



PraktijkRapport Rundvee 50

# Naar een betere bodemkwaliteit op zandgrond



Juni 2004

**Rundvee**





## Colofon

### Uitgever

Animal Sciences Group / Praktijkonderzoek  
Postbus 2176, 8203 AD Lelystad  
Telefoon 0320 - 293 211  
Fax 0320 - 241 584  
E-mail [info.po.asg@wur.nl](mailto:info.po.asg@wur.nl)  
Internet <http://www.asg.wur.nl/po>

### Redactie en fotografie

Praktijkonderzoek

### © Animal Sciences Group

Het is verboden zonder schriftelijke toestemming van de uitgever deze uitgave of delen van deze uitgave te kopiëren, te vermenigvuldigen, digitaal om te zetten of op een andere wijze beschikbaar te stellen.

### Aansprakelijkheid

Animal Sciences Group aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen

### Bestellen

ISSN 1570-8616  
Eerste druk 2004/oplage 200  
Prijs € 17,50

Losse nummers zijn schriftelijk, telefonisch, per E-mail of via de website te bestellen bij de uitgever.

## Referaat

ISSN 1570 - 8616

Hanegraaf, M.C. en M. de Visser (redactie)  
Naar een betere bodemkwaliteit op zandgrond  
(2003)

PraktijkRapport Rundvee 50

90 pagina's, 3 figuren, 8 tabellen

Dit rapport is het resultaat van een oriënterende studie naar de betekenis van bodemkwaliteit in de melkveehouderij op zandgrond. Het gaat in op de eisen die gesteld worden aan de bodem bij de teelt van ruwvoedergewassen, maar ook hoe de bodem door deze teelten wordt beïnvloed. Het rapport benoemt knelpunten en bespreekt oplossingsrichtingen.

Trefwoorden: bodemkwaliteit, zandgrond, melkveehouderij, bodemmanagement, organische stof

## Abstract

ISSN 1570 - 8616

Hanegraaf, M.C. & M. de Visser (ed.)

Towards improved soil quality on sandy soil (2003)

PraktijkRapport Rundvee no. 50

90 pages, 3 figures, 8 tables

This report is the outcome of a reconnaissance study of the significance of soil quality in dairy farming on sandy soil. It goes into the soil requirements for the cultivation of fodder crops and also how the soil is influenced by these crops. Obstacles are mentioned and possible solutions are discussed.

Keywords: soil quality, sandy soil, dairy farming, soil management, organic matter



PraktijkRapport Rundvee 50

# Naar een betere bodemkwaliteit op zandgrond

## Towards improved soil quality on sandy soil

Praktijkonderzoek Animal Sciences Group (P-ASG)  
Nutrienten Management Instituut (NMI)

Marjoleine Hanegraaf (NMI)  
Matteo de Visser (P-ASG)

met bijdragen van:

Hendrik Jan van Dooren, Durk Durksz,  
Michel de Haan, Ivonne Kok, Bert Philipsen  
Douwe ter Veer (P-ASG)

Violette Hensgens, Lennard Mokveld, Linda van der Weijden (NMI)

Juni 2004

# Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Bodemkwaliteit van de Nederlandse zandgronden</b> .....	<b>3</b>
2.1	Inleiding.....	3
2.2	Zandgronden in Nederland .....	3
2.2.1	Nederlandse systeem van bodemclassificatie.....	3
2.2.2	Indelingen naar grondwaterstand .....	6
2.3	Bodemkwaliteit .....	7
2.3.1	Definitie.....	7
2.3.2	Bodemeigenschappen .....	8
2.3.3	Indicatoren voor bodemkwaliteit.....	9
2.4	Indicatoren voor ruwvoerproductie op zandgronden .....	10
2.4.1	Kwaliteit van organische stof .....	12
2.4.2	Organische stof als indicator .....	13
2.4.3	Indicatoren voor het bodemleven.....	16
2.5	Samenvatting en Conclusies .....	20
<b>3</b>	<b>Bedrijfsvoering en bodemkwaliteit</b> .....	<b>21</b>
3.1	Inleiding.....	21
3.2	Intensiteit van productie .....	21
3.3	Bouwplan .....	23
3.3.1	Gewaskeuze .....	23
3.3.2	Grasland .....	24
3.3.3	Wisselbouw .....	24
3.3.4	Snijmaïs continueelt .....	25
3.3.5	Groenbemester .....	25
3.4	Beweiding .....	25
3.5	Bemesting .....	26
3.6	Bodembewerking .....	26
3.6.1	Bodemverdichting van grasland.....	26
3.6.2	Grondbewerking .....	27
3.6.3	Berekening en vernatting .....	28
3.7	Organischestofbalans .....	28
3.8	Bedrijfsvoering en bodembelangen .....	29
3.9	Conclusies .....	29
<b>4</b>	<b>Bodemkwaliteit van melkveehouderij op zandgrond: knelpunten en perspectief</b> .....	<b>30</b>
4.1	Inleiding.....	30
4.2	Knelpunten in bodemkwaliteit en bedrijfsvoering .....	30
4.3	Oplossingsrichting: Duurzaam bodembeheer.....	32
4.4	Perspectief.....	33
4.4.1	Relatie organische stof en vochtleverend vermogen.....	34

4.4.2	Relatie organische stof en stikstoflevering.....	35
4.4.3	Relatie organische stof en bodemstructuur .....	36
4.4.4	Perspectief voor het bodemleven .....	36
4.5	Kanttekeningen bij duurzaam bodembeheer .....	40
4.6	Samenvatting en Conclusies .....	41
<b>5</b>	<b>Maatregelen ter verbetering van de bodemkwaliteit .....</b>	<b>43</b>
5.1	Indeling en methoden van inventarisatie .....	43
5.2	Bouwplan .....	44
5.2.1	Toepassen van groenbemesters .....	44
5.2.2	Vruchtwisseling.....	45
5.2.3	Samenvatting .....	47
5.3	Bemesting.....	47
5.3.1	C/N-verhouding in mest verhogen.....	48
5.3.2	Mestscheiding .....	49
5.3.3	Toevoegmiddelen aan mest .....	49
5.3.4	Reductie gebruik van antibiotica en formaline .....	50
5.3.5	Vaker minder bemesten.....	51
5.3.6	Gebruik maken van compost.....	51
5.3.7	pH toestand van de grond op peil brengen en houden .....	53
5.3.8	Samenvatting .....	54
5.4	Bodembewerking .....	55
5.4.1	Beperking ploegdiepte of achterwege laten van ploegen.....	55
5.4.2	Voorkomen van insporing en bodemverdichting .....	56
5.4.3	Perceelsgericht waterbeheer .....	57
5.4.4	Samenvatting .....	58
5.5	Duurzaam Bodembeheer als strategie.....	59
5.5.1	Bodemkwaliteit in samenhang met het bedrijfssysteem .....	59
5.5.2	Geïntegreerd organischestof- en stikstofmanagement .....	60
5.5.3	Bewustwording en kennisoverdracht over bodemleven naar de praktijk .....	60
5.6	Samenvatting .....	61
5.7	Bodemkwaliteit binnen praktijkprojecten.....	63
5.7.1	Visie vanuit Mineralenproject “Vel & Vanla” op bodemkwaliteit. ....	64
5.8	Nut en rendement van een betere bodemkwaliteit voor melkveehouderij op zandgrond .....	64
<b>6</b>	<b>Toepassing voor de praktijk .....</b>	<b>66</b>
<b>7</b>	<b>Conclusies en Aanbevelingen .....</b>	<b>68</b>
7.1	Conclusies .....	68
7.1.1	Zandgronden.....	68
7.1.2	Bodemkwaliteit .....	68
7.1.3	Indicatoren.....	69
7.1.4	Bedrijfsvoering en bodemkwaliteit .....	69
7.1.5	Knelpunten en perspectief .....	69
7.1.6	Maatregelen .....	70
7.2	Aanbevelingen voor vervolgonderzoek .....	72
<b>Bijlagen .....</b>	<b>73</b>	
Bijlage 1	Lijst benaderde instanties .....	73
Bijlage 2	Vragenlijsten .....	74

Bijlage 3 Verslag workshop bodemkwaliteit op zandgrond .....	75
Bijlage 4 Slotbijeenkomst “Naar een betere bodemkwaliteit op zandgrond” te Wijchen .....	80
<b>Literatuur</b> .....	<b>82</b>

## Voorwoord

Bodemkwaliteit staat momenteel in de praktijk sterk in de belangstelling. Dit is met name een gevolg van de introductie van MINAS. Hoewel ook op het gebied van veevoeding de aanvoer van mineralen beperkt kan worden, worden de grootste inefficiënties bij bemesting geconstateerd. Een groot deel van de mineralen in de mest blijkt niet in de voedergewassen op het erf terug te komen. Het onderzoek en de praktijk hebben tal van ideeën en maatregelen ontwikkeld om deze verliezen te beperken.

Daarnaast begon men zich af te vragen wat het belang is van bodemleven in grasland en andere voedergewassen. Dat het een rol speelt staat buiten kijf, maar draagt het bij aan de kwantiteit en kwaliteit van het ruwvoer? En wat te denken van bodemstructuur?

Het einde van de daling van de bemestingsniveaus is nog niet in zicht. Daarom is het belangrijk om na te gaan of en hoe de bodemkwaliteit kan worden geoptimaliseerd. In dit rapport is daarvoor de eerste aanzet gegeven. Het onderzoek is gefinancierd door het Productschap Zuivel en het Landbouwinnovatiebureau Noord-Brabant (LIB). De volgende stap is het ontwikkelen van illustratieve indicatoren en effectieve maatregelen.

Bodemmanagement is onderdeel van strategisch management. Melkveehouders zullen een bedrijfsspecifieke strategie moeten ontwikkelen voor het in stand houden of verhogen van hun bodemkwaliteit. Hoewel in dit rapport ook kennisleemtes worden aangewezen heeft het veel te bieden voor melkveehouders die externe kennis en visie willen betrekken bij de ontwikkeling van bedrijfsspecifiek bodemmanagement.

Bij de uitvoering van dit onderzoek is gesproken met een groot aantal praktijkdeskundigen, melkveehouders en onderzoekers. Daardoor konden veel ervaringen, kennis, visies en suggesties worden verzameld. Vanaf deze plaats wil ik hen daarvoor erkennen en bedanken.

Dr. ir. Agnes van den Pol-Dasselaar  
Clustermanager Bodem, gras en voedergewassen

## Samenvatting

Kan meer aandacht voor de bodemkwaliteit van zandgronden de nadelige effecten van een sterk dalende bemesting op ruwvoeropbrengst en –kwaliteit beperken? Deze vraag is urgent nu de inkomens in de melkveehouderij sterk onder druk staan en het voor de melkveehouder van groot belang is om ondanks een dalende bemesting voldoende voer te blijven produceren. Verlaging van het bemestingsniveau leidt tot een daling van het organischestofgehalte van de bodem, wat weer ongunstig is voor bijvoorbeeld het stikstof- en vochtleverend vermogen van de grond. Verwacht wordt dat als gevolg van huidig en toekomstig beleid de opbrengstdaling van grasland en voedergewassen tot 30% kan oplopen. Om deze opbrengstdaling te voorkomen zullen melkveehouders bodembeheer moeten opnemen in hun bedrijfsvoering. Op de meeste zandgronden zal deze daling voor 2/3 kunnen worden goed gemaakt met uitgekiende maatregelenpakketten en organische stofbeheer.

In opdracht van Productschap Zuivel en Stuurgroep Landbouw Innovatie Noord-Brabant hebben Praktijkonderzoek Animal Sciences Group en het Nutriënten Management Instituut NMI onderzoek gedaan naar de rol die bodemkwaliteit kan spelen bij het realiseren van een rendabele, duurzame melkveehouderij. Doel is aangeven van:

- praktijkrijpe maatregelen voor het verkrijgen van een goede bodemkwaliteit; en
- ontbrekende kennis van perspectief biedende opties.

Bodemkwaliteit is het vermogen van de bodem om gewassen van voldoende water en nutriënten te voorzien om een hoge productie per eenheid productiefactor te kunnen realiseren bij een lage belasting van het milieu. Bij de uitvoering van de studie zijn interviews gehouden met melkveehouders, adviseurs en onderzoekers, zijn discussies gevoerd tijdens studiegroepbijeenkomsten, is een workshop georganiseerd en is er literatuuronderzoek verricht. De belangrijkste bodemproblemen die melkveehouders ervaren hangen samen met een laag organischestofgehalte, zoals de bodemstructuur, de stikstofleverantie en de vochtvoorziening. Om de bodemkwaliteit in positieve zin te beïnvloeden dient er zicht te zijn op de verschillen tussen zandgronden, op de rol van organische stof; en hoe de bedrijfsvoering de bodemkwaliteit beïnvloedt.

De meest voorkomende zandgronden in Nederland zijn de podzol-, enkeerd- en beekerdgronden. Hun bodemeigenschappen kunnen erg uiteenlopen. De enkeerdgronden hebben in het algemeen de beste bodemeigenschappen; podzolgronden kunnen erg droog zijn en beekerdgronden hebben vaak lage organischestofgehalten. Belangrijke bodemeigenschappen die invloed hebben op de ruwvoederproductie zijn de bodemstructuur, de nutriëntentoestand (inclusief het stikstofleverend vermogen), de vochtthuishouding en het bodemleven. Er kunnen verbanden worden gegeven tussen bodemkwaliteit en gewasproductie. Uit berekeningen blijkt dat de vochtlevering in zandgronden met een organischestofgehalte van 2-8 procent gemiddeld 30 mm per procent organische stof is. Hiervan heeft het gewas veel profijt, aangezien meestal een aantal keren per groeiseizoen een vochttekort optreedt. De extra stikstoflevering op deze zandgronden als gevolg van een hoger organischestofgehalte is geschat op 25 kg per hectare per procent organische stof. Voor een mogelijke verbetering in de bodemstructuur door goed organischestofbeheer zijn onvoldoende gegevens beschikbaar. Ook zijn de gecombineerde effecten van een verbeterde stikstof- en vochtvoorziening op de opbrengst voor de verschillende zandgronden nog niet duidelijk. De organischestofvoorziening is een belangrijke pijler voor het managen van het bodemleven. Over deze relatie is nog weinig harde informatie beschikbaar. Praktijklaboratoria bieden analyses van (de activiteit van) het bodemleven aan en geven op grond van ervaringskennis adviezen voor verbetering van de bodemkwaliteit.

De bedrijfsvoering heeft via bouwplan, bemesting en bodembewerking grote invloed op de bodemkwaliteit. Deze invloed is zichtbaar te maken in een organischestofbalans. Op de aanvoerszijde van de balans staan de posten organische mest, gewasresten, wortels en stoppels en groenbemester. Op de afvoerszijde staat afbraak van organische stof in de bouwvoor. Zo'n organischestofbalans laat grote verschillen zien tussen de drie gangbare teeltsystemen blijvend grasland, maïs continuecultuur en wisselbouw. In laatstgenoemde komen naast gras en maïs soms ook niet-ruwvoedergewassen voor zoals aardappelen en bloembollen. Het is bekend dat de maïscultuur een wissel trekt op bodemkwaliteit, doordat de aanvoer van organische stof erg laag is vergeleken bij de afbraak. Efficiënte wisselbouw is moeilijk, maar voor de melkveehouderij op zandgrond onmisbaar. Het is voor de melkveehouderij van groot belang dat het opstellen van een organischestofbalans een goede gewoonte wordt.

Het verbeteren van de bodemkwaliteit vergt een integrale benadering, zoals duurzaam bodembeheer, waarbij werken aan de bodemkwaliteit, voor nu en in de toekomst, een onlosmakelijk deel vormt van de bedrijfsvoering. De voor het melkveebedrijf geschikte vorm van duurzaam bodembeheer is een strategie om de organische stof en het bodemleven zo te managen dat een bij de grondsoort passende en optimale bodemkwaliteit wordt bereikt en in stand gehouden. Voor de meeste zandgronden is organischestofbeheer de belangrijkste **draaiknop** om bodemeigenschappen in de gewenste richting te sturen (zie Figuur 1). Het gaat daarbij om de samenstelling, het gehalte en de afbraak van organische stof, weergegeven in de middelste schil. De boer kan aan deze knop



draaien middels maatregelen gericht op bemesting, bouwplan en bewerking, weergegeven als schillen rond organische stof.



**Figuur 1** Organischestofbeheer als draaiknop bij het sturen van bodemeigenschappen

In deze benadering vormen bemesting, bodembewerking en bouwplan de drie peilers om te komen tot een betere bodemkwaliteit. Het geheel van mogelijke maatregelen wordt aangeduid als het Triple-B systeem (zie kader).

#### Het Triple-B systeem

Bemesting, Bouwplan en Bodembewerking hebben sterke invloed op bodemkwaliteit. Dit zijn de drie B's van bodemmanagement, kortweg het Triple-B systeem. In deze benadering is bodemmanagement een integraal onderdeel van de bedrijfsvoering. Het gaat erom dat melkveehouders bij ieder van de B's de bodembelangen afwegen tegen die van het gewas en de koeien. Nu rekening houden met bodembelangen om op lange termijn rendabel voeder gewassen te telen.

De belangrijkste maatregelen die door voorlopers, al dan niet als deelnemer van een praktijkproject, worden toegepast, zijn weergegeven in Tabel 1. Uit de tabel blijkt dat het bijsturen van de zuurgraad van de bodem en pas berijden als de draagkracht goed is, maatregelen zijn die positief scoren op praktijkrijpheid en economie. Voor de meeste andere maatregelen geldt dat nader moet worden aangegeven wanneer de maatregel gunstig uitpakt. Per regio en bodemtype kunnen andere maatregelenpakketten gewenst zijn.

Het onderzoek heeft geleid tot de volgende conclusies en aanbevelingen:

- Meer aandacht voor bodemkwaliteit biedt perspectief voor een rendabele en duurzame ruwvoederproductie.
- De diversiteit in zandgronden met betrekking tot bodemstructuur, organischestofgehalte, stikstof- en vochtvoorziening en bodemleven vereist maatwerk in de selectie van maatregelen om de bodemkwaliteit te verbeteren.
- Onder voorlopers is veel ervaringskennis beschikbaar over maatregelen voor duurzaam bodembeheer. Deze zijn in te delen in de drie B's van bouwplan, bemesting en bodembewerking.
- Duurzaam bodembeheer is een integrale benadering gericht op organischestofbeheer en bodemleven.
- Organischestofbeheer is de belangrijkste draaiknop voor het verbeteren van de bodemkwaliteit.
- Voor succesvol bodembeheer is onderzoek nodig naar:
  - de parameterisatie organischestofbalans (kengetallen, streefwaarden);
  - een betere en goedkope karakterisatie van bodemleven en organische stof;
  - het goed op elkaar afstemmen van maatregelen; en
  - een economische rentabiliteitsonderbouwing maatregelen(pakketten).

**Tabel 1** Maatregelen voor instandhouden en verbeteren van de bodemkwaliteit

<i>Maatregel</i>	<i>Termijn</i>	<i>Praktijkrijpheid</i>	<i>Effect op rendement</i>
<i>Bemesting</i>			
- toepassen van organischestofbeheer	lang	+	+/-
- verbeteren mestkwaliteit met rantsoen	lang	+	+/-
- mestscheiding en composteren	lang	+	-
- bijsturen zuurgraad van de bodem	kort	+	+
- gebruik van toevoegmiddelen mest en bodem	kort	+/-	-
- verminderen van mestvreemde stoffen	kort	-	+/-
<i>Bouwplan</i>			
- aanpassen bouwplan aan bodemkwaliteit	lang	+/-	+
- teelt van groenbemesters	lang	+	+/-
- graslandbeweidingsstelsel	lang	+/-	+/-
<i>Bewerking</i>			
- pas berijden als draagkracht goed is	kort	+	+
- verminderen van graslandvernieuwing	lang	+	+/-
- verminderen van grondbewerking	lang	+/-	+/-
- toepassen van perceelsgericht waterbeheer	lang	+/-	+
<i>Bodemkwaliteit</i>			
- bewustwording en training	kort	+	+
- meten en beoordelen van bodemkwaliteit	kort	+/-	+/-

(+) = positief; (-) = negatief; (+/-) = heeft nader onderzoek.

## Summary

Can paying more attention to the soil quality of sandy soils limit the adverse effects of a sharply falling fertilisation on the yield and quality of fodder crops? This is a burning question, given that incomes from dairy farming are currently under great pressure and that it is very important for dairy farmers to continue to produce sufficient fodder despite a reduction in fertilisation. Reducing the fertilisation results in a decline in the soil organic matter content, which impacts negatively on, for example, the available nitrogen and moisture in the soil. It is expected that current and future policy might result in the yields of grassland and fodder crops falling by up to 30%. To avert this yield decline, dairy farmers will have to incorporate soil management in their farm practices. On most sandy soils, 2/3 of this yield depression can be compensated for by taking appropriate measures and managing the organic matter.

The Research Institute for Animal Husbandry Animal Sciences Group and the Nutrient Management Institute NMI were commissioned by the Dairy Commodity Board and the Stuurgroep Landbouw Innovatie Noord-Brabant (North Brabant agricultural innovation steering group) to investigate the role soil quality can play in achieving profitable, sustainable dairy farming. The objective was to identify:

- commercially viable measures that farmers could apply to obtain good soil quality;
- knowledge gaps concerning new perspectives.

In this study, soil quality is defined as the soil's capacity to provide crops with sufficient water and nutrients in order to achieve a high production per unit of production, with a low burden on the environment. The research entailed interviewing dairy farmers, advisors and scientists, instigating discussions during study group meetings, holding a workshop, and reviewing the literature. The most important soil problems experienced by the dairy farmers are associated with a low organic matter content, and include soil structure, the nitrogen supply and the moisture supply. To be able to influence soil quality in a positive sense, there must be an understanding of the differences between sandy soils, the role of organic matter, and how farm practices may influence the soil quality.

The most common sandy soils in the Netherlands are the podsols, (plaggen soils) and Humic Gleysols. Their soil properties can be very different. In general, the plaggen soils have the best soil properties; podsols can be very dry, and Humic Gleysols often have a very low organic matter content. The important soil properties that influence fodder production are the soil structure, the nutrient status (including the nitrogen availability), the moisture regime and the soil biota. Links can be made between soil quality and crop production. Calculations have shown that the average moisture supply in sandy soils with an organic matter content of 2-8 % is 30 mm per % organic matter. The crop profits greatly from this, as during the growing season a moisture deficiency usually occurs several times. The additional nitrogen available in these sandy soils as a result of the higher organic matter content is estimated at 25 kg per hectare per % organic matter. Insufficient data are available for the possible improvement of the soil structure by good management of the organic matter. Furthermore, it is unclear what the combined effects of the improved supply of nitrogen and moisture could be on the yield from the various sandy soils. The organic matter reserves are a mainstay of the management of the soil biota. But little hard data are available on this relationship. Commercial laboratories analyse soil biota and its activity and issue expert advice on how the soil quality can be improved.

The farm practices have a major influence on the soil quality via the cropping plan, the fertilisation and the tillage. This influence can be made visible by means of an organic matter balance sheet. The entries on the supply side of the balance sheet are the manure, crop residues, roots and stubble, and green manure. On the removal side is the decomposition of organic matter in the topsoil. An organic matter balance sheet like this reveals that there are big differences between the three conventional cultivation systems: permanent grassland, continuous cropping of maize, and crop rotation. In crop rotation, as well as growing grass and maize, sometimes other non-fodder crops are grown, such as potatoes and bulbs. It is known that maize cultivation reduces soil quality, because the input of organic matter is very low by comparison with the decomposition. Efficient crop rotation is difficult, but it is indispensable for dairy farming on sandy soil. For dairy farming it is essential that drawing up an organic matter balance sheet becomes standard practice.

