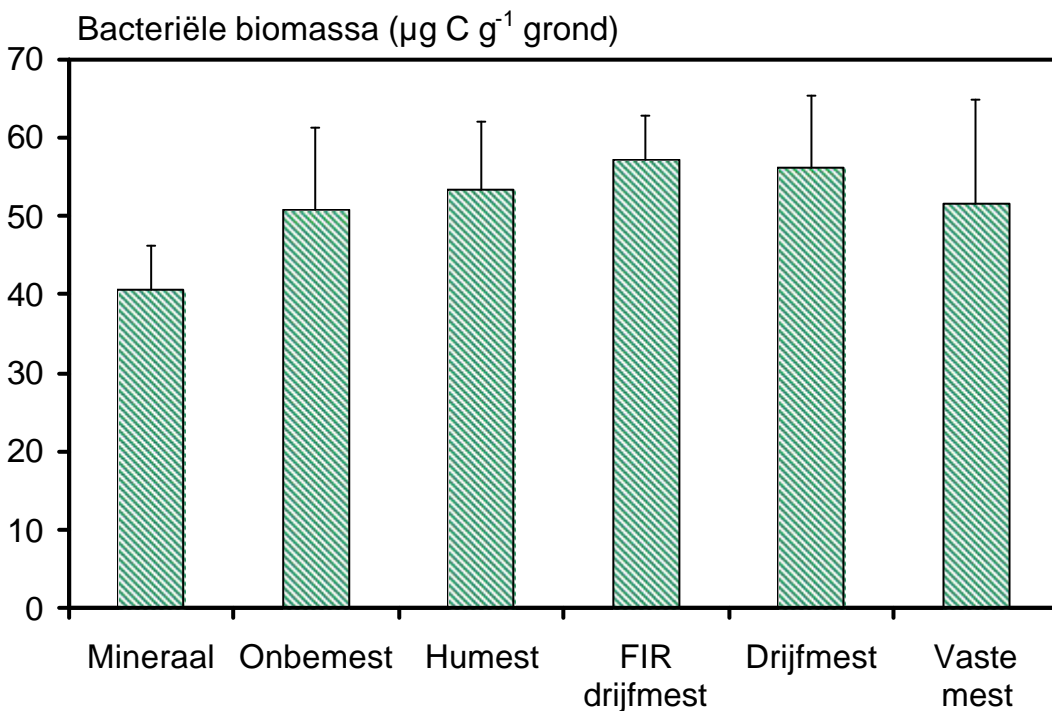
Regenwormen eten direct van de organische mest en zullen vooral profiteren van een evenwichtig aanbod van zowel N als C. Vaste mest, met een middelmatige C/N verhouding bevordert daarom regenwormen (Edwards en Lofty, 1982). Ook profiteren regenwormen via consumptie van jong strooisel van een versterkte groei van het gewas als gevolg drijfmest of minerale mest. Daardoor ligt hun optimum tussen drijfmest en vaste mest.

#### ***Mesttype in de Nederlandse veehouderij***

De biomassa van bacteriën werd niet beïnvloed door het mesttype. Na 5 jaar met verschillende soorten bemesting op het proefbedrijf in Bakel was er nauwelijks verschil in bacteriebiomassa tussen de verschillende typen organische mest (figuur 4.1). Alleen met minerale mest was de bacteriebiomassa wat lager. Wel was de bacteriële groeisnelheid hoger met drijfmest dan met minerale mest. Fysiologische afbraakprofielen (Biolog) wezen ook op verschillen in de bacteriegemeenschap (Rutgers, 2006). Ook op Aver Heino (2001-proef) was de groeisnelheid (15%) hoger met drijfmest dan met vaste mest (De Vries et al., in prep.). Het effect van mesttype was klein vergeleken met het effect van de hoeveelheid mest. In veldjes die jaarlijks 120 kg N/ha dierlijke mest kregen was de bacteriële groeisnelheid 60% hoger dan in onbemeste veldjes. In tegenstelling tot de verwachting was bij Verhoeven (Bijlage 3) de groeisnelheid met vaste mest circa 40% hoger dan met drijfmest en compost. Een afwijkend resultaat kan veroorzaakt worden door verschil in de samenstelling (C/N quotiënt) van de verschillende mesten. De samenstelling van organische mest is minder constant dan die van minerale mest. Het effect van mesttype op de biomassa van schimmels is gering.

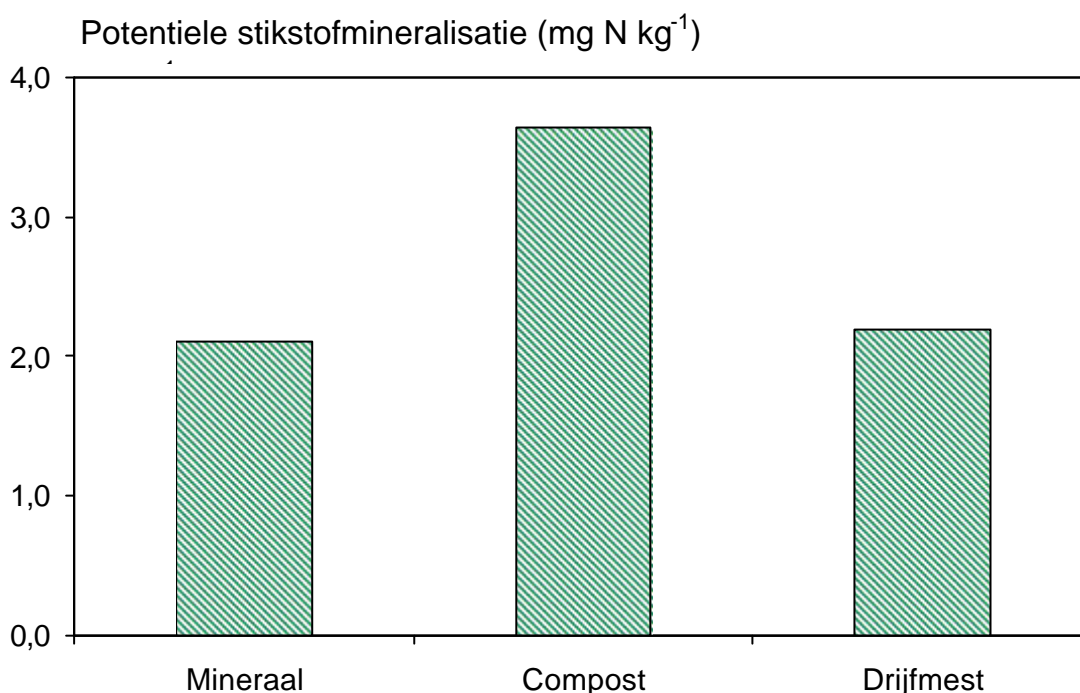


Figuur 4.1: De biomassa van bacteriën na 5 jaar met verschillende typen bemesting op het proefbedrijf in Bakel. Humest is gecomposteerd bermmaaisel, en FIR drijfmest bevat "Fysische Ioneren Regelaar" die volgens de leverancier de N emissie beperkt.



Figuur 4.2: De potentiële N mineralisatie na 5 jaar met verschillende typen bemesting op het proefbedrijf in Bakel. Humest is gecomposteerd bermmaaisel, en FIR drijfmest bevat "Fysische Ioneren Regelaar" die volgens de leverancier de N emissie zou beperkt.

In Bakel was de N mineralisatie met organische mest 30% hoger dan met minerale mest, maar er was weinig verschil tussen de verschillende soorten organische mest (figuur 4.2). In Aver Heino was er ook geen verschil in N mineralisatie tussen drijfmest en vaste mest. Bij Verhoeven (BBB) was er wel verschil. De mineralisatie met drijfmest was hier relatief laag, 40% lager dan met drijfmest en vaste mest. Ook in Gent was de mineralisatie met drijfmest net zo laag als met minerale mest, terwijl compost een 70% hogere mineralisatie gaf (figuur 4.3). Drijfmest levert dus soms een hoge en soms een lagere mineralisatie op. Dit wijst op een variabele samenstelling.



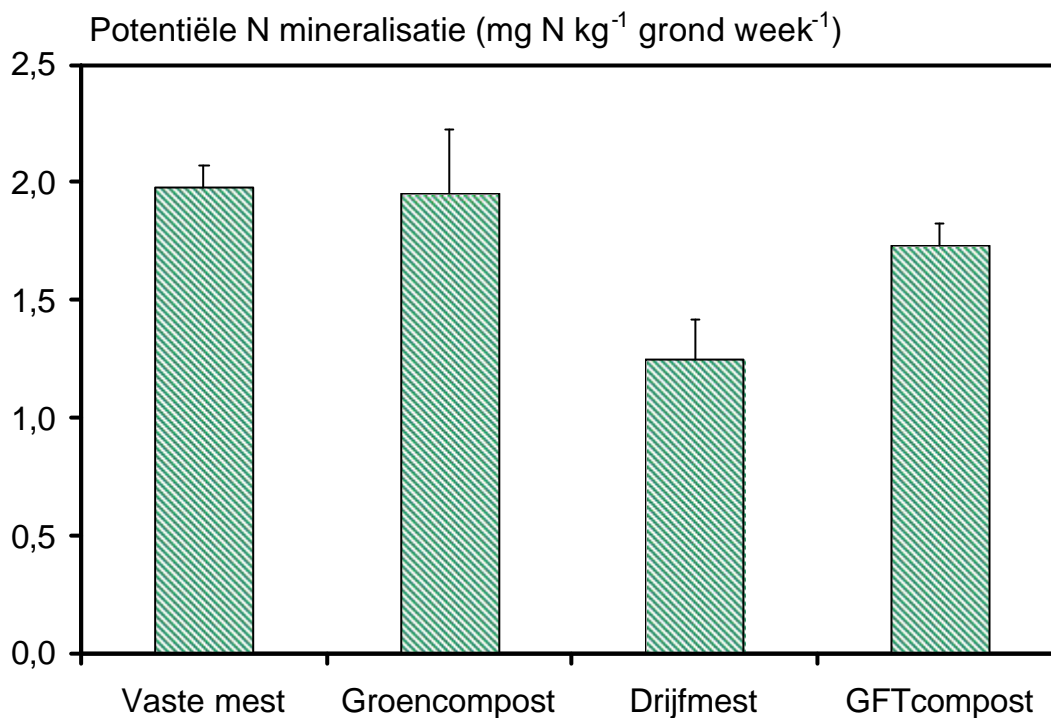
Figuur 4.3: Effect van minerale mest, compost en drijfmest op de potentiële stikstofmineralisatie in de compostproef bij Gent.

Met organische mest waren er meer nematoden in de bodem van grasland dan met minerale mest. Bij Verhoeven (BBB) waren er geen verschillen in nematoden tussen de verschillende soorten organische bemesting (drijfmest, vaste mest, compost). In de compostproef bij Gent (BBB) waren de aantallen nematoden (bacterie etende, schimmeletende en predatoren) aanzienlijk hoger met compost, dan met drijfmest en minerale mest. Dit komt overeen met de hogere bacteriële groeisnelheid en N mineralisatie in de compost veldjes (figuur 4.3). De veldjes met minerale mest hadden de laagste hoeveelheden van de verschillende groepen nematoden, behalve de plantenetende die niet afhankelijk zijn van organische mest als voedselbron.

Organische meststoffen stimuleerden regenwormen. Maar er was geen duidelijk effect van het type organische mest op de regenwormen. Drijfmest gaf bij Verhoeven (BBB) de hoogste biomassa aan regenwormen vergeleken met vaste mest. In de langjarige proef van Aver Heino werden echter bij vaste mest de grootste aantallen regenwormen gevonden (Eekeren et al., 2003). De 2001-proef in Aver Heino vertoonde in 2003, na drie groeiseizoenen, (nog) geen verschil tussen mesttypen. In Gent-compost (BBB) werd ook geen verschil gevonden wat betreft regenwormen.

### **Mesttype in de Nederlandse akkerbouw**

Zowel op het proefveld MAK (BBB) als op de Rusthoeve (BBB) werden geen effecten gevonden van het mesttype op de biomassa en groeisnelheid van bacteriën en schimmels. Wel waren er verschillen in stikstofmineralisatie. Op beide locaties was de mineralisatie hoog met vaste mest en met compost. Bij MAK was de mineralisatie met minerale mest even hoog als met organische mest. Op de Rusthoeve was de N mineralisatie met drijfmest 40% lager dan met vaste mest en compost (figuur 4.4).



Figuur 4.4: Stikstofmineralisatie met vaste mest, compost en drijfmest op de Rusthoeve.

Net als de N mineralisatie was ook het aantal bacterie etende nematoden op de Rusthoeve hoger in vaste mest dan in drijfmest. Begrazing van bacteriën o.a. door nematoden gaat gepaard met uitscheiding van minerale stikstof (= mineralisatie). Begrazing kan ook de reden zijn dat er geen verschillen in bacteriebiomassa worden gevonden. Ook de andere groepen nematoden waren talrijker met vaste mest dan met drijfmest. Compost zat er tussenin. Bij MAK was er alleen verschil in aantal plantenetende nematoden. Deze waren hoger met vaste mest dan met minerale mest.

In bouwland zitten bijna altijd weinig regenwormen vanwege het ploegen. Mesttype had effect op de totale hoeveelheid regenwormen. Op de Rusthoeve was wel een verschil in soortensamenstelling: meer strooiselbewoners en minder bodembewoners met vaste mest, in vergelijking met drijfmest en compost.



#### 4.1.4 Effect van mesttype op bodemdiensten

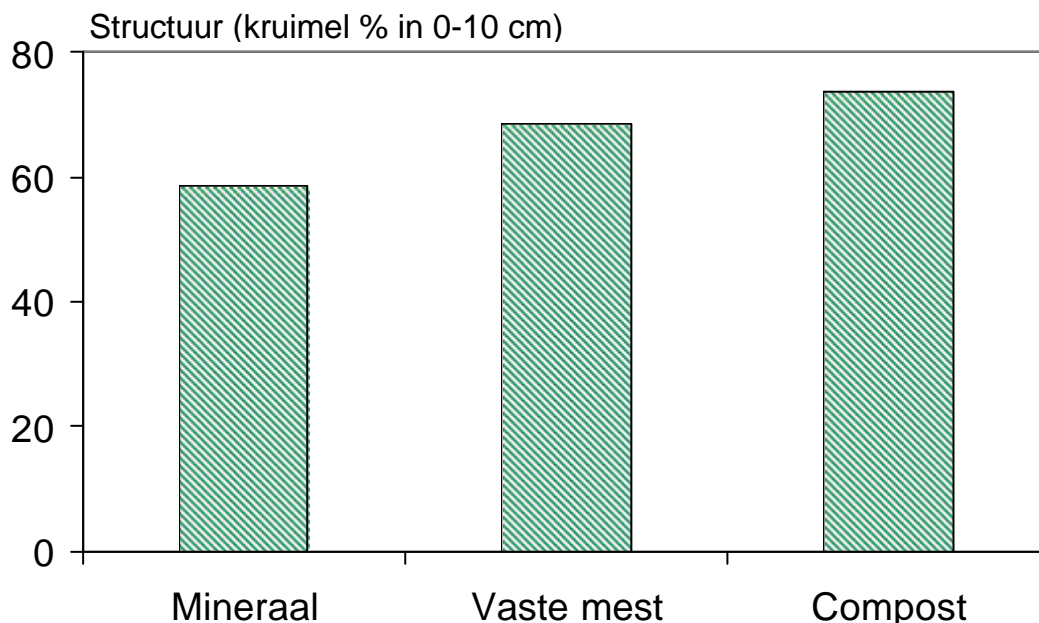
Welke aanwijzingen zijn er voor het effect van mesttype via bodembiodiversiteit op de diensten (tabel 3.1) op gebied van nutriënten, structuur en ziektevering?

##### *Nutriënten*

Met minerale mest worden mineralen (N, P, K) rechtstreeks aan de plant gegeven. Met organische mest wordt het bodemleven gevoed. In principe is het gebruik van organische mest duurzamer omdat daarmee nutriëntenkringlopen worden gesloten. De organische stof wordt afgebroken door bacteriën en schimmels, en mineralen komen geleidelijk beschikbaar voor het gewas (mineralisatie). Ook begrazing van bacteriën en schimmels door bodemfauna stimuleert de mineralisatie. Daarnaast bevorderen bodemdieren de afbraak door materiaal te verkleinen, waardoor het makkelijker kan worden afgebroken door micro-organismen. Met organische mest was de mineralisatie duidelijk hoger dan met minerale mest (figuur 4.2). Vaste mest en compost gaven steeds een hoge mineralisatie. Met drijfmest werd soms een hoge (figuur 4.2) en soms een lagere mineralisatie gevonden (figuren 4.3 en 4.4). Dit wijst op een variabele samenstelling van drijfmest. Bij een hoge mineralisatie hoeft minder (of geen) minerale mest te worden gebruikt. Wel is het vooral op akkers van belang uitspoeling door braakligging in herfst en winter te beperken door middel van groenbemesters.