The improvement of the soil quality requires an integrated approach, such as sustainable soil management, in which working on the soil quality for now and in the future is an inseparable part of the farm management. The type of sustainable soil management suitable for the dairy farm is a strategy for managing the organic matter and soil biota in such a way that a soil quality that is optimal and matches the soil type is achieved and maintained. On most sandy soils, organic matter management is the most important "control knob" for adjusting the soil properties in the desired direction (see Figure 1). This adjustment is to do with the composition, content and decomposition of organic matter: see the central shell. The farmer can turn this "knob" by applying measures aimed at fertilisation, cropping plan and tillage, depicted in the Figure as shells around organic matter.



**Figure 1** Organic matter management as a “control knob” for adjusting soil properties.

In this approach the three mainstays for improving soil quality are fertilisation, tillage and cropping plan. The complete set of possible measures is referred to as the Triple-B system (see box).

#### The Triple B-system

Fertilisation, Cropping system, and Soil tillage strongly influence soil quality. These are the three components of soil management, referred to as the triple-B system. In this approach, soil management forms an integral part of farm management. It aims to include soil in the decision making, in addition to grass, fodder and cows. Doing so now helps to ensure sustainable farming in the future.

The most important measures being applied by trendsetters (sometimes in pilot projects) are shown in Table 1. From the table it can be seen that there are two measures that are economic and can be applied in practice, i.e. adjusting the soil pH, and driving machinery over the field only when the bearing capacity is good. For most of the other measures it holds that more detail is required to evaluate whether the measure in question works favourably. Which package of measures is desirable may vary per region and soil type.

The research has led to the following conclusions and recommendations:

- Paying more attention to soil quality offers prospects for profitable and sustainable fodder production.
- Given the diversity in sandy soils in terms of soil structure, organic matter content, availability of nitrogen and moisture, and soil biota, the measures to improve the soil quality must be customised.
- The trendsetters have a wealth of experience about measures for sustainable soil management. This experience falls under three headings: cropping plan, fertilisation and tillage.
- Sustainable soil management is an integrated approach directed at managing organic matter and soil biota.
- The most important control knob for improving the soil quality is organic matter management.
- For successful soil management, research must be done on:
  - parameterising the organic matter balance sheet (index values, target values);
  - an improved, cheap characterisation of soil biota and organic matter;
  - the proper harmonising of measures; and
  - measures (or packages of measures) to support economic productivity.

**Table 1** Measures for maintaining and improving soil quality

Measure	Period	Commercial viability	Impact on returns
<i>Fertilisation</i>			
- application of organic matter management	long	+	+/-
- improvement of manure quality via ration	long	+	+/-
- manure separation and composting	long	+	-
- adjustment of soil pH	short	+	+
- use of additives in manure and soil	short	+/-	-
- reduction of compounds alien to manure	short	-	+/-
<i>Cropping plan</i>			
- adapting cropping plan to soil quality	long	+/-	+
- cultivating green manure	long	+	+/-
- grassland pasturing system	long	+/-	+/-
<i>Tillage</i>			
- machinery on field only when bearing capacity is good	short	+	+
- reduction of renewal of grassland	long	+	+/-
- reduction of tillage	long	+/-	+/-
- application of water management per individual field	long	+/-	+
<i>Soil quality</i>			
- raising awareness and training	short	+	+
- measuring and evaluating soil quality	short	+/-	+/-

(+) = positive; (-) = negative; (+/-) = needs further research.

## 1 Inleiding

In dit rapport wordt een overzicht gegeven van de stand van zaken m.b.t. de kennis op het gebied van bodemkwaliteit van zandgrond voor melkveehouderij.

### Problematiek omschreven

De centrale vraag die in dit project is opgepakt kan als volgt worden geformuleerd:

“In hoeverre is bodemkwaliteit van belang voor de melkveehouderij op zandgrond en op welke plaats zou bodemkwaliteit in de bedrijfsvoering moeten hebben?”

In het overgrote deel van de Nederlandse melkveehouderijbedrijven speelt de bodem een centrale rol, namelijk voor teelt van voedergewassen. Met de geteelde voeders wordt een groot deel van de voederbehoefte van de melkveestapel gedekt. Melkveehouderij is overwegend een grondgebonden sector.

De afgelopen jaren is in Nederland veel werk verricht aan een efficiëntere inzet van stikstof, fosfaat en water in de landbouw, inclusief de voedergewassen. Daarbij is zowel aandacht besteed aan de benutting op bedrijfsniveau als aan de benutting op dier- en bodemniveau. Wat betreft de benutting van deze inputs in de bodem is deze verbeterd door het afstemmen van de giften op de gewasbehoefte. Recent ontwikkelde en geïmplementeerde maatregelen zijn onder andere verbetering van bemestings- en beregeningsadviezen, verhoging van de stikstofbenutting uit dierlijke mest, verlaging van stikstofbemesting, waterpeilverhoging, aangepaste weidegang en het gebruik van vanggewassen.

Het is nu zaak ook de bodemtoestand zelf bij dit benuttingsvraagstuk te betrekken. Er blijken namelijk grote verschillen in de benutting van stikstof, fosfaat en water, die niet toe te schrijven zijn aan niveau van input maar veroorzaakt worden door andere, meer structurele factoren. Bij veehouders op zandgronden bestaat bovendien de zorg dat de verlaging van de inzet van meststoffen op den duur tot een lagere bodemvruchtbaarheid zal leiden, met als gevolg lagere opbrengsten en een bedreiging van de duurzame voortzetting van het bedrijf. Doordat de inzet van meststoffen en water de komende jaren verder zal moeten worden teruggebracht, zal de bodemvruchtbaarheid meer een beperkende factor worden voor gewasproductie. Daarom hebben melkveehouders behoefte aan kennis om deze beperkende factor zo effectief mogelijk in te zetten. Enerzijds gaat het om optimalisatie van de bodem, anderzijds om de bodem zo te gebruiken dat de maximale opbrengst gehaald wordt. Echter beiden, bodemoptimalisatie en opbrengstmaximalisatie, vinden niet achtereenvolgens maar gelijktijdig plaats. Beiden kunnen elkaar versterken, maar dat vraagt een slimme aanpak in iedere specifieke situatie. In de duurzame teelt van voedergewassen zal bodemoptimalisatie een grotere rol gaan spelen dan in de afgelopen decennia.

Deze studie is te zien als een verkenning van de plaats van bodemoptimalisatie in de teelt van voedergewassen op zandgrond.

### Aanpak

De aanpak is gekwalificeerd als een brede studie. Dit houdt in dat een scala van informatie over dit onderwerp wordt samengebracht. Het dient als een overzicht voor de beschikbare informatie en tegelijkertijd en analyse van de problematiek. Door de financiers is gevraagd om vooral te luisteren naar wat mensen over bodemkwaliteit denken; mensen die expertise op dit terrein hebben en ook naar mensen die intensief met dit onderwerp bezig zijn. En die mensen zijn er. Er is gesproken met gerenommeerde onderzoekers, met innovatieve melkveehouders, met projectleiders en voorlichters. Naast interview achtige gesprekken, vond deze interactieve informatie verzameling ook plaats in een workshop en bijeenkomsten met een viertal veehouder-studiegroepen. Parallel aan de kennisverzameling vond ook kennisoverdracht plaats. Dit onderhavig rapport, hoe belangrijk ook voor documentatie, is maar een deel van de kennisoverdracht vanuit dit project. Er is een e-nieuwsbrief opgezet waarvan er totaal drie verzonden zijn aan meer dan 100 geïnteresseerden in praktijk, onderzoek en beleid. Er zijn artikelen geschreven voor de vakpers en projectleden hebben informatie geleverd aan journalisten. Twee producten steken er echter uit, namelijk de slotbijeenkomst op 13 november 2003 in Wijchen (ca. 100 bezoekers) en de poster “Goede bodem boert beter” (inmiddels 2800 exemplaren in omloop). In beide producten zijn de eindresultaten van dit onderzoek, die ook in dit rapport zijn terug te vinden, gecommuniceerd naar de melkveehouders op zand. Daarmee heeft dit project een substantiële bijdrage geleverd aan de bewustwording en kennisontwikkeling bij de melkveehouders die dit verwerken in hun bedrijfsvoering.

### **Leeswijzer**

Hoofdstuk 2 legt een basis door het omschrijven van relevante zandgronden en het operationaliseren van het begrip bodemkwaliteit. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de vraag hoe melkveehouders op zandgrond momenteel met de bodem omgaan – hun bedrijfsvoering. In hoofdstuk 4 worden geïnventariseerde knelpunten benoemd. Daarin wordt ook besproken hoe op de problematiek kan worden ingespeeld. De inventarisatie van maatregelen die al worden toegepast door innovatieve melkveehouders wordt gepresenteerd in hoofdstuk 5. De maatregelen worden ook beoordeeld op hun effect op verschillende aspecten van bodemkwaliteit, de economie en toepasbaarheid.

In de laatste paragraaf van hoofdstuk 4 een inschatting gemaakt van het rendement van “duurzaam bodembeheer” voor melkveehouderij op middellange termijn.

Hoofdstuk 6 bevat de conclusies en aanbevelingen. De kennisleemtes worden daar geïdentificeerd.

In de bijlagen is informatie te vinden die is verzameld en verspreid.

## 2 Bodemkwaliteit van de Nederlandse zandgronden

### 2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de huidige kennis over de bodemkwaliteit van zandgrond. Eerst worden de zandgronden in Nederland beschreven. Vervolgens wordt uit mogelijke definities van het begrip bodemkwaliteit een keuze gemaakt en wordt een overzicht gegeven van mogelijke indicatoren voor bodemkwaliteit, waarbij de nadruk ligt op biologische indicatoren. Daarna wordt ingegaan op de rol van bodemkwaliteit in de melkveehouderij op zandgrond. Tot slot worden conclusies getrokken over het gebruik van de huidige kennis over de bodemkwaliteit van zandgronden in de melkveehouderij.

Voor de kennis die in dit hoofdstuk is verwerkt zijn interviews gehouden met praktijkonderzoekers en andere deskundigen en is aanvullend literatuuronderzoek verricht.

### 2.2 Zandgronden in Nederland

In het kader van deze studie is het relevant om te weten wat de belangrijkste kenmerken zijn van de zandgronden in Nederland en hoe zij kunnen worden ingedeeld. Deze informatie is nodig om in volgende paragrafen een beeld te vormen van de bodemkwaliteit van zandgronden.

#### 2.2.1 Nederlandse systeem van bodemclassificatie

De volledige benaming van de groep gronden waartoe de zandgronden behoren is volgens de klassieke bodemkunde 'zand- en leemgronden'. Deze gronden komen verspreid door heel Nederland voor, hoewel de oostelijke en zuidelijke zandgebieden het meest bekend zijn. Om een grond als zandgrond te kunnen classificeren is een duidelijk afbakening met andere grondsoorten nodig. Probleem hierbij is echter dat in de praktijk de grenzen met klei en/of veen zelden scherp zijn. Meestal duikt het zand zeer geleidelijk weg onder het veen of de zee- of rivierklei. Ook kunnen in de zandgebieden 'eilanden' voorkomen van veen, moerige - en rivierkleigronden. De term 'zand' kan betrekking hebben op de afmeting van de minerale delen, de samenstelling van het minerale materiaal en op het bodemprofiel. Voorts speelt bij de bodemclassificatie het organische stofgehalte een rol. De Stichting voor Bodemkartering is verantwoordelijk voor het bepalen van de grenzen tussen de verschillende fracties en grondsoorten. De meest recente classificering is die uit 1985 (de Bakker en Schelling, 1989). Minerale delen met afmetingen tussen 50 en 2000  $\mu\text{m}$  ( $1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$ ) behoren tot de zandfractie; delen kleiner dan 50  $\mu\text{m}$  tot de leemfractie. Mineraal materiaal met minder dan 8% lutum ( $< 2 \mu\text{m}$ ) en tevens minder dan 50% leemfractie heet zand. Heeft het materiaal meer dan 50% leem en is het eolisch (uit de lucht bezonken) afgezet, dan heet het leem. Op basis hiervan zijn zandgronden gedefinieerd als gronden die tussen 0 en 80 cm diepte voor meer dan de helft van de minerale delen uit zand bestaan; analoog hieraan bestaan leemgronden voor meer dan de helft van de minerale delen uit leem (de Bakker en Schelling, 1989). Indelingen volgens de textuur (korrelgrootteverdeling) en organische stofgehalte zijn weergegeven in tabellen 1-3.

**Tabel 1** Textuurindeling naar het leemgehalte, voor zandgronden (Stiboka, 1985)

Leem%	Naam	Samenvattende naam
0-10	Leemarm zand	}
10-17,5	Zwak lemig zand	
17,5-32,5	Sterk lemig zand	} Lemig zand
32,5-50	Zeer sterk lemig zand	
		} Zand



**Tabel 2** Indeling en benaming zand naar de mediaan van het zanddeel (M50 is de korrelgrootte waarboven en waaronder de helft van de massa van de deeltjes tussen 50 en 2000  $\mu$  ligt) (De Bakker en Schelling, 1989)

M 50 tussen:	Naam	Samenvattende naam
50 en 105	Uiterst fijn zand	} Fijn zand
105 en 150	Zeer fijn zand	
150 en 210	Matig fijn zand	
210 en 420	Matig grof zand	} Grof zand
420 en 2000	Zeer grof zand	

**Tabel 3** Textuurindeling naar het organische stofgehalte, voor zandgronden (< 8 % lutum) (Stiboka, 1985)

Organische stof %	Naam
0-1,5	Humusarm zand
1,5-2,5	Matig humusarm zand
2,5-5	Matig humeus zand
5-8	Zeer humeus zand
8-15	Humusrijk zand

De brede definitie van de zand- en leemgronden maakt dat er een grote diversiteit aan zandgronden in Nederland is. Dit komt tot uiting in verschillen in bodemgeschiktheid voor bijvoorbeeld natuur, weidebouw en/of akkerbouw. Voor de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50.000 worden de volgende groepen zandgronden onderscheiden (Pape, 1979):

*Podzolgronden:* gronden met een inspoelingslaag (B-horizont) van organische stof.

- Modderpodzolen: de organische stof in de B-horizont bestaat vooral uit niet-amorfe humus, van uitwerpselen van bodemdieren. Ze komen alleen voor op plaatsen die hoog boven het grondwater liggen (GT VII en VI).
- Humuspodzolen: de organische stof in de B-horizont bestaat vooral uit amorfe humus. De bovengrond is gewoonlijk zwart en zeer humeus tot humusrijk. Na spitten of andere grondbewerking blijft het humeuze materiaal lang in onveranderde toestand bestaan.

*Zandbrikgronden:* Gronden met een zwaardere laag (briklaag) in het bodemprofiel, ontstaan door inspoeling van voornamelijk lutum. De briklaag heeft een brokkige structuur.

*Enkeerdgronden:*

- Lage enkeerdgronden; gronden met een bruine of zwarte bovengrond die dikker is dan 50 cm en die liggen op de grondwatertrappen II en III. Ze komen voor als oude graslandgronden.
- Hoge bruine enkeerdgronden; gronden met een bruine bovengrond dikker dan 50 cm, op de grondwatertrappen VI en VII. Hoge bruine enkeerdgronden komen voor in gebieden waar men bemesting met grasplaggen en/of bosstrooisel heeft toegepast. In de regel is het organischestofgehalte van de A1-horizont in de bruine enkeerdgronden duidelijk lager dan dat in de zwarte enkeerdgronden. Het lutumgehalte kan vrij hoog zijn en de grond een neiging tot slempen geven. In het algemeen zijn de fysische eigenschappen voor de landbouw uitstekend.
- Zwarte enkeerdgronden; gronden met een zwarte bovengrond die dikker is dan 50 cm. Zij kunnen voorkomen op de grondwatertrappen V, VI en VII. De meeste zwarte enkeerdgronden zijn ontstaan door bemesting uit potstallen, met vooral heideplaggen. Deze gronden vormen vaak de grote engcomplexen rondom dorpen. In laag gelegen gebieden komen zij veel voor op dekzandruggen. De zwarte enkeerdgronden hebben in het algemeen goede fysische eigenschappen; de beschikbare hoeveelheid vocht is meestal aanzienlijk.

*Beekeerdgronden:* Gronden die zijn ontstaan door ontginning van elzenbroekbos. Gelegen langs beken.

Gekenmerkt door een donkere bovengrond met een scherpe overgang naar een organischestof-arme ondergrond.

*Kalkloze zandgronden:* minerale gronden waarvan het minerale deel binnen 80 cm diepte voor minstens de helft bestaat uit kalkloos zand, eventueel met een klei- of zaveldek. Onderverdeling in eerdgronden (met minerale eerdlaag) en vaaggronden (zonder minerale eerdlaag).

*Kalkhoudende zandgronden,* gronden die kalkhoudend tot kalkrijk zijn. Zij komen meestal voor in licht mariene sedimenten.



### Podzolgronden

Foto links: profiel podzolgrond  
Kaartje hierboven: regionale verdeling: in het zandgebied van Noord- Oost- en Zuid-Nederland zijn podzolgronden het overheersende bodemtype.



### Enkeerdgronden

Foto links: profiel zwarte enkeerdgrond  
Kaartje hierboven: regionale verdeling: Enkeerdgronden worden in het gehele zandgebied van Noord- Oost- en Zuid-Nederland aangetroffen.



### Beekeerdgronden

Foto links: profiel beekerdgrond  
Kaartje hierboven: regionale verdeling:  
Beekeerdgronden worden in het gehele  
zandgebied van Noord- Oost- en Zuid-Nederland  
aangetroffen.

Bron: Bokhorst en Heeres, 2003

De podzol- en enkeerdgronden komen het meest voor. Hierop wordt veel melkveehouderij bedreven. Van het totale areaal grasland en mais in Nederland bevindt zich 46% op de zandgronden (van Wezel et al., nog niet gepubliceerd).

### 2.2.2 Indelingen naar grondwaterstand

#### Internationaal

Het Amerikaanse bodemclassificatiesysteem wordt in veel landen over de hele wereld gebruikt (Soil Taxonomy, USDA, 2000). In dit systeem wordt ook de grondwaterstand in de classificering betrokken. Een dergelijke benadering is voor de Nederlandse zandgronden toegepast door Hack - ten Broecke (2000). Uitgaande van de meest voorkomende combinaties van zandgronden en grondwatertrappen in Nederland geeft zij de belangrijkste vijf zandgronden (tabel 4).

**Tabel 4** Indeling van de zandgronden door Hack – ten Broecke (2000)

Naam en grondwatertrap (Gt)	Oppervlak (ha)
Cambic Podzol, Gt VI	119.172
Cumulic Anthrosol, Gt VII	33.331
Umbric Gleysol, Gt III	36.104
Cambic Podzol met boulder klei, Gt V	25.462
Dystric Gleysol, Gt III	6.580

#### Uitspoelingsgevoelige zandgronden

In het kader van het mest- en mineralenbeleid maakt de overheid onderscheid tussen uitspoelingsgevoelige zandgronden en overige zandgronden. Een perceel zand- of lössgrond wordt als uitspoelingsgevoelig

geclassificeerd als tenminste tweederde van het perceel grondwatertrap VII of VIII heeft. (GHG 80 cm, GLG >120 cm) (Tweede Kamer, 2003). Dit geldt vanaf 2002. De totale oppervlakte van deze gronden bedraagt circa 140.000 ha. Per 1 januari 2005 zal de aanwijzing van uitspoelingsgevoelige gronden worden geactualiseerd op basis van een volledig nieuwe kartering.

## 2.3 Bodemkwaliteit

Zandgronden worden op basis van hun textuur en organischestofgehalte onderscheiden van andere grondsoorten. De groep zandgronden is niet homogeen, maar bestaat uit gronden met wisselende kenmerken wat betreft textuur en organischestofgehalte. Specifieke bodemeigenschappen worden voorts bepaald door de grondwaterstand. Om een uitspraak te kunnen doen over de bodemkwaliteit van deze gronden is allereerst helderheid nodig over het begrip bodemkwaliteit. Om dit begrip vervolgens operationeel te kunnen maken moet in kaart gebracht worden welke eisen, in de vorm van bodemeigenschappen, de melkveehouderij op de zandgrond aan de bodemkwaliteit stelt. Deze bodemeigenschappen worden behandeld in paragraaf 3.3.2. Ook moet beschikt worden over indicatoren waarmee gekeken kan worden of de bodemkwaliteit aan deze eisen voldoet. In paragraaf 2.3.3. zal daarom dieper op indicatoren worden ingegaan.

### 2.3.1 Definitie

Het begrip kwaliteit kan op diverse manieren worden uitgelegd. Het is een verzamelbegrip waar iedereen een eigen beeld bij kan hebben. Kenmerkend is dat men 'voor' een goede kwaliteit is, zelden 'tegen'. Het beeld van wat een goede kwaliteit is, hangt af van de invalshoek. Voor de landbouw is uiteraard de relatie met gewasproductie belangrijk. Aanvullend kan de definitie een uitspraak doen over bijvoorbeeld product- en milieukwaliteit. Tabel 5 geeft hiervan voorbeelden; uit de definities blijkt in relatie waarmee de bodemkwaliteit wordt gedefinieerd.

**Tabel 5** Enkele definities van het begrip 'bodemkwaliteit'

Functie van Bodemkwaliteit	Definitie	Bron
Milieu	Bodemkwaliteit is een intrinsieke waarde van de bodem, die is/wordt bepaald door bodemvormende processen.	Karlen, 1997.
ruimtelijke ordening	Een ecologisch, economisch en belevingsdomein bestaande uit verschillende voorraden die zijn opgebouwd uit eigenschappen	van Wezel, 2003
landbouw en milieu	Het vermogen van een bodem om invloeden van buitenaf te weerstaan; evenwicht (' <i>resilience</i> ', veerkracht)	De Ruiter, 2002
Landbouw	Het vermogen van een bodem om duurzaam te functioneren binnen de grenzen die worden gesteld door klimaat, landschap, ecosysteem en bodemgebruik.	De Goede et al., 2002
Landbouw	Het vermogen van de bodem om gewassen op langere termijn van voldoende water en nutriënten te voorzien zodat de gewassen tot een hoge productie per eenheid productiefactor komen met een lage belasting voor de omgeving.	Schröder, 2002, naar Baere et al., 1999
biologische landbouw	Een bodem die in staat is de gewassen van voldoende nutriënten te voorzien en een goed product te leveren in kwantiteit en kwaliteit	Koopmans, 2002

In het kader van deze studie is het doel van een betere bodemkwaliteit geformuleerd als "het realiseren van duurzame ruwvoerproductie bij lage bemestingsniveaus". Een passende definitie voor de bodemkwaliteit in de Nederlandse melkveehouderij op zandgrond, die te maken heeft met relatief arme, vaak droge gronden en hoge risico's op nitraatuitspoeling is die van Baere et al. (19XX):

definitie van bodemkwaliteit: "Het vermogen van de bodem om gewassen op langere termijn van voldoende water en nutriënten te voorzien zodat de gewassen tot een hoge productie per eenheid productiefactor komen met een lage belasting voor de omgeving"

Tot de productiefactoren behoren de aangevoerde nutriënten, water, energie en arbeid. Het begrip omgeving heeft niet alleen betrekking op de directe omgeving van de akker of weide, maar ook op die van het grond- en

oppervlaktewater en de lucht rondom het bedrijf, in de regio of zelfs in de wereld als geheel. Impliciet omvat deze definitie dat gewaakt moet worden voor afwentelingen in ruimte en tijd, dat bodemkwaliteit ook tot uiting komt in de beheersbaarheid van ziekten en plagen, en dat productiefactoren efficiënt benut moeten worden. Tot slot is de definitie te ontleden in vier aspecten, namelijk de toekomst ('op langere termijn'), de bodemvruchtbaarheid ('voorzien van voldoende water en nutriënten'), de economie ('hogere productie per eenheid productiefactor') en het milieu (met een lagere belasting van de omgeving'). Daarmee past deze definitie uitstekend in het huidige denken over duurzaamheid.

### 2.3.2 Bodemeigenschappen

Het begrip bodemkwaliteit is in de voorgaande paragraaf gedefinieerd. Om de bodemkwaliteit te kunnen beïnvloeden moet het begrip worden vertaald naar de praktijk van de melkveehouderij op zand. Hiertoe is het van belang te onderzoeken welke eisen de melkveehouderij aan de bodemkwaliteit stelt. In de melkveehouderij worden ruwvoergewassen geteeld. Voor de ruwvoergewassen op zandgrond geldt dat een goede bodemkwaliteit en daarmee een hoge gewasproductie, vooral bepaald wordt door de stikstoflevering, de vochtvoorziening en de bodemstructuur (en daarmee de beworteling). Anders geformuleerd: zandgronden staan in hun algemeenheid bekend om de lage stikstoflevering en een groot risico op vochttekort. Het bodemleven is van invloed op deze drie eigenschappen en op het organische stofgehalte van een perceel. Daarom wordt het bodemleven meegenomen als één van de bodemeigenschappen die samen handen en voeten geven aan het begrip bodemkwaliteit. Hieronder worden de bodemeigenschappen nader omschreven.

- *Het stikstofleverendvermogen (NLV):*  
Voor de groei van het gewas is de beschikbaarheid van nutriënten en stikstof in het bijzonder van groot belang. Sinds er beperkingen gesteld worden aan de hoeveelheid stikstof die van buiten aangevoerd mag worden om aan de stikstofbehoefte van de plant te voldoen, wordt het stikstofleverende vermogen van de bodem steeds belangrijker. Van belang is daarbij niet alleen de hoeveelheid stikstof die in de bodem vrijgemaakt kan worden, maar ook het tijdstip waarop dit gebeurt. Wanneer er grote hoeveelheden stikstof vrijkomen op tijdstippen dat de plant er geen behoefte aan heeft, spoelt de stikstof uit en belast daarmee het milieu.
- *De vochtlevering van de bodem:*  
Zeker op de zandgronden die gevoelig zijn voor droogte is het vermogen van de bodem om gewassen op lange termijn van voldoende water te voorzien essentieel voor de productie. In verband met de verdroging van (natuur-)gebieden is worden steeds vaker (tijdelijke) beregeningsverboden uitgevaardigd. Om in droge perioden toch in de vochtbehoefte van het gewas te kunnen voorzien is het vochtleverende vermogen van de bodem van groot belang.
- *De structuur van de bodem:*  
Een goede structuur van de bodem is van belang voor de zuurstofvoorziening van de wortels van het gewas. Daarnaast kan het water beter weg. Ook is een goede structuur van essentieel in verband met de draagkracht van de bodem, slempgevoeligheid, het bodemleven en stuifschade.
- *Het bodemleven:*  
Door de centrale rol van het bodemleven in bodemprocessen zoals het vrijmaken van nutriënten, structuurvorming, vorming van gangen en kanalen en humificatie van organische stof, is het bodemleven mede bepalend voor de bodemkwaliteit van melkveehouderijbedrijven op zandgrond. Zonder bodemleven vergiftigd de atmosfeer, hebben planten geen voedingsstoffen en valt de bodem droog of verdrinkt. Het bodemleven is dus essentieel voor ondersteuning van de landbouwproductie (Breure et al., 2002).

Welke van bovengenoemde bodemeigenschappen limiterend zijn is mede afhankelijk van de grondsoort. Informatie over verschillen tussen de zandgronden is slechts beperkt beschikbaar. Toch kan dit belangrijk zijn om een goede schatting van de bodemkwaliteit met het oog op de ruwvoederproductie te kunnen maken. Oftewel, maatwerk is vereist. In tabel 1 is een overzicht gegeven van de zuurgraad, humuspercentage en de C/N-ratio van het organisch materiaal in een aantal zandgronden.

**Tabel 6** De zuurgraad, het humuspercentage en de C/N ratio van het organische stof van verschillende bodemtypen in verschillende bodemlagen

		pH-KCl	humus% (gloeiverlies)	C/N
<b>Enkeerdgronden</b>	Bruine enkeerdgrond op een podzolprofiel			
	0-20 cm	4,5	4,3	8,9
	45-60 cm	3,8	3,7	10,7

	120-125 cm	4,7	0,8	-
	Zwarte enkeerdonggrond op een podzolprofiel			
	0-20 cm	3,9	6,5	15,9
	45-60 cm	4,0	8,2	16,6
	120-125 cm	4,6	0,5	-
<b>Podzolgronden</b>	Haarpodzol in dekzand			
	0-5 cm	3,6	10,1	-
	10-15 cm	3,8	1,7	-
	18-20 cm	3,9	9,2	-
	25-30 cm	4,4	3,3	-
	50-100 cm	4,6	0,6	-
	Veldpodzol in dekzand			
	0-8 cm	4,6	11,7	12,4
	8-20 cm	4,3	9,3	17,5
	20-30 cm	3,7	4,7	21,0
	30-55 cm	3,9	2,0	-
	60-80 cm	4,2	0,8	-
<b>Beekeerdgronden</b>	Zwarte bekeerd in dekzand			
	0-5 cm	6,3	12,2	8,8
	10-23 cm	5,5	-	11,7
	38-48 cm	5,5	-	-
	105-115 cm	8,0	-	-
<b>Vaaggronden</b>	Duinvaaggronden in kalkloos jong stuifzand			
	0-100 cm	4,2	0,6	-

Uit de tabel blijkt dat deze waarden verschillen met de diepte. Podzolgronden hebben over het algemeen een vrij lage pH, bekeerdgronden een vrij hoge. Ook het humuspercentage verschilt per bodemtype en in de diepte. Het humusgehalte in podzols is in de bovenste centimeters vrij hoog. Dit getal is niet meteen maatgevend voor de bodemvruchtbaarheid. Er zijn namelijk podzols met zwarte en bruine organische stof. Zwarte organischestof kan niet meer door het bodemleven worden omgezet en draagt niet bij aan de bodemvruchtbaarheid die toegeschreven kan worden aan het bodemleven. In bekeerdgronden kan de laag onder de bouwvoor verdichten. Het losmaken van deze laag is vaak niet wenselijk omdat de van nature aanwezige poriën dan verstoord worden.

### 2.3.3 Indicatoren voor bodemkwaliteit

Het effect van landbouwkundige maatregelen op de bodemeigenschappen en daarmee ook op de kwaliteit van de bodem, kan gemeten worden met indicatoren. Het operationeel maken van het begrip bodemkwaliteit wordt echter bemoeilijkt door het ontbreken van één eenvoudige maat waarin de belangrijkste aspecten van bodemkwaliteit tot uitdrukking komen. Wel is een groot aantal indicatoren bekend, die elk informatie verschaffen over één of meer aspecten van bodemkwaliteit. Een indicator kan zelf een bodemeigenschap zijn (denk aan de pH), maar kan ook een parameter zijn die in verband staat met een bodemeigenschap (zoals het organischestofgehalte in verband met de vochtleverantie staat). Aan indicatoren voor bodemkwaliteit kunnen de volgende eisen worden gesteld (Pronk en Schröder, 2002):

- de indicatoren moeten meetbaar zijn;
- er moet een kwantitatieve of kwalitatieve relatie met één of meer bodemeigenschappen bekend zijn;
- ze moeten onderling kunnen worden gewogen
- de indicatoren moeten refereren aan landbouwkundige maatregelen. Het meest gewenst zijn parameters die snel reageren op veranderd management, zodat gericht te sturen valt.

Het is gebruikelijk om het begrip bodemkwaliteit uit te splitsen naar chemische, fysische en biologische aspecten. Tabel 7 geeft een (niet uitputtend) overzicht van chemische, fysische en biologische indicatoren voor bodemkwaliteit. Sommige daarvan zijn relatief eenvoudig in het veld waar te nemen, zoals het aantal regenwormen; voor anderen is een bepaling in het laboratorium nodig, bijvoorbeeld de C/N-verhouding.

**Tabel 7** Indicatoren voor bodemkwaliteit

	Veldobservatie	Laboratoriumbepaling
<b>Algemeen</b>		
gewasontwikkeling, boven- en ondergronds	x	
<b>Fysisch</b>		
textuur		x
aggregaten (vorm, aantal)	x	
soortelijke dichtheid		x
diepte van het profiel	x	
ontwatering	x	
<b>Chemisch</b>		
organischestofgehalte		x
stikstofgehalte		x
fosfaatgehalte		x
kaliumgehalte		x
kationenomwisselcapaciteit (c.e.c.)		x
C/N-verhouding organische stof		x
gehalte macro- en spoorelementen		x
pH		x
<b>Biologisch</b>		
aantal regenwormen	x	
microbiële biomassa		x
bacterie/schimmelverhouding		x

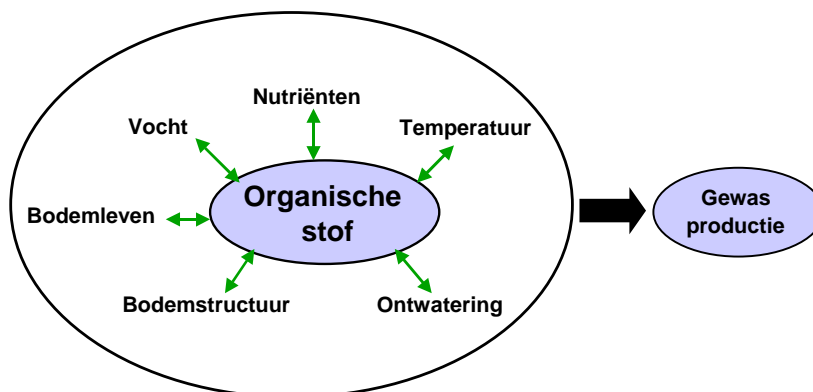
Om de waarde van een indicator te kunnen gebruiken voor de beoordeling van de bodemkwaliteit moeten de kwantitatieve relaties tussen bodemeigenschap en indicator, en tussen indicator en gewasproductie bekend zijn. Wanneer deze relaties niet bekend zijn kunnen in veel gevallen richtwaarden worden gebruikt die gebaseerd zijn op de bestaande kennis. Het komt echter ook voor dat een goede richtwaarde van de indicator ontbreekt. Dit is bijvoorbeeld het geval bij veel biologische indicatoren.

In de praktijk zal het weinig voorkomen dat naar één aspect van de bodemkwaliteit, dus naar één indicator wordt gekeken. Het is daarom gewenst dat indicatoren kunnen worden vergeleken en gewogen. Beleidsmatige keuzen kunnen hierbij een rol spelen. Voor de droge zandgronden bijvoorbeeld zou de prioriteit kunnen worden gelegd bij het beperken van de nitraatuitspoeling, waarbij het op peil houden van de productie een randvoorwaarde zou zijn. Het is belangrijk om te beschikken over een set van een beperkt aantal indicatoren die meetbaar zijn, een relatie hebben met bodemeigenschappen, onderling gewogen kunnen worden, refereren aan een landbouwkundige maatregel en samen een goed beeld geven van de bodemkwaliteit in brede zin.

## 2.4 Indicatoren voor ruwvoerproductie op zandgronden

De bodemeigenschappen 'stikstofleverantie', 'bodemstructuur' en 'vochtvoorziening' hangen samen met het organischestofgehalte van een bodem, dat op zijn beurt in nauwe relatie staat met het bodemleven. Organischestof en bodemleven staan aan de basis van de bodemkwaliteit voor ruwvoerproductie. Dit wordt geïllustreerd in figuur 1.

**Figuur 1** Schematische weergave van het verband tussen bodemorganische stof en gewasopbrengst

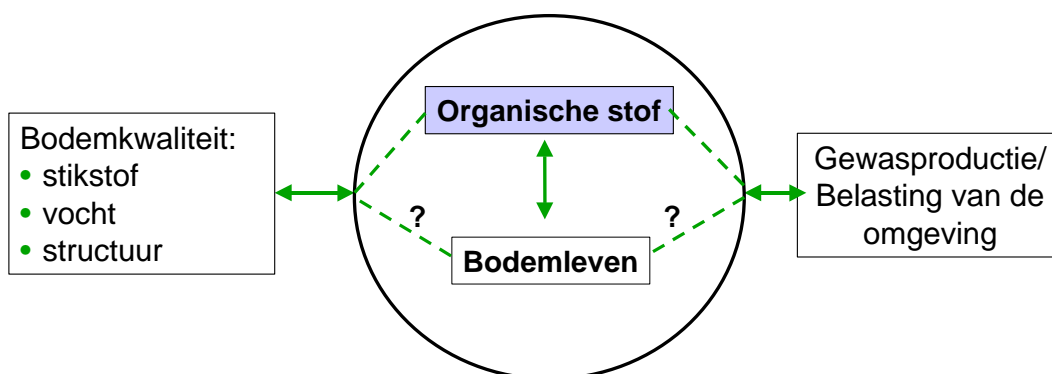


Organische stof vervult een aantal functies in de bodem; welke, wordt mede bepaald door de kwaliteit van de organische stof. De verschillende bodemorganismen spelen op diverse manieren een rol. Enkele voorbeelden hiervan zijn: organischestofafbraak door bacteriën, structuurvorming door hyfen van schimmels en zuurstof- en vochttransport door gangen van regenwormen. De belangrijkste functies van organische stof en bodemleven zijn:

- *leveren en bufferen van nutriënten*: in zand wordt de CEC (kationenomwisselcapaciteit) vrijwel geheel bepaald door de aanwezige organische stof. Oude organische stof heeft door de vorming van COOH-groepen, na dissociatie van een proton, het vermogen om kationen te binden. Dit vermogen is afhankelijk van de pH. Naarmate de pH hoger is neemt de dissociatie en daarmee het vermogen kationen te binden toe. (Locher en de Bakker, 1990). Vers organisch materiaal is voeding voor het bodemleven, met name voor schimmels en bacteriën. Hun microbiële biomassa kan aanzienlijke hoeveelheden stikstof bevatten en weer vrijgeven (de Ruiter, 1993). Het bodemleven zorgt voor de mineralisatie van organisch materiaal. Zo draagt materiaal met een relatief hoog stikstofgehalte bij aan de stikstoflevering.
- *vasthouden van vocht*: In zandgronden is het aantal grote poriën voldoende voor een goede afwatering, maar het aantal kleine poriën is te gering om vocht vast te houden. Organische stof zorgt in zandgronden voor een beter vochtbindendvermogen en capillaire opstijging (in tegenstelling tot in kleigronden, waar organische stof zorgt voor een goede ontwatering). Daarnaast hebben gronden rijker aan organische stof een hogere infiltratiesnelheid, waardoor minder runoff voorkomt en een groter gedeelte van het regenwater in het bodemprofiel terecht komt. Doordat door organische stof ook de beworteling gestimuleerd wordt, zal een groter deel van het beschikbare bodemvocht ook benut worden door het gewas. De relatie tussen vocht en organische stof werkt twee kanten op. Dit wordt duidelijk gemaakt met een voorbeeld: In het noorden van het land is het organische stof gehalte op zandgronden gemiddeld nogal wat hoger dan in het zuiden. Dit komt met name door het hogere neerslagoverschot in het noorden waardoor de groei van het gewas hoger is, daarnaast speelt de hogere temperatuur in het zuiden een rol waardoor de mineralisatiesnelheid (afbraak van organische stof) daar hoger is (Locher en de Bakker, 1990). Dus een groter neerslagoverschot leidt tot een grotere aanvoer van organische stof naar de bodem in de vorm van afgestorven plantendelen en wortels, en dus tot een hoger organische stofgehalte. Maar het hogere neerslagoverschot zorgt ook direct voor meer groei.
- *vormen van bodemstructuur*: organische stof heeft een gunstig effect op de bodemstructuur, direct door het aan elkaar kitten van bodemdeeltjes en indirect via een toename van micro-organismen en beworteling. Door de binding van minerale delen wordt de stabiliteit van aggregaten bevorderd en kunnen in zandgronden grotere aggregaten in stand gehouden worden. Hierdoor komen ploegzolen minder voor. Ook de indringingsweerstand wordt door organische stof verminderd.

Het organisch stofgehalte en bodemleven spelen een sleutelrol voor de kwaliteit van de bodem. Dit maakt het complex van organischestofgehalte en bodemleven tot één van de belangrijkste indicatoren voor een goede bodemkwaliteit voor de melkveehouderij.

Figuur 2





Om de waarde van het complex van organischestofgehalte en bodemleven als indicator te kunnen bepalen moeten de kwantitatieve relaties tussen bodemeigenschap en indicator, en tussen indicator en gewasproductie bekend zijn (zie paragraaf 2.3.3.). Dit is hierboven weergegeven in een uitwerking van figuur 2. Over fysische en chemische indicatoren is al veel bekend. Hoewel ook naar het organischestofgehalte al veel onderzoek is gedaan, spelen er nog een aantal vragen. Dit betreft de relaties tussen elk van de bodemeigenschappen en het organisch stofgehalte. Maar ook de precieze relaties tussen organischestofgehalte en gewasproductie en belasting van de omgeving zijn niet volledig bekend. Van de rol van het bodemleven is nog veel minder bekend. Deze relaties zijn dan ook aangegeven met een vraagteken in figuur 2.

In de paragraaf 2.4.1. wordt dieper ingegaan op de rol van organischestof als indicator en de indicatoren voor het bodemleven. Dit gebeurt aan de hand van de in paragraaf 2.3.3. opgestelde eisen die aan indicatoren worden gesteld. In hoofdstuk 4 komen deze indicatoren nogmaals aan bod. Dan wordt dieper ingegaan op het perspectief dat deze indicatoren kunnen bieden voor het verbeteren van de bodemkwaliteit op de zandgronden.

#### *2.4.1 Kwaliteit van organische stof*

Organische stof is opgebouwd uit levende organische stof ( $\pm 15\%$ ) en dode organische stof. Het bodemleven kan geschaard worden onder de levende organische stof. Onderscheid kan verder worden gemaakt tussen organische stof en humus. Onder organische stof wordt al het organische materiaal in de grond verstaan en humus is het deel van het dode organische stof, die zover is omgezet, dat de plantaardige en dierlijke resten waaruit ze zijn ontstaan, visueel noch chemisch onderscheiden kunnen worden. Het deel organische stof dat binnen een jaar wordt afgebroken draagt niet bij aan de opbouw en instandhouding van humus, wel aan voeding van plant en bodemleven.

De afbraak van organische stof bestaat uit een reeks van omzettingen waarbij het bodemleven een grote rol speelt. Schimmels beginnen aan materiaal met een hoog C/N quotiënt. Als het quotiënt ver genoeg gedaald is nemen bacteriën het over. Het plantaardig materiaal verandert tijdens de afbraak. Omdat sommige componenten snel afbreken en andere langzaam, wordt het residu steeds resistenter tegen verdere afbraak. Uit divers materiaal ontstaat steeds ongeveer hetzelfde eindproduct, zij het met verschillen in de kwaliteit van organische stof (Janssen en Verveda, 1988). Onder ongunstige omstandigheden bereikt namelijk slechts een deel van de organische stof het 'eindstadium' van de afbraak. Deze organische stof (meestal met een hoog C/N quotiënt en gering CEC per eenheid) is in het omzettingsproces 'blijven steken'. Oorzaken hiervoor kunnen zijn stikstoftekort of een te lage pH met als gevolg een geringe microbenpopulatie. Verschillende gronden hebben door verschillen in pH, minerale rijkdom, textuur, leeftijd, klimaat, maar ook bodemgebruik een eigen optimaal organisch stofgehalte en karakteristiek C/N quotiënt. In arme zure gronden bestaat de flora voornamelijk uit schimmels en de fauna uit kleinere dieren als mijten en springstaarten. De verteerbaarheid van het organisch materiaal is beperkt evenals de menging van organische en minerale bodemdelen. In neutrale gronden overheersen de wormen en grotere insecten. Deze wormen werken het organisch materiaal de bodem in waardoor de humus zich dieper in de bodem bevindt. De afbraak van organische stof verloopt het snelst bij een pH van 7-8 omdat dan de enzymactiviteit optimaal is. Bekalking van zure gronden kan leiden tot versnelde afbraak van organische stof. Door de versnelde afbraak komen veel nutriënten vrij, maar het organisch stofgehalte neemt ook snel af. Een veelgehoord gezegde is in dit verband: 'Kalk maakt rijke ouders maar arme kinderen'. Andere factoren die van invloed zijn op het afbraakproces zijn temperatuur, vocht, stikstofbeschikbaarheid, pH, zout en kleigehalte.

Op basis van de theoretische kennis zijn in de loop van de tijd voor de landbouwpraktijk hulpmiddelen ontwikkeld. In de periode 1960 – 1980 was het onderzoek van Kortleven leidend voor het organischestofmanagement in de akkerbouw. Uit die periode stamt de bij velen bekende vuistregel dat de afbraak van organische stof in Nederlandse gronden 2% per jaar bedraagt. Deze afbraak moet worden gecompenseerd door de aanvoer van organische stof uit gewasresten en organische mest. Hiervoor is het begrip 'effectieve organische stof' geïntroduceerd. Effectieve organische stof (eos) is gedefinieerd als de hoeveelheid organische stof die overblijft na één jaar, bij een temperatuur van 9 °C (Handboek voor de akkerbouw, 1989). Met behulp van een zogenaamde organischestofbalans kan worden berekend of de aanvoer van e.o.s. voldoende is om de afbraak in de bodem te compenseren. De hiervoor benodigde kengetallen zijn te vinden in de literatuur (NMI, 2000; Bokhorst en ter Berg (2001). In paragraaf 4.7 wordt een voorbeeld gegeven van zo'n balans voor de melkveehouderij.

Vanaf circa 1980 verdween de aandacht voor organischestofmanagement vanuit de landbouwpraktijk langzaam naar de achtergrond. Belangrijke reden hiervoor is de beschikbaarheid van chemische input zoals meststoffen en bestrijdingsmiddelen. Hiermee kon op relatief eenvoudige en goedkope wijze een tekort in bodemkwaliteit en vruchtbaarheid worden gecompenseerd. Als gevolg van het mest- en mineralenbeleid is de aandacht voor een

goede bodemvruchtbaarheid vanaf eind jaren negentig groeiende. Enerzijds omdat bij lagere mestgiften een groter beroep moet worden gedaan op de N-mineralisatie in de bodem, anderzijds omdat men vreesde voor achteruitgang van de algehele bodemvruchtbaarheid door vervanging van organische mest door kunstmest. Voor de landbouw zijn inmiddels nieuwe inzichten en rekenregels ontwikkeld. Basis voor een goed organischestofmanagement is de driehoeksverhouding tussen bodem-, mest- en bouwplankwaliteit (Schröder, pers. meded.). De afbraaksnelheid van de organische stof uit organische mest en gewasresten is afhankelijk van de kwaliteit van het materiaal (Janssen, 1984; Yang, 1996) en kan met behulp van computermodellen worden berekend. Veelal is die afbraaksnelheid hoger dan die van de organische stof in de bodem. Dit betekent dat de ophoping van organische stof in de bodem bij de traditionele organischestofbalans wordt overschat. Momenteel wordt gewerkt aan een versie van dit rekenmodel dat geschikt is voor de melkveehouderij (module OptiSoil in het OptiCROP managementprogramma).