##### *Structuur*

Organische meststoffen met een hoge C/N verhouding zoals (groen)compost en vaste mest, breken minder snel af en leiden tot een hoger organische stofgehalte en een betere bodemstructuur. De organische stof stimuleert het bodemleven. Micro-organismen en bodemdieren verbeteren de structuur door gronddeeltjes aan elkaar te plakken tot stabiele aggregaten en door micro- en macroporiën te maken. Hierdoor worden de vochthuishouding, beluchting en doorwortelbaarheid verbeterd. Bij MAK en Verhoeven bleek een betere structuur uit een hoger percentage kruimel (aggregaten) met compost en vaste mest, vergeleken met minerale mest (figuur 4.5). Net als bij de mineralisatie was het effect van drijfmest op de structuur wisselend.



Figuur 4.5: Effect van minerale mest, vaste mest en groencompost op de bodemstructuur in het proefveld MAK.

### *Ziektewering*

In bodems met hogere aantallen micro-organismen en nematoden krijgen ziekteverwekkers minder kans omdat meer concurrentie is. Deze algemene ziekteverring wordt geïllustreerd door een hogere ziekteonderdrukking in grasland (hoge biomassa en diversiteit) dan in akkerland (lage biomassa en diversiteit) (Garbeva et al., 2006).

Het type organische mest had weinig effect op de hoeveelheden bacteriën en schimmels, en daardoor waarschijnlijk ook niet op de algemene vering van microbiële plantenziekten. Wel waren de aantallen nematoden hoger met vaste mest en compost. Dit geeft een lagere kans op ziekteverwekkende nematoden (aaltjes). Dit wordt ook geïllustreerd door lagere aantallen planteneterende nematoden met compost, en hogere aantallen planteneters met minerale mest, in de compostproef bij Gent.

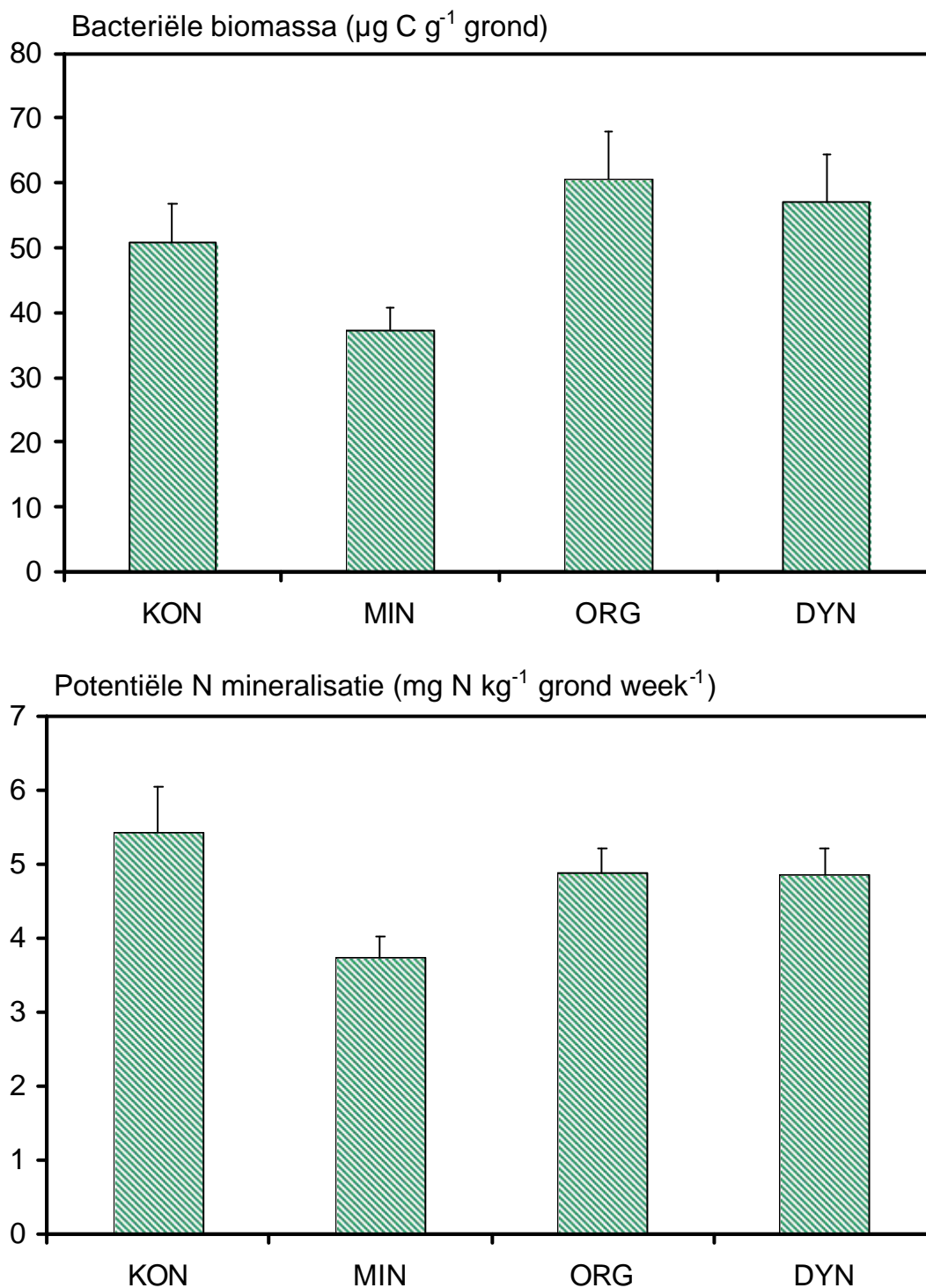
#### **4.1.5 Tijd en geld**

Veranderingen in mesttype hebben na langere tijd (tientallen jaren) duidelijke effecten op de organische stof en het bodemleven (Bloem et al., 1997; Mäder et al., 2000; Bloem et al., 2006). Op de Lovinkhoeve leidde 20 jaar organische bemesting tot een 30% hoger organische stofgehalte (Bloem et al., 1994). De aantallen bacteriën waren nauwelijks verhoogd, maar bacterie-etende protozoën en nematoden en de N mineralisatie waren wel met 30% toegenomen, terwijl de N verliezen met 40% waren afgenomen. Hierdoor kon 35% minder minerale mest worden gebruikt. In de zogenaamde "DOK trial" in Zwitserland loopt al sinds 1978 een proef met akkers onder verschillend beheer: conventioneel (minerale mest en dierlijke mest), mineraal (alleen minerale mest), organisch (stalmest) en biodynamisch (gecomposteerde stalmest) (Mäder et al., 2002). De organische systemen hadden een gemiddeld 20% lagere gewasopbrengst in combinatie met een zeer sterke reductie van de input van minerale mest en energie (34 tot 53%) en pesticiden (97%). De verminderde afhankelijkheid van externe input lijkt hier samen te hangen met een verhoogde bodemvruchtbaarheid en bodembiodiversiteit. De organische systemen hadden 40% meer mycorrhiza-schimmels en tot 300% meer regenwormen. Na 27 jaar was de bacterie-biomassa 40 tot 60% hoger met organische mest dan met minerale mest. Dit ging gepaard met een meer dan 30% hogere N mineralisatie (figuur 4.6) (Bloem et al., ongepubliceerd).

Lange termijnproeven wijzen er dus op dat de aanhouder wint. Net als in de Nederlandse proeven waren de verschillen tussen de verschillende organische mesttypen klein. Waarschijnlijk duurt het minstens 5 jaar voordat er duidelijke effecten van veranderd beheer aantoonbaar zijn. Ook akkerbouwers hanteren de vuistregel dat het een vruchtwisseling (ca. 6 jaar) duurt voordat maatregelen resultaat geven. De BBB resultaten laten zien dat niet alleen in oudere proeven (MAK, Gent-compost) maar ook in jongere proeven als Rusthoeve (3 jaar) en Verhoeven (4 jaar) al aanzienlijke verschillen kunnen worden gevonden, in het bijzonder in de N mineralisatie.

Voor het bepalen van de rentabiliteit van verschillende mesttypen zijn verschillende aspecten van belang:

- De kosten van de meststof;
- De kosten van het uitbrengen van de meststof (machines, arbeid);
- De eventuele opbrengstderving vanwege de beperking in de timing bij het uitbrengen;
- De eventuele schade door lagere gewasopbrengst in verband met de synchronisatie van gewasgroei en mineralisatie, nutriëntentekorten en secundaire aantastingen;
- Baten in termen van gewasproductie in verband met een gunstige synchronisatie van gewasgroei en mineralisatie en van gewasgezondheid (betere doorworteling, minder ziekten en plagen);
- Baten in termen van bodemkwaliteit (gemakkelijkere grondbewerking, zaaibedbereiding);
- Korte en lange termijn effecten.



Figuur 4.6: Bacteriële biomassa en stikstofmineralisatie na 27 jaar verschillend beheer in de DOK-proef in Zwitserland. KON is conventioneel (minerale mest en dierlijke mest), MIN is mineraal (alleen minerale mest), ORG is organisch (stalmest) en DYN is biodynamisch (gecomposteerde stalmest).

Bij het toepassen van vaste mest en compost is de timing een grote beperking (zie § 4.1.1), vooral vanwege de langzame mineralisatie. Daarom worden deze mesttypen vrijwel altijd in combinatie met sneller werkende vloeibare of minerale mest toegepast. Vaste mest is dus niet alleen maar vaste mest. Dit kan de reden zijn voor de vrij kleine verschillen tussen de

effecten van de verschillende organische mesttypen op bodemleven en mineralisatie. In het groeiseizoen ontvangen de gewassen snelwerkende, eenvoudig doseerbare meststoffen; buiten het groeiseizoen vindt al of niet bemesting met 'bodemvoedende' (zie § 4.1.1) meststoffen plaats. Voor de teler is inzicht cruciaal in de te verwachten mineralisatie in verhouding tot de gewasbehoefte in het komende seizoen. Pas daarna komen de voordelen van functionele bodembiodiversiteit in beeld. De kosten van de meststoffen en van het machinaal uitbrengen zijn in feite betrekkelijk laag. Vaste mest is relatief duur en kost maximaal €10/ton; minerale mest is echter verreweg het goedkoopst (doordat de maatschappelijke kosten niet meegerekend worden).

Bij de economische analyse van de verschillende strategieën dient duidelijk onderscheid gemaakt worden tussen de effecten op de korte en lange termijn. Bij de vergelijking van drijfmest, vaste mest, GFT compost en groencompost op de Rusthoeve, was het gemiddelde saldo van GFT compost en drijfmest gunstig op de korte termijn (1-3 jaar). Dit kwam vooral door hogere opbrengsten in hoogsalderende gewassen als gevolg van de bijbehorende extra giften met Vinasse in het voorjaar (Koopmans en ter Berg, 2006). Bij het doorrekenen van de langere termijn, over 3 rotaties van 6 jaar, bleek het beeld te verschuiven te gunste van de composten, doordat het gehalte aan organische stof grote gevolgen kan hebben voor de bewerkbaarheid van de grond, waterhuishouding, wortelingsintensiteit, mineralisatie en opkomst van de gewassen.

De afweging voor de boer is: enerzijds een zwakkere controle op de dosering van de meststoffen en het risico van een tragere gewasgroei en anderzijds de redelijke zekerheid van een goede bodemstructuur met een mooier zaaibed, snellere rijdbaarheid, grotere omzettingcapaciteit voor gewasresten en mogelijk betere ziektevering. Voor een economische vergelijking van deze aspecten ontbreken op dit moment kengetallen. Daarbij is risicobeleving moeilijk te kwantificeren. Wel is het mogelijk om de verschillende aspecten te ordenen en sommige financieel te onderbouwen; een dergelijk overzicht zou bruikbaar zijn in praktijkworkshops.

#### **4.1.6 Conclusie**

Veranderingen in mesttype hebben na langere tijd (tientallen jaren) duidelijke effecten op de organische stof en het bodemleven. De verschillen tussen minerale en organische mest zijn groot. In vergelijking met minerale mest leidt organische mest tot een toename van 30 tot 50% in hoeveelheden micro-organismen en/of bodemdieren, en de N mineralisatie. Hierbij is vooral de hoeveelheid organische mest van belang. Effecten van het type organische mest zijn klein. Dit komt waarschijnlijk omdat ook bij stikstofarme vaste mest en compost in het groeiseizoen extra gemakkelijk beschikbare N wordt gegeven. De BBB resultaten laten zien dat ook in jongere proeven (5 jaar) al aanzienlijke verschillen kunnen worden gevonden, vooral in de N mineralisatie.

Vaste mest en compost gaven steeds een hoge mineralisatie. Met drijfmest werd soms een hoge en soms een lagere mineralisatie gevonden. Dit wijst op een variabele samenstelling. Bij een hoge mineralisatie hoeft minder (of geen) minerale mest te worden gebruikt. Wel is het vooral op akkers van belang uitspoeling door braakligging in herfst en winter te beperken door middel van groenbemesters.

Organische meststoffen met een hoge C/N verhouding zoals (groen)compost en vaste mest, breken minder snel af en leiden tot een hoger organische stofgehalte en een betere bodemstructuur. De organische stof stimuleert ook het bodemleven. Micro-organismen en bodemdieren verbeteren de structuur door gronddeeltjes aan elkaar te plakken tot stabiele aggregaten, en door micro- en macroporiën te maken. Hierdoor wordt de vochthuishouding, beluchting en doorwortelbaarheid verbeterd. Bij MAK en Verhoeven bleek een betere structuur uit een hoger percentage kruimel (aggregaten) met compost en vaste mest, vergeleken met minerale mest. Net als bij de mineralisatie was het effect van drijfmest op de structuur wisselend.

Het type organische mest had weinig effect op de hoeveelheden bacteriën en schimmels, en daardoor waarschijnlijk ook niet op de algemene wering van microbiële plantenziekten. De hoeveelheid organische mest is waarschijnlijk veel belangrijker dan het type. Wel waren de aantallen nematoden hoger met vaste mest en compost. Dit geeft een lagere kans op ziekteverwekkende nematoden (aaltjes).

## 4.2 Vruchtwisseling in de Veehouderij

### 4.2.1 Eigenschappen

In grasland heeft scheuren en herinzaai veel invloed op de bodemkwaliteit. Verstoring van de zode is nadelig voor het bodemleven. Echter, door berijden, vertrapping of terugloop van de productieve gras- en/of klaversoorten (kwaliteit van de zode), kan scheuren en herinzaai toch gewenst zijn. Ook de wens om eigen voedergewassen te verbouwen is een sterke prikkel om de nadelen van scheuren voor lief te nemen. Grasland komt daarom in verschillende vormen voor, in een reeks van oud blijvend grasland tot tijdelijk grasland in een nauwe vruchtwisseling.

Motieven voor herinzaai zijn o.a. lage productie, lage voederwaarde, te weinig klaver, slechte botanische samenstelling, bepaalde onkruiden (bijvoorbeeld Ridderzuring) en een slechte ontwatering. Een aantal van deze problemen komt door een slechte bodemstructuur en een slechte beworteling. Het belangrijkste motief voor vruchtwisseling is de teelt van voedergewassen voor een betere samenstelling van het veevoer (rantsoen) en voor een hogere gewasproductie. Door vruchtwisseling kan ook de door klaver opgebouwde stikstof in een volgend voedergewas worden benut. De stikstofarme stoppel die achterblijft na de teelt van voedergewassen is weer ideaal voor de ontwikkeling van een productieve gras/klaver. Daarom passen steeds meer bedrijven vruchtwisseling of een tussengewas toe. Daarnaast kan vruchtwisseling ook de klavercysten-besmetting reduceren.

De vraag is hoe vruchtwisseling het bodemleven beïnvloed. En hoe vruchtwisseling kan worden uitgevoerd met minimale nadelige gevolgen of juist met positieve effecten. Het effect van scheuren kan bijvoorbeeld verzacht worden door de juiste bemesting die het bodemleven helpt herstellen.

### 4.2.2 Hypothese

De hoeveelheden bacteriën, schimmels en regenwormen zijn hoog in blijvend grasland (Bloem et al., 2006). Na grondbewerking is er tijdelijk een sterk verhoogde activiteit van bacteriën en bacterie eters, en daardoor een hogere mineralisatie en gewasproductie (Bloem et al., 1994). Door de versterkte gewasgroei nemen planteneterende nematoden toe, die op hun beurt predatore nematoden stimuleren.

Grondbewerking maakt de bodem luchtiger en mengt organische stof en nutriënten gelijkmatig door de bouwvoor. Hierdoor wordt de grond beter doorwortelbaar en wordt de activiteit van bacteriën en bacterie eters gestimuleerd. Dit versnelt echter de afbraak van organische stof waardoor het bodemleven en de mineralisatie geleidelijk afnemen. Dit komt door de afname van voedsel en door verstoring van het leefmilieu. Vooral schimmels (zowel mycorrhiza als saprotrofe schimmels), schimmeleters en regenwormen nemen sterk af door grondbewerking (Frey et al., 1999; Baily et al., 2002). Schade aan verticale wormgangen en voedsel heeft een groter effect dan directe doding van wormen door grondbewerking (Kloen, 1988).

Vruchtwisseling (grondbewerking) geeft in vergelijking met blijvend grasland, een tijdelijk verhoogde nutriëntenlevering en een verminderde bodemstructuur en ziektevering.

### 4.2.3 Resultaten

Een vruchtwisselingsproef met duidelijke verschillen in bodemleven ligt in Melle bij Gent op een zandige leemgrond. De proef vergelijkt drie soorten landgebruik (bijlage 4):

- 36 jaar oud blijvend grasland met een laag klaveraandeel;
- Vruchtwisseling met 3 jaar gras/klaver gevolgd door 3 jaar voedergewassen;
- 36 jaar continueelt bouwland.

De bacteriële biomassa was laag in grasland en hoog in bouwland. Dit wijkt af van de hypothese. Meestal is de bacteriebiomassa in grasland aanzienlijk hoger dan in akkers (Bloem et al., 2006). De bacteriële activiteit en mineralisatie kwamen wel overeen met de hypothese. De bacteriële groeisnelheid (thymidine inbouw) was het hoogst in de blijvende akker en het laagst (-40%) in het blijvende grasland. De N mineralisatie nam sterk (4x) toe in de volgorde: blijvende akker, tijdelijke akker, tijdelijk grasland, blijvend grasland. Onder vruchtwisseling (tijdelijk grasland en tijdelijke akker) was de mineralisatie duidelijk hoger dan op de blijvende akker, maar lager dan in blijvend grasland (figuur 4.7)

Gras leidde tot een verhoogde hoeveelheid schimmels. De schimmelbiomassa nam sterk (4x) toe in de volgorde: blijvende akker, tijdelijke akker, tijdelijk grasland, blijvend grasland (figuur 4.7). Na drie jaar gras op het tijdelijke grasland waren de schimmels duidelijk hoger dan na drie jaar akkerbouw op de tijdelijke akker. Schimmels kunnen zich dus in 3 jaar tijd redelijk herstellen.

Het totale aantal nematoden was het hoogst onder het blijvende grasland; plantenetende nematoden domineerden hier sterk. Het permanente bouwland had de helft van het aantal nematoden van blijvend grasland met een dominantie van bacterie etende nematoden. Onder vruchtwisseling blijven de nematoden in aantal gelijk maar veranderen qua functionele samenstelling van planteneters (3-jarig grasland) naar bacterie-eters (3-jarig bouwland).

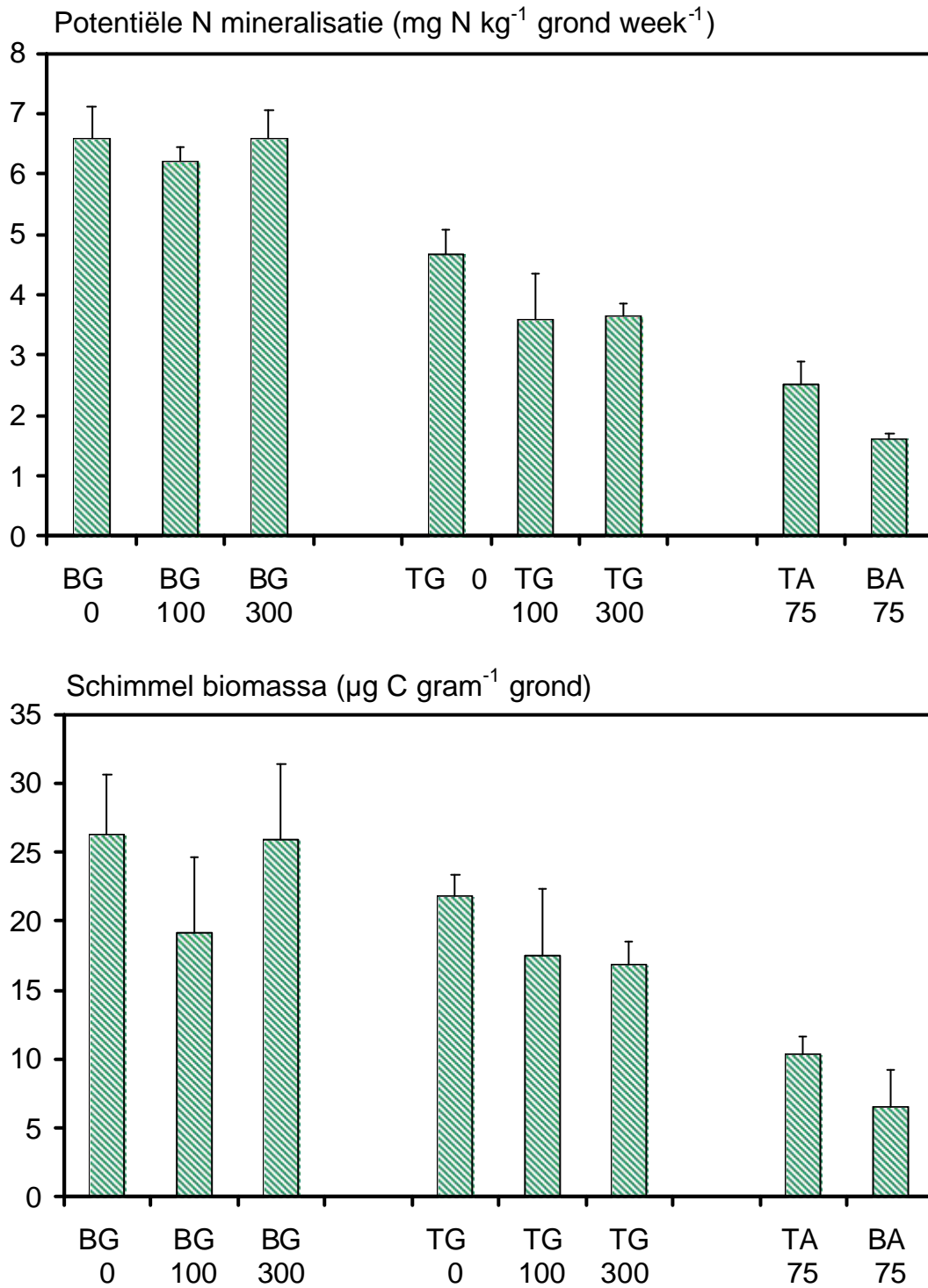
In tegenstelling tot nematoden kunnen de regenwormen zich slecht handhaven bij vruchtwisseling. Al in het eerste jaar bouwland na 3 jaar gras/klaver neemt het aantal regenwormen sterk af, terwijl in het eerste jaar gras/klaver na 3 jaar bouwland het aantal wormen nog niet is toegenomen. Onder blijvend grasland zitten namelijk veel pendelaars die bij vruchtwisseling achteruit gaan door verlies van verticale wormgangen bij grondbewerking.

#### *Effect van leeftijd grasland*

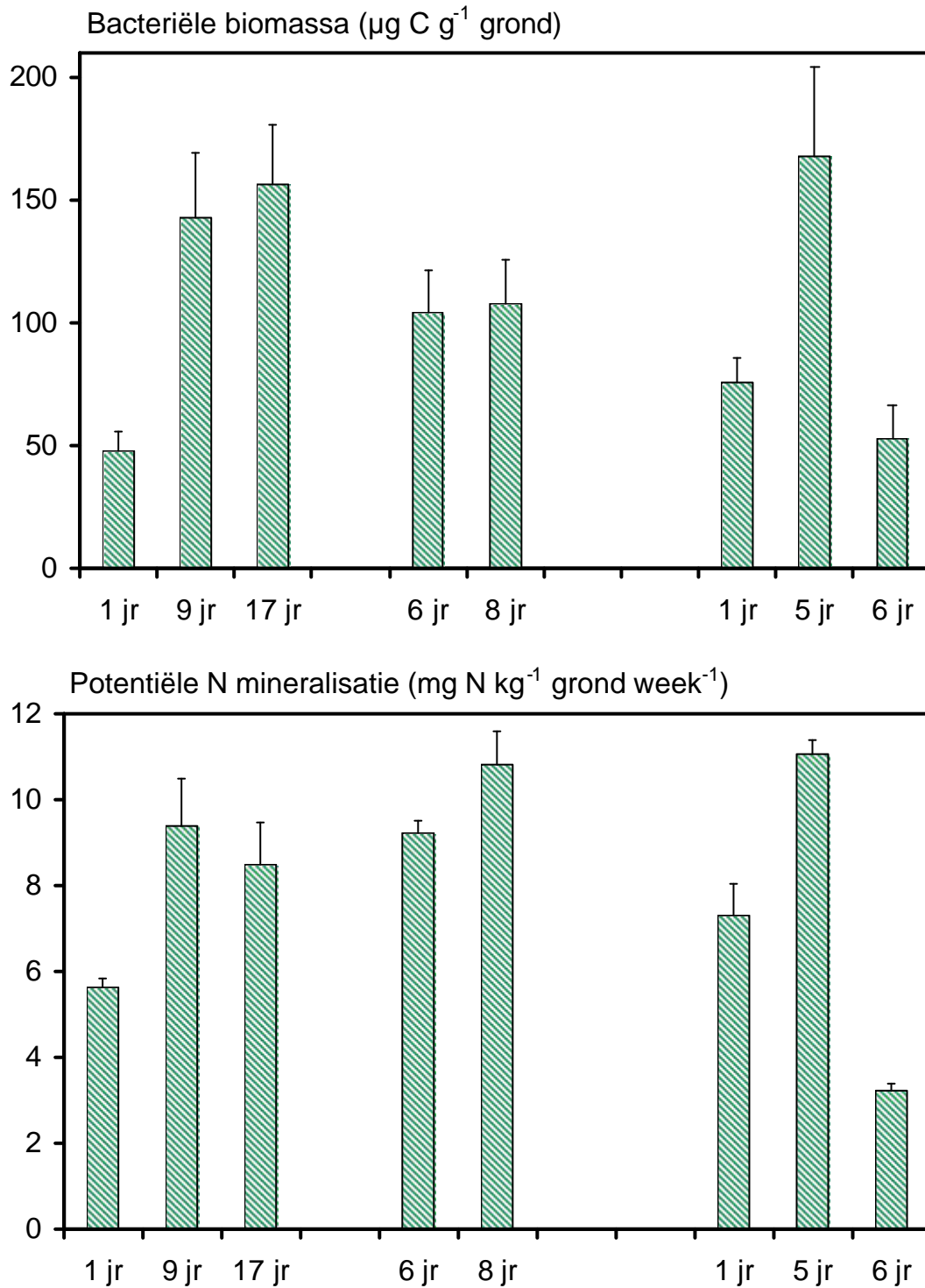
De bacteriële biomassa en de N mineralisatie waren in 5 tot 17 jaar oud grasland op Koeien en Kansen-bedrijven, twee tot driemaal hoger dan in 1 jaar oud grasland (figuur 4.8). In 5 jaar gras kan het bodemleven dus behoorlijk herstellen (Bron: ongepubliceerde data BoBi 2004).

#### *Effect van omploegen van oud grasland*

Bij het omploegen van 50 jaar oud grasland en eenmalige omzetting in bouwland op de Bovenbuurt (Postma-Blaauw et al., in prep.) gingen regenwormen en gedeelte van de nematoden sterk achteruit. Bacteriën en schimmels gingen langzamer achteruit en behielden nog jaren op een hogere dichtheid dan op de 30 jaar oude akker ernaast. Ook de mineralisatie nam in enkele jaren met 20-30% af maar bleef betrekkelijk hoog, als gevolg van het hoge organische stofgehalte. Dit leidde tot een relatief hoge uitspoeling, vooral in de periode dat er geen gewas stond. Het permanente grasland had een hoge microbiële biomassa met een lage groeisnelheid. Hier was de stikstofuitspoeling het laagst. Een behandeling waarbij 30 jaar oude akker werd omgezet in nieuw 'permanent' grasland gaf na drie jaar nog weinig verschil in bacteriën, maar wel een verdubbeling in de hoeveelheid schimmels en N mineralisatie. De opbouw van bacteriële biomassa en een bodemfauna die representatief is voor grasland vereist dus een langere periode dan 3 jaar.



Figuur 4.7: Stikstofmineralisatie en biomassa van schimmels in blijvend grasland (BG), tijdelijk (3 jaar) grasland (TG), tijdelijke (3 jaar) akker (TA) en blijvende akker (BA). Proef in Gent 2004



Figuur 4.8: Biomassa van bacteriën en stikstofmineralisatie in grasland van verschillende leeftijd (Koeien en Kansen bedrijven)



#### 4.2.4 Effect op bodemdiensten

Blijvend grasland heeft een hoog organisch stofgehalte, hoge aantallen micro-organismen en bodemdieren en een goed ontwikkeld voedselweb. Dit gaat gepaard met een hoge mineralisatie (nutriëntenlevering), goede bodemstructuur en hoge ziektevering. Blijvend grasland is dus positief voor de drie belangrijke bodemdiensten op gebied van nutriënten, structuur en ziektevering. De bodemdiensten lijden onder scheuren want scheuren van grasland leidt tot geleidelijke achteruitgang van organische stof, micro-organismen en mineralisatie, en tot een snelle achteruitgang van regenwormen en sommige soorten nematoden.

In een vruchtwisseling kunnen de in beginsel nadelige effecten van scheuren op bodemdiensten worden tegengegaan of gecompenseerd. Bodemleven in bouwland kan door het inzaaien van gras betrekkelijk snel herstellen.

#### 4.2.5 Tijd en geld

Door het inzaaien van gras op bouwland kan het bodemleven en de mineralisatie al in 5 jaar sterk worden verhoogd. Gras werkt sneller dan organische mest. Bij akkerbouw zonder bestrijdingsmiddelen worden vruchtwisselingen van 6 jaar of langer toegepast. In dit ruime bouwplan kunnen de organische stof en de ziektevering op peil worden gehouden door een combinatie van kunstweiden en organische mest. In de akkerbouwproef DOB te Nagele bleek het organische stofgehalte na 24 jaar nog steeds te stijgen (Van der Werff, 1994). De aanhouder wint, althans op een termijn van minstens 10 jaar.

Het scheuren van grasland heeft belangrijke kostenaspecten. De kosten van scheuren, inzaai en onkruidbestrijding wegen zwaar. Deze wegen echter op tegen de nadelen van een slechte botanische samenstelling en verdichte structuur die zich uiten in tegenvallende grasproducties, vooral in perioden met ongunstig weer. Maar zolang de zode goed is en de structuur voldoende, zijn de nadelen voor het bodemleven op middellange termijn groter dan de voordelen van grasproductie op korte termijn.

#### 4.2.6 Conclusie

Blijvend grasland heeft een hoog organische stofgehalte, hoge aantallen micro-organismen en bodemdieren en een goed ontwikkeld voedselweb. Dit gaat gepaard met een hoge mineralisatie (nutriëntenlevering), goede bodemstructuur en hoge ziektevering. Scheuren van grasland leidt tot geleidelijke achteruitgang van organische stof, micro-organismen en mineralisatie, en tot een snelle achteruitgang van regenwormen en sommige soorten nematoden. Omgekeerd kan door het inzaaien van gras op bouwland het bodemleven en de mineralisatie al in 5 jaar sterk worden verhoogd. Gras werkt sneller dan organische mest. Onder vruchtwisseling is de mineralisatie duidelijk hoger dan op een blijvende akker, maar lager dan in blijvend grasland.

Bij een slechte graszode wegen de kosten van scheuren, inzaai en onkruidbestrijding op tegen de nadelen van een slechte botanische samenstelling en verdichte structuur. Maar zolang de zode goed is en de structuur voldoende, zijn de nadelen voor het bodemleven op middellange termijn groter dan de voordelen van grasproductie op korte termijn.



## 5. CONCLUSIES

Een duurzaam bodembeheer maakt gebruik van de diensten die de bodem levert, onderhoud ze en put ze niet uit (TCB 2003). In het nieuwe bodembeleid van de rijksoverheid en bij de transitie naar een duurzame landbouw staan deze diensten centraal. In het BBB-project is daarom specifiek gekeken naar de invloed van management maatregelen op het bodemleven en haar diensten. In het project Referenties Biologische Bodemkwaliteit (Rutgers et al., 2005) is een systematiek ontwikkeld voor het leggen van een relatie tussen diensten en bodemkwaliteitsparameters inclusief het bodemleven.

In het landbouwbedrijfsleven is een toenemend besef van de grenzen van de intensivering in de landbouw als gevolg van problemen met de bodem. Agrarische ondernemers hebben een zakelijk belang bij de bodemdiensten op gebied van de bodemvruchtbaarheid (zoals nutriënten recycling), structuurvorming en ziektevering. Maar zij hebben weinig kennis over de relatie tussen maatregelen en de bodemvruchtbaarheid. Het effect van concrete maatregelen op bodembiodiversiteit en diensten is voor hun onduidelijk en onderwerp van dit onderzoek.

Het conceptueel kader van het project BBB, dat een relatie legt tussen maatregelen, bodemorganismen en diensten bleek goed te voldoen als hulpmiddel in de evaluatie. Ook is gebleken dat bodembiodiversiteit en haar ecologische diensten gericht gestuurd kunnen worden. Deze stuurbaarheid is vastgesteld door onderzoek aande domeinen mesttype in de akkerbouw en veehouderij en vruchtwisseling in de veehouderij.

De maatregel 'mesttype op grasland' betreft de invloed van verschillende typen organische meststoffen (vaste mest, compost, drijfmest) evenals minerale mest op de aantallen en samenstelling van het bodemleven. Organische en minerale meststoffen in grasland hebben een duidelijk verschillend effect op de bodembiodiversiteit wat betreft bacteriën, schimmels, nematoden en wormen. Verschillen tussen de typen organische mest zijn klein gebleken. Organische mest geeft een hogere bacteriebiomassa en bacterieactiviteit in vergelijking tot minerale mest. Hierdoor is de N-mineralisatie tot 30% hoger met organische mest dan met minerale mest. Organische mest geeft ook meer nematoden in grasland dan minerale mest. Gebruik van verschillende organische mestsoorten op grasland geeft geen verschil in aantallen regenwormen. Wel stimuleert vaste mest het aantal regenwormen uit de groep pendelaars, die een belangrijke rol spelen voor de dienst 'structuur' onder grasland.