Ten opzichte van akkerbouwsystemen kenmerken graslandsystemen zich door de continue groei en afsterven van de wortel- en stoppelmassa en het regelmatige oogsten (maaien, weiden) van de bovengrondse gewasproductie. Hieruit valt op te maken dat de wortels van een gewas een grote bijdrage kunnen leveren aan de organische stof toevoer. In 1990 is door Whitehead (Boon, pers. meded.) een onderzoek gedaan naar het organische stofgehalte van graswortels. Hij schatte het organisch wortelmateriaal daarbij op 4500 kg per ha in het eerste jaar tot ongeveer 12.000 kg per ha voor gras van acht jaar en ouder. Er zijn tevens aanwijzingen dat de helft van de hoeveelheid wortels onder grasland ieder jaar bij benadering wordt vernieuwd (Schuurman, 1973). Daarbij moet aangemerkt worden dat verreweg het grootste deel van de organische stof bij graswortels in de bovenste 7,5 cm zit. Een diepe beworteling maakt dat de plant voedingsstoffen en vocht uit diepere lagen kan benutten. De ruimte rond de wortels (rhizosfeer) is een geschikte habitat van veel bodemorganismen. Factoren van invloed op de beworteling zijn (Cursus bodemkunde, 1970) aanwezigheid en opneembaarheid van voedingsstoffen, water en zuurstof, fysische bodemeigenschappen (structuur, profielopbouw, humusgehalte, pH en temperatuur), teeltmaatregelen en optreden van plantenziekten.

Hoeveel stikstof er vrijkomt bij de afbraak van organisch materiaal is mede afhankelijk van de C/N quotiënt van het uitgangsmateriaal. Grasklaver voegt meer stikstofrijk organisch materiaal toe dan monogras. In het eerste jaar na het scheuren van de klaver draagt het organisch materiaal dat wordt afgebroken bij aan de voeding van planten en het bodemleven. Door de lage C/N-ratio komt er bij de mineralisatie van klaver veel stikstof vrij. Voor graslandsystemen, met name die met grasklaver, zijn nog niet alle benodigde gegevens beschikbaar (Hanegraaf, 2003).

Het organisch stofgehalte in een bodem onder mais is tot drie keer lager dan onder grasland. De afname van het organische stofgehalte in de bodem onder mais kan beperkt worden door grasland in rotatie met mais te telen. In paragraaf 5.2.2. wordt dit verder uitgewerkt. Of mais in wisselteelt met gras haalbaar is, hangt af van het bedrijfssysteem. Op niet elk bedrijf wordt evenveel mais verbouwd en op sommige bedrijven wordt in het geheel geen mais verbouwd. Boeren in het project van VEL/VANLA proberen hun vee eiwitarm en structuurrijk te voederen. Daarbij richten ze zich met name op eiwitarme graskuil en wordt mais vaak ingezet als een correctiemiddel (Natuurlijk in Balans, 2002). Of grasland in rotatie met mais, past in het bedrijfssysteem hangt ook af van de intensiteit van het bedrijfssysteem en of er veel grond ver van de boerderij ligt. Bovendien zijn er regionale verschillen. In het zuid-oosten wordt over het algemeen meer mais verbouwd dan in het noorden.

#### *2.4.2 Organische stof als indicator*

Zoals al aangegeven in paragraaf 2.3.3. moeten indicatoren een relatie hebben met de bodemeigenschappen en gewasopbrengst, ze moeten refereren aan een landbouwkundige maatregel en ze moeten natuurlijk goed te meten zijn. Hieronder wordt voor elk van deze eisen gekeken in hoeverre het organischestofgehalte hieraan kan voldoen.

#### **Relatie organischestofgehalte en bodemeigenschappen**

Voor het organischestofgehalte als indicator zijn voor verschillende bodemfuncties vuistregels opgesteld voor het minimaal gewenste gehalte. Tabel 8 geeft een overzicht van organische stof als indicator voor bodemkwaliteit. Hierin komen de verschillende aspecten uit de definitie van bodemkwaliteit (gewas, milieu, duurzaamheid) aan de orde.

Van een aantal vuistregels is bekend dat zij gedateerd zijn. Zo is de vuistregel voor structuur gebaseerd op gegevens uit de tijd waarin beperkt gebruik werd gemaakt van kunstmest. Of de vuistregel bij de huidige kunstmestgiften en eventuele andere belangrijke factoren nog geldt, is (nog) niet bekend. Wel staat vast dat de

beschikbaarheid van computers een betere inschatting van de opbouw en afbraak van organische stof en bijbehorende stikstofvastlegging en mineralisatie mogelijk maakt, dan met vuistregels het geval is.

**Tabel 8** Organische stof als maat voor de bodemkwaliteit

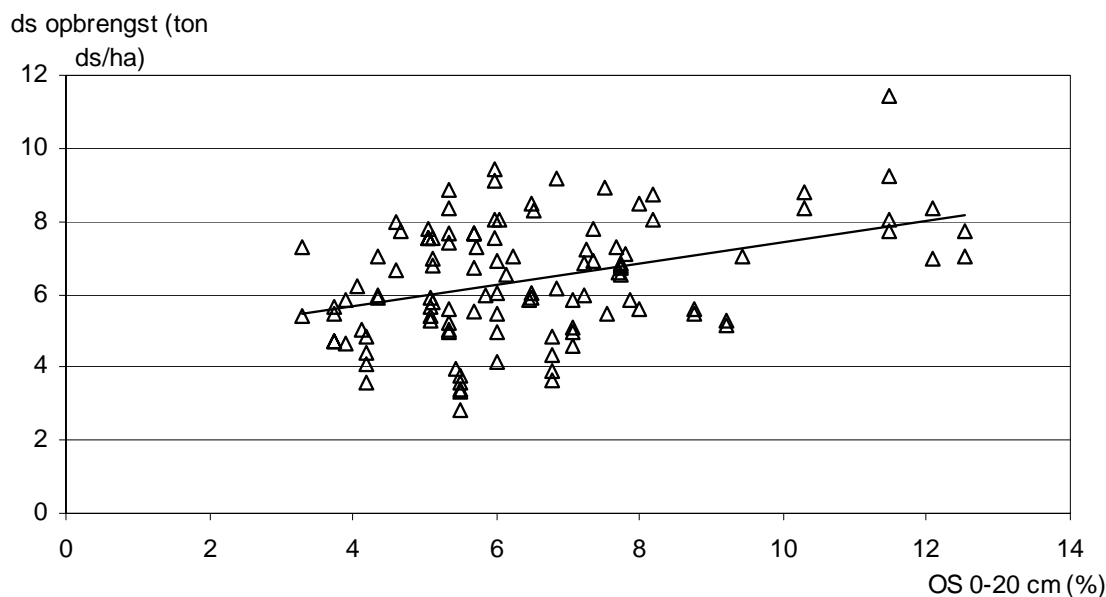
Indicator	Vuistregel	Bron
Optimale C/N-ratio van organische stof	8-11	syllabus Janssen
afbraaksnelheid organische stof	2% os per jaar	Kortleven, 1963
opbouw organische stof	in evenwicht bij 20 x jaarlijkse aanvoer	Kortleven, 1963
Bodemstructuur	1,5% os + % klei	mond. meded. Janssen, mede gebaseerd op Kortleven
Vochtgehalte	hoeveelheid hangwater: 0-3 cm <sup>3</sup> vocht per g os vochtbindend vermogen: 1-8 cm <sup>3</sup> per g os	De Bakker en Locher, 1990, werk van La Lande Cremer, syllabus Janssen
Nutriëntenlevering	15 kg N, 1,5 kg P, 1,5 kg S per % os per jaar door mineralisatie	
Beperken nitraatuitspoeling	> 2,5% os (zandgrond)	Janssen, pers. meded.

#### Relatie organischestofgehalte en gewasopbrengst

Om een goed inzicht te krijgen in het organischestofgehalte als indicator voor gewasopbrengst moet het verband tussen bodemorganischestofgehalte en grasopbrengst vastgesteld worden. Hiervoor is gebruik gemaakt van de gegevens van een aantal proeven (23 locaties), die door het hele land zijn uitgevoerd tussen 1978 en heden. Alleen de gegevens van de proefobjecten zijn gebruikt die niet met stikstof zijn bemest, hierdoor is het te bepalen verband zuiverder (geen interactie met stikstof). Het best passende verband is in de figuur aangebracht. Dit verband geeft aan dat een procent extra organische stof ongeveer 500 kg ds/ha<sup>1</sup> extra oplevert. De spreiding rond de lijn wordt onder andere veroorzaakt door factoren als neerslag, temperatuur, regio, ontwatering, etc. Een onderverdeling naar grondwatertrap of naar regio (Noord, Midden, Oost en Zuid) leidde niet tot een vermindering van de spreiding.

1.1.1.1.1 <sup>1</sup> Bij het modelleren van de opbrengst van de onbemeste veldjes is op een specifieke manier rekening gehouden met jaarinvloeden waardoor deze te zwaar meewegen. Zonder jaarinvloeden wordt er per procent organische stof 300 kg ds/ha geoogst (zie figuur).

**Figuur 3** Verband tussen organischestofgehalte en drogestofopbrengst van onbemest grasland op zandgrond (exclusief jaarinvloeden)



De extra opbrengst van 500 kg drogestof per hectare per procent organische stof is niet meer dan een vuistregel. Dat blijkt ook wel uit de grote spreiding. Tevens dient er bij het toepassen van de vuistregel rekening mee gehouden te worden dat het verband tussen bodem-organischestof en gewasproductie geen direct verband is (zie figuur 3).

Binnen één regio kunnen de verschillen tussen de opbrengsten op zandgrond al heel groot zijn. Dat komt naar voren uit het verhaal van een veehouder die zowel maïs verbouwt op esgrond als op na de Tweede Wereldoorlog ontgonnen heidegrond. De esgrond is jarenlang als grasland gebruikt en in het midden van de jaren '80 omgezet en sindsdien gebruikt voor de continue teelt van maïs. Ook de ontgonnen heidegrond wordt gebruikt voor de teelt van maïs. De esgrond levert al vanaf het begin de hoogste opbrengsten. Ook nu, terwijl het organische stofgehalte sinds het onderploegen van de graszode is gedaald van 8 naar 3%. Esgrond is een grondsoort die ontstaat door eeuwenlange aanvoer van potstalmest. De bovenste laag, zo'n 80 cm in dit geval, bestaat dan ook uit organische stofrijk materiaal. Als gevolg van het onderploegen van de zode is het organische stofgehalte gedaald. De afbraak is sindsdien immers groter dan de aanvoer van organische stof. Deze versraling geldt echter niet voor de hele laag van 80 cm. Dieper in de grond is de mineralisatiesnelheid namelijk erg laag door het ontbreken van zuurstof en de organische stof dus stabiel. De daling van het organische stofgehalte heeft zich in de betreffende esgrond beperkt tot de bovenste laag, ca. 30 cm (ploegdiepte). Maïs wortelt tot ongeveer een meter diepte en kan nutriënten en water dan ook dieper ophalen. Voor maïs is de afname in organische stof in dit geval dan ook niet zo belangrijk. Op de na de oorlog ontgonnen heidegronden echter, bevindt zich dieper in de grond zeker niet voldoende organische stof om het verlies van de bovenste 30 cm te compenseren. Op zulke schrale grond geeft maïs een lagere opbrengst. Wanneer gras verbouwd werd, kon het organische stofgehalte in de bovenste 30 cm maximaal voor de betreffende omstandigheden worden, en zou de gewasopbrengst wellicht lager dan op de es, maar voor deze grond maximaal zijn.

#### Referentie aan landbouwkundige maatregelen

Op Praktijkcentrum De Marke is een onderzoek gedaan naar de effecten van wisselbouw op gewasopbrengsten en het organische stofgehalte van de bodem. De Marke is een melkveebedrijf op lichte zandgrond. Van de 55 ha wordt 12 ha snijmaïs verbouwd. Bij continue teelt van maïs dreigt een achteruitgang van het organische stofgehalte. Hierdoor neemt het vochtbergend vermogen van de grond af, wat op de toch al droogtegevoelige grond snel tot problemen leidt. Door in een wisselbouwsysteem te werken, profiteert de maïs van het hogere organische stofgehalte van de bodem wat opgebouwd is in de graslandperiode. Het gras profiteert van een betere bodemstructuur, als gevolg van menging van organische stof over de bewortelbare bodemlagen (door regelmatige grondbewerking). Daarnaast is de slagingskans van inzaai van gras groter na een bouwlandperiode, en daardoor is de opbrengst van jong grasland na een bouwlandperiode groter dan na een graslandperiode. De positieve effecten van wisselbouw zijn zowel voor gras als voor maïs groter naarmate de natuurlijke

omstandigheden slechter zijn; gras op droge zandgrond moet vaker opnieuw worden ingezaaid wegens snelle verslechtering van het grasbestand (droge omstandigheden), en dus is het minder erg het te scheuren t.b.v. wisselbouw. Ook wanneer de correctiemogelijkheden geringer zijn (bemesting, beregening, bestrijdingsmiddelen) door regelgeving biedt wisselbouw meer voordelen. (Aarts *et. al.*, 2002).

### **Meetbaarheid organische stof**

Hoewel het organisch stofgehalte goed te meten is, kunnen er grote verschillen op treden tussen de gemeten waarden van verschillende laboratoria. Deze verschillen kunnen verklaard worden door verschillen in monsternamen, homogeniseringstechniek en meetmethode. Het organische stofgehalte neemt in de bodem af met de diepte. Dat maakt de boringsdiepte van groot belang voor de analyseresultaten. Om gehalten goed te kunnen vergelijken wordt daarom aanbevolen om steeds van hetzelfde laboratorium gebruik te maken. Of om tenminste de monsternamen op dezelfde manier uit te voeren.

Hoewel al veel bekend is over organische stof als indicator blijkt dat de interacties tussen organische stof en de bodemeigenschappen en organische stof en de gewasopbrengst nog onvoldoende gekwantificeerd kunnen worden.

Zo'n kwantificering mag immers niet leiden tot generieke rekenregels, maar moet zoveel mogelijk onderscheid maken tussen de verschillende soorten zandgrond. De hoofdindeling op basis van bodemprofielen kan hiervoor de basis vormen. Ook de effecten van het bodemgebruik (management) moeten hierbij betrokken worden.

### *2.4.3 Indicatoren voor het bodemleven*

Naast het organisch stofgehalte als indicator voor de bodemkwaliteit kan ook het bodemleven een rol als indicator vervullen.

Het gebruik maken van het bodemleven als indicator voor de kwaliteit van de bodem heeft een aantal voordelen:

- a. Het bodemleven reageert snel op veranderingen van buitenaf. Hierdoor is het effect van landbouwmaatregelen op de bodemkwaliteit te zien nog voordat er opbrengstderving optreedt. De boer kan zo op tijd inspelen op veranderingen in de kwaliteit van de bodem.
- b. Omdat het bodemleven een centrale rol heeft in bodemprocessen zoals het vrijmaken van nutriënten, structuurvorming, vorming van gangen en kanalen en humificatie van organische stof, kan een verandering van het bodemleven effect hebben op verschillende bodemeigenschappen. Met het bodemleven als indicator is een integrale aanpak mogelijk.
- c. Een derde voordeel is dat het bodemleven als indicator een grote bijdrage kan leveren aan de bewustwording van het belang van de bodem bij de boer. Tot voor kort werd in de gangbare intensieve landbouw aan de mogelijke rol van het bodemleven weinig aandacht besteed. Momenteel staat dit onderwerp bij veel betrokkenen in de belangstelling. Van oudsher is er in de biologische landbouw veel aandacht voor de biologische bodemkwaliteit.

Er zijn verschillende manieren om een uitspraak over het bodemleven te kunnen doen. Daarbij kan gekeken worden naar het bodemleven als geheel, of naar soortgroepen. Ook kan er gekeken worden naar functionele groepen. Dit is een indeling op basis van de functie die een groep organismen heeft in het bodemvoedselweb. De mogelijkheden voor het bodemleven als indicator worden hieronder doorgenomen aan de hand van de in 2.3.3. genoemde eisen.

### **Relatie met bodemeigenschappen**

In paragraaf 2.4. is kort ingegaan op de relatie tussen het bodemleven en het stikstofleverende vermogen, vochtleverende vermogen en de bodemstructuur. In het tekstvak hieronder worden de verschillende organismen waaruit het bodemleven bestaat, hun functies in verband met de bodemkwaliteit en hun waarde als indicator weergegeven.

**Bacteriën en schimmels:**

Bacteriën zijn kleine ééncellige organismen die de belangrijkste schakel vormen in het mobiliseren van voedsel en afbraakprocessen. De functies van bacteriën zijn: aanvoer van nutriënten door N-binding, beschikbaar maken en vastleggen van nutriënten, bodemstructuurvorming door aggregaatvorming en ziektevering.

Schimmels vormen draden (hyfen) waarmee ze tussen bodemdeeltjes doorgroeien. Ze voeden zich over het algemeen met dood organisch materiaal dat weinig stikstof bevat en koolstofrijk is. De functies van schimmels zijn: beschikbaar maken van nutriënten, opbouw van stabiele humus, vastleggen van nutriënten, bodemstructuurvorming door aggregaatvorming, opname van water (door mycorrhizaschimmels) en ziektevering.

De activiteit van bacteriën is sterk afhankelijk van de pH en van zuurstof. Ook de indicatorwaarde van mycorrhizaschimmels is gering door hoge kosten en sterke variatie in een meting. De bacterie / schimmelverhouding heeft een groter potentieel als indicator voor de bodemkwaliteit, hoewel mechanismen die hieraan ten grondslag liggen nog moeten worden onderzocht.

**Protozoën:**

Protozoën voeden zich met bacteriën en in mindere mate met andere protozoa en schimmels. Ze stimuleren de bacteriepopulatie door te grazen en stimuleren daarmee de afbraaksnelheid en structuurvorming. Andere functies van protozoën zijn: het beschikbaar maken van nutriënten, het reguleren van de bacteriën en schimmelpopulatie en ziektevering.

De indicatorwaarde van protozoën is gering omdat protozoën snel reageren op veranderingen in het systeem waardoor de aantallen weinig constant zijn. Bovendien is het moeilijk om soorten te identificeren.

**Nematoden:**

Nematoden zijn aaltjes die vooral in de bovenste laag van de grond leven. Ze zijn soms plant-parasitair, maar anderen werken ziektevering. De meesten eten ze bacteriën, schimmels en protozoa en maken zo N vrij. De functies van nematoden zijn de regulatie van bodemorganismen, het beschikbaar maken van nutriënten, ziektevering, ze zorgen voor vervoer en ze vormen de voedingsbron voor het bodemleven dat de structuur beïnvloedt. Uit deze interactie komt bij landbouwgewassen 30-50% van de stikstof vrij. De soortensamenstelling van de nematodenfauna is afhankelijk van de poriëngrootte, pH en het voedselaanbod.

Door hun nauwe verstrengeling met het overige voedselweb kunnen nematoden een goede indicator zijn. Voor de interpretatie zijn allerlei indelingen gemaakt. De indeling in functionele groepen zegt bijvoorbeeld iets over de voedselrijkdom en structuur van het voedselweb en is meest praktijkrijp en betaalbaar.

**Arthropoden:**

Arthropoden maken organisch materiaal klein, woelen het om en graven gangen. Door het graven van gangen verandert de porositeit, de dichtheid en de waterdoorlatendheid van de bodem. Springstaarten en mijten behoren tot de arthropoden. De uitwerpselen van springstaarten en mijten zorgen voor aggregaatvorming.

De grootte van springstaarten in de bodem is een goede indicator voor de microstructuur. De verdeling van mijten en springstaarten over voedselgroepen en overlevingsstrategieën zegt iets over de actuele omstandigheden en de mogelijkheid om op veranderingen in het milieu te reageren. Het determineren van springstaarten en mijten is echter tijdrovend, waardoor deze groep nog niet in gebruik is als praktijkindicator.

**Wormen:**

Wormen eten organisch materiaal en voeden zich met de bacteriën, protozoa en schimmels die daarop zitten. Ze vormen gangen waardoor de doorluchting verbeterd, ze fragmenteren afval, mengen kleine plantendelen met de bodem en dragen bij aan aggregaatvorming. Wormengangen zijn aan de binnenkant met voedingsstoffen bekleed waardoor de wortelgroei wordt gestimuleerd. Verder zorgen wormen ervoor dat ook andere organismen zich door de bodem kunnen bewegen. Regenwormen verplaatsen mycorrhizaesporen waardoor in gronden met relatief veel wormen meer plantenwortels met mycorrhizae geïnfecteerd kunnen worden.

Het al of niet aanwezig zijn van wormen is een belangrijke indicator voor de bodemkwaliteit. Relaties met landbouwkundige maatregelen zijn beter beschreven dan bij de andere soorten bodemorganismen. Bovendien zijn wormen goed meetbaar. 100 wormen / m<sup>2</sup> is het minimum voor grasland. Boven dit minimum nemen de activiteit en de soorten wormen als indicator in belang toe.

Bronnen: Louis Bolk Instituut ongepubliceerd, B. Baars 2000, De boomkwekerij 39, Soil Biology Primer 2000

### Relatie tussen bodemleven en gewasopbrengst

Over de meerwaarde van een evenwichtig bodemleven in termen van gewasopbrengst is in de wetenschappelijke literatuur weinig bekend. Door Hoogerkamp e.a. (1983) werd in Nederland door de introductie van wormen een opbrengstverhoging van 10% gevonden (1,5 ton ds/ha). In Nieuw Zeeland werden zelfs opbrengstverhogingen van 70% gemeten. Deze opbrengstverhoging was vooral het gevolg van de afbraak van de opgebouwde viltlaag en nam af tot 25-30% in de daarop volgende jaren [Syers en Springett, 1983]. In vakliteratuur geven veel boeren aan een positief effect te merken van beheer gericht op het verbeteren van het bodemleven op gewasopbrengst, de verliezen van nutriënten, droogtegevoeligheid en ziektevering (zie bijlage xxx)

### Referentie aan landbouwkundige maatregelen

Een bodemkundige maatregel ter verbetering van de vochtleverantie, stikstofleverantie of bodemstructuur kan zijn het toevoegen van organisch materiaal. Een grotere aanvoer van organisch materiaal (organische mest of compost) resulteert in een hogere biomassa en activiteit van het bodemleven. Er is immers meer voedsel voor het bodemleven beschikbaar. Hierdoor kunnen meer soorten bodemorganismen naast elkaar voortbestaan en neemt de diversiteit toe. Ook kan met het bodemleven als indicator onderzocht worden wat het effect is van het verbeteren van de bodemstructuur door bijvoorbeeld de bandenspanning van de trekker aan te passen. Wanneer de bodemstructuur verbeterd is, zou ook het aantal wormen moeten toenemen (Brussaard en Faassen, 1994).

### Meetbaarheid

Er zijn grote fluctuaties in het aantal, de diversiteit en de activiteit van bodemorganismen in de ruimte en door de tijd. De grondbewerking, het bodemtype, de pH, de temperatuur, de hoeveelheid neerslag die is gevallen, de hoeveelheid en samenstelling van het organisch materiaal in en op de bodem en het bedrijfssysteem (Schouten et al., 1997) zijn allemaal factoren die hierop van invloed zijn. De zogenaamde 'hot spots' rond plantenwortels, nabij wormengangen, in dood organisch materiaal en in bodemaggregaten kunnen minder dan 10% van het bodemvolume innemen terwijl ze meer dan 90% van de biologische activiteit herbergen (Togtema, 2000). Dit maakt het nemen van een representatief mengmonster voor het bodemleven niet gemakkelijk. Er bestaan geen internationaal erkende standaard meetmethoden om het bodemleven en/of de biologische activiteit van een bodem te bepalen. Een aantal methodieken die gebruikt worden door laboratoria in Nederland worden hieronder besproken.