De effecten van mesttype in graslandbodem op bodemleven resulteren in de vervulling van de dienst 'nutriënten' door middel van het effect van organische meststoffen op de activiteit van de microflora en de daarmee samenhangende voedselketens. Ook resulteert een effect op de dienst 'structuur' door het effect van organische meststoffen met een hoge C/N quotiënt zoals vaste mest, op de activiteit van microflora en de dichtheid van pendelende regenwormen.

De effecten op bodemleven van minerale versus organische mest verschillen ook sterk in de akkerbouw. In vergelijking met minerale mest leidt organische mest tot een toename van 30 tot 50% in hoeveelheden micro-organismen en N mineralisatie. Onderlinge verschillen tussen organische mesten (drijfmest, vaste mest en compost) zijn klein. Het mesttype vertoont de sterkste effecten op de stikstofmineralisatie in de bodem en de samenstelling van bepaalde nematoden groepen. De CO<sub>2</sub>-respiratie reageert sterk op wijzigingen in het mesttype. Het blijkt dat de structuurkenmerken van de bodem verbeteren bij de inzet van compost en vaste mest. Het effect van drijfmest op de structuur is wisselend. Opvallend is dat de bacteriële- en schimmel biomassa niet significant reageren en daarmee als indicator voor de bodembiodiversiteit minder geschikt lijken te zijn.

In grote lijn kan gesteld worden dat vaste mest en drijfmest het sterkst werken op de dienst 'nutriënten' en vaste mest en compost het sterkst op de dienst van 'structuur'. De dienst 'ziektewering' kan bevorderd worden via het bodemleven door een evenwichtige nematodencompositie als gevolg van vaste mest of drijfmest.

In gunstige gevallen geeft verandering van mesttype in de praktijk al na 3 jaar een meetbaar verschil in de stikstofmineralisatie. Het bodemleven en haar dienstenverlening in de richting van bodemvruchtbaarheid zijn dus op vrij korte termijn te beïnvloeden.

Bij de economische analyse van de verschillende strategieën is het nodig om onderscheid te maken tussen effecten op de korte (1-3 jaar) en op de lange termijn. De inzet van organische meststoffen betekent voor de boer een zwakkere controle op de dosering van de meststoffen en het risico van een tragere gewasgroei. Anderzijds is er bij inzet van organische meststoffen de zekerheid van een goede bodemstructuur met een mooier zaaibed, snellere berijdbaarheid, grotere omzetting capaciteit voor gewasresten op wat langere termijn. Voor een economische vergelijking van deze aspecten ontbreken op dit moment kengetallen.

Voor de maatregel vruchtwisseling in de veehouderij geldt dat blijvend grasland leidt tot een hoog organische stofgehalte, hoge aantallen micro-organismen en bodemdieren en een goed ontwikkeld voedselweb. Dit gaat gepaard met een hoge mineralisatie (nutriëntenlevering), goede bodemstructuur en hoge ziektewering. Scheuren van grasland leidt tot geleidelijke achteruitgang van organische stof, micro-organismen en mineralisatie, en tot een snelle achteruitgang van regenwormen en sommige soorten nematoden. Maar onder vruchtwisseling is de mineralisatie beduidend hoger dan op een blijvende akker. Door de inzaai van gras op bouwland kan het bodemleven en de mineralisatie in 5 jaar sterk worden verhoogd en dus snel herstellen. Gras is hierbij effectiever dan organische mest.

Bij het maatregelenmanagement is de vuistregel dat continueteelt snijmaïs voorkomen moet worden en er dus zoveel mogelijk een vruchtwisseling moet plaatsvinden. Binnen deze vruchtwisseling is belangrijk om de graslandperiode zoveel mogelijk te verlengen en de bouwlandfase te verkorten.

Het uitwerken van de overige praktijkmaatregelen, analoog aan de werkwijze in het project BBB, kan het inzicht de stuurbaarheid van het bodemleven en ecologische diensten completeren. De experimenten uit dit BBB project wijzen erop dat de parameterset ten behoeve van de referentiewaarden verder kan worden vereenvoudigd naar metingen aan: N-mineralisatie, nematoden, regenwormen, structuurbepalingen en algemene chemische kenmerken. Op dit moment is het wel nodig om de parameterset nog verder te ontwikkelen.

## LITERATUUR

- Alexander, M. 1977. Introduction to Soil Microbiology. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Bailey, V.L., J.L. Smith en H. Bolton Jr, 2002. Fungal-to-bacterial ratios in soils investigated for enhanced C sequestration. *Soil Biology and Biochemistry* 34:997-1007.
- Bardgett, R.D., J.L. Mawdsley, S. Edwards, P.J. Hobbs, J.S. Rodwell en W.J. Davies, 1999. Plant species and nitrogen effects on soil biological properties of temperate upland grasslands. *Functional Ecology* 13: 650-660.
- Bittman, S., T.A. Forge en C.G. Kowalenko, 2005. Responses of the bacterial and fungal biomass in a grassland soil to multi-year applications of dairy manure slurry and fertilizer. *Soil Biology and Biochemistry* 37: 613-623.
- Bloem, J. A.J. Schouten, S.J. Sørensen, M. Rutgers, A. van der Werf en A.M. Breure, 2006. Monitoring and evaluating soil quality. In "Microbiological Methods for Assessing Soil Quality" (J. Bloem, A. Benedetti and D.W. Hopkins, editors), pp. 23-49. CABI, Wallingford, UK.
- Bloem, J., P.C. De Ruiter en L.A. Bouwman, 1997. Soil food webs and nutrient cycling in agroecosystems, p. 245-278, In J. D. van Elsas, et al., eds. *Modern Soil Microbiology*. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Bloem, J., G. Lebbink, K.B. Zwart, L.A. Bouwman, S.L.G.E. Burgers, V.J.A. De en R.P.C. De, 1994. Dynamics of microorganisms, microbivores and nitrogen mineralisation in winter wheat fields under conventional and integrated management. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 51:129-143.
- Bodem+, 2006. Duurzaam bodemgebruik in de landbouw – een beoordeling van agrarisch bodemgebruik in Nederland. Rapport SenterNovem Bodem+, Den Haag.
- Bokhorst, J. en C. ter Berg, 2001. Handboek mest en compost –behandelen, beoordelen & toepassen-. Uitgave Louis Bolk Instituut, Driebergen. 292 pp.
- Breure, A.M., M. Rutgers, J. Bloem, L. Brussaard, W. Didden, G. Jagers op Akkerhuis, Ch. Mulder, A.J. Schouten en H.J. van Wijnen, 2003. Ecologische kwaliteit van de bodem. RIVM rapport 607604005, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven. 32 pp.
- Brussaard, L., 1998. Soil fauna, guilds, functional groups and ecosystem processes. *Applied Soil Ecology* 9, 123-135.
- De Vries, F.T., E. Hoffland, N. Van Eekeren, L. Brussaard and J. Bloem. In prep. Fungal/bacterial ratios in grasslands with contrasting management. *Soil Biology and Biochemistry*.
- Edwards, C.A. en J.R. Lofty, 1982. Nitrogenous fertilizers and earthworm populations in agricultural soils. *Soil Biology and Biochemistry* 14: 515-521.
- Eekeren, N. van, E. Heeres en F. Smeding, 2003. Leven onder de graszode -Discussiestuk over het beoordelen en beïnvloeden van bodemleven in de biologische melkveehouderij. LBI 2003-LV52, Louis Bolk Instituut, Driebergen. 149 pp.
- Eekeren, N. van, G. Iepema en M. van Liere, 2005. De kracht van klaver -Handleiding voor de teelt en voeding van grasklaver. LV59, Louis Bolk Instituut, Driebergen. 27 pp.
- Frey, S.D., E.T. Elliott en K. Paustian. 1999. Bacterial and fungal abundance and biomass in conventional and no-tillage agroecosystems along two climatic gradients. *Soil Biology and Biochemistry* 31: 573-585.
- Garbeva, P., J. Postma, J.A. van Veen en J.D. van Elsas, 2006. Effect of above-ground plant species on soil microbial community structure and its impact on suppression of *Rhizoctonia solani* AG3. *Environmental Microbiology* 8 (2), 233-246
- Henriksen, T.M. en T.A. Breland. 1999. Nitrogen availability effects on carbon mineralization, fungal and bacterial growth, and enzyme activities during decomposition of wheat straw in soil. *Soil Biology and Biochemistry* 31:1121-1134.
- Kloen, H., 1988. Introductie en handhaving van regenwormen in gemengde biologische bedrijven. Scriptie Landbouwuniversiteit, Wageningen.
- Koopmans, C.J. en J.G. Bokhorst, 2002. Nitrogen mineralization in organic farming systems: validation of the NDICEA model. *Agronomie*, 22: 855-862.

- Koopmans, C.J. en L. Brands, 2003. Testkit bodemkwaliteit. Ondersteuning van duurzaam bodembeheer. Louis Bolk Instituut. 92 pp.
- Koopmans, C.J. en C. ter Berg, 2006. Bodem en bemesting in de biologische landbouw op proefboerderij Rusthoeve 2003-2005. Louis Bolk Instituut, Driebergen. 65 pp.
- KWIN-V, 2005. Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2005-2006. Praktijkboek 86. Animal Sciences Group, WUR, Wageningen.
- Mäder, P., S. Edenhofer, T. Boller, A. Wiemken en U. Niggli, 2000. Arbuscular mycorrhizae in a long-term field trial comparing low-input (organic, biological) and high-input (conventional) farming systems in a crop rotation. *Biology and Fertility of Soils* 31:150-156.
- Mäder, P., A. Fliessbach, D. Dubois, L. Gunst, P. Fried en U. Niggli, 2002. Soil fertility and biodiversity in Organic farming. *Science* 296: 1694-1697.
- Mulder, C., J.C. Cohen, H. Setälä, J. Bloem en A. Breure, 2001. Bacterial traits, organism mass, and numerical abundance in the detrital soil food web of Dutch agricultural grasslands. *Ecology Letters*, 7.
- Mulder, C., D.D. Zwart, H.J. van Wijnen, A.J. Schouten en A.M. Breure, 2003. Observational and simulated evidence of ecological shifts within the soil nematode community of agroecosystems under conventional and organic farming. *Functional Ecology* 17, 516-525.
- Oksanen, L., Oksanen, T., Ekerholm, P., Moen, J., Lundberg, P., Schneider en M., Aunapuu, M., 1996. Structure and dynamics of arctic-subarctic grazer webs in relation to primary productivity. In: G.A. Polis en K.O. Winemiller, *Food webs: integration of patterns and dynamics*. Chapman & Hall, New York, 231-242.
- Postma-Blaauw et al. , in prep. Manuscript WUR-Alterra, Wageningen.
- Rutgers, M., 2006. Ongepubliceerde data, manuscript. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Rutgers, M, Ch. Mulder, A.J. Schouten, J.J. Bogte, A.M. Breure, J. Bloem, G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis, J.H. Faber, N. van Eekeren, F.W. Smeding, H. Keidel, R.G.M. de Goede en L. Brussaard, 2005. Typering van bodemecosystemen -Duurzaam bodemgebruik met referenties voor biologische bodemkwaliteit. RIVM rapport 607604007/2005. RIVM, Bilthoven.
- Schouten, A.J., L. Brussaard, P. Ruiter, P.C. de, Siepel, H. en N.M. van Straalen, 1997. Een indicatorsysteem voor life support functies van de bodem in relatie tot biodiversiteit. RIVM-rapport 712910005, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Schouten, A.J., A.M. Breure, J. Bloem, W. Didden, P.C. de Ruiter en H. Siepel, 1999. Life support functies van de bodem: operationalisering t.b.v. het biodiversiteitsbeleid. RIVM rapport 607601003, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven. 55 pp.
- Schouten, A.J., M. Rutgers en A.M. Breure, 2001. BoBi op weg -Tussentijdse evaluatie van het project Bodembioologische Indicator-. RIVM rapport 607604002, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Smeding, F.W., N. van Eekeren en A.J. Schouten, 2005. Bodemvoedselwebben op melkveebedrijven -Methode voor een kwalitatieve analyse van de voedselwebstructuur. Intern rapport 14, Bioveem, Lelystad. 36 pp.
- TCB, 2003. Advies duurzamer bodemgebruik op ecologische grondslag. Technische Commissie Bodembescherming, Den Haag. 94 pp.
- Thijssen E., C.J. Koopmans en H. Prins., 2006. Rekenen met duurzaamheid®. Projectvoorstel LEI en LBI.
- Vinten, A.J.A., A.P. Whitmore, J. Bloem, R. Howard en F. Wright, 2002. Factors affecting N immobilisation/mineralisation kinetics for cellulose-, glucose- and straw-amended sandy soils. *Biology and Fertility of Soils* 36:190-199.
- Werff, P.A. van der, 1994. Toegepaste bodemoecologie in de ecologische landbouw. Syllabus, Wageningen Universiteit. 40 pp.
- Wolfert, J., 2002. Sustainable Agriculture: How to make it work? -A modelling approach to support management of a mixed ecological farm. Proefschrift WUR. 278 pp.
- Yeates, G.W., R.D. Bardgett, R. Cook, P.J. Hobbs, P.J. Bowling, and J.F. Potter, 1997. Faunal and microbial diversity in three Welsh grassland soils under conventional and organic management regimes. *Journal of Applied Ecology* 34, 453-470.

## BIJLAGEN

### Bijlage 1a. Algemene methode van de veldexperimenten 2004-2005

#### Bemonstering

In de experimenten zijn parameters bemonsterd die grotendeels overeenkomen met de parameterset van de Bodembioologische Indicator (Schouten et al., 1997, 1999) (zie Hoofdstuk 3, tabel 3.3). De methoden van bemonstering (veldwerk, extractie, telling) van biotische, fysische en chemische kenmerken is beschreven door Schouten et al. (2002).

In het project BBB wordt op iedere locatie dezelfde standaard parameterset toegepast. Een uitzondering zijn locaties met een specifieke vraagstelling. Dit geldt bijvoorbeeld voor de verdichtingsproef in Aver Heino in het voorjaar van 2005; omdat in deze proef verdichting centraal stond zijn aanvullende bepalingen aan verdichting verricht.

#### Statistische verwerking

De statistische vergelijking van de effecten op de onderzochte varianten is uitgevoerd met het statistische programma GENSTAT. Met dit programma is een variantie analyse uitgevoerd. Indien van toepassing op de specifieke proefsituatie, is er gecorrigeerd voor blokeffecten.

Verschillen  $P < 0,05$  zijn als significant beschouwd. Verschillen met  $0,05 < P < 0,1$  worden beschouwd als trend. Verschillen tussen  $0,1 < P < 0,15$  als lichte trend. Deze ruime opvatting van  $P$  wordt gelegitimeerd door de grote variatie in het veld en het exploratieve karakter van de studie.

#### Interpretatie

Bij de rapportage staan de kenmerken die genoemd zijn in de hypothese centraal. Dat betreft meestal bodembiodiversiteit: soortengroepen of algemene bodemlevenindicatoren. Zijdellings wordt aandacht besteed aan fysische en chemische kenmerken; vooral ook indien deze kenmerken een indicatie geven voor het vervullen van de functie door de maatregelen. Een maatregel kan echter ook direct, zonder tussenkomst van het bodemleven, de functie vervullen, bijvoorbeeld met betrekking tot structuur of organische stof.

**Bijlage 1b. Overzicht van locaties met relevante experimenten:**

De in het project BBB benoemde maatregeldomeinen (kolom links) en de locaties waar in kader van BBB in 2004 en 2005 (kolommen 2 en 3) experimenten plaatsgevonden met betrekking tot deze domeinen. In de rechter kolom voorgenomen experimenten gericht op (resterende) kennislacunes ten aanzien van de maatregeldomeinen.

	2004	2005	planning 2006
<b>Topmaatregelen veehouderij</b>			
Mesttype	Verhoeven	Gent-compost	
Bemestingsniveau	Gent	Gent-compost	
Vruchtwisseling	Gent		Aver Heino
Bekalken	Hengstven		
Verdichting voorkomen		Aver Heino	
Gras versus klaver			Aver Heino
Grondbewerking			
Mest boven- versus ondergronds			
Maaitijdstip			
<b>Topmaatregelen Akkerbouw</b>			
Mesttype	MAK	Rusthoeve	
Bestrijdingsmiddelen		Robben	
Verdichting voorkomen			Korteweg
Groenbemester			Joppe/Vredepeel
Bekalken			Joppe/Vredepeel
Bemestingsniveau			
Vruchtwisseling			
Grondbewerking			
Mesttijdstip			
Mengteelt			

Overzicht van maatregeldomeinen (links) en locaties waar al voorafgaand aan het project BBB experimenten hebben plaatsgevonden met betrekking tot deze domeinen (rechts).

<b>Topmaatregelen veehouderij</b>	<b>Locaties met potentiële onderzoeksgegevens</b>
Gras versus klaver	Aver Heino 2003, COST Wag, Gent
Mesttype (kwaliteit, toevoegmiddelen)	Bakel 2004, AH 2003, VelVanla 2004, de Marke JS, Verhoeven
Bovengronds - ondergronds	VelVanla 2003
Mestniveau	Gent, AH 2003, Bakel (2004 één niveau)
Vruchtwisseling/scheuren/maïs	Gent 2004, AH 2005, AH vruchtwisseling
Verdichting	
Maaitijdstippen/vegetatie	BoBi project
Bekalken	Ossenkampen, AH 2003, Nederweert, Hengstven
<b>Topmaatregelen Akkerbouw</b>	<b>Locaties met potentiële onderzoeksgegevens</b>
Mesttype	MAK, Rusthoeve
Mestniveau	Korteweg, Lovinkhoeve
Mesttijdstip	
Groenbemester	
Bestrijdingsmiddelen	FAB Hoekse waard, OBS
Vruchtwisseling/gewastype	Bovenbuurt/Droevendaal, Meterik, Vredepeel, Lovinkhoeve
Verdichting	Korteweg, Wieringermeer
Grondbewerking	Korteweg
Bekalken	Bovenbuurt/Droevendaal
Mengteelt	bedrijven Partnergewas



## Bijlage 2. Mest als Kans 2004: mesttype op bouwland

**Locatie:** Proefveld Mest als Kans, Jupiterweg 9, Lelystad.  
**Bodem:** Lichte zavel met 7% lutum en 1,7% organische stof.  
**Proef:** Bemestingsproef aangelegd in 1999. De proef bestaat uit 13 varianten in 4 herhalingen. Zesjarige vruchtwisseling met tarwe, aardappelen, uien, diversen, 2 jr. kunstweide.  
**Meting:** Oktober 2004.

### Inleiding

Bij het sturen van bodembiodiversiteit in de bouwvoor ter ondersteuning van de productie, heeft het mesttype een centrale positie. Sleutelfactoren voor het bodemleven zijn de hoeveelheden koolstof en stikstof in de mest; maar ook de andere nutriënten en de invloed op de pH spelen mee. Wat betreft mesttype is er vooral veel onzekerheid over de middenlange en lange termijn effecten via het bodemleven, op de bodemkwaliteit. Met meer kennis over het effect van mesttype op bodemkwaliteit kunnen telers gericht sturen op deze maatregel.

### Vraagstelling

Wat is het effect van minerale mest, groencompost en stalmest op het bodemleven groepen en aan bodemleven gerelateerde bodemkenmerken? En wat zijn aan de hand van de gevonden effecten, implicaties voor het vervullen van functies?

### Hypothese

Stalmest heeft het sterkste en compost het zwakste effect op de dichtheid en activiteit van bacteriën en daarmee op bacterie-etende nematoden. Dit hangt samen met de beschikbaarheid van nutriënten in een vorm die voor bacteriën gunstig is. Dit proces heeft een positief effect op structuurkenmerken. Minerale mest levert ook veel nutriënten; deze worden echter sneller door het gewas opgenomen zonder tussenkomst van de bacteriën. Compost bevordert door haar C-component, het meest de schimmeldichtheid en activiteit en daarmee de schimmeletende nematoden. De snelle groei bevordert de werking van minerale mest op gewas en worteling en zal planten-etende nematoden bevorderen. Bij stalmest zullen de meeste predatore nematoden voorkomen vanwege de hoogste aantallen bacterie-etende nematoden in combinatie met matige aantallen van schimmeletende en planten-etende nematoden.

### Opzet van het experiment

In 2004 zijn metingen verricht in drie varianten: minerale mest (MM), vaste mest (VM) en compost (COM). De stalmest betrof een rundveemest uit een potstal, de compost betrof een groencompost. De proef ligt in 4 herhalingen per variant; afmetingen van de velden bedraagt 9 x 7m. Bemestingen vonden plaats in het voorjaar van 1999, 2000, 2001, 2003. De vruchtvolgorde in 1999-2004 was: kool-aardappel-rode biet-winterpeen-pastinaak-broccoli. Metingen vonden plaats bij de oogst van het broccoli gewas.

Tabel 2.1: Gemiddelde mestgiften in de periode 1999-2004.

Variant	Gift (ton/ha)	Eff. Org. Stof (ton/ha)			
			N	P2O5 (ton/ha)	K2O
Minerale mest MM	0.55	0	67	56	99
Vaste mest VM	25	2.325	146	77	234
Groencompost COM	38	6.775	184	87	165

Tabel 2.2: Samenstelling van de meststoffen op proefveld MAK in 2003, in gram per kilogram.

Meststof	C/N	droge stof	org. stof	N	(g/kg)		
					N-NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Minerale mest MM	0	0	0	120	0	100	180
Vaste mest VM	12	210	153	5.9	0.4	3	7
Groencompost COM	22	674	232	4.8	0.2	4	7

## Resultaten

De verschillen in bemesting met respectievelijk minerale mest, vaste mest (stalmest) en compost leidden niet tot verschillen in de hoeveelheden schimmel- en bacteriële biomassa (tabel 2.3). Wel zijn er verschillen in bacteriële activiteit gemeten door middel van de CO<sub>2</sub> respiratie. De potentiële stikstofmineralisatie lag significant hoger in de minerale mest variant vergeleken met de vaste mest en groencompost. De bacteriële groeisnelheid (thymidine en leucine inbouw in DNA en eiwitten) gaf de hoogste gemiddelde waarden in de vaste mest maar verschilde daarin niet significant van de andere twee varianten.

De aantallen nematoden verschilden niet tussen de varianten. Een licht significant effect werd gevonden bij de plantenetende nematoden. Wel verschilden de verhoudingen tussen de trofische groepen. Significante verschillen werden gevonden tussen de percentages nematoden die bacteriën en schimmels foerageren. In lijn met de hypothese waren de meeste schimmetende en minste bacterie-etende nematoden te vinden in de variant met gebruik van compost (COM). Geen effect werd gevonden op de regenwormen.

In lijn met de hypothese had minerale mest (MM) een negatief effect op de structuurkenmerken: het percentage kruimelstructuur (P=0.01) en het gehalte aan organische stof (P=0.03) waren in de minerale variant het laagst. Dit kan mede veroorzaakt zijn door een lagere dichtheid en activiteit van het bodemleven.

## Discussie en conclusie

Bij deze maatregel 'Mesttype op bouwland' werden vrij veel significante effecten gevonden zowel op de biotische alsook op de fysische en chemische bodemeigenschappen. De bacterie- en schimmel biomassa reageerden niet meetbaar significant. Wel reageerde de stikstofmineralisatie licht significant en de aan de omzetting van organische stof gerelateerd CO<sub>2</sub> respiratie.

De hogere groei en mineralisatie bij gelijke bacterie biomassa in de minerale mest en vaste mest kan wijzen op hogere begrazing door bacterivoren. Dit wordt bevestigd door de grotere aantallen bacterie-etende nematoden bij de vaste mest terwijl in de compostvariant de schimmetende nematoden overheersten.

Het blijkt dat structuurkenmerken reageren op zowel compost als stalmest; maar daarbij is niet zeker wat de bijdrage is van de activiteit van het bodemleven.

## Functies en parameterkeuze

Uit de waarnemingen blijkt dat compost en vaste mest beiden positieve effecten hebben op de bodemvruchtbaarheid of 'productiefunctie' van de bodem voor landbouw en natuur. Met de waargenomen verschillen in organische stof worden verschillen zichtbaar in de potenties voor levering en het vasthouden van voedingsstoffen in de bodem. De parameters organische stof en CO<sub>2</sub> respiratie reageerden hierbij significant. Ook blijken er effecten op een deelaspect van bodemvruchtbaarheid: de bodemstructuur met de verschillen in structuurkenmerken zoals aggregaatvorming en daaraan gekoppelde waterretentie. De structuurbeoordeling was een parameter die hierbij significante verschillen vertoonde.

Vanwege de effecten op de CO<sub>2</sub> respiratie en significante effecten op de nematoden kan een verschil in de functie ziektevering en het natuurlijke vermogen van de bodem om ziekten en plagen te onderdrukken worden verwacht (Blok en Postma, pers. comm.).

Tabel 2.3: Resultaten proefveld MAK van het effect van mesttypen minerale mest (MM), vaste mest (VM) en groencompost (COM) op de biotische, fysisch en chemische bodemeigenschappen.

Parameter	Eenheid	MM	VM	COM	P
<b>Biotisch</b>					
Bacteriële biomassa	µg C/g soil	91,7	92,9	94,1	NS
Thymidine inbouw	pmol/g soil/hr	97,7	106,2	96,0	NS
Leucine inbouw	pmol/g soil/hr	733	761	684	NS
Schimmel biomassa	µg C/g soil	18,7	15,8	14,6	NS
Actieve hyfen	%	46,5	49,3	45,7	NS
Potentiële N-mineralisatie	mg N/kg/week	3,9 b	3,8 ab	3,2 a	0,077
Potentiële C-mineralisatie	mg C/kg/week	*	*	*	*
Nematoden aantal	n/100g grond	963	1105	929	NS
Nematoden bacterie-etend	n/100g grond	591	666	457	NS
Nematoden schimmeletend	n/100g grond	47	43	97	NS
Nematoden plantenetend	n/100g grond	131 a	201 b	158 ab	0,093
Nematoden predator	n/100g grond	194	195	217	NS
Wormen biomassa	g/m <sup>2</sup>	11	13	15	NS
Strooiselbewoners	n/m <sup>2</sup>	0	0	0	NS
Bodembewoners	n/m <sup>2</sup>	100	75	100	NS
Pendelaars	n/m <sup>2</sup>	0	0	0	NS
<b>Fysisch</b>					
Structuur kruimel	% in 0-10 cm	59 a	68 b	74 b	0,012
Structuur afgerond	% in 0-10 cm	41 b	31 a	26 a	0,015
Structuur scherp	% in 0-10 cm	0	0	0	NS
Wortels op 10 cm	n per 400 cm <sup>2</sup>	*	*	*	*
Wortels op 20 cm	n per 400 cm <sup>2</sup>	45	67	77	NS
<b>Chemisch</b>					
Org.stof	%	1,6 a	1,7 b	1,7 ab	0,031
Lutum	%	8	7	7	NS
pH-KCL		7,3	7,4	7,4	NS
C-totaal	mg/100g	1,4	1,5	1,5	NS
N-totaal	mg/100g	790	845	800	NS
P-totaal	mg/100 g	114	109	112	NS
Pw	mg/l	56 a	66 b	58 a	0,015
P-Al	mg/100 g	46	43	43	NS
Kali	mg K <sub>2</sub> O/100g	28	32	26	NS
<b>Additioneel</b>					
CO <sub>2</sub> respiratie	mg CO <sub>2</sub> /100g/week	39 a	49 b	40 a	<0,001
Macroporiën	n/ 400 cm <sup>2</sup> op 10 cm	2 a	14 b	15 b	0,009
Nematoden schimmeletend	% van totaal nematoden	5,20 ab	4,00 a	10,10 b	0,083
Nematoden bacterie-etend	% van totaal nematoden	60,6 b	59,8 b	49,1 a	0,009
Nematoden predator	% van totaal nematoden	20,35 ab	17,88 a	23,36 b	0,118

### Bijlage 3. Verhoeven 2004: mesttype op grasland

**Locatie:** G. Verhoeven, Biezenmortelsestraat 34, Biezenmortel; Geitenhouderij.  
**Bodem:** Lemig dekzand met 3% lutum en 5% organische stof.  
**Proef:** Experiment voor het vergelijken van mesttypen is in 2000 aangelegd door het Louis Bolk Instituut in het kader van het PANFA-project; 3 varianten in 2 herhalingen.  
**Meting:** Oktober 2004.

#### Inleiding

Voor het sturen van bodembiodiversiteit in de graslandbodem ten gunste van de productie, is de keuze van het mesttype van groot belang (Eekeren et al., 2003). Sleutelfactoren voor het bodemleven zijn de hoeveelheden koolstof en stikstof in de mest; maar ook de andere nutriënten en de invloed op de pH spelen mee.

#### Vraagstelling

Wat is het effect van mesttype (drijfmest, vaste mest en compost) op groepen van bodemleven en aan het bodemleven gerelateerde bodemkenmerken? En wat is daardoor het effect van het mesttype op het vervullen van functies door het bodemleven?

#### Hypothese

Drijfmest heeft het sterkste en compost het zwakste effect op de dichtheid en activiteit van bacteriën en daarmee op bacterie-etende nematoden. Dit hangt samen met de makkelijke beschikbaarheid van nutriënten. Compost bevordert door haar hogere C/N verhouding, het meest de schimmeldichtheid en activiteit en daarmee de schimmeletende nematoden. Stalmest heeft een intermediaire positie; door de gunstige verhouding tussen N en C zullen de regenwormen relatief sterk worden beïnvloed. De snelle groei bevordert de werking van drijfmest op gewas en beworteling zal plantenetende nematoden bevorderen. In de drijfmest variant komen relatief de meeste predatore nematoden voor.

#### Opzet van het experiment

Van 2000 tot en met 2004 is jaarlijks in het voorjaar bemest met runderdrijfmest (DM), vaste geitenmest (VM) of groencompost (COM). De afmeting van de proefvelden is 20 x 200 m en de proef is aangelegd in 2 herhalingen. De bemesting is afgestemd op de Kali hoeveelheid, namelijk 200 kg K<sub>2</sub>O/ha waardoor de N-gift verschilt over de varianten. Voor BBB zijn metingen verricht in alle drie de bemestingsvarianten.

#### Resultaten

In de variant met vaste mest werd een grote metabolische activiteit van de bacteriën gevonden in de vorm van een significant sterkere thymidine inbouw (Tabel 3.2). Ook had de vaste mest variant een hoger percentage kruimelstructuur, hetgeen verband houdt met activiteit van microflora en regenwormen.

De verschillen in bemesting met respectievelijk drijfmest, vaste mest en compost leidden niet tot significante verschillen in de biomassa van schimmels en bacteriën. Wel was er een trend dat bacteriën toenamen (met 40%) in de volgorde drijfmest, vaste mest, compost. Ook de N mineralisatie was (50%) hoger met compost dan met drijfmest. Net als in de akkers (MAK) was de bacteriële groeisnelheid het hoogst met vaste mest, en lager (-30%) met compost. Met drijfmest was de groeisnelheid net zo laag als met compost. Stalmest heeft bij de fosfaat en kalium-gerelateerde waarden, steeds de hoogste gemiddelden.

Tabel 3.2: Resultaten van het experiment bij Verhoeven: effect van mesttypen runderdrijfmest (DM), vaste geitenmest (VM) en groencompost (COM) op de biotische, fysische en chemische bodemeigenschappen.

Parameter	Eenheid	DM	VM	COM	P
<b>Biotisch</b>					
Bacteriële biomassa	µg C/g soil	63,8	71,2	91,5	NS
Thymidine inbouw	pmol/g soil/hr	33,4 a	50,0 b	36,6 a	0,027
Leucine inbouw	pmol/g soil/hr	480	622	512	NS
Schimmel biomassa	µg C/g soil	18,2	15,9	19,6	NS
Actieve hyfen	%	22,2	25,6	20,1	NS
Potentiële N-mineralisatie	mg N/kg/week	6,9	10,6	10,6	NS
Potentiële C-mineralisatie	mg C/kg/week	*	*	*	*
Nematoden aantal	n/100g grond	5706	5051	6612	NS
Nematoden bacterieetende	n/100g grond	1603	1319	1938	NS
Nematoden schimmeletend	n/100g grond	225	183	223	NS
Nematoden plantenend	n/100g grond	3534	3366	3840	NS
Nematoden predator	n/100g grond	344	183	612	NS
Wormen biomassa	g/m <sup>2</sup>	226 b	123 a	200 ab	0,057
Strooiselbewoners	n/m <sup>2</sup>	22	11	21	NS
Bodembewoners	n/m <sup>2</sup>	79	89	77	NS
Pendelaars	n/m <sup>2</sup>	0	0	2	NS
<b>Fysisch</b>					
Structuur kruimel	% in 0-10 cm	32 a	45 b	41 b	0,032
Structuur afgerond	% in 0-10 cm	35	30	34	NS
Structuur scherp	% in 0-10 cm	32 b	25 a	24 a	0,014
Wortels op 10 cm	n per 400 cm <sup>2</sup>	112	212	312	NS
Wortels op 20 cm	n per 400 cm <sup>2</sup>	86 a	166 b	167 b	0,017
<b>Chemisch</b>					
Org.stof	%	4,6 a	4,9 ab	5,4 b	0,045
Lutum	%	3	2	3	NS
pH-KCL		4,7	5,0	5,0	NS
C-totaal	mg/100g	2,5	3,1	3,0	NS
N-totaal	mg/100g	2011	1992	2242	NS
P-totaal	mg/100 g	160	176	161	NS
Pw	mg/l	50	62	46	NS
P-AI	mg/100 g	43	56	47	NS
Kali	mg K <sub>2</sub> O/100g	12 a	21 b	13 a	0,059
<b>Additioneel</b>					
CO <sub>2</sub> respiratie	mg CO <sub>2</sub> /100g/week	94	102	132	NS
Wortelmasse		2,7 a	5,4 ab	6,5 b	0,072

## Discussie en conclusie

In de mesttype proef werden de verwachte contrasten tussen drijfmest en compost niet gevonden. Daarentegen vertoonde de stalmest effecten die verwacht werden bij de drijfmest. In de resultaten laten gemiddelde waarden grote verschillen zien tussen de drie varianten, bijvoorbeeld hoogste aantallen regenwormen bij DM. De laagste biomassa van bacteriën lijkt (niet-significant) op te treden bij DM; dit is echter niet in tegenspraak met het feit dat de bacteriën hier wel gevoed worden en actief zijn (Smeding et al., 2005). Door het kleine aantal herhalingen is het aantal significante verschillen klein.