**CO<sub>2</sub>-emissie:** Bij de methodiek van CO<sub>2</sub>-emissie wordt de activiteit van micro-organismen bepaald aan de hand van hun zuurstofconsumptie of CO<sub>2</sub>-uitstoot. Tijdens de mineralisatie van organische stof verbruiken micro-organismen zuurstof uit de lucht, en zetten organische stof onder andere om in CO<sub>2</sub>. Een respirometer kan de afname in zuurstofdruk in de reactor meten, en bijhouden hoeveel zuurstof het apparaat toe moet voegen om de concentratie terug te brengen tot de uitgangssituatie. Ook kan de CO<sub>2</sub>-uitstoot gemeten worden door deze op te vangen met een sterke base (bijvoorbeeld KOH). In het algemeen wordt verondersteld dat een hoge respiratiegraad duidt op een gezond bodemleven, mits er voldoende aanvoer van organische stof plaatsvindt. Is dit laatste niet het geval, dan daalt de hoeveelheid organische stof in de bodem, wat ten koste gaat van structuur, vochtleverend vermogen en het stikstofleverend vermogen.

Metten van de CO<sub>2</sub>-emissie heeft als voordeel dat er weinig variabelen onderscheiden worden. Nadeel is dat de incubatietijd lang is. Een laboratorium heeft een methodiek ontworpen om deze te verkorten, maar deze verkorte incubatietijd is wetenschappelijk minder goed onderbouwd.

Een ander nadeel van de CO<sub>2</sub>-methodiek is dat niet alle groepen organismen evenredig meegenomen worden; uit energiebudget-studies voor het gehele bodemecosysteem blijkt dat bacteriën en schimmels doorgaans verantwoordelijk zijn voor 90% van de bodemademhaling. Bovendien is er geen eenduidige relatie tussen de grootte van processen zoals de bodemademhaling en de diversiteit van het bodemleven. Dit terwijl een afname in aantal soorten per functionele groep kan leiden tot een minder optimale gewasopbrengst [Schouten et al., 1997]. Het is dus maar de vraag of met het analysesresultaat van deze methodiek een goede maat is voor de bodemkwaliteit.

Bij deze methode wordt gestreefd naar een CO<sub>2</sub>-emissie van 120 mg CO<sub>2</sub> per 100 gram grond in 7 dagen. Voor een geploegde grond is dit 70 mg CO<sub>2</sub> per 100 gram grond in 7 dagen.

Een andere methodiek is een bepaling aan van het zuurstofvermogen van een grond. Het is mogelijk dat deze bepaling op CO<sub>2</sub>-emissie is gebaseerd. Aangezien het laboratorium dat van deze techniek gebruik maakt de wijze van bepaling geheim houdt, is hierover echter geen informatie beschikbaar.

Hierdoor over de wetenschappelijke onderbouwing van de techniek ook geen uitspraak te doen.

**Chroma:** Agrariërs kunnen een chroma van grond en/of compost laten maken. Essentie van een chroma is dat informatie wordt verkregen over de kwaliteit van het onderzochte, niet over de achterliggende oorzaak. De chromabepaling is halverwege de vorige eeuw ontwikkeld door Dr. E.E. Pfeiffer. Hij gebruikte chroma's

als algemene maat voor de kwaliteit van grond, compost en oogstproducten. Chroma's worden gemaakt met behulp van chromatografie, een in de scheikunde bekende fractioneringsmethode die onder andere wordt gebruikt om de samenstelling van een product te bepalen. Hiertoe wordt het product opgelost in zilvernitraat, waarna men de oplossing laat opstijgen in een rondfilter. In het filter verschijnt een radiaal patroon (stijgbeeld). Vervolgstap in de standaard-chromatografie is het analyseren van de afzonderlijke stoffen in het filter. In de chromabepaling wordt deze stap achterwege gelaten en direct overgegaan tot interpretatie van het stijgbeeld in termen van de algehele kwaliteit van het product.

Hoewel de chromatografie in de scheikunde een veel gebruikte en algemeen geaccepteerde techniek is, is de wetenschappelijke onderbouwing van de chroma minimaal. Vooral het interpreteren van een chroma levert problemen op omdat dit veel ervaring vereist en mede daardoor moeilijk reproduceerbaar is. Een chroma wordt namelijk geïnterpreteerd aan de hand van de sprekendheid van de kleuren, of er een gesloten buitenrand aanwezig is en de onrust van het beeld.

Bodemleven: Het kan hier gaan om bepaling van individuele organismen, om bepaalde soorten of om (de belangrijkste) elementen van het bodemvoedselweb. Ook wordt wel onderscheid gemaakt tussen de mate van voorkomen van (een) bepaalde (groep) organismen enerzijds en de mate van activiteit van deze (groep) organismen anderzijds. Op basis van de grote ruimtelijke en temporele fluctuaties van het bodemleven beschreven in de eerste alinea van deze paragraaf moge het duidelijk zijn dat laboratoria een wankelende grond hebben voor het beoordelen van de gevonden waarden (uitspraken over bodemkwaliteit) en de vertaling van deze uitspraken naar te nemen maatregelen. Tellen van individuele organismen onder de microscoop heeft als nadeel dat het een momentopname is. Het vereist veel werk met specialistische kennis. Een situatie in die niet in 'evenwicht' is (omdat er bijvoorbeeld geen predatoren zijn) een scheef beeld geven over de bodemcondities. Door een laboratorium dat gebruik maakt van deze methodiek worden de analyseresultaten vergeleken met een groot databestand van gronden in Amerika. De aantallen en verhoudingen tussen verschillende soorten en hun activiteit, worden vergeleken met de referentiewaarde in de grond waar een gewas van nature groeit. De vraag is of deze referentiewaarden ook opgaan voor de Nederlandse gronden. Bekend is bijvoorbeeld dat in Amerikaanse gronden van nature meer mycorrhizaschimmels voorkomen dan in Nederland. Een groot voordeel van het meten van de soortensamenstelling van het bodemleven is dat er inzicht is in het aantal soorten per functionele groep (Schouten et al., 1997).

Veel chemische en fysische eigenschappen van de bodem zoals de beschikbaarheid van nutriënten en de aggregaatstabiliteit worden (mede) bepaald door biologische processen. Daarom wordt verwacht dat bodembioologische indicatoren voor bodemkwaliteit gevoeliger zijn voor verandering dan fysische of chemische eigenschappen. Met een bodembioologische indicator kan een afname van de bodemkwaliteit eerder gesignaleerd worden.

Informatie over aantallen wormen en nematoden kunnen gebruikt worden als indicator voor de aggregaatstabiliteit. Uit onderzoek van Yeates et al. blijkt namelijk dat een afname van de aggregaatstabiliteit samen gaat met een afname van de wormen populatie en met een toename van het aantal predatore nematoden. Maar de aantallen, of ranges van aantallen nematoden of wormen variëren tussen bodemtypen. Het bodemleven kan als indicator gebruikt worden om trends te ontdekken, maar welke aantallen optimaal zijn voor een bepaald bodemtype is nog niet voldoende onderzocht. (Yeates et al., 1997)

Een tweede voorbeeld komt naar voren in het onderzoek van Bouwman en Arts (2000). Verdichting als gevolg van het bereiden van de grond met zware machines blijkt samen te hangen met verschuivingen in de verdeling van verschillende functionele groepen nematoden. Het aantal herbivore (plantenetende) nematoden nam toe bij verdichting ten koste van het aantal bacterivore en omnivore/predatore nematoden. Deze verandering wordt geassocieerd met slechtere condities voor het gewas.

Een derde voorbeeld van een indicator is de schimmel : bacterieverhouding van een grond. In de meeste modellen van het bodemvoedselweb, staan bacteriën en schimmels ieder aan de basis van hun eigen keten van bodemfauna (de Ruiter et al., 1993). Daarom kan de verhouding van de biomassa van bacteriën ten opzichte van de biomassa van schimmels als indicator gebruikt worden voor de activiteit van deze twee paden van het bodemvoedselweb. Over het algemeen is in landbouwbodems de biomassa van schimmels groter dan die van bacteriën. In Nederland echter is de schimmelbiomassa in conventioneel gemanaged akkerbouwland minder dan 20% (Bloem et al., 1994). Bij extensief beheerde graslanden kan dit percentage oplopen tot 50-80%. De mechanismen achter een verschuiving in de schimmel : bacterie verhouding zijn echter nog grotendeels onbekend. In theorie kan een dicht netwerk van schimmels er toe leiden dat nutriënten beter worden vastgehouden en minder uitspoelen. Een schimmel-gedomineerd voedselweb zou leiden tot een lage mineralisatie-



snelheid. Dit hoeft niet te leiden tot een lage beschikbaarheid voor de plant. Door de verwachte toename van mycorrhiza schimmels, kan de plant voedingsstoffen beter opnemen.

Verschillen in het tijdstip waarop stikstof vrij komt door mineralisatie van een bacterie of schimmelgedomineerd perceel zijn nog niet bekend, maar wel van groot belang voor de gewasproductie. Welk management kan bijdragen in het sturen van de schimmel:bacterie verhouding is onvoldoende onderzocht. Meer onderzoek is ook nodig naar de vraag hoe lang het duur voordat management gericht op het veranderen van de ratio in effect resulteert (Brussaard et al., 2003).

Uit bovenstaande voorbeelden blijkt dat het bodemleven als indicator gebruikt kan worden om trends te ontdekken. Maar hoe deze algemeenheden zich vertalen in gewenste aantallen en verhoudingen bodemorganismen is minder goed onderbouwd en sterk afhankelijk van bodemtype en bedrijfssysteem. Welke aantallen of range van aantallen bodemorganismen optimaal voor een bepaald bodemtype of bedrijfssysteem is nog niet voldoende onderzocht.

Wageningse onderzoekers (Schröder, Zwart, Janssen, persoonlijke mededelingen) concluderen dat er mogelijk een rol weggelegd is voor het bodemleven als indicator voor de bodemkwaliteit, maar dat de hier besproken methodieken nog niet voldoende wetenschappelijk onderbouwd zijn. De grote temporele en ruimtelijke fluctuaties van samenstelling en activiteit van het bodemleven maakt het meten van het bodemleven moeilijk. Daarnaast maakt de grote invloed van factoren als bodemtype en bedrijfssysteem en een gebrek aan kennis het moeilijk om een streefwaarde voor een goede bodemkwaliteit te kunnen opstellen.

## 2.5 Samenvatting en Conclusies

De groep zandgronden is niet homogeen, maar bestaat uit gronden met wisselende kenmerken wat betreft textuur en organischestofgehalte. Specifieke bodemeigenschappen worden voorts bepaald door de grondwaterstand. Inzicht in de diversiteit in zandgronden is van belang voor het beoordelen van bodemkwaliteit.

Een goede definitie van het begrip bodemkwaliteit voor de melkveehouderij is “Het vermogen van de bodem om gewassen ook op langere termijn van voldoende water en nutriënten te voorzien zodat de gewassen tot een hogere productie per eenheid productiefactor komen met een lagere belasting van de omgeving”. Om de definitie van bodemkwaliteit operationeel te maken is het nodig om te beschikken over (1) een pakket van eisen, in de vorm van bodemeigenschappen, die een bepaald bodemgebruik aan de bodem stelt en (2) indicatoren die meetbaar zijn, waarvan een kwantitatieve of kwalitatieve relatie met een of meer bodemeigenschappen bekend is, die onderling kunnen worden gewogen en die refereren aan landbouwkundige maatregelen.

De melkveehouderij op zandgronden eisen stelt aan de bodemkwaliteit op het gebied van de stikstoflevering van de bodem, de vochtlevering van de bodem en de bodemstructuur. Welke van deze bodemeigenschappen limiterend is voor een hoge productie per eenheid productiefactor met een lage belasting voor de omgeving, is mede afhankelijk van het bodemtype.

Het organisch stofgehalte speelt een sleutelrol in het vermogen van de bodem om gewassen op langere termijn van voldoende water en nutriënten te voorzien zodat de gewassen tot een hoge productie per eenheid productiefactor komen met een lagere belasting voor de omgeving. Bij de opbouw en afbraak van organische stof en de daaruit voortvloeiende stikstofvastlegging en –mineralisatie heeft het bodemleven een belangrijke rol. Dit maakt het complex van organischestofgehalte en bodemleven tot één van de belangrijkste indicatoren voor een goede bodemkwaliteit voor de melkveehouderij. Daarom zijn met name indicatoren gewenst voor de organische stof en voor het bodemleven.

De huidige indicatoren voor organische stof zijn onvoldoende geschikt als maat om vast te stellen of er sprake is van een goede bodemkwaliteit in termen van bijvoorbeeld, stikstofleverantie, vochtvoorziening en bodemstructuur. Het optimale organische stofgehalte is namelijk afhankelijk van het landgebruik (management) en bodemtype. Er is dus maatwerk vereist. Voor het bodemleven zijn diverse indicatoren beschikbaar; de bruikbaarheid hiervan voor de landbouwpraktijk is echter onduidelijk.

### 3 Bedrijfsvoering en bodemkwaliteit

#### 3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de invloed van verschillende kenmerken van de bedrijfsvoering op de bodemkwaliteit. In dit rapport wordt de bedrijfsvoering met betrekking tot de bodem onderverdeeld in drie “terreinen”:

1. bouwplan
2. bemesting
3. bodembewerking (incl. beregening)

Deze drie terreinen komen ook in dit hoofdstuk aan de orde. Daaraan voorafgaand wordt ingegaan op de bedrijfssystemen die op zandgrond te vinden zijn, door te kijken naar intensiteit van productie. In aparte paragrafen worden ook “beweiding” en “beregening en vernatting” korte aan de orde gesteld.

Doel is om een beeld te krijgen van de bedrijfsvoering en ontwikkelingen in de melkveehouderij op zand en dan in het bijzonder op die aspecten die te maken hebben met bodemkwaliteit, met name op de aanvoer en afbraak van organische stof en de bodemstructuur. Effecten op het bodemleven komen nagenoeg niet aan bod omdat daarover geen kennis beschikbaar is.

Aan het eind van het hoofdstuk wordt ingegaan op de aanvoer van organische stof naar de bodem in relatie tot de beschreven verschillen in bedrijfsvoering.

Er is voor dit hoofdstuk informatie verzameld in literatuur en gesprekken met toeleveranciers (voerders en zaad).

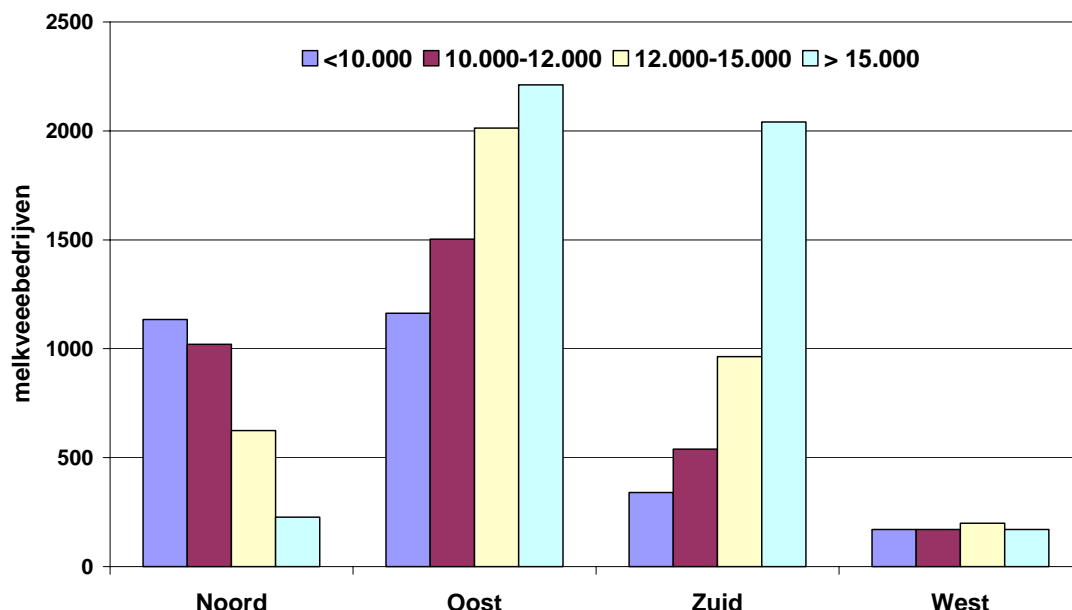
#### 3.2 Intensiteit van productie

Van alle melkveehouderijbedrijven in Nederland bevindt de helft zich op zandgrond. Bijna de helft van de bedrijven op zandgrond is te vinden in het oosten van het land (Gelderland en Overijssel(47%)), ruim een kwart is te vinden in het zuiden van het land (Noord-Brabant en Limburg(27%)) en 22% van de bedrijven op zand zit in het noorden van het land (Friesland, Groningen en Drenthe).

De melkveehouderij op zandgrond is zeer divers in grootte en intensiteit. Voor een deel is dat een gevolg van de zeer verschillende soorten zandgrond waarop geboerd wordt (zie hoofdstuk 2), maar ook andere regionale factoren spelen mee. In het zuiden zijn de bedrijven het meest intensief, op de voet gevolgd door de bedrijven in het oosten. In het noorden zijn de meeste bedrijven op zand extensief en in het westen is het gelijk verdeeld over de vier quotumklassen (figuur 4). De bedrijven op zandgrond zijn met 12.345 kg melkquotum per ha beduidend intensiever dan bedrijven op de andere grondsoorten (tabel 9). De hogere intensiteit op zandgrond is meer ondanks dan dankzij de bodemkwaliteit. Van oudsher waren de bedrijven op zand klein, vergeleken met die op andere grondsoorten. Het aantal dieren kon gemakkelijker toenemen dan de oppervlakte, waardoor de intensiteit op zandgrond altijd hoger gebleven is.

Bijna 10% van de bedrijven op zandgrond had in 1990 naast de melkveehouderij een intensieve veehouderijtak, relatief vaker in het oosten en dan in het zuiden van Nederland.

De afgelopen jaren is de structuur van de bedrijven op zand veranderd. Een vergelijking van de GVE/ha over de afgelopen 10 jaar (1992-2002) laat een grote daling zien van bedrijven met meer dan 2,5 GVE/ha en een stijging van het aantal bedrijven met 1 tot 2,5 GVE/ha (CBS Statline). Het totaal aantal bedrijven met melkvee is in 10 jaar tijd met 39% gedaald (CBS Statline).

**Figuur 4** Aantal melkveebedrijven op zand per regio per quotumklasse (kg melkquotum per ha) (Typical Dutch, 2000)

De overgebleven bedrijven hebben meer grond (zowel grasland als voedergewassen), meer melkkoeien (en per koe meer melk), maar minder jongvee, overige runderen en overige diersoorten. Deze ontwikkelingen lijken vooral veroorzaakt de invoering van het Mineralen Aangifte Systeem (MINAS) in 1998 en de varkenspest. Dit leidt ertoe dat de beschikbare hoeveelheden mest per oppervlakte ruwvoedergewassen afnam, soms in de vorm van het wegvallen van varkensmest.

**Tabel 9** Verandering in het gemiddelde aantal ha cultuurgrond, aantal melkkoeien, GVE/ha en melkquotum per ha per bedrijf tussen 1996/1997 en 1999/2000 in drie verschillende gebieden

	zandgebieden		westelijk weidegebied		noordelijk klei- en veenweidegebied		gemiddelde gangbare bedrijven	
	1996 /1997	1999 /2000	1996 /1997	1999 /2000	1996 /1997	1999 /2000	1996 /1997	1999 /2000
Ha cultuurgrond	29,01	30,06	32,71	35,38	39,32	41,91	31,87	33,47
Aantal melkkoeien	47,8	48,9	51,2	56,9	58	62,9	50,6	53,3
GVE/ha	3,0	2,7	2,6	2,4	2,2	2,2	2,7	2,5
Melkquotum /ha	12065	12345	10957	11543	10928	11279	11541	11909

Bron: LEI BINternet, 2003

Intensievere bedrijven hebben een intensiever grondgebruik. Om de voeraankopen beperkt te houden, hebben ze er meer voor over om een hogere ruwvoerproductie te realiseren. Dit vertaalt zich naar hogere bemestingniveaus en frequentere herinzaai. Daarnaast is de mestproductie per eenheid oppervlakte op intensievere bedrijven ook hoger en worden er daarom grotere hoeveelheden dierlijke mest op het land gebracht. De laatste jaren vindt er weer intensivering van de melkproductie plaats - er wordt meer melkquotum dan grond aangekocht. Dit kan in de nabije toekomst anders komen te liggen. Of doordat de grondprijs daalt, of doordat de wetgeving de melkveehouders dwingt tot extensivering. Extensivering zal leiden tot meer krachtvoerteelt, om de grond goed te benutten en te besparen op voerkosten.

### 3.3 Bouwplan

In de melkveehouderij op zandgrond zijn drie typen grondgebruik te benoemen:

1. grasland (er wordt zo lang mogelijk gewacht met herinzaai)
2. wisselbouw (een rotatie van tijdelijk grasland (1-3 jaar) met akkerbouwgewassen, zoals snijmaïs, granen, aardappelen, bieten, bloembollen etc.)
3. snijmaïs continueelt

Eerst is van belang waarom voor betreffende gewassen gekozen wordt. Daarover een aantal opmerkingen in de eerste subparagraaf. Daarna worden de drie typen grondgebruik besproken en wordt ingegaan op de rol van een groenbemester.

#### 3.3.1 Gewaskeuze

De keuze voor gras of voor een voedergewas zal in de eerste plaats worden bepaald door de ruwvoerbehoefte om een goed en goedkoop rantsoen voor de melkkoeien te hebben. Hier horen ook de beweidingmogelijkheden bij (zie paragraaf 3.4).

Snijmaïs is een goede energieleverancier met een droge stof productie die meestal het grasland overtreft. De oppervlakte geteelde snijmaïs is op melkveebedrijven afhankelijk van het gewenste aandeel snijmaïs in het rantsoen en de mogelijkheid voor inning van de MacSharry-premie. De premiereregeling staat op de helling; het verdwijnen zal gevolgen hebben voor het areaal snijmaïs op melkveebedrijven.

#### MacSharry-premie

De premie bedraagt € 420 per hectare met een maximum aanvraag van 13 hectare. Deze steun is voor het saldo op dit gewas van groot belang en daarom heeft deze grote invloed op het geteelde areaal.

De MacSharry premie is in veel gebieden een blokkade voor vruchtwisseling op melkveebedrijven, omdat slechts die percelen in aanmerking komen die vallen onder de definitie akkerland. Deze definitie is: "al het land dat tot het bedrijf behoort, behalve gronden die gedurende de achtereenvolgende kalenderjaren 1987 tot en met 1991 permanent in gebruik waren als blijvend grasland, voor meerjarige teelten, als bosgrond of voor niet agrarische doeleinden." Hierdoor kan op de meeste bedrijven maar op een beperkt aantal percelen snijmaïs (met premie) worden geteeld.