## Functies en parameterkeuze

De waarnemingen in het experiment wijzen erop dat stalmest een positief effect op de functie van structuurvorming heeft. In de proef geven de fysische parameters de indicaties terwijl de chemische en biologische parameters niet significant zijn, behalve de bacteriële groeisnelheid.

## Bijlage 4. Gent 2004: vruchtwisseling en bemestingsniveau op grasland

**Locatie:** Proefhoeve in Melle van de Universiteit van Gent.  
**Bodem:** Lemige zandgrond met 8% lutum en 3-6% organische stof.  
**Proef:** Gericht op meten van het effect van vruchtwisseling op de opbrengst en N-benutting. In 1966 aangelegd als een blokken proef met 4 herhalingen en 4 hoofd-behandelingen: blijvende akker, tijdelijke akker, tijdelijk grasland en blijvend grasland. Binnen deze behandelingen liggen bemestingstrappen. Grasland wat ingezaaid wordt is gras met witte klaver. Bemestingsniveaus zijn hier 0, 100, 300 en 400 kg N/ha.  
**Meting:** Oktober 2004.

### Inleiding

In graslandmanagement heeft scheuren en herinzaai veel invloed op de bodemkwaliteit. In het algemeen is het verstoren van de zode nadelig voor de stabiliteit en ontwikkeling van het bodemleven. Echter, de toestand van het grasland kan door berijding, vertrapping of terugloop van de samenstelling, toch aanleiding geven tot grondbewerking en herinzaai. Ook is de wens tot verbouw van eigen voedergewassen een sterke prikkel om de nadelen van scheuren voor lief te nemen. De vraag is hoe rotatie het bodemleven beïnvloed en hoe rotatie kan worden toegepast zonder nadelige gevolgen of juiste met gewenste positieve effecten. Het effect van scheuren kan verschillend zijn bij verschillende bemestingsniveaus doordat mogelijk het herstelvermogen dan anders is

### Vraagstelling

Wat is het verschil tussen tijdelijk en blijvend (onbemest) grasland wat betreft de bodemlevengroepen en aan bodemleven gerelateerde bodemkenmerken? Hoe verhoudt dit effect zich tot het effect van bemestingsniveau? En wat zijn aan de hand van de gevonden effecten, implicaties voor het vervullen van functies?

### Hypothese

De verwachting is dat bodemleven in blijvend grasland wat betreft alle groepen, een hogere dichtheid heeft. Vooral de schimmels en schimmelgerelateerde kenmerken en ook de wormen zullen er naar verwachting hoger zijn. Bij een bemestingsniveau van 300 kg N (ongeachte tijdelijke of blijvende zode) zullen de verschillen het grootst zijn met de tijdelijke zode. De verstoring van het systeem wordt er gecompenseerd door de nutriënten input die direct en vooral indirect (via beworteling) het bodemleven voedt.

### Opzet van het experiment

In het kader van het project BBB zijn in 2004 metingen verricht in de twee hoofdvarianten: tijdelijk grasland (TG) en blijvend grasland (BG) en daarbinnen in bemestingsniveaus van 0 kg N/ha en 300 kg N/ha. Dus zijn in 4 herhalingen de varianten TG0, TG300, BG0 en BG300 bemonsterd. Bij de statistische verwerking is gekeken naar vruchtwisseling m.a.w. het verschil tussen tijdelijk en blijvend grasland. Daarnaast is ook de interactie tussen vruchtwisseling en bemestingsniveau geanalyseerd (tabel 4.2).

### Resultaten

De waarnemingen lieten volgens verwachting een groot contrast zien tussen de BG en TG (tabel 4.1). Bacteriën en schimmels vertoonden echter geen significante verschillen, ook niet qua activiteit. Bacterie-etende nematoden en pendelende regenwormen zijn volgens verwachting het talrijkst in een blijvende onbemeste zode. Opvallend is het grootste aantal planten-etende nematoden in TG.

Bemesting lijkt de nadelen van het scheuren enigszins te compenseren, blijkens de intermediaire gemiddelde waarden van groepen die significant verschillend zijn. Echter bij statistische analyse zijn deze interacties niet significant (tabel 4.2).

Tabel 4.1: Resultaten van de proef in Gent: effect van blijvend grasland (BG) en tijdelijk grasland (TG) op de biotische, fysische en chemische bodemeigenschappen.

Parameter	Eenheid	BG	TG	P
<b>Biotisch</b>				
Bacteriële biomassa	µg C/g soil	77,7	80,0	NS
Thymidine inbouw	pmol/g soil/hr	26,9	31,6	NS
Leucine inbouw	pmol/g soil/hr	317	388	NS
Schimmel biomassa	µg C/g soil	26,1	19,3	NS
Actieve hyfen	%	9,6	13,5	NS
Potentiële N-mineralisatie	mg N/kg/week	6,6 b	4,2 a	<0,001
Potentiële C-mineralisatie	mg C/kg/week	52,0	57,0	NS
Nematoden aantal	n/100g grond	5104 a	6067 b	0,032
Nematoden bacterieëetende	n/100g grond	2019 b	1251 a	0,02
Nematoden schimmeletend	n/100g grond	266	343	NS
Nematoden plantenëetend	n/100g grond	2531 a	4312 b	<0,001
Nematoden predator	n/100g grond	289 b	161 a	0,036
Wormen biomassa	g/m <sup>2</sup>	158	110	NS
Strooiselbewoners	n/m <sup>2</sup>	25	14	NS
Bodembewoners	n/m <sup>2</sup>	36 a	74 b	0,004
Pendelaars	n/m <sup>2</sup>	39 b	12 a	0,019
<b>Fysisch</b>				
Structuur kruimel	% in 0-10 cm	35	33	NS
Structuur afgerond	% in 0-10 cm	44 b	33 a	<0,001
Structuur scherp	% in 0-10 cm	21 a	34 b	0,002
Wortels op 10 cm	n per 400 cm <sup>2</sup>	111 a	144 b	0,02
Wortels op 20 cm	n per 400 cm <sup>2</sup>	49 a	90 b	<0,001
<b>Chemisch</b>				
Org.stof	%	5,9 b	3,2 a	<0,001
Lutum	%	7	8	NS
pH-KCL		6,0	5,8	NS
C-totaal	mg/100g	2,8 b	1,5 a	<0,001
N-totaal	mg/100g	2844 b	1433 a	<0,001
P-totaal	mg/100 g	179	163	NS
Pw	mg/l	67	69	NS
P-AI	mg/100 g	51	51	NS
Kali	mg K <sub>2</sub> O/100g	9	11	NS
<b>Additioneel</b>				
CO <sub>2</sub> respiratie	mg CO <sub>2</sub> /100g/week	123 b	78 a	0,001
Wortelmasa		3,1 a	4,4 b	0,001

## Discussie en conclusie

De hypothese werd in grote lijnen bevestigd door de waarnemingen. Met als kanttekening dat de basale groepen van de microflora geen verschil lieten zien. Dat is des te merkwaardiger omdat de waarden van organische stof, N- en C-totaal ook significant hoger waren in BG. Deze kenmerken zijn vooral een illustratie van de condities in de ongeroerde bodem en niet op zichzelf een gevolg van de activiteit van het bodemleven.

## Functies en parameterkeuze

Blijvend grasland is potentieel gunstig voor ziektevering (wat betreft nematoden). Functies die samenhangen met structuurvorming en mineralisatie lijken in BG beter ondersteund te zijn; want hier zijn meer indicaties voor een ontwikkeld bodemvoedselweb (nematoden, wormen), alsmede dat een gunstige structuurkenmerk als een hoog OS% er manifest is.

Parameters die geschikt zijn voor het meten van vruchtwisselingseffecten betreffen de nematoden en wormen. Voor microflora moet bezonnen worden op meer herhalingen. Alle

fysische, chemische bodemkenmerken in verband met organische stof en OS-kwaliteit lijken goede indicaties te verschaffen in een proef met graslandrotaties.

Tabel 4.2: Effect van de interactie tussen vruchtwisseling en bemesting, op de biotische, fysische en chemische bodemeigenschappen; vergelijking van blijvend grasland onbemest (BG0), blijvend grasland bemest met 300 kg N/ha (BG300), tijdelijk grasland onbemest (TG0) en tijdelijk grasland bemest met 300 kg N/ha (TG300).

Parameter	Eenheid	BG0	BG300	TG0	TG300	P
<b>Biotisch</b>						
Bacteriële biomassa	µg C/g soil	72,0	83,4	76,4	83,6	NS
Thymidine inbouw	pmol/g soil/hr	27,9	25,8	26,9	36,4	NS
Leucine inbouw	pmol/g soil/hr	338	295	357	418	NS
Schimmel biomassa	µg C/g soil	26,2	25,9	21,8	16,8	NS
Actieve hyfen	%	6,9	12,2	11,7	15,3	NS
Potentiële N-mineralisatie	mg N/kg/week	6,6	6,6	4,7	3,7	NS
Potentiële C-mineralisatie	mg C/kg/week	52,0	52,0	57,0	57,0	NS
Nematoden aantal	n/100g grond	5657	4552	6106	6028	NS
Nematoden bacterieetende	n/100g grond	2397	1641	1391	1111	NS
Nematoden schimmeletend	n/100g grond	250	281	302	385	NS
Nematoden plantenetend	n/100g grond	2783	2279	4255	4369	NS
Nematoden predator	n/100g grond	226	351	158	163	NS
Wormen biomassa	g/m <sup>2</sup>	179	137	123	97	NS
Strooiselbewoners	n/m <sup>2</sup>	13	37	17	11	NS
Bodembewoners	n/m <sup>2</sup>	41	30	73	76	NS
Pendelaars	n/m <sup>2</sup>	45	33	10	13	NS
<b>Fysisch</b>						
Structuur kruimel	% in 0-10 cm	39	31	35	32	NS
Structuur afgerond	% in 0-10 cm	40	b 48	c 32	a 33	ab NS
Structuur scherp	% in 0-10 cm	21	a 21	a 32	b 35	b NS
Wortels op 10 cm	n per 400 cm <sup>2</sup>	142	80	158	130	NS
Wortels op 20 cm	n per 400 cm <sup>2</sup>	69	29	95	84	NS
<b>Chemisch</b>						
Org.stof	%	5,9	5,9	3,3	3,2	NS
Lutum	%	7	8	8	8	NS
pH-KCL		6,0	6,1	6,0	5,7	NS
C-totaal	mg/100g	2,7	2,8	1,6	1,5	NS
N-totaal	mg/100g	2835	2853	1449	1417	NS
P-totaal	mg/100 g	178	180	164	161	NS
Pw	mg/l	75	58	72	66	NS
P-Al	mg/100 g	52	51	52	50	NS
Kali	mg K <sub>2</sub> O/100g	10	8	11	11	NS
<b>Additioneel</b>						
CO <sub>2</sub> respiratie	mg CO <sub>2</sub> /100g/week n/ 400 cm <sup>2</sup> op 10	136	110	80	77	NS
Macroporiën	cm	11	a 15	b 15	b 8	a <0,00 1
Macroporiën	n/ 400 cm <sup>2</sup> op 20 cm	9	ab 13	b 13	b 7	a 0,016
Wortelmasa		3,0	a 3,3	a 3,5	a 5,3	b 0,034



## Bijlage 5. Hengstven 2004: bekalking op grasland

**Locatie:** Graslandgebied in nationaal park 'De Loonse en Drunense duinen' in eigendom van Vereniging Natuurmonumenten; percelen worden gepacht door melkveehouders.

**Bodem:** Zandgrond, gooreerdgrond (jonge ontginning), met 1% lutum en 2,5% organische stof.

**Proef:** Is aangelegd in 2002 door het Louis Bolk Instituut in het kader van het project 'Het Hengstven' in samenwerking met 'Overlegplatform Duinboeren'. Het projectdoel was om ruwvoerwinning en fosfaatverschraling te combineren. De proef ligt in een perceel met gras en witte klaver dat ingezaaid is na zomergerst. Het perceel krijgt kalibemesting en wordt gemaaid.

**Meting:** Oktober 2004.

### Inleiding

Bekalking beïnvloedt de pH en is daardoor randvoorwaarde voor de microbiële processen in de bodem en de beschikbaarheid van verschillende mineralen in het bodemvocht.

### Vraagstelling

Wat is het effect van verschillende niveaus van bekalking op de bodemleven groepen en aan bodemleven gerelateerde bodemkenmerken? En wat zijn aan de hand van de gevonden effecten, implicaties voor het vervullen van functies door het bodemvoedselweb?

### Hypothese

Bekalking leidt tot een hogere pH, meer verbruik van organische stof en toename van de gewasgroei. Secundair effect is een toename van bacteriën en gerelateerde kenmerken. Ook de bacterie-etende nematoden nemen toe. De schimmeletende nematoden zijn talrijker en overheersen bij een lage pH.

### Opzet van de proef

In het project BBB is gemeten in drie pH-trappen, namelijk: pH 4.5 (controle), pH 5.5 en pH 6.0 in drie herhalingen. Veldjes zijn 4 x 10 meter groot. De kalkgift is door middel van Dologran.

### Resultaat

Er zijn geen effecten gevonden op het bodemleven (tabel 5.1). De significante effecten beperken zich tot de abiotische kenmerken. Zoals verwacht stijgt de pH bij bekalking. Merkwaardig genoeg is er meer vrije fosfaat in het bodemvocht; dit is mogelijk mobilisatie en verminderde opname door het gewas bij een lagere pH.

### Discussie en conclusie

Er werden geen effecten gevonden op het bodemleven in de bekalkingsproef. In de gemiddelde waarden tekenen zich wel patronen af in lijn met de hypothesen. Het ontbreken van effecten van pH is uitzonderlijk (Bloem et al., 2006). In grasland op Aver Heino gaf een toename van pH 4.5 naar pH 5 een verdubbeling van de bacteriegroei, en een halvering van de schimmel/bacterie verhouding (De Vries et al., in press). Waarschijnlijk is het aantal herhalingen (3) ontoereikend geweest of het contrast te klein.

Tabel 5.1: Resultaten van de proef Hengstven: effect van 3 niveaus van bekalking: pH 4,5, pH 5,5 en pH 6 op de biotische, fysische en chemische bodemeigenschappen.

Parameter	Eenheid	pH 4,5	pH 5,5	pH 6	P
<b>Biotisch</b>					
Bacteriële biomassa	µg C/g soil	40,6	57,6	59,3	NS
Thymidine inbouw	pmol/g soil/hr	13,8	19,4	11,5	NS
Leucine inbouw	pmol/g soil/hr	210	262	162	NS
Schimmel biomassa	µg C/g soil	17,1	21,6	26,3	NS
Actieve hyfen	%	52,5	54,0	60,6	NS
Potentiële N-mineralisatie	mg N/kg/week	5,5	7,1	6,1	NS
Potentiële C-mineralisatie	mg C/kg/week	*	*	*	*
Nematoden aantal	n/100g grond	2098	2740	2618	NS
Nematoden bacterieëetende	n/100g grond	1126	1748	1618	NS
Nematoden schimmeletend	n/100g grond	47	28	39	NS
Nematoden plantenëetend	n/100g grond	694	757	643	NS
Nematoden predator	n/100g grond	232	206	317	NS
Wormen biomassa	g/m <sup>2</sup>	68	76	86	NS
Strooiselbewoners	n/m <sup>2</sup>	67	69	68	NS
Bodembewoners	n/m <sup>2</sup>	33	32	32	NS
Pendelaars	n/m <sup>2</sup>	0	0	0	NS
<b>Fysisch</b>					
Structuur kruimel	% in 0-10 cm	49	53	46	NS
Structuur afgerond	% in 0-10 cm	38	35	47	NS
Structuur scherp	% in 0-10 cm	13 b	12 ab	7 a	0,076
Wortels op 10 cm	n per 400 cm <sup>2</sup>	229	277	220	NS
Wortels op 20 cm	n per 400 cm <sup>2</sup>	189	195	151	NS
<b>Chemisch</b>					
Org.stof	%	2,4	2,5	2,4	NS
Lutum	%	1	1	1	NS
pH-KCL		4,5 a	5,2 b	5,6 b	0,006
C-totaal	mg/100g	1,4	1,5	1,3	NS
N-totaal	mg/100g	872	943	976	NS
P-totaal	mg/100 g	109	105	104	NS
Pw	mg/l	46 b	34 a	35 a	<0,001
P-Al	mg/100 g	50	50	50	NS
Kali	mg K <sub>2</sub> O/100g	12	9	11	NS
<b>Additioneel</b>					
CO <sub>2</sub> respiratie	mg CO <sub>2</sub> /100g/week n/ 400 cm <sup>2</sup> op 20	68 b	50 a	58 ab	0,076
Macroporiën	cm	5 a	5 ab	7 b	0,107

## Bijlage 6. Aver Heino in 2005: verdichting voorkomen op grasland

**Locatie:** Proefbedrijf Aver Heino van ASG te Heino.  
**Bodem:** Zandgrond met 3,5% lutum en 5,5% organische stof.  
**Proef:** Is aangelegd in het voorjaar van 2005 in het kader van het project 100% biologische mest van de Productwerkgroep Zuivel.  
**Meting:** Mei 2005.