In de plannen van Eurocommissaris Fishler staat dat de Regeling EG-steunverlening akkerbouwgewassen (= MacSharry) zal gaan verdwijnen, samen met een groot aantal andere regelingen waaraan prijssteun wordt gegeven. Waarschijnlijk vindt afbouw plaats tot aan 2007. De afbouw zal ongetwijfeld het snijmaïsareaal doen dalen.

Snijmaïs kan echter niet overal geteeld worden. Op lage en natte percelen kan de snijmaïs pas laat gezaaid worden en moet, als het tegenzit, onder natte omstandigheden geoogst worden. Op hoge en droge percelen zal er ook voor snijmaïs berekend moeten worden om een acceptabele opbrengst te realiseren.

Als de grond erg droogtegevoelig is, moet afgewogen worden welk gewas de hoogste opbrengst kan leveren. Snijmaïs gaat efficiënter om met bodemvocht dan gras; granen (GPS) gaan op hun beurt weer efficiënter om met water dan snijmaïs.

Een andere reden om GPS (zomergerst) of erwten te kiezen is de korte groeiperiode. Hierdoor kan het heel goed dienen als tussengewas, tussen scheuren en herinzaai, en is het mogelijk om op jaarbasis een goede productie van het land te halen en toch opnieuw gras in te zaaien. Granen kunnen door hun diepe beworteling een positieve bijdrage leveren aan de bodemstructuur, terwijl erwten als leguminosomen stikstof binden en daarmee de bodem verrijken.

Grasklaver past over het algemeen beter bij extensievere bedrijven die gemakkelijke voldoende ruwvoer kunnen telen, maar die bij een lagere stikstofbemesting wel een goede kwaliteit kuilgras willen winnen.

Naast de positieve effecten is het bekend dat de wortelmassa van klaver veel lager is dan die van gras. Daardoor levert klaver minder organische stof aan de bodem in de vorm van stoppels en wortels (zie 3.7).

Andere voedergewassen (bijv. met doel krachtvoer) worden echter niet op grote schaal toegepast, maar met name onder specifieke bedrijfssituaties geteeld, of bevinden zich nog in de experimentele fase. Tot op heden kan geen enkel gewas concurreren met gras en maïs, wat betreft rendement.

In verschillende regio's wordt de samenwerking tussen akkerbouw en veehouderijbedrijven geïntensiveerd. Met name voor bloembollen en aardappelen ontvangen melkveehouders hoge grondhuurprijzen. Soms vindt hiervoor

grondontsmetting plaats, wat ongetwijfeld effect heeft op bodemkwaliteit. Ook betekent deze samenwerking dat het aandeel grasland in het bouwplan verder daalt, en dat heeft gevolgen voor de organische stof aanvoer naar de bodem (zie 3.7). Tijdens een klankbordgroep werd vernomen dat het voorkomen van bepaalde vrijlevende aaltjes een groot probleem is voor bepaalde akkerbouwgewassen. Bepaalde groenbemesters zijn ook waardplant voor deze aaltjes. Samenwerking tussen akkerbouwer en veehouder betekent het maken van afspraken over meer dan alleen geld.

De keuze voor een gewas zou ook kunnen worden gemaakt op basis van de vraag of het gewas positief bijdraagt aan bodemkwaliteit. In de praktijk vindt dit nog weinig opgang omdat de korte termijn visie, een zo hoog mogelijke jaaropbrengst, de doorslag geeft.

### 3.3.2 Grasland

Grasland wordt gescheurd als de botanische samenstelling te wensen overlaat, waardoor de productiviteit sterk terugloopt. De zode-veroudering heeft een relatie met bodemkwaliteit. Het is bekend dat op droge zandgrond het grasland na 3 tot 4 jaar niet meer vooruit wil. Dit heeft enerzijds te maken met het aandeel slechte grassen. Wanneer door stress in de vorm van droogte, uitwintering (vorstschade) of anderszins Engels raaigras pleksgewijs verdwijnt, verschijnen andere, minder productieve grassen. Ook bodemverdichting, rijshade en vertrapping kunnen een aanleiding vormen voor herinzaai. Soms speelt oneffenheid, wat een efficiënte voederwinning belemmert, een rol. Anderzijds neemt de bewortelingsdiepte van het ingezaaide gras na 2 a 3 jaar drastisch af. Dit is ten dele fysiologische bepaald maar ook het grasland management is hierop van invloed (Eekeren, persoonlijke mededeling).

De regionale verschillen in gemiddelde zodeleeftijd zijn groot. In het oosten wordt het gras gemiddeld 10 jaar oud, terwijl dit in het zuiden 5 jaar is (ABCTA, 2003).

Jaarlijks wordt in Nederland 13% van het grasland vernieuwd (125.000 ha (Aarts et al., 2002)). Een beter grasgewas moet de hoge kosten van graslandvernieuwing minimaal compenseren en moet milieukundig verantwoord zijn (dus zonder grote verliezen naar het milieu). Na het scheuren treedt een sterke stikstofmineralisatie op door versnelde afbraak van organische stof. Herinzaai geeft een tijdelijk verlaging van het organische stofgehalte. Na herinzaai neemt het gehalte toe doordat een graszode veel niet-oogstbare organische stof aan de bodem levert: wortels, stoppels en blad (incl. oogstverliezen).

In de eerste 6-8 jaar na inzaai blijkt dat ongeveer 40-80 kg N/ha in de stoppels, 100-250 kg N/ha in de levende wortels en 100-200 kg N/ha in de restanten van dode wortels en andere gewasresten wordt vastgelegd (Velthof en Oenema, 2001). Modelberekeningen duiden op een netto N-mineralisatie van 100-300 kg N/ha uit de ondergeploegde grasmat in het eerste jaar na scheuren van vijf jaar oud grasland (Aarts et al., 2002). Bij gescheurd grasland is er dan ook meer kans op uitspoeling van nitraat. Hoe langer de grond braak blijft, hoe groter de verliezen. Herinzaai in het voorjaar of de zomer geeft minder kans op uitspoeling dan herinzaai in het najaar.

### 3.3.3 Wisselbouw

Voedergewassen worden steeds meer in rotatie met grasland verbouwd. Landelijk was er in 2002 per bedrijf ruim 400% meer tijdelijk grasland dan in 1992 (CBS Statline).

Voedergewassen worden geteeld om het rantsoen van de melkkoeien te verbeteren en voeraankoop te beperken. Een voedergewas wordt een tot twee jaar op het perceel verbouwd, waarna het weer voor meerdere jaren grasland wordt. Aan gewasrotatie kleven voor de bodemkwaliteit voor- en nadelen. De voordelen zijn evident: de nutriënten die in de bodem zijn opgeslagen en niet door het grasland zijn gebruikt kunnen door het voedergewas worden benut, waardoor er minder bemest hoeft te worden. Daarnaast zit er relatief veel organische stof in de bodem in vergelijking met langjarig bouwland, waardoor er hogere opbrengsten bij het voedergewas verwacht mogen worden. De nadelen zijn echter dat de opgebouwde organische stof wordt afgebroken, waardoor het organische stofgehalte zal dalen. Voor het ene gewas zal dit sneller gaan dan voor het andere gewas. Een ander nadeel is dat de nutriënten die vrijkomen bij de afbraak van het gras na scheuren, niet allemaal benut kunnen worden door het voedergewas en zodoende een hogere uitspoeling tot gevolg kunnen hebben.

Het is duidelijk dat in het zuiden van ons land op zand frequenter wisselbouw wordt toegepast dan in het oosten en noorden. De veehouders in het oosten zijn minder gesteld op snijmaïs op de huiskavel, mede omdat ze sterker hechten aan beweiding. Echter, ook in het zuiden komt veelvuldig maiscontinueelt voor. Over de praktijk in de noordelijke zandgebieden is minder bekend. Het aandeel snijmaïs in het bouwplan is op de vochtige zandgronden, die in het noorden meer voorkomen, sowieso lager. Bodemvruchtbaarheid heeft onder de melkveehouders nog weinig aandacht en speelt ook bijna geen rol bij het bouwplan (ABCTA, 2003; Cehave Landbouwbelang, 2003).

Door de opkomst van GPS wordt er echter wel meer grasland tijdelijk gebruikt als bouwland. Er wordt dan één teelt GPS gedaan waarna er direct weer gras wordt ingezaaid.

Bij minder dan 1/3 bouwland zal het organische stofgehalte weinig verlagen als een perceel niet langer dan een jaar bouwland (uitgaande van meest gangbare voedergewassen) blijft. Wordt er wisselbouw toegepast, dan zal er een soort evenwicht bereikt worden, met gemiddeld een lager organische stofgehalte dan bij blijvend grasland (Aarts et al., 2002). Is het aandeel bouwland groot (>2/3 bouwland), dan is een perceel langer bouwland dan grasland en zal er meer OS worden afgebroken dan er in een paar jaar grasland kan worden opgebouwd.

Het bouwplan zal minder effect hebben op de structuur omdat andere factoren zoals oogsttijdspit en –omstandigheden, intensiteit en veebezetting een veel grotere invloed hebben. Het vochtbindend vermogen is beter, naarmate de organische stof homogener en dieper over het profiel is verdeeld. Onder grasland zit de organische stof met name in de bovenste 5 cm. Als voor herinzaai een grondbewerking wordt uitgevoerd, wordt de organische stof door de bouwvoor gemengd dan onder blijvend grasland en neemt het vochtleverend vermogen toe. Dit is vooral van belang op lichte zandgrond in verband met een grotere kans op vochttekort (Aarts et al., 2002).

### 3.3.4 *Snijmaïs continueelt*

Op de zandgrond wordt maïs hoofdzakelijk in continueelt verbouwd. In het oosten wordt de maïs vooral geteeld op percelen op afstand, omdat het uitzicht rond de boerderij vrij moet blijven. Dit is een niet-economische reden die invloed kan hebben op het al dan niet toepassen van wisselbouw. Daarnaast blijken ook logistieke aspecten mee te spelen om op de verste percelen snijmaïs te telen. Zie ook kader Mac Sharry hiervoor.

Van continu maïsteelt wordt in het algemeen verwacht dat de structuur na verloop van een paar jaar verslechterd, afhankelijk van het totale bodembeheer wat de teler toepast. Op het bouwland waar continue maïs wordt geteeld zal het organische stofgehalte dalen tot een bepaald evenwicht wordt bereikt.

### 3.3.5 *Groenbemester*

Op de zandgronden is het gebruik van een groenbemester steeds gebruikelijker. Een groenbemester wordt na een voedergewas gezaaid (soms ook in of met het voedergewas) en ontwikkelt zich door de nutriënten, die niet door het voedergewas zijn gebruikt, vast te leggen. Hierdoor spoelen met name stikstof en kali minder uit. In het voorjaar wordt de groenbemester weer gescheurd en kunnen de nutriënten weer worden opgenomen door het voedergewas dat dan geteeld wordt. Bij het afsterven van de groenbemester komt ook organische stof in de grond. Behalve bij gras moet de aanvoer van organische stof niet worden overschat. Het gaat vooral om het wegvangen van stikstof, en, bij vlinderbloemigen, het binden van luchtstikstof. Sommige groenbemers, zoals rogge, dragen bij aan het verbeteren van de bodemstructuur.

In de melkveehouderij wordt vooral gekozen voor mengsel met grasachtigen vanwege MINAS. Als een groenbemestergewas minimaal 30% gras bevat, telt het mee als grasland en is een hogere verliesnorm (en aanvoernorm) van toepassing.

De andere 70% bestaat meestal uit rogge, omdat dit minder kwetsbaar is voor uitwinteren dan (Italiaans raai)gras. Momenteel wordt ongeveer de helft van het maïsareaal na de oogst ingezaaid met een groenbemester, waarvan de helft in zijn geheel in het voorjaar wordt ondergewerkt en van de andere helft eerst een snede wordt geoogst om te voeren (Agerland, 2003). Het onderwerken van een groenbemester levert 3000-4500 kg os per ha op, waarvan na 1 jaar nog 645 tot 1080 kg os aanwezig is (Anonymous, 1980).

## 3.4 **Beweiding**

De mate van beweiding heeft direct invloed op de hoeveelheid mestproductie in de wei en op stal. De in de stal geproduceerde mest is gericht in te zetten, waar de nutriënten en/of organische stof het beste worden benut. De in de wei geproduceerde mest en urine leiden tot grote ruimtelijke variatie m.b.t. nutriënten en organische stof. De verliezen aan oogstbaar gewas zijn bij beweiding hoger dan bij maaien, wat tot gevolg heeft de bodem meer organische stof krijgt aangevoerd.

Het is onduidelijk of er grote verschillen zijn in de effecten van betreding en berijding op bodemstructuur.

In het zuiden wordt er minder beweid dan in het oosten. Er is in het zuiden een substantieel aantal bedrijven met weinig tot geen grond bij huis of met zeer droogtegevoelige grond, waar maïs een beter rendement levert. In tegenstelling tot het in het zuiden komt in het oosten komt zero-grazing praktisch niet voor.

### 3.5 Bemesting

De bemesting op melkveehouderijbedrijven bestaat globaal uit drie producten: kunstmest, dunne dierlijke mest en vaste dierlijke mest. Kunstmest levert hoofdzakelijk een bijdrage aan de direct beschikbare mineralenvoorziening. Sommige kunstmestsoorten werken pH verlagend, wat effect kan hebben op het aantal en de soorten bodemorganismen. In 1999 werd volgens het LEI (BINternet, 2003) nog 200 kg N ha<sup>-1</sup>, 24 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> en 8 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> cultuurgrond in de vorm van kunstmest op melkveebedrijven op zandgrond verbruikt. De verwachting is dat het verbruik de afgelopen jaren is gedaald onder invloed van de scherpere verliesnormen voor MINAS. Deze trend zal doorzetten, nu duidelijk is geworden dat de EU ontevreden is met het relatief soepele mestbeleid van Nederland.

Van alle geproduceerde dierlijke mest is 96% dunne mest en 4% vaste mest (CBS Statline, 2003). Het wordt aangenomen dat vaste stalmest een positieve werking op het aantal soorten bodemorganismen heeft en positief bijdraagt aan de bodemstructuur (Keuper, 2002). In vaste mest zit meer organisch gebonden stikstof en er wordt per kg N veel organische stof gegeven. Daarentegen wordt er per kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> beduidend minder N toegediend. Omdat de afbraak van de organische stof in dierlijke mest niet binnen één jaar klaar is, kan vaste organische mest (en in mindere mate ook drijfmest) een lange nawerking hebben. Omdat de voorjaarsgroei optimaal benut moet worden (er is dan immers nog voldoende vocht aanwezig) is het belangrijk om het gras van voldoende minerale stikstof te voorzien. Met stalmest is die niet te realiseren.

Er wordt op intensieve melkveebedrijven steeds meer mestscheiding toegepast. De dikke fractie wordt afgezet en de dunne fractie toegepast op eigen grasland. Hierdoor daalt de organische stof aanvoer naar de bodem (zie 3.7). Hetzelfde is het geval bij mestvergisting, waarbij een deel van de mestorganische stof wordt omgezet in energie. Het is onduidelijk wat beide vormen van "mest-verarming" op lange termijn voor specifieke zandgronden betekenen.

Bij een verlaagde nutriënteninput naar de bodem wordt de rol van bodemorganismen bij het beheer en het verbeteren van de bodemstructuur en nutriëntenvoorziening belangrijker (Brussaard en Faassen, 1994). Of de benutting van mest ook beter is bij een lagere input dan bij een hogere input is echter niet duidelijk. Uit Zwitsers onderzoek bleek dat langdurig biologisch beheerde akkers (20 jaar) weliswaar een hoger organisch stofgehalte hadden, meer bodemorganismen bevatten en meer N mineraliseerden, dan langdurig gangbaar beheerde akkers, maar dat dit voor de omzetting en de benutting van dierlijke mest door het gewas, geen gevolg had (Langmeijer et al., 2001). Schröder (2002) stelt dat bemestingsregimes die gericht zijn op een zo groot mogelijke bodemvruchtbaarheid, veel bodemorganismen, een hoog organische stofgehalte en een zo goed mogelijke structuur, niet zonder meer leiden tot de grootste benutting of de geringste verliezen. Dierlijke mest levert een belangrijke bijdrage in de organische stof voorziening en komen daarom terug op de organische stof balans. De hoeveelheden kunstmest en dierlijke mest die per eenheid oppervlakte worden toegepast zitten in een dalende lijn. Naar verwachting zal die lijn zich nog een aantal jaren voortzetten. Dit betekent dat de aanvoerpost dierlijke mest op de organische stof balans steeds kleiner zal worden.

### 3.6 Bodembewerking

#### 3.6.1 Bodemverdichting van grasland

Er bestaan grote verschillen tussen verschillende typen zandgrond wat betreft gevoeligheid voor structuurbederf door berijding. Op klei- en leemhoudende gronden zijn de negatieve effecten van berijding groter dan op lichte zandgronden, zoals podzol. Met name berijding in het voorjaar op leemhoudende zandgronden, onder vochtige of te natte omstandigheden leidt tot structuurbederf en bodemverdichting, wat duidelijke lange termijn effecten heeft.

Op lichte zandgrond kan bodemverdichting leiden tot extra capillaire opstijging. Met het oog daarop wordt vaak voor of tijdens het zaaien de grond bewust aangedrukt, zowel voor inzaai van gras als voor inzaai van snijmais. Waarschijnlijk is dit ook het mechanisme achter het positieve effect van verdichting op de gewasopbrengst wat vastgesteld werd in proeven in de jaren 1989 tot 1992 op praktijkcentrum Cranendonck (Snijders, et al., 1994). De meeste proefjaren waren relatief droog, met name de eerste 3 jaren. Capillaire aanvoer van vocht was daardoor van groot belang voor gewasproductie, temeer omdat men uiterst terughoudend was met beregenen.

Spoorvorming, wielslip en vertrapping, in genoemd onderzoek losgekoppeld van verdichting en ook niet onderzocht, dienen op grasland op alle zandgronden vermeden te worden. Dat leidt bij de voederwinning tot verschil in stoppellingte en zand in het voer en heeft negatieve gevolge voor de botanische samenstelling. Engels raaigras is veel toleranter voor bodemverdichting dan mais, klaver en andere grassen als timothee. Engels raaigras heeft dunnere wortels dan de andere gewassen en weet daarmee door dichtere grond te groeien.

De gespecialiseerde melkveebedrijven groeien gestaag en moeten met dezelfde arbeid steeds meer dieren en land verzorgen. Dat betekent dat er zo efficiënt mogelijk gewerkt zal moeten worden, m.a.w. de arbeidsproductiviteit moet omhoog. Dit leidt tot een grotere capaciteitsbehoefte van machines en landbouwwerktuigen. Voor de boer heel prettig, omdat er in minder tijd meer gedaan kan worden, maar er kleven ook nadelen aan. Machines met een grotere capaciteit zijn in de regel zwaarder en zullen daarmee de kans op bodemverdichting vergroten. De bandendruk en het rijgedrag op het grasland zijn dan ook van cruciaal belang. Op de zandgronden wordt er veel gebruik gemaakt van driewielers met brede banden. Een driewieler verdeelt het gewicht van de het voertuig over een zo breed mogelijk oppervlak en kan daarnaast ook meestal de druk in de banden regelen, zodat er ook nog eens met weinig druk in de banden op het land gereden kan worden.

Ondanks de aandacht om de zware machines zo min mogelijk schade aan de structuur te laten toebrengen, blijft het van belang om pas te gaan rijden als de grond het echt toelaat, ook al kan dit betekenen dat de nutriënten minder goed benut kunnen worden. Een lagere benutting van nutriënten heeft namelijk maar één snede effect, terwijl een slechte structuur het hele jaar gevolgen zal hebben voor de opbrengsten. Zeker als de verdichting plaatsvindt in het voorjaar, omdat de grootste verdichting plaatsvindt bij de eerste keer berijden (Spoor en Godwin, 1990) en onder natte omstandigheden!

Naast berijding vindt er ook betreding plaats door weidende melkkoeien. Hoewel hierover weinig informatie direct voorhanden is, is het een factor van betekenis.

### 3.6.2 Grondbewerking

Grondbewerking kan verschillende doelen hebben.

- voor de bestrijding van onkruiden;
- voor het onderbrengen van organische mest, opslag of gewasresten;
- voor het inwerken of bedekken van zaai- en pootgoed;
- voor herstel van een goede bewortelbaarheid;
- voor het verbeteren van de structuur van de bouwvoor.

Om de doelstellingen van grondbewerking te bereiken hoeft er echter niet altijd stevig geploegd te worden. Grondbewerking is namelijk een verstoring van de structuur en het bodemleven (diertjes). Het is zaak om verse gewasresten bovenin de bouwvoor te houden. Bovendien draagt regelmatige bodembewerking bij aan de mineralisatie – afbraak van bodemorganische stof. Vanuit deze nadelen van bodembewerking is het zaak de mate en frequentie van bodembewerking te beperken.

Er zijn daarom diverse werktuigen op de markt die minder diep werken maar wel effectief zijn om een of meer van bovenstaande doelen te bereiken.

Een daarvan is de ecoploeg. Een ecoploeg werkt ondieper dan een gewone ploeg, waardoor een hogere capaciteit bereikt kan worden, het brandstofverbruik lager is en de structuur van grond verbeterd wordt (minder kans op ploegzool). De bewerkbaarheid van de grond wordt vergroot door ondiep te ploegen en het kan bij aardappelen en granen opbrengstverhogend werken. Voor goed ploegwerk moet er wel op minimaal 15 cm diepte geploegd worden (M. Smits, 2000). Er zijn ook diverse cultivatoren en schijveneggen die vruchtbaar worden ingezet.

Er blijkt bij bepaalde groepen veehouders weerstand tegen zodenbemester en mestinjectie. Men wijst daarbij op de beschadiging van de zode, vergiftiging van bodemleven en onttrekking van zuurstof aan de bodem. In het VEL/Vanla project is er onderzoek naar gedaan en zijn effecten op bodemleven bekeken. Dat er effecten zijn is duidelijk. Het bodemleven wordt zeker beïnvloed in de zin dat bepaalde organismen last van de in de grond aangebrachte mest hebben. Andere organismen zijn er juist weer blij mee. Vooral nog wordt geen negatief effect van injectie of zodenbemester op stikstofbenutting verwacht, ook omdat er een positief effect op de ammoniakemissie is. Het is ook onduidelijk in hoeverre mestinjectie bijdraagt aan de zodenveroudering, die op lichte zandgronden zo nadrukkelijk optreedt.



### 3.6.3 Berekening en vermatting

Berekening heeft de afgelopen jaren veel aandacht gekregen, vanuit de verdrogingdiscussie. Om verdroging tegen te gaan, werden melkveehouders aangemoedigd om water te besparen, door preciezer te beregenen (Beregenen Op Maat). Vanuit het onderzoek en voorlichting zijn instrumenten ontwikkeld die dat ondersteunen. Het is de vraag of de overheid en natuurinstanties op lange termijn genoeg nemen met de bereikte waterbesparing.

Voor melkveehouders is beregenen een kostbare en arbeidsintensieve maatregel. Echter, de productiviteit van de droogtegevoelige zandgrond moet wel op peil gehouden worden.

In verschillende gebieden wordt gewerkt aan vermatting: hogere waterstanden in beken handhaven. Ook dit heeft grote gevolgen voor het management en de productiviteit van betreffende grond.

## 3.7 Organischestofbalans

In tabel .. worden organische stof balansen gepresenteerd voor twee extreme vormen van bodemgebruik in de melkveehouderij op zand, namelijk blijvend grasland en continu snijmaïsteelt. Een balans suggereert aan- en afvoer. De aanvoerposten zijn benoemd en men heeft schattingen van de gemiddelde grootte gegeven. De "afvoer" vindt plaats in de vorm van afbraak, vertering of mineralisatie van organische stof.