### Inleiding

Bemesting met organische mest is van groot belang voor het handhaven van opbrengstniveau, bodemvruchtbaarheid en bodemkwaliteit. Bij het uitrijden van mest, met name vóór de eerste snede van grasklaver, bestaat er risico van spoorvorming. Spoorvorming kan leiden tot opbrengstderving door een negatief effect op bodemstructuur en mogelijk ook door negatieve effecten op bodemleven.

### Vraagstelling

Wat is het effect van insporing (verdichting) op de bodemleven groepen en aan bodemleven gerelateerde bodemkenmerken? En wat zijn aan de hand van de gevonden effecten, implicaties voor het vervullen van functies door het bodemvoedselweb?

### Hypothese

Op verdichte plekken nemen hoeveelheden van alle gemeten groepen af. Verwacht wordt met name een afname in aantallen regenwormen.

### Opzet van het experiment

Deze veldproef is aangelegd in het voorjaar 2005 op een blijvende grasklaver op het proefbedrijf Aver heino. De proef is aangelegd in 5 herhalingen (hoofdvelden van 7,6x15 m). Verdichting is aangebracht door een simulatie van het uitrijden van runderdrijfmest (zonder dat er daadwerkelijk bemest werd). De simulatie gebeurde onder natte omstandigheden waarbij ook een extra keer over het spoor is gereden. Metingen zijn verricht in een verdichte strook (d.w.z. in het bandenspoor) en een niet-verdichte strook (d.w.z. naast het bandenspoor). Bemonstering van biotische en chemische parameters is uitgevoerd in 4 herhalingen; bemonstering van wormen en bodemfysische parameters is uitgevoerd in 5 herhalingen. Metingen zijn uitgevoerd op 9 mei 2005.

### Resultaten

Er zijn geen effecten gevonden op het bodemleven (tabel 6.1).

### Discussie en conclusie

In de verdichtingsproef zijn geen effecten gevonden op het bodemleven. In de gemiddelde waarden tekenen zich wel patronen af in lijn met de hypothesen; minder bodembewonende wormen bij verdichte grond.

### Functies en parameterkeuze

De gekozen parameters bleken niet onderscheidend. Omdat er in de verdichtingsproef geen verschil in bodemleven is gemeten, is een verschil in functies onwaarschijnlijk.

Tabel 6.1: Resultaten van de proef op Aver Heino: effect van verdicht- en niet verdicht grasland op de biotische, fysische en chemische bodemeigenschappen.

Parameter	Eenheid	Niet verdicht	Verdicht	P
<b>Biotisch</b>				
Bacteriële biomassa	µg C/g soil	84,8	96,5	NS
Thymidine inbouw	pmol/g soil/hr	*	*	*
Leucine inbouw	pmol/g soil/hr	*	*	*
Schimmel biomassa	µg C/g soil	17,3	17,3	NS
Actieve hyfen	%	5,8	3,4	NS
Potentiële N-mineralisatie	mg N/kg/week	-1,3	0,2	NS
Potentiële C-mineralisatie	mg C/kg/week	*	*	*
Nematoden aantal	n/100g grond	2239	2493	NS
Nematoden bacterieëterende	n/100g grond	984	1026	NS
Nematoden schimmeletend	n/100g grond	61	74	NS
Nematoden planteneterend	n/100g grond	801	714	NS
Nematoden predator	n/100g grond	159	191	NS
Wormen biomassa	g/m <sup>2</sup>	120	81	NS
Strooiselbewoners	n/m <sup>2</sup>	25	31	NS
Bodembewoners	n/m <sup>2</sup>	75	44	NS
Pendelaars	n/m <sup>2</sup>	0	0	NS
<b>Fysisch</b>				
Structuur kruimel	% in 0-10 cm	58	64	NS
Structuur afgerond	% in 0-10 cm	16	12	NS
Structuur scherp	% in 0-10 cm	26	24	NS
Wortels op 10 cm	n per 400 cm <sup>2</sup>	219	201	NS
Wortels op 20 cm	n per 400 cm <sup>2</sup>	100	76	NS
<b>Chemisch</b>				
Org.stof	%	5,6	5,5	NS
Lutum	%	4	3	NS
pH-KCL		5,4	5,4	NS
C-totaal	mg/100g	2,9	3,0	NS
N-totaal	mg/100g	2602	2583	NS
P-totaal	mg/100 g	195	185	NS
Pw	mg/l	*	*	*
P-Al	mg/100 g	30	29	NS
Kali	mg K <sub>2</sub> O/100g	151	130	NS
<b>Additioneel</b>				
bulkdichtheid	g/cm <sup>3</sup>	1,28	1,27	NS
bulkdichtheid	g/cm <sup>3</sup>	1,28	1,28	NS
bulkdichtheid	g/cm <sup>3</sup>	1,34	1,41	NS

## Bijlage 7. Robben 2005: bestrijdingsmiddelen op bouwland

**Locatie:** Bedrijf fam. Robben, Oirschot. Gespecialiseerd in aardbeienteelt (18 ha) op zandgrond. Het bedrijf teelt vanaf 1998 aardbeien onder het Agromilieukeur (AMK). Sinds 1996 past wordt geen grondontsmetting meer toegepast; na de aardbeien worden afrikaantje ingezaaid tegen nematoden. Bestrijdingsmiddelen worden minimaal toegepast. Problemen in de teelt worden vooral veroorzaakt door schimmels en aantasting door trips.

**Bodem:** Zandgrond met 1% lutum en 3% organische stof.

**Proef:** Is aangelegd in het kader van het project BBB in overleg met de teler.

**Meting:** Augustus 2005.

### Inleiding

Bestrijdingsmiddelen kunnen toxisch zijn voor soortengroepen in het bodemleven. Vooral naarmate het pesticide minder selectief is. Pathogenen en onschadelijke bodemorganismen kunnen taxonomisch verwant zijn, bijvoorbeeld beide een schimmel (fungus). Echter, taxonomische overeenkomst of verschil heeft niet automatisch gevolgen. Er is heel weinig bekend over effecten van pesticiden op bodemleven in het veld (mond.med. Van der Linden, RIVM). De meeste proeven voor toelating van bestrijdingsmiddelen gebeuren met potproeven in laboratoria. In het kader van BBB is daarom een exploratief experiment uitgevoerd.

### Vraagstelling

Wat is het effect van het gebruik van bestrijdingsmiddelen op de bodemleven groepen en aan bodemleven gerelateerde bodemkenmerken? En wat zijn aan de hand van de gevonden effecten, implicaties voor het vervullen van functies door het bodemvoedselweb?

### Hypothese

De meeste bespuitingen zijn gericht op de bestrijding van schimmelziekten. Schimmels, en daarmee schimmeletende nematoden zullen het meeste te leiden hebben bij hogere doseringen. Hoge inzet van bestrijdingsmiddelen heeft een negatief effect op de wormenpopulatie omdat macrofauna in principe gevoelig is (De Snoo en Canters, 1990).

### Opzet van het experiment

Er zijn drie varianten aangelegd:

1. Minimale (nul) inzet van fungiciden (MIN)
2. Gangbare inzet van fungiciden zoals toegepast in praktijk van het bedrijf (NORM)
3. Maximale inzet van fungiciden (MAX)

De varianten verschillen wat betreft de dosering van een combinatie van bestrijdingsmiddelen (tabel 7.1). Het onderzoek is uitgevoerd in 4 herhalingen. De veldjes hebben afmeting 9x15 m. Tussen de aardbeiplanten bevond zich een mulchlaag van stro. De laatste bespuiting vond plaats op 27-06-2005. De bodembeoordeling en bemonstering is uitgevoerd op 02-08-2005.

Tabel 7.1: Inzet bestrijdingsmiddelen per variant en type bestrijdingsmiddel. Aantal keren ingezet (toediening) en totale hoeveelheid middel in kg/ha.

Variant	MIN		NORM		MAX	
	toediening (#)	dosering (kg/ha)	toediening (#)	dosering (kg/ha)	toediening (#)	dosering (kg/ha)
Fungicide	1	3	9	25	9	38
Insecticide	0	0	4	0,3	4	0,5
Acaricide	0	0	4	5	4	8
Herbicide	0	0	2	6	2	9

## Resultaten

Er was een trend ( $P=0,07$ ) naar hogere schimmel biomassa in de minimale én de maximale variant (tabel 7.2) in vergelijking met de normale dosering. De schimmelactiviteit verschilde niet tussen de varianten. Schimmeletende nematoden kwamen verhoudingsgewijs overeen met de trend in schimmelbiomassa en -activiteit, maar de verschillen waren niet significant. Er was een trend naar meer plantenetende nematoden in de varianten met normale en maximale bespuitingen ten opzichte van de variant met minimale bespuiting ( $P=0,08$ ).

In lijn met de verwachting was een lichte trend zichtbaar naar een grotere wormen biomassa in de variant met minimale dosering in vergelijking met normaal. Strooiselbewoners waren afwezig in de variant met maximale dosering. Ook hier gaf de variant met normale dosering een afwijkend beeld.

In de structuurkenmerken van de bodem werden bij maximale dosering de meeste kruimelstructuren aangetroffen ( $P=0,09$ ). Bij maximale dosering was het aantal wortels op 10 cm diepte lager dan in de variant met minimale dosering ( $P=0,05$ ). Het Pw getal was in de variant met maximale dosering significant hoger dan in de minimale variant.

## Discussie en conclusie

De normale dosering vertoonde een afwijkend beeld in diverse metingen, want de schimmelbiomassa neemt af bij normale dosering en vervolgens weer toe bij een maximale. Een verklaring zou kunnen zijn dat het bestrijdingsmiddel in eerste instantie de bestaande schimmelmicrobiële groei beperkt en dat bij hogere dosis andere schimmelsoorten ongehinderd kunnen toenemen; andere biotische kenmerken koppelen hiermee mee (bijv. wormen biomassa, schimmeletende nematoden).

De hoogste dosering van bestrijdingsmiddelen ging gepaard met meer plantenetende nematoden. Verklaringen zouden kunnen zijn dat fungiciden: schimmels uitschakelen die plantenetende nematoden aantasten; de fysiologie van de wortels en mycorrhiza beïnvloedt waardoor vraat van nematoden toeneemt.

Opvallend was de trend naar een lager aantal strooiselbewoners in de variant met maximale dosering. Bodembewonende regenwormen leken niet te leiden onder de toediening van bestrijdingsmiddelen. In deze proef werd na 1 teeltseizoen aanwijzingen gevonden voor invloed van bestrijdingsmiddel.

## Functies en parameterkeuze

De verschillen in bodemleven zijn een aanwijzing dat er een effect is op ziektevering; die neemt af bij hogere dosering. Parameters die reageren zijn schimmelbiomassa, nematoden en regenwormen.

Tabel 7.2: Resultaten van de proef bij Robben: effect van drie doseringen bestrijdingsmiddelen: minimaal (MIN), normale praktijktoepassing (NORM) en maximale toepassing (MAX) op de biotische, fysische en chemische bodemeigenschappen.

Parameter	Eenheid	MIN	NORM	MAX	P
<b>Biotisch</b>					
Bacteriële biomassa	µg C/g soil	27,6	21,6	19,7	NS
Thymidine inbouw	pmol/g soil/hr	23,5	23,0	23,4	NS
Leucine inbouw	pmol/g soil/hr	252	252	244	NS
Schimmel biomassa	µg C/g soil	8,4 b	3,5 a	8,5 b	0,073
Actieve hyfen	%	2,7	0,0	2,4	NS
Potentiële N-mineralisatie	mg N/kg/week	2,5	2,3	2,6	NS
Potentiële C-mineralisatie	mg C/kg/week	33,6	27,2	37,1	NS
Nematoden aantal	n/100g grond	2095	2173	2121	NS
Nematoden bacterieetende	n/100g grond	1736	1754	1705	NS
Nematoden schimmeletend	n/100g grond	33	3	20	NS
Nematoden plantenetend	n/100g grond	133 a	181 ab	186 b	0,082
Nematoden predator	n/100g grond	92	66	94	NS
Wormen biomassa	g/m <sup>2</sup>	29 b	17 a	25 ab	0,116
Strooiselbewoners	n/m <sup>2</sup>	27 ab	46 b	0 a	0,104
Bodembewoners	n/m <sup>2</sup>	73	54	100	NS
Pendelaars	n/m <sup>2</sup>	0	0	0	NS
<b>Fysisch</b>					
Structuur kruimel	% in 0-10 cm	16 a	22 ab	26 b	0,086
Structuur afgerond	% in 0-10 cm	50	46	45	NS
Structuur scherp	% in 0-10 cm	35	32	30	NS
Wortels op 10 cm	n per 400 cm <sup>2</sup>	79 b	72 ab	52 a	0,05
Wortels op 20 cm	n per 400 cm <sup>2</sup>	40	58	34	NS
<b>Chemisch</b>					
Org.stof	%	2,9	2,9	2,9	NS
Lutum	%	1	1	1	NS
pH-KCL		5,5	6,5	6,2	NS
C-totaal	mg/100g	1,7	1,8	1,7	NS
N-totaal	mg/100g	1116	1252	1189	NS
P-totaal	mg/100 g	170	174	176	NS
Pw	mg/l	112 a	123 ab	138 b	0,04
P-Al	mg/100 g	69	71	72	NS
Kali	mg K <sub>2</sub> O/100g	22	21	22	NS

## Bijlage 8. Gent 2005: mesttype en bemestingsniveau op bouwland

**Locatie:** Proefhoeve in Melle van de Universiteit van Gent.

**Bodem:** Lemige zandgrond met 9% lutum en 3% organische stof.

**Proef:** De proef 'Gent-Compost' is aangelegd in 1997 in opdracht van Vlaco-composteringsbedrijf. Een proefveld van ongeveer 0.5 ha is afgezonderd van de rest van het perceel in het voorjaar 1997. Hier is een split plot schema in 3 herhalingen met als hoofdobject 'Mengmest' (=drijfmest) en ad random aangelegde subobjecten 'Compost' en 'Minerale N'. Daarbij zijn in 'Compost' en 'Mengmest' nog drie minerale N-trappen aangelegd: 0, 100 of 200 kg N/ha m.b.v. ammoniumnitraat 27%.

**Meting:** Oktober 2005.

### Inleiding

Bij het sturen van bodembiodiversiteit in de bouwvoor ter ondersteuning van de productie, heeft het mesttype een centrale positie. Sleutelfactoren voor het bodemleven zijn de hoeveelheden koolstof en stikstof in de mest, maar ook de andere nutriënten en de invloed op de pH spelen mee. Wat betreft mesttype en bemestingsniveau is er vooral veel onzekerheid over de middenlange en lange termijn effecten via het bodemleven, op de bodemkwaliteit. Met meer kennis over het effect van mesttype en bemestingsniveau op bodemkwaliteit kunnen telers gericht sturen op deze maatregel.

### Vraagstelling

Wat is het effect van mesttype en bemestingsniveau op de bodemleven groepen en aan bodemleven gerelateerde bodemkenmerken? En wat zijn aan de hand van de gevonden effecten, implicaties voor het vervullen van functies door het bodemvoedselweb?

### Hypothese

Minerale mest en drijfmest hebben het sterkste effect op de dichtheid en activiteit van bacteriën en daarmee op bacterie-etende nematoden. Dit hangt samen met de beschikbaarheid van nutriënten in een vorm die voor bacteriën gunstig is. Dit proces heeft een positief effect op de structuurkenmerken van de bodem. De groencompost bevordert door haar C-component, het meest de schimmeldichtheid en -activiteit en daarmee de schimmeletende nematoden. Minerale mest en drijfmest bevorderen een snelle groei van gewas en beworteling en zullen plantenetende nematoden bevorderen.

### Opzet van de proef

In 2005 is gemeten in drie verschillende mesttypen en in drie verschillende bemestingsniveaus op basis van minerale mest:

- geen compost, geen drijfmest, 200 kg N uit minerale mest (MM200)
- 100 kg N uit compost, geen drijfmest, 100 kg N uit minerale mest (COM100)
- geen compost, 100 kg N uit drijfmest, 100 kg N uit minerale mest (DM100)
  
- geen compost, geen drijfmest, 0 kg N uit minerale mest (MM0)
- geen compost, geen drijfmest, 100 kg N uit minerale mest (MM100)
- geen compost, geen drijfmest, 200 kg N uit minerale mest (MM200)

### Resultaat

De N-mineralisatie als indicator voor activiteit van bacteriën en schimmels, was het grootst bij compost vergeleken bij drijfmest en minerale mest (tabel 8.1).

Nematoden bleken zeer gevoelig te zijn voor het mesttype. Bij compost werden de hoogste dichtheden gevonden van alle nematodengroepen behalve de plantenetende. De minerale mest had de laagste dichtheid met alle trofische groepen, behalve de plantenetende.