Deze cijfers zijn schattingen voor beide continu teelten op praktijkcentrum De Marke, waar een zeer milieubewuste bedrijfsvoering wordt toegepast, met name lage bemestingniveaus. De weergegeven organische stof gehalten zijn ook van toepassing op de daar geldende bodemgesteldheid, hoewel gesteld kan worden dat het bodemtype van De Marke representatief is voor de droge zandgronden in Oost- en Zuid-Nederland.

**Tabel 10** Aanvoer organische stof

	Blijvend grasland	Maïs continu
Organische mest	4.100	2.700
Mestflatten	2.600	
Stoppels en wortels	7.500	2.500
Oogst- en beweidingsverliezen	1.500	500
Groenbemester		2.000
Totaal	15.700	7.700
Verwacht org. stof gehalte	5,9 %	2,9 %

Bron: Aarts et al 2002

Uit deze gegevens blijkt de grote bijdrage van stoppels en wortels aan de totale aanvoer van organische stof op blijvend grasland en deze is drie keer zo groot als in maiscontinueelt. Het telen van een groenbemester op een maisperceel verhoogt de aanvoer met ca. een derde. Uit de tabel blijkt dat ook de hoeveelheid organische mest op dit systeem van belang is. 2.700 kg organische stof komt overeen met ca. 40 kuub drijfmest. Er zijn nog tal van melkveehouders die veel grotere hoeveelheden drijfmest op hun maisland brengen, tot meer dan 100 kuub. Deze hoeveelheden komen met name voor op bedrijven zonder grasland. Op hun percelen komen hoger organische stof gehalten voor, dan het verwachte gehalte in bovenstaande aanvoertabel.

Er bestaat ook nog onzekerheid over het organische stof gehalte op lange termijn, omdat van specifieke gronden en bij specifiek gebruik niet bekend is hoe groot de jaarlijkse afbraak van organische stof is. Het opstellen van een organische stof balans, of tenminste het in kaart brengen van de aanvoerposten is in de melkveehouderij zeer zeldzaam, in tegenstelling tot in de akkerbouw. Het is zaak om deze gegevens in beeld te krijgen zodat melkveehouders voor hun percelen een organische stof balans kunnen opstellen (Antonissen, persoonlijke mededeling).

Verdere verlaging van de bemestingniveaus op gras en maïsland zoals verwacht mag worden ten gevolge van nieuwe mineralenwetgeving in de nabije toekomst, zal leiden tot verlaging van de post organische mest. Het is aannemelijk dat de posten die gebaseerd zijn op gewasproductie (bijv. stoppels en wortels) bij grasland ook zal dalen ten gevolge hiervan. Hierdoor zal de totale aanvoer met 20 tot 50 % kunnen afnemen, waardoor het organische stof gehalte op lange termijn ook lager zal uitkomen.

### 3.8 Bedrijfsvoering en bodembelangen

In dit hoofdstuk gaat het om de wederzijdse invloed van de bedrijfsvoering en de bodemkwaliteit. Daarbij zijn de verschillende onderdelen van de bedrijfsvoering de revue gepasseerd. Het is goed om te beseffen dat een deel van de besproken bedrijfsvoering meer strategisch van aard is en een ander deel tactisch of operationeel. Intensiteit en bouwplan zijn kenmerken van een bedrijf die vooral voor de lange termijn beslist worden. Herinzaai, de gewaskeuze, de inzet van groenbemesters en bemestingsniveau behoren tot het tactische management en wordt bijvoorbeeld een jaar van tevoren vastgesteld. Het moment van berijding van de graszode en de diepte van grondbewerking zijn voorbeelden van operationeel management. Dit zijn beslissingen die kort voor de handeling worden besloten.

De bodemkwaliteit is een thema wat bij een beperkt aantal individuele melkveehouders op zand in beeld is. Dit bleek ook uit de discussies in de vier klankbordgroepen. Dat komt doordat er tot op heden geen brood in is gezien om zich er druk over te maken. Men heeft mogelijkheden om de gewenste gewasopbrengst met behulp van extra mest te realiseren. Zonodig wordt beregening toegepast. Anderzijds ontbreekt ook de kennis bij veehouders en hun adviseurs om in gevallen waarin de opbrengst van een perceel merkbaar achterblijft doelgericht actie te ondernemen. De bodem wordt genomen zoals het is, naast dat de bemestingstoestand op peil gehouden wordt.

De boeren die wel met dit thema bezig zijn nemen allerlei acties om aan de bodem tegemoet te komen. Vooral zijn ze zich bewust van het bodemleven en dat dit beschadigd kan worden. In hoofdstuk 5 worden "innovaties" omschreven die hiervoor zijn ontwikkeld of worden toegepast.

Echter uit dit hoofdstuk blijkt dat men in de bedrijfsvoering toch onbewust met bodembeheer bezig is. De belangen van de bodem zijn echter onvoldoende in beeld en men houdt er dan ook weinig rekening mee. Er zijn nog geen algemeen geaccepteerde indicatoren of parameters die de bodemkwaliteit of elementen daarvan in beeld brengen. Veehouders zien niet wat het effect is van hun bedrijfsvoering op bodemkwaliteit. Het is onduidelijk hoe hun bodembeheer effect heeft op de bodem als productiefactor.

### 3.9 Conclusies

Melkveehouders op zandgrond hebben een relatief intensieve bedrijfsvoering in de zin dat ze veel melk produceren per eenheid oppervlakte. Dit betekent dat men streeft naar hoge gewasproductie bij relatief hoge mestgiften. Mestgiften zullen onder invloed van bestaande en nieuwe mineralenwetgeving verder dalen. Gras en mais zijn de dominante ruwvoedergewassen. Deze worden als blijvend grasland, in wisselbouw of als maisland (continu) geteeld. Beide gewassen zijn zeer verschillend wat betreft de aanvoer van organische stof naar de bodem. Om een meerjarige organische stof aanvoer balans voor een perceel te kunnen opstellen is meer informatie nodig over de omvang van aanvoerposten en de afbraaksnelheid van bodemorganische stof.

Dit hoofdstuk laat zien dat er in de gewone bedrijfsvoering tal van aanknopingspunten zijn om positief in te spelen op bodemkwaliteit. Er dient met name meer kennis beschikbaar te komen over effecten van bouwplan/rotatie op organische stof aanvoer en bodemkwaliteit en over de afbraak van organische stof op specifieke zandgronden (incl. ontwatering), specifieke rotaties en ten gevolge van bodembewerking.

## 4 Bodemkwaliteit van melkveehouderij op zandgrond: knelpunten en perspectief

### 4.1 Inleiding

Het voortbestaan van de melkveehouderij op zandgrond wordt belemmerd door problemen die te maken hebben met de bodemkwaliteit en die tot uiting komen in een (te) lage gewasproductie en een (te) hoge nitraatuitspoeling. In hoofdstuk 2 is een overzicht gegeven van de zandgronden in Nederland. Daaruit bleek dat er een grote diversiteit aan zandgronden is, die tot uiting komt in een grote variatie in bodemkwaliteit gericht op duurzame gewasproductie. In de melkveehouderij zijn de belangrijkste functies van organische stof de stikstofleverantie, de vochtvoorziening en de bodemstructuur. Bij de opbouw en afbraak van organische stof en de daaruit voortvloeiende stikstofvastlegging en –mineralisatie heeft het bodemleven een belangrijke rol. Beide zijn daarom belangrijk voor de bodemkwaliteit. Uit hoofdstuk 2 kwam ook naar voren dat de huidige indicator voor organische stof, het organischestofgehalte onvoldoende geschikt is als maat om vast te stellen of er sprake is van een goede bodemkwaliteit in termen van bijvoorbeeld, stikstofleverantie, vochtvoorziening en bodemstructuur. Voor het bodemleven zijn diverse indicatoren beschikbaar, maar de bruikbaarheid hiervan voor de landbouwpraktijk is onduidelijk.

In hoofdstuk 3 is een groot aantal aspecten van de bedrijfsvoering in de melkveehouderij beschreven. Het bleek dat de bedrijfsvoering van grote invloed kan zijn op de organischestofvoorziening en op het bodemleven, maar het gebruik van een eenvoudige organischestofbalans op basis van effectieve organische stof hiet onvoldoende zicht op geeft.

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de knelpunten die samenhangen met een lage bodemkwaliteit, met name als gevolg van een tekort aan organische stof. Vervolgens worden de perspectieven verkent voor de ontwikkeling van een concept voor gericht bodembeheer om de knelpunten te verminderen. Voor de kennis en visie die in dit hoofdstuk wordt neergelegd is gebruik gemaakt van die uit eerdere hoofdstukken en van de reacties van melkveehouders tijdens de PV/NMI-georganiseerde workshop “Naar een betere bodemkwaliteit op zandgrond” en een viertal studiegroepen (Panfa, Duinboeren, Stimuland-Wanroy en Asten).

### 4.2 Knelpunten in bodemkwaliteit en bedrijfsvoering

De teelt van ruwvoedergewassen op zandgrond wordt belemmerd door een reeks van knelpunten rondom het thema ‘bodemkwaliteit’. Hiervoor zijn niet alleen de feiten aan te voeren zoals beschreven in voorgaande hoofdstukken, maar dit is ook de mening van veel melkveehouders. Tijdens de door PV/NMI-georganiseerde workshop “Naar een betere bodemkwaliteit op zandgrond” konden de aanwezigen, meest melkveehouders en adviseurs, aangeven wat de oorzaken zijn van een verminderde bodemkwaliteit op zandgrond. Het verslag van de workshop als geheel is opgenomen in een bijlage. De deelnemers werd gevraagd om een tiental mogelijke knelpunten op volgorde van belangrijkheid te zetten. Het belangrijkste knelpunt kreeg 10 punten en het minst belangrijkste knelpunt 1 punt. De resultaten staan vermeld in tabel 1.

**Tabel 11** Resultaten van de prioritering van knelpunten bodemkwaliteit door melkveehouders

Belangrijkste knelpunt:	Organische stofgehalte	(179)
	Bodemstructuur / zuurstof in de grond	(168)
	Bodemleven (wormen, schimmels, bacteriën etc.)	(154)
	Bemesting / kwaliteit van de mest	(142)
	Waterbeheer (bijv. grondwaterstand)	(107)
	Hoeveelheid snel / traag afbreekbaar organisch materiaal	(102)
	Weerstand / buffering grond	(90)
	Continue teelt maïs	(74)
Minst belangrijkste knelpunt:	Schadelijke gifstoffen in de grond	(53)

Gecombineerd met de feiten uit hoofdstukken 2 en 3 kunnen de knelpunten voor de teelt van ruwvoedergewassen op zandgrond worden onderverdeeld in knelpunten die de bodemkwaliteit betreffen en in knelpunten die de bedrijfsvoering belemmeren om deze knelpunten te verminderen.

## Bodemkwaliteit

### *Organischestofgehalte*

Veel zandgronden hebben een lage bodemvruchtbaarheid als gevolg van een laag organischestofgehalte. Het is goed mogelijk dat de gehalten dalende zijn als gevolg van de, door het mest- en mineralenbeleid ingezette, veranderingen in de bedrijfsvoering.

### *Bodemstructuur*

Twee belangrijke kenmerken van zandgronden, een overmaat aan grote poriën en een relatief laag organischestofgehalte, kunnen leiden tot een lage aggregaatstabiliteit. De resulterende structuurproblemen kunnen nog worden verergerd door bijvoorbeeld hevige regenval (wat aanleiding geeft tot verslemping) of door te vroeg berijden in het voorjaar. Een slechte structuur kan negatieve gevolgen hebben voor de beworteling en de ontwatering.

### *Stikstofleverend vermogen*

De stikstofmineralisatie is afhankelijk van de organische stof (hoeveelheid en kwaliteit), het bodemleven (samenstelling en activiteit), de temperatuur en het vochtgehalte. Dit maakt de N-levering tot een lokaal en weersafhankelijk proces met grote variaties. Het huidige stikstofbemestingsstelsel op basis van NLV houdt hier onvoldoende rekening mee omdat het voorbijgaat aan een wisselende samenstelling van de organische stof en de gevolgen hiervan voor de mineralisatiesnelheid. Deze wordt bovendien ook nog eens door weersfactoren (neerslagoverschot, temperatuur) beïnvloed

### *Vochtvasthoudend en –leverend vermogen*

Zandgronden zijn bekend om het geringe vochtvasthoudend vermogen en de beperkte capillaire opstijging, als gevolg van de overmaat aan grote poriën en het lage organischestofgehalte. Hierdoor kan in de zomer snel een vochttekort optreden, met negatieve gevolgen voor de gewasproductie. Dit geldt echter niet voor alle zandgronden, enkeerdgronden hebben een dikke laag zwarte grond en zijn goed doorwortelbaar en kunnen veel vocht vasthouden.

### *Nitraatuitspoeling*

Uit verschillende praktijkprojecten (bijvoorbeeld De Marke en Koeien & Kansen) is duidelijk dat met beperkte bemesting, binnen de MINAS-verliesnormen, de EU-nitraatrichtlijn onder gangbaar grasland niet zondermeer gehaald wordt. Er loopt onderzoek naar effecten van beweiding, teelt van groenbemesters en graslandvernieuwing op de nitraatuitspoeling. Het is duidelijk dat naast bemesting, dit drie belangrijke thema's zijn bij de reductie van nitraatuitspoeling. Vanuit bodemkundig oogpunt is de bewortelingsdiepte van gewassen van cruciaal belang voor de benutting van een uitspoelbaar nutriënt als nitraat. Hoe dieper de beworteling, hoe langer het duurt voordat het opgeloste nitraat buiten bereik van de wortels is.

## Bedrijfsvoering

### *Sturen organischestofgehalte*

Het organische stofgehalte in de grond is moeilijk beïnvloedbaar en bovendien het resultaat van verschillende handelingen. Het mest- en mineralenbeleid leidt regionaal tot lagere giften van organische meststoffen. Zeker in combinatie met wisselbouw, of bij continue snijmaisteelt, kan het organischestofgehalte dalen.

### *Herstel van de bodemkwaliteit is tijdrovend, moeilijk en duur.*

Door onvoldoende rekening te houden met veranderingen in de bodemkwaliteit ontstaat de kans op uitputting van de grond. Wanneer de eerste signalen hiervan merkbaar worden door tegenvallende productie, is een hogere bemesting nodig. Men vreest in de toekomst niet te kunnen blijven voldoen aan stringente normen.

### *Afhankelijkheid van de loonwerker*

Loonwerkers werken vaak met een te hoge bandenspanning, tevens zijn loonwerk machines vaak veel te zwaar. Door schaalvergroting zijn veehouders en loonwerkers gedwongen om met grote zware machines te werken.

### *Houding van melkveeouders*

Veehouders hebben over het algemeen weinig interesse voor bodemkwaliteit, totdat men tegen problemen aan loopt. Zo hebben loonwerkers en veehouders vaak geen oog voor de bandenspanning. Met gerichte cursussen kan worden gewerkt aan vroegtijdige bewustwording, maar de informatie zet nauwelijks aan tot handelen.

*Kennis en vaardigheden van melkveehouders*

Voor veel melkveehouders is niet duidelijk welke mogelijkheden zij hebben om de bodemkwaliteit te verbeteren. De opleiding van melkveehouders is teveel gericht op de anorganische aspecten van bodemkunde. Over het bodemleven is te weinig bekend, maar de beschikbare kennis is ook te weinig bekend onder melkveehouders. Men vreest dat door het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en kunstmest is het bodemleven gedaald. Belangrijke vragen zijn hoe het bodemleven te sturen is en hoe men kan bepalen wat een goed bodemleven is. Er is een link tussen het organische stofgehalte en het bodemleven, maar men weet niet wat hiermee te doen. Er zijn te weinig hulpmiddelen gericht op bodemkwaliteit, met name wat betreft het bodemleven. Veel melkveehouders zijn onvoldoende op de hoogte van de (slechte) kwaliteit van hun drijfmest en van de mogelijkheden om dit te sturen.

*Regelgeving*

De bestaande regelgeving werkt op enkele punten tegen. Een voorbeeld hiervan is dat om in aanmerking te komen voor de MacSharry premie men vaak genoodzaakt is om maïs continue te telen op een bepaald perceel. Ook mogen veehouders slechts beperkt biomassa aanvoeren en moet mest worden ondergewerkt worden. Het verplicht injecteren van mest is volgens sommigen slecht voor het bodemleven, en bij bovengronds uitrijden zouden schadelijke bacteriën in de mest door zonlicht worden gedood. Bij injecteren wordt teveel mest in een keer uitgereden terwijl het geven van vaak maar kleine hoeveelheden (kunst)mest beter is dan een grote hoeveelheid in een keer. Mest met een hoog percentage organische stikstof zou bovengronds uitgereden moeten mogen worden. Door (slechte) drijfmest in de bodem te injecteren wordt veel zuurstof aan de bodem onttrokken wat negatieve gevolgen zou hebben voor het bodemleven.

*Adviezen van intermediairs*

De adviezen die via intermediairs worden verkregen zijn voor verbetering vatbaar. Knelpunten zijn:

- onvoldoende samenwerking tussen 'voer' en 'bodem' adviseurs, waardoor soms tegengestelde adviezen worden gegeven; Er is niet één knelpunt, maar een totaal systeem dat bepalend is of te wel het moet als een geheel bekeken worden.
- ontbreken van duidelijke praktijkadviezen voor het handhaven van bodemkwaliteit bij de grondbewerking (schuiven, woelen en afgraven is korte termijn "politiek")
- met de organisch gebonden N in de mest wordt geen rekening gehouden bij bemestingsadviezen, hoe is de organische N uit mest benutten?
- te hoge kunstmestadviezen door bemestingsadviesprogramma's zoals BAP.
- drijfmest en bodemanalyses zijn te analytisch / chemisch gericht.

Uit deze opsomming van knelpunten blijkt dat het voor het verbeteren van de bodemkwaliteit niet voldoende is een bemesting met produkt X uit te voeren, maar dat een afweging moet worden gemaakt van een scala van mogelijke aanknopingspunten. Een doelgerichte aanpak van de genoemde knelpunten vereist het inspelen op zowel de diversiteit in zandgronden als de variatie in de bedrijfsvoering. Zo'n aanpak zou gericht moeten zijn op het zo goed mogelijk benutten, in stand houden en verbeteren van de bodemkwaliteit ter ondersteuning van de ruwvoederproductie. Gelet op het belang van de functies die de organische stof en het bodemleven hierbij vervullen is het zinvol om juist deze aspecten beter te integreren in de bedrijfsvoering, met name het bodembeheer. Dit betekent bijvoorbeeld dat de kwaliteit en kwantiteit van de organischestof en de daaruit verwachte stikstofmineralisatie wordt meegenomen bij het opstellen van het bemestingsplan.

**4.3 Oplossingsrichting: Duurzaam bodembeheer**

Het verbeteren van de bodemkwaliteit voor een duurzame ruwvoederproductie vereist een integrale benadering. Een benadering waarbij werken aan een goede bodemkwaliteit voor nu en in de toekomst, geïntegreerd wordt in de bedrijfsvoering. De noodzaak hiervan en ook mogelijke aanknopingspunten kwamen ook naar voren tijdens de eerder genoemde workshop. Een dergelijke integrale benadering sluit aan bij het concept 'duurzaam bodembeheer' zoals dat in beleid en onderzoek vorm en inhoud aan het krijgen is. Duurzaam bodembeheer (DBB) definiëren we hierbij als volgt:

Duurzaam bodembeheer: “Het nemen van maatregelen die zijn gebaseerd op een beoordeling van de bodemkwaliteit met als doel om de bodemkwaliteit te handhaven of te verhogen”.

Bij toepassing op het melkveehouderijbedrijf biedt het concept duurzaam bodembeheer aanknopingspunten als indicatoren voor organische stof en bodemleven gecombineerd kunnen worden met landbouwkundige maatregelen. Daarbij staat organische stof centraal. Bodemleven is niet los van organische stof te zien omdat organisch materiaal voedsel en huisvesting voor het bodemleven biedt. Figuur 5 geeft de vertaling van het concept duurzaam bodembeheer naar de melkveehouderij weer. Dit figuur kan gezien worden als een draaiknop, waarbij organische stof de draaiknop is waarmee de bodemkwaliteit gestuurd kan worden. Daarbij wordt organische stof heel breed getrokken. Het gaat om de samenstelling, het gehalte en de afbraak van organische stof, weergegeven in de oranje schil. De boer kan aan deze knop draaien middels maatregelen gericht op bemesting, bouwplan en bewerking, weergegeven als schillen rond organisch stof.

**Figuur 5** Duurzaam bodembeheer in de melkveehouderij



De centrale rol van organische stof betekent overigens niet dat alleen maatregelen worden genomen met het oog op de organischestofkringloop, maar dit is er wel vaak een gevolg van. Kunstmest giften bijvoorbeeld kunnen wenselijk zijn bij een tekort aan stikstoflevering vanuit de bodem om een zekere productie te halen. De stikstof leidt tot ook een hogere organischestoftoevoer naar de bodem en past dus binnen het concept duurzaam bodembeheer. Maatregelen voor duurzaam bodembeheer zijn (nagenoeg allemaal) in te delen in de drie B's: Bemesting, Bouwplan en Bewerking. Op deze maatregelen wordt in hoofdstuk 5 ingegaan. Onderstaand worden de mogelijkheden verkend om een verfijning aan te brengen in indicatoren voor organische stof en van de indicatoren voor het bodemleven.

#### 4.4 Perspectief

Duurzaam bodembeheer is gericht op een integrale aanpak van knelpunten in de bodemkwaliteit. In het beoordelen van bodemkwaliteit wordt aan organischestof, in het bijzonder de interactie met bodemleven, een centrale rol toegekend. Om deze interactie optimaal te benutten is het noodzakelijk om te beschikken over indicatoren voor organische stof en/of het bodemleven. Voor het vaststellen geschikte indicatoren zijn drie aspecten belangrijk:

- de diversiteit in zandgronden
- de te verbeteren bodemeigenschap (-pen gerelateerd aan organische stof en/of bodemleven)
- het effect van de bodemeigenschap op de gewasproductie.

De verschillende typen zandgrond hebben bij een gegeven bodemgebruik een min of meer vaststaande range van het organischestofgehalte in de bouwvoor. Deze range wordt enerzijds bepaald door de textuur,

waterhuishouding en bodembewerkingen en anderzijds door de aanvoer van organische stof met organische meststoffen, gewasresten en groenbemesters.

In hoofdstuk 2 is aangegeven dat de belangrijkste functies die aan organischestof kunnen worden toegekend zijn: N-levering, vochtvasthoudend vermogen en bodemstructuur en bodemleven. Aan welke functie(s) de meeste waarde moet worden toegekend hangt af van de specifieke bedrijfssituatie. Zo is op de droge zandgronden met voldoende mest de toename van het vochtvasthoudend vermogen belangrijker dan de N-levering.

Uit bovenstaande volgt dat het management van organische stof afgestemd dient te zijn op de bij de specifieke grondsoort passende range en de te verbeteren bodemeigenschap.

Uitgaande van de verschillende zandgronden en functies van organische stof zou een systematiek kunnen worden opgezet voor de ontwikkeling van streefwaarden voor organische stof. Doel hiervan is het combineren van de kennis omtrent de verschillende functies van de organische stof tot een optimaal streeftraject voor de kwantiteit en kwaliteit van de organische stof. In dit streeftraject zou voor de verschillende zandgronden rekening kunnen worden gehouden met:

- het vochtleverend vermogen
- het stikstofleverend vermogen
- de bodemstructuur.
- het bodemleven.