Plantenetende nematoden nemen echter toe bij minerale mest. De kenmerken met betrekking tot wormen, structuur en beworteling toonden geen verschil. Wat betreft de nutriënten (m.n. P en K) waren de hoogste gehalten bij toepassing van compost. Een verschil in bemestingsniveau bij gebruik van minerale mest gaf geen significante verschillen in het bodemleven (tabel 8.2).

Tabel 8.1: Resultaten van de proef Gent-compost met drie mesttypen op basis van 200 kg N/ha: minerale mest (MM200), 100 kg N uit compost+ 100 kg N uit minerale mest (COM100) en 100 kg N uit drijfmest + 100 kg N uit minerale mest (DM100) op de biotische, fysische en chemische bodemeigenschappen.

Parameter	Eenheid	MM200	COM100	DM100	P
<b>Biotisch</b>					
Bacteriële biomassa	µg C/g soil	16,5	22,3	15,0	NS
Thymidine inbouw	pmol/g soil/hr	71,3	105,8	84,9	NS
Leucine inbouw	pmol/g soil/hr	478	509	480	NS
Schimmel biomassa	µg C/g soil	5,5	6,6	9,5	NS
Actieve hyfen	%	0,0	0,0	1,5	NS
Potentiële N-mineralisatie	mg N/kg/week	2,3 a	3,6 b	2,2 a	0,003
Potentiële C-mineralisatie	mg C/kg/week	12,1	21,9	10,9	NS
Nematoden aantal	n/100g grond	1118 a	2161 c	1594 b	0,005
Nematoden bacterieetende	n/100g grond	384 a	1484 b	798 b	0,002
Nematoden schimmeletend	n/100g grond	36 a	128 b	38 a	0,005
Nematoden plantenetend	n/100g grond	665 b	449 a	724 b	0,04
Nematoden predator	n/100g grond	34 a	100 b	34 a	0,035
Wormen biomassa	g/m <sup>2</sup>	*	*	*	*
Strooiselbewoners	n/m <sup>2</sup>	0	0	0	NS
Bodembewoners	n/m <sup>2</sup>	67	67	67	NS
Pendelaars	n/m <sup>2</sup>	0	0	0	NS
<b>Fysisch</b>					
Structuur kruimel	% in 0-10 cm	34	44	33	NS
Structuur afgerond	% in 0-10 cm	31	29	24	NS
Structuur scherp	% in 0-10 cm	35	27	43	NS
Wortels op 10 cm	n per 400 cm <sup>2</sup>	79	48	64	NS
Wortels op 20 cm	n per 400 cm <sup>2</sup>	49	58	49	NS
<b>Chemisch</b>					
Org.stof	%	2,8 a	3,5 b	2,9 a	<0,001
Lutum	%	10 b	8 a	10 b	0,004
pH-KCL		5,3 a	6,5 b	5,2 a	<0,001
C-totaal	mg/100g	1,6 a	2,2 b	1,7 a	<0,001
N-totaal	mg/100g	1316 a	1754 b	1316 a	<0,001
P-totaal	mg/100 g	165 a	191 b	157 a	0,004
Pw	mg/l	77 a	118 b	68 a	<0,001
P-Al	mg/100 g	58 b	74 c	52 a	<0,001
Kali	mg K <sub>2</sub> O/100g	21 a	44 b	17 a	<0,001

## Discussie en conclusie

In de compostproef van Gent is een contrast waarneembaar tussen enerzijds compost en anderzijds minerale mest. Compost geeft meer N-mineralisatie en grotere dichtheden aan nematodengroepen. Ook betekent compost hogere gehalten aan nutriënten en OS. Drijfmest heeft een tussenpositie. Dit is in overeenstemming met hypothese wat betreft het effect van een afnemend C/N quotiënt van compost naar minerale mest.

Het ontbreken van een effect van bemestingsniveau is moeilijk te verklaren. De proef was echter alleen met minerale mest; niveaus bij compost zou mogelijk wel verschil veroorzaken.

## Functies en parameterkeuze

Op basis van de waarnemingen kan veronderstelt worden dat de nutriëntenfunctie en ziektenwering gestimuleerd worden door de inzet van compost in vergelijking met minerale mest. Indicatief zijn hiervoor de N-mineralisatie en de nematoden compositie.

Tabel 8.2: Resultaten van de proef Gent-compost met effecten van bemestingsniveaus: 0 kg N/ha (MM0), 100 kg N/ha (MM100), 200 kg N/ha (MM200) op de biotische, fysische en chemische bodemeigenschappen.

Parameter	Eenheid	MM0	MM100	MM200	P
<b>Biotisch</b>					
Bacteriële biomassa	µg C/g soil	18,5	10,7	16,5	NS
Thymidine inbouw	pmol/g soil/hr	93,2	75,6	71,3	NS
Leucine inbouw	pmol/g soil/hr	566	472	478	NS
Schimmel biomassa	µg C/g soil	7,2	6,3	5,5	NS
Actieve hyfen	%	0,0	0,0	0,0	NS
Potentiële N-mineralisatie	mg N/kg/week	2,3	2,1	2,3	NS
Potentiële C-mineralisatie	mg C/kg/week	10,9	9,9	12,1	NS
Nematoden aantal	n/100g grond	1571	1189	1118	NS
Nematoden bacterieetende	n/100g grond	496	379	384	NS
Nematoden schimmeletend	n/100g grond	37	46	36	NS
Nematoden plantenetend	n/100g grond	970	716	665	NS
Nematoden predator	n/100g grond	68	47	34	NS
Wormen biomassa	g/m <sup>2</sup>	*	*	*	*
Strooiselbewoners	n/m <sup>2</sup>	0	0	0	NS
Bodembewoners	n/m <sup>2</sup>	67	33	67	NS
Pendelaars	n/m <sup>2</sup>	0	0	0	NS
<b>Fysisch</b>					
Structuur kruimel	% in 0-10 cm	37	38	34	NS
Structuur afgerond	% in 0-10 cm	28	35	31	NS
Structuur scherp	% in 0-10 cm	35	27	35	NS
Wortels op 10 cm	n per 400 cm <sup>2</sup>	47	74	79	NS
Wortels op 20 cm	n per 400 cm <sup>2</sup>	50	45	39	NS
<b>Chemisch</b>					
Org.stof	%	2,8	2,7	2,8	NS
Lutum	%	9 a	10 b	10 ab	0,072
pH-KCL		5,5	5,3	5,2	NS
C-totaal	mg/100g	1,8 b	1,6 a	1,6 a	0,011
N-totaal	mg/100g	1247	1248	1316	NS
P-totaal	mg/100 g	168	167	165	NS
Pw	mg/l	68	73	77	NS
P-Al	mg/100 g	59	58	58	NS
Kali	mg K <sub>2</sub> O/100g	29 b	22 a	21 a	<0,001

## Bijlage 9. Rusthoeve 2005: Mesttype op bouwland

**Locatie:** Proefboerderij Rusthoeve, Noordlangeweg 42, 4486 PR Colijnsplaat.

**Bodem:** Zware zavel met 18% lutum en 2,3% organische stof.

**Proef:** Op een deel van het bedrijf ligt een ca. 10 ha grootte rotatie met een 6-jarige vruchtwisseling van zomertarwe, aardappelen, grasklaver, zaaiui, bruine boon en suikerbiet. De proef is oorspronkelijk aangelegd in het kader van het project 'Bodem en bemesting in de biologische landbouw op proefboerderij Rusthoeve'.

**Meting:** Oktober 2005.

### Inleiding

Voor de agrariër geeft de bemestingsstrategie volop mogelijkheden om naast de gewasproductie ook de bodembiodiversiteit in de bouwvoor te sturen. De sleutelfactoren voor het bodemleven zijn de hoeveelheden koolstof en stikstof die met de bemesting worden aangevoerd. Maar ook de andere nutriënten en de invloed op de pH spelen mee. Wat betreft mesttype is er vooral veel onzekerheid over de middenlange en lange termijn effecten via het bodemleven, op de bodemkwaliteit. Met meer kennis over het effect van mesttype op bodemkwaliteit kunnen telers gerichter sturen op deze maatregel.

### Vraagstelling

Wat is het effect van vaste mest, groencompost, GFT compost en drijfmest op de bodemleven groepen en aan bodemleven gerelateerde bodemkenmerken? En wat zijn aan de hand van de gevonden effecten, implicaties voor het vervullen van functies?

### Hypothese

Drijfmest heeft het sterkste en de koolstofrijke groencompost het zwakste effect op de dichtheid en activiteit van bacteriën en daarmee op bacterie-etende nematoden. Dit hangt samen met de beschikbaarheid van nutriënten in een vorm die voor bacteriën gunstig is. Dit proces heeft een positief effect op de structuurkenmerken van de bodem. De stalmest en GFT compost hebben een intermediair effect op de dichtheid en activiteit van bacteriën en daarmee op bacterie-etende nematoden.

De groencompost bevordert door haar C-component, het meest de schimmeldichtheid en -activiteit en daarmee de schimmeletende nematoden. Bij stalmest zullen de meeste predatore nematoden voorkomen vanwege de hoogste aantallen bacterie-etende nematoden in combinatie met matige aantallen van schimmeletende en planten-etende nematoden.

### Opzet van het experiment

Doel van de studie is om navolgbare strategieën voor duurzaam bodemmanagement te ontwikkelen, gericht op een kwalitatief goed product, een lage kostprijs en met de mogelijkheid tot afstemming op regionale en bedrijfseigen kenmerken. Bemesting met dierlijke en niet-dierlijke meststoffen vormt de primaire invalshoek; nadrukkelijk in samenhang met gewasproductie, kwaliteit, bodemvruchtbaarheid en efficiënte benutting van mineralen.

Voor BBB zijn metingen verricht in 4 bemestingsvarianten, namelijk:

- Vaste mest (geiten) (VM);
- Groencompost (Cgroen);
- GFT compost (Cgft);
- Runderdrijfmest (DM).

Bemesting van de vaste mest, groencompost en GFT compost vind plaats in het najaar. Drijfmest wordt in het voorjaar toegediend (tabel 9.1). De proef is bemonsterd in 4 herhalingen per variant. De afmetingen van de blokken is 12 x 209 meter.

Tabel 9.1: Mestgift en samenstelling van de meststoffen in 2005 in gram per kg.

Meststof	Toediening tijdstip	gift ton/ha	C/N	droge	org.	N	N-NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
				stof	stof				
Vaste geitenmest VM	najaar 2004	35	10	398	249	11.3	1.5	8.3	17.4
Groencompost Cgrn	najaar 2004	50	17	763	216	5.7	<0.2	2.9	6.8
GFT compost Cgft	najaar 2004	30	9	720	188	9.4	<0.2	4.3	9.7
Drijfmest DM	voorjaar 2005	20	6	76	55	4.3	2.3	1.5	5.8

## Resultaten

Tabel 9.2 geeft een overzicht van de gemiddelde waarden van alle gemeten parameters per variant. De schimmel- en bacteriële biomassa verschilde niet tussen de bemestingsstrategieën. De potentiële C mineralisatie lag volgens verwachting hoger in de varianten met vaste mest en groencompost dan in de drijfmest ( $P < 0.001$ ). Opvallend is de lage C mineralisatie in de variant met GFT compost. De potentiële N mineralisatie was in drijfmest het laagst (aëroob) ( $P = 0.05$ ).

Geen significante verschillen werden aangetroffen in de schimmel foeragerende nematoden. In lijn met de verwachting waren de bacteriën foeragerende nematoden laag in de GFT compost variant. In de groencompost variant werden niveaus aangetroffen vergelijkbaar met de hogere niveaus aanwezig bij de inzet van drijfmest. In de compost varianten werden de meeste plantenetende nematoden gevonden ( $P = 0,002$ ), in de drijfmest variant de minste. Bij de wormen werden géén verschillen in aantallen aangetroffen. Wel werden wat meer strooiselbewoners en wat minder bodembewoners aangetroffen in de vaste mest variant.

In de structuurkenmerken van de bodem konden tot een diepte van 10 cm geen verschillen als gevolg van de bemestingsstrategie worden aangetroffen. Significant hogere waarden van P-totaal, P-AI en Kali werden gevonden in de drijfmestvariant vergeleken met de overige varianten. De toediening de meting van alleen de bovenste 10 cm van de bodem kan hierin een rol hebben gespeeld. Bij de groencompost giften worden immers aanzienlijke hoeveelheden P en K toegediend die na toediening in het najaar met ploegen door de bouwvoor worden gemengd. De ondiepe drijfmesttoediening in het voorjaar kent dit verdunningseffect niet.

## Discussie en conclusie

In deze bemesting strategieënproef werden na 3 jaar géén effecten gevonden op de biomassa's van bacteriën of schimmels. Zoals verwacht vertoonden de varianten met compost en vaste mest hogere C en N mineralisatie niveaus in de bodem. Dit moet worden toegeschreven aan de sterkere nawerking en ophoping van deze meststoffen uit toediening in de voorgaande jaren vergeleken met de drijfmestgiften.

Significante verschillen werden gevonden bij de bacterie- en plantenetende nematode groepen. In lijn met de verwachting waren de plantenetende nematoden wat hoger in de compostvarianten. Dit wordt mogelijk veroorzaakt door hogere worteldichtheden in deze varianten (Koopmans en ter Berg, 2005).

Vooralsnog hebben de verschillende strategieën binnen een termijn van 3 jaar nog niet geleid tot effecten op structuurkenmerken in de bovenste 10 cm van het bouwland profiel. Koopmans en ter Berg (2005) laten zien dat verschillen in structuur vooral gevonden worden op een diepte van 25 tot 40 cm en mogelijk samenhangen met de wijze van uitbrengen van de meststoffen.

Tabel 9.2: Resultaten van de proef op de Rusthoeve: effecten van mesttypen vaste mest (VM), groencompost (Cgroen), GFT compost (Cgft) en drijfmest (DM) op de biotische, fysische en chemische bodemeigenschappen.

Parameter	Eenheid	DM	Cgroen	Cgft	VM	P
<b>Biotisch</b>						
Bacteriële biomassa	µg C/g soil	10,9	25,5	28,7	16,0	NS
Thymidine inbouw	pmol/g soil/hr	181,0	155,0	160,9	174,5	NS
Leucine inbouw	pmol/g soil/hr	858	754	800	817	NS
Schimmel biomassa	µg C/g soil	14,3	15,0	16,6	14,0	NS
Actieve hyfen	%	0,0	0,0	8,8	2,9	NS
Potentiële N-mineralisatie	mg N/kg/week	1,3 a	1,9 b	1,7 ab	2,0 b	0,052
Potentiële C-mineralisatie	mg C/kg/week	5,4 a	15,4 b	5,2 a	18,5 c	<0,001
Nematoden aantal	n/100g grond	983 a	1295 b	938 a	1461 b	0,003
Nematoden bacterieëetende	n/100g grond	527 ab	590 b	346 a	781 b	0,007
Nematoden schimmeletend	n/100g grond	96 ab	80 a	93 ab	142 b	0,144
Nematoden plantenetend	n/100g grond	323 a	561 c	452 b	457 b	0,002
Nematoden predator	n/100g grond	37 a	65 ab	47 ab	82 b	0,151
Wormen biomassa	g/m <sup>2</sup>	57	75	50	88	NS
Strooiselbewoners	n/m <sup>2</sup>	0 a	0 a	0 a	4 b	0,077
Bodembewoners	n/m <sup>2</sup>	100 b	100 b	100 b	96 a	0,077
Pendelaars	n/m <sup>2</sup>	0	0	0	0	NS
<b>Fysisch</b>						
Structuur kruimel	% in 0-10 cm	44	50	53	49	NS
Structuur afgerond	% in 0-10 cm	33	28	24	25	NS
Structuur scherp	% in 0-10 cm	23	22	23	27	NS
Wortels op 10 cm	n per 400 cm <sup>2</sup>	*	*	*	*	*
Wortels op 20 cm	n per 400 cm <sup>2</sup>	24	47	26	39	NS
<b>Chemisch</b>						
Org.stof	%	2,3	2,3	2,4	2,3	0,441
Lutum	%	18 c	14 a	18 bc	14 a	0,019
pH-KCL		7,5	7,5	7,5	7,5	NS
C-totaal	mg/100g	1,6	1,6	1,6	1,6	NS
N-totaal	mg/100g	1188	1083	1214	1075	NS
P-totaal	mg/100 g	174 c	139 a	155 b	149 ab	<0,001
Pw	mg/l	57 c	43 a	47 ab	53 bc	0,003
P-Al	mg/100 g	72 b	54 a	57 a	60 a	<0,001
Kali	mg K <sub>2</sub> O/100g	32 c	22 a	25 b	24 ab	<0,001

Tegen verwachting in waren de fosfaat en kaliwaarden relatief hoog in de drijfmestvariant. Mogelijk houdt dit verband met de oppervlakkige toediening van deze meststof in het voorjaar. Gegevens van Koopmans en ter Berg (2005) laten zien dat, bij een grondbewerkingsdiepte van 25 cm, een verwachte ophoping van P plaatsvindt in de vaste mest variant.

### Funcities en parameterkeuze

Uit de waarnemingen blijkt dat de compostvarianten en de vaste mest beide positieve effecten hebben op de bodemvruchtbaarheid of 'productiefunctie' van de bodem voor landbouw en natuur. Dit blijkt met name uit de potentiële stikstof- en koolstof mineralisaties. Vanwege de significante effecten op de nematoden kan een verschil in het vermogen van de bodem wat betreft ziekten en plagen worden verwacht.