#### *4.4.1 Relatie organische stof en vochtleverend vermogen*

De schatting van het vochtleverend vermogen (VLV) van een grond berust op een indeling van de gronden in hangwaterprofielen en grondwaterprofielen. Als hangwaterprofielen worden gronden beschouwd waarvan het vochtleverend vermogen overwegend wordt bepaald door de hoeveelheid beschikbaar vocht in de wortelzone. Er vindt dan geen capillaire opstijging plaats. Zandgronden met grondwatertrap VI of VII behoren tot de hangwaterprofielen. Daarom beperken we ons in deze paragraaf tot het vochtleverend vermogen van hangwaterprofielen. In gronden met hangwaterprofielen zijn neerslag en beregning de enige manier waarop in het groeiseizoen aanvulling van de hoeveelheid water in de hangwaterzone plaats vindt.

Organische stof is op twee manieren van invloed op de vochtlevering door gronden. Het is mede bepalend voor de hoeveelheid hangwater en het zorgt voor een snellere infiltratie van water in de bodem. Het vochtleverend vermogen van hangwaterprofielen is vast te stellen door vermenigvuldiging van de volumefractie beschikbaar hangwater met de dikte van de bewortelbare laag of lagen. Ter indicatie: hangwaterprofielen met een dunne bewortelbare zone hebben een VLV van maximaal 100 mm, en hebben minimaal 5 jaren met vochttekort over een periode van 10 jaar. Voor hangwaterprofielen met een dikke bewortelbare zone is de VLV van 100- 200 mm en hebben 1-5 jaren met vochttekort over een periode van 10 jaar.

De volumefractie beschikbaar hangwater is uit de vocht karakteristiek van de wortelzone af te leiden. De vocht karakteristiek of pF-curve van een grond geeft de relatie weer tussen de pF-waarde en de volumefractie water in de grond. De pF-waarde is de negatieve logaritme van de druk van het water in cm waterkolom. Lage pF-waarden betekenen een vochtige grond, en hoge pF-waarden een droge grond. Het verschil in vochtgehalte bij pF 2 (veldcapaciteit) en pF 4,2 (verwelkingspunt) is de hoeveelheid 'beschikbaar hangwater'. Zowel het vochtgehalte bij het verwelkingspunt als die bij veldcapaciteit stijgt bij een toenemend organischestofgehalte; ook het leemgehalte is van invloed. Juist op zandgronden is de stijging bij veldcapaciteit sterker dan bij het verwelkingspunt. Daardoor neemt de hoeveelheid voor de plant beschikbaar hangwater toe. Voor de verschillende zandgronden is een schatting te maken van de vochtlevering als functie van onder andere het organischestof- en het leemgehalte, met een door Alterra ontwikkeld computermodel (staringreeks versie 1.2). In het kader van dit rapport worden de effecten geïllustreerd met de volgende voorbeelden.

Tabel 12 geeft de beschikbare hoeveelheid hangwater afgeleid uit de pF-curves van vier zandgronden met verschillende organischestofklasse. Uit de tabel blijkt een duidelijk effect van het organischestofgehalte op de vochtlevering. Ter vergelijking: bij beregning van grasland wordt 25 mm toegediend, bij mais 35 mm).

**Tabel 12** Effect van het gehalte organische stof op de hoeveelheid beschikbaar hangwater (Locher en Bakker, 1991)

Zandgrond	Os %	Beschikbaar hangwater Mm in laag 0- 30 cm.
Matig humusarm	1,5 – 2,5	45
Matig humeus	2,5 – 5	54
Zeer humeus	5 – 8	63
Humusrijk	8 – 15	75

Voor het vaststellen van het VLV uit de vocht karakteristiek van de wortelzone wordt als effectieve wortelzone de laag beschouwd waarin nog net voldoende wortels aanwezig kunnen zijn om het aanwezige vocht tot verwelkingspunt te kunnen onttrekken. In veel zandgronden is de onderkant van de wortelzone vrij scherp begrensd en levert het vaststellen van de effectieve wortelzone weinig problemen op.

Janssen (in Bakker en Locher, 1991) geeft vuistregels voor het berekenen van het VLV uit het organischestofgehalte: toename in het vochtbindend vermogen van 1-8 cm<sup>3</sup> per gram organische stof en van de hoeveelheid beschikbaar hangwater van 0-3 cm<sup>3</sup> per gram organische stof (Janssen, in Bakker en Locher, 1991).

De vochtlevering in zandgronden met een organischestofgehalte van 2 – 8% loopt uiteen van 8 – 200 mm. Dit komt neer op 4-6 mm per procent organische stof. Uitgaande van een vochtbinding van 4 liter water per kg organische stof, berekenen Aarts (et al., 2003) voor De Marke een hoeveelheid extra vocht in de laag 0-30 cm. van 24 mm (van 80 naar 104) bij een stijging in het organischestofgehalte van 5 naar 6,5%.

Uitdrukkelijk zij vermeld dat het hier berekende effect van organische stof alleen de vochtlevering betreft. Deze produktiegegevens moeten nog worden vermeerderd met eventuele andere effecten van organische stof (bijvoorbeeld stikstof).

#### 4.4.2 Relatie organische stof en stikstoflevering

De schatting van het stikstofleverend vermogen (NLV) van een grond berust op de geschatte stikstofmineralisatie en de – depositie op jaarbasis. Vraag is nu of een substantiele verhoging van het NLV door een verhoging van het organischestofgehalte mogelijk is.

Organische stof is van invloed op de stikstoflevering door gronden in de processen mineralisatie en immobilisatie. Het netto-effect van organische stof kan worden geschat met behulp van het rekenmodel Minip (Janssen, 1984).

Tabel 13 geeft de netto-mineralisatie van stikstof zoals berekend met Minip voor vier zandgronden met verschillende organischestofgehalten. Uit de tabel blijkt een duidelijk effect van het organischestofgehalte op de stikstoflevering.

**Tabel 13** Effect van het gehalte organische stof op de potentiële nettostikstofmineralisatie

Os %	Pot. Netto mineralisatie laag 0- 10 cm., C/N 12	Pot. Netto mineralisatie laag 10- 30 cm., C/N 18	Totaal N kg/ha
2	30	15	45
4	55	30	85
6	80	40	120
8	100	50	150

Wat voor perspectief geeft dit om door verhoging van het organischestofgehalte de stikstoflevering te verhogen? Voor de berekende situaties in tabel 1 komt de stikstoflevering per % os neer op 25 kg N. Uitdrukkelijk zij vermeld dat het hier berekende effect van organische stof alleen de stikstoflevering betreft. Deze gegevens moeten nog worden vermeerderd met eventuele andere effecten van organische stof (zoals vochtleverantie).



#### 4.4.3 Relatie organische stof en bodemstructuur

Om te komen tot een beschrijving van de relatie tussen het percentage organische stof in de bodem en de bodemstructuur, is een studie gemaakt van de mogelijke methoden aan de hand waarvan structuur kan worden aangeduid. Voor het beschrijven van structuur bestaat er in tegenstelling tot textuur, geen (inter)nationaal erkende standaardmethode (Hillel, 1998). In onderzoekscentra en op universiteiten worden tientallen verschillende methoden gebruikt om structuur te kwantificeren of te kwalificeren. In onderstaande tabel staat een overzicht van veel gebruikte methoden. De meest voorkomende is die van de Soil Survey Staff, waarin structurelementen op basis van vorm en grootte worden beschreven. Nadeel van alle onderstaande methoden is de beperkte bruikbaarheid voor de praktijk: vaak zijn instrumenten nodig, en indien dit niet het geval is, dan is vaak de reproduceerbaarheid zeer beperkt (zoals in het geval van het testen van mechanische eigenschappen zoals het laten vallen van kluiten van een bepaalde hoogte).

**Tabel 14** Diverse methoden ter kwalificering of kwantificering van de bodemstructuur (Hillel, 1998)

Methode	Toelichting	praktijkrijp (+/0/-)
Slijpplaatjes	Kwalitatieve aanduiding van de structuur d.m.v. observatie met behulp van een microscoop.	- (dure analyse)
Scanning electron microscopy	Idem	- (dure analyse)
Totale porositeit (f)	$f=1-(\rho_b/\rho_s)$ , waarbij $\rho_b$ de bulkdichtheid betreft, en $\rho_s$ de dichtheid van de bodemdeeltjes.	0 (betaalbare analyse, lab is echter wel nodig)
Poriën-grootte distributie	bijvoorbeeld d.m.v. kwik	-
Soil Survey Staff: aggregaat vorm en grootte	Amerikaans systeem; indeling in de vormen granular, platy, prismatic, ((sub)angular) blocky, columnar, verdere indeling naar grootte	+/0
Mechanistische eigenschappen, bijvoorbeeld bewerkbaarheid en Bereidbaarheid	Atterberg test, penetrometer	-
Aggregaatstabiliteit	Diverse methoden, o.a. het laten vallen van aggregaten van een bepaalde hoogte, het onderdompelen van aggregaten in water, etc.	0
Zeven van aggregaten	Spreekt voor zich.	0/+Verschillende maten zeven nodig.

Bovenstaande methodes zijn niet of beperkt praktijkrijp.

#### 4.4.4 Perspectief voor het bodemleven

Deze paragraaf gaat in op het perspectief dat het bodemleven kan bieden bij een integrale aanpak van de bodemkwaliteit. In het tweede hoofdstuk is al gesproken over de mate waarin het bodemleven geschikt is als indicator. Hieruit werd geconcludeerd dat door de invloed van het bodemleven op de bodemeigenschappen en op het organischestofgehalte, het bodemleven voor een rol als indicator in aanmerking komt. De methodieken voor het meten van het bodemleven zijn echter nog niet voldoende wetenschappelijk onderbouwd. Toch zijn er in de landbouwpraktijk al een aantal laboratoria die claimen het bodemleven te kunnen meten en een hierop gebaseerd landbouwkundig advies te kunnen geven. Voor de boer is het interessant te weten wat hij kan met deze extra informatie over het bodemleven en het bijbehorende advies. Om dit te achterhalen zijn van een oud grasland (inzaai in 1991) grondmonsters genomen en naar verschillende laboratoria gestuurd om ze te laten onderzoeken op het bodemleven. Het betreft een grasland op een zeer droogtegevoelige zandgrond in Brabant. Het grasland wordt drie keer per jaar bemest met in totaal ongeveer 65m<sup>3</sup> runderdrijfmest en 125 kg stikstof uit kunstmest. In de zomer vind beregening plaats. Er doen zich geen problemen voor op dit grasland. De praktijklaboratoria beoordeelden het bodemleven en gaven op basis hiervan een advies. In tabel 15 is hiervan een overzicht gemaakt.

Tabel 15 Uitkomsten onderzoeken door diverse labs van hetzelfde perceel

Beoordelings-Methodiek	Diagnose	Advies
(1) Chemisch standaardadvies	P-AL is hoog, Het K-getal, Magnesium en de zuurgraad zijn vrij hoog.	<b>Bemestingsadvies</b> gericht op N en P bemesting met daarnaast MgO, Na <sub>2</sub> O en kalk.
(2) CO <sub>2</sub> -bepaling	<b>Verdichting:</b> De hoge waarde voor de bodemademhaling duidt op een minder goede vertering van de organisch stof, waarschijnlijk als gevolg van een minder goede bodemstructuur.	<b>Kwalitatief:</b> Oppassen met bereiden en wachten met vee inscharen als de grond nat is. Proberen (meer) wormen in de bodem te krijgen. Toevoegen van compost is niet aan de orde want het organisch stofgehalte is voldoende hoog.
(3) Bodemvoedselwebanalyse in combinatie met O <sub>2</sub> -bepaling	<b>Verdichting:</b> Er is een matige hoeveelheid zuurstof beschikbaar met een matige stikstof-benutting en matige mogelijkheden voor worteling als gevolg. <b>Fosfaatbeschikbaarheid:</b> De biologische activiteit voor vrijmaken van fosfaat verloopt zeer traag. Hierdoor is weinig fosfaat beschikbaar voor de plant. Er zit zeer veel fosfaat dat lastig te bereiken is in de bodem.	<b>Kwalitatief:</b> Er wordt aangeraden een vervolgadvis aan te vragen in de vorm van een bodem-check-up ter plaatse. Een bodem-check-up kan uitgevoerd worden vanaf 750 euro. <b>Kwantitatief:</b> Op basis van de info uit het bodemleven kan de mineralisatie en daarmee het NLV beter ingeschat worden en kan een nauwkeuriger bemestingsadvies worden opgesteld. <b>Bemestingsadvies</b> gericht op N en P bemesting met daarnaast MgO, Na <sub>2</sub> O en kalk.
(4) Bodemvoedselweb analyse (in combinatie met een chroma)	<b>Verdichting:</b> Hoge aantallen ciliaten wijzen op zuurstofloze condities, waarschijnlijk a.g.v. verdichting. <b>Bacteriën:</b> De grond is teveel bacteriegedomineerd voor grasland. De totale schimmelbiomassa is te laag. De activiteit van bacteriën is te laag. De beschikbaarheid en kringloop van nutriënten is ook te laag. <b>Nematoden:</b> <b>Het totale aantal nematoden is te laag, het aantal wortel-etende nematoden te hoog.</b> <b>Mycorrhiza:</b> De kolonisatiegraad is te laag.	<b>Kwalitatief:</b> Toevoegen van (gunstige) schimmels en nematoden middels aerobic compost of aerobically geactiveerde composttee. Bevorderen van VAM kolonisatie middels enten van sporen en toevoegen van humuszuren. Extra voedsel toevoegen voor bacteriën. Om de beschikbaarheid van nutriënten te bevorderen zijn naast nematoden ook meer protozoa nodig. Daarnaast ook <b>Kwantitatief:</b> Toepassen van schimmelcompost (minimaal 15-30 ton / ha) of schimmeltee (minimaal 185 liter / ha) wordt aangeraden.
(5) Biofitpakket Met o.a. chroma	<b>Verdichting:</b> Er is een sterke afbraak van organisch materiaal gaande, maar de organische stof wordt niet omgezet in humus. De afbraak verloopt eenzijdig en daardoor onvolledig. Verdichting, stagnerend water of een andere zuurstofbelemmerende factor kan hier debet aan zijn. De bezetting van het klei-humus complex wordt teveel gedomineerd door magnesium. Magnesium heeft de eigenschap de bodem te verdichten. Een deel van het magnesium op het klei-humus complex moet door calcium worden vervangen.	<b>Kwalitatief:</b> Verhogen van de pH met compost voor een stabiele toestand van opbouw en afbraak. Activeren van de microflora met een bacteriepreparaat of goedgerijpte compost geënt met een bacteriepreparaat. De fosfaatvoorraad in de bodem kan het beste worden aangevuld met fosfaatgesteente of een ammoniumfosfaat. <b>Kwantitatief:</b> - 225 kg Calciumnitraat - 560 kg Natuurfosfaat - 560 kg Magnesium-arme kalk - 100 kg BioFit® Mineralen - gebruik van een bacteriepreparaat na het inwerken van het compost-mineralenmengsel.

Uit tabel 15 valt op te maken dat het standaard chemische advies informatie geeft over de chemische kwaliteit van de bodem. De analyseresultaten van het bodemleven hebben als meerwaarde dat ze informatie geven over de biologische kwaliteit en daarmee in dit geval ook over de fysische bodemkwaliteit, namelijk over de verdichting van de bodem. Bij de analyseresultaten waarbij ondermeer naar het voedselweb werd gekeken is alleen een probleem met de beschikbaarheid van zuurstof geconstateerd. Op basis van de analyse met de CO<sub>2</sub>-bepaling

wordt dit gekoppeld aan een minder goede vertering van de organische stof. Het biofitpakket kan daar nog een aanvulling op maken door te wijzen op de onvolledige afbraak.

Daarnaast wordt door drie laboratoria gewezen op een fosfaattekort. Volgens de analyseresultaten van het bodemvoedselweb gaat het daarbij om de beschikbare hoeveelheid fosfaat en moet de oorzaak gezocht worden in de te lage biologische activiteit. Er zit namelijk veel, niet beschikbare, fosfaat in de bodem (3).

De pH is volgens de standaard chemische analyse en het biofitpakket aan de lage kant, terwijl een ander lab de pH wat hoog vindt. Dit is het gevolg van verschillen tussen de laboratoria in de gemeten pH waarde en in de streefwaarde die wordt aangehouden.

De adviezen zijn gericht op het verbeteren van de standplaatsfactoren of op het toevoegen van microbiel leven. Standplaatsfactoren zijn de bodemcondities waaronder het bodemleven optimaal functioneert. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan de bescherming van de (nieuwe) microbiologie tegen predatoren, maar ook het zorgen voor voldoende voedsel (organisch materiaal). De standplaatsfactoren verschillen per bodemorganisme, maar voor het gehele bodemleven kunnen wel een aantal randvoorwaarden opgesteld worden. De gehalten zware metalen in de bodem zijn meestal niet het probleem. Verder blijkt uit de analyseresultaten dat er ook voldoende organisch materiaal aanwezig is en dat de pH boven pH 5 is. Een goede bodemstructuur is van groot belang voor het bodemleven in verband met de habitat van organismen maar ook in verband met processen als het transport van water, lucht en nutriënten. Het bodemleven op zijn beurt beïnvloedt de bodemstructuur door het maken van holten en door aggregaatforming. Een goed functionerend wortelsysteem is hierbij van groot belang [Brussaard en Faassen, 1994].

Ook het advies is wetenschappelijk onderbouwd. Wormen (de ondiep levende woelers en gravers) produceren via hun uitwerpselen aggregaten en verbeteren de beluchting [Souwerbren, 1991]. Bouwman en Arts (2000) geven aan dat bereiding met zware machines (8,5t en 14,5t) op lemige zandgrond leidt tot verdichting. Het gevolg hiervan is een verminderde gewasopbrengst. Hoe groot de schade van verdichting precies is voor het bodemleven is minder bekend. In hoofdstuk 5 worden maatregelen aangedragen waarmee de boer deze en andere standplaatsfactoren kan beïnvloeden.

Toevoegen van microbiel leven kan met compost als drager, maar ook middels compost-thee. Ook hiervoor staan maatregelen in hoofdstuk 5.

Positief voor het bodemleven is:

- voldoende organisch materiaal aanwezig
- voldoende gevarieerd organisch materiaal aanwezig
- een goede beluchting van de grond
- een goed organisch stofgehalte
- een goede structuur, ook in de ondergrond
- geen wateroverlast
- een pH boven 5.0

Negatief voor het bodemleven is:

- een hoog mobiel aluminiumcijfer
- een hoog ammoniumcijfer
- $Zn > 200 \text{ mg /kg ds}$
- $Cu > 10 \text{ mg per kg ds}$
- $P_2O_5 < 30 \text{ mg per 100 gram ds}$
- Hoge zoutgehalten:  $> 90 \text{ millimol per 10 kg grond}$ .

Bronnen: Bodemkrant Koch, 2001 en van Veen, 1997

De belangrijkste activiteit om het bodemleven te stimuleren is de aanvoer van organisch materiaal. Een grotere aanvoer van organisch materiaal (organische mest of compost) resulteert in een hogere biomassa en activiteit van het bodemleven. Er is immers meer voedsel voor het bodemleven beschikbaar. Hierdoor kunnen ook meer soorten bodemorganismen naast elkaar voortbestaan en neemt de diversiteit toe. Met de C:N verhouding van het organisch materiaal dat wordt toegevoegd kan de schimmel:bacterie verhouding in de bodem worden beïnvloedt. Schimmels hebben een voorkeur voor organisch materiaal met een hoge C:N verhouding. Bacteriën zijn beter in het afbreken van materiaal met een lage C:N verhouding [ref]. Niet alleen de C:N verhouding is van invloed, maar ook de aard van het organisch materiaal, de kwaliteit van de compost en de composteertijd. Uit onderzoek van Leifeld et al. (2002) bijvoorbeeld bleek de mineralisatie van N hoger bij compost die een langere composteertijd en een hogere composteertemperatuur bereikt had dan een 'jonge' compost.

Bij twee van de adviezen wordt het toepassen van compost aangeraden. Het advies op basis van de  $CO_2$ -bepaling wijst er op dat compost niet nodig is. Alle laboratoria zijn het er immers over eens dat een tekort aan organische stof niet de limiterende factor voor het bodemleven is bij deze bodem. Het probleem ligt volgens de analyseresultaten van het bodemleven bij de onvolledige afbraak van organisch materiaal. Dat enkele laboratoria dan toch voor compost kiezen kan komen omdat ze de compost gebruiken als drager van microbiel leven.

Postma (et al., 2001) geeft aan dat het effect van enten maar zeer beperkt is. Dit heeft twee oorzaken:

- 1) De hoeveelheid die met de enten wordt toegevoegd is zeer klein ten opzichte van het aantal micro-organismen dat al in de bodem aanwezig is en de toegevoegde organismen moeten concurreren met de reeds aanwezige micro-organismen.
- 2) De bodem bevat vrijwel alle micro-organismen die nodig zijn voor een goed functioneren.

Daar komt in dit praktijk-geval nog bij dat de hogere activiteit moeilijk kan worden vastgehouden door de gebrekkige standplaatsfactoren. Er is immers verdichting. [Leifeld et al., 2002].

Het toedienen van VAM (vesiculaire-arbusculaire mycorrhiza) kan wel zinvol zijn, omdat ze in symbiose met de plantenwortels bijdragen aan de fosfaatopname. Bij de lagere beschikbaarheid van fosfaat in deze bodem, neemt het belang van mycorrhiza toe ( Postma et al., 2001).

Daarbij raadt het ene laboratorium juist het toevoegen van schimmels aan, terwijl het andere laboratorium aanraadt bacteriën aan de bodem toe te voegen. Door het ene lab wordt aangegeven dat gebouwd moet worden aan de diversiteit van schimmels. Voor het bacteriepreparaat wordt gekozen in verband met het activeren van de microflora teneinde de voorraad onbestendig materiaal om te zetten.

Het advies op basis van het Biofitpakket is erg concreet. Er werd aangegeven wat voor soort compost het best gebruikt kan worden, hoeveel en wanneer dit toegediend kan worden. Het advies op basis van het bodemvoedselweb in combinatie met de chroma is erg fragmentarisch en slechts voor een deel kwantitatief van aard. De aanvrager kan de analyse interpreteren met behulp van een standaard bijlage. Hierin wordt per analyseresultaat beschreven wat de interpretatie is. De gevonden afwijkingen van de gewenste aantallen en groepen bodemorganismen worden niet met elkaar in verband gebracht om een achterliggende oorzaak te localiseren. Bovendien is doordat er meerdere afwijkingen gevonden worden, op basis van dit advies niet duidelijk welke compost gebruikt moet worden. Hoewel het advies op basis van de CO<sub>2</sub>-bepaling in zijn geheel kwalitatief is, is de toepasbaarheid redelijk tot goed. Bij het advies hoort namelijk een telefonisch gesprek waarbij het advies verder toegespitst kan worden op de bedrijfssituatie. Bij het laboratorium dat het bodemleven onderzocht met behulp van een combinatie van het bodemvoedselweb en O<sub>2</sub>-bepaling wordt een bodem-check-up aangeraden. Hier zijn hoge kosten aan verbodenden (750 euro).

De beperkte wetenschappelijke onderbouwing van de methodiek die deze laboratoria toepassen is in hoofdstuk 2 uitvoerig aan bod gekomen. Hieronder is op basis van het bovenstaande een beoordeling gegeven van de wetenschappelijke onderbouwing van het advies en de praktische toepasbaarheid er van.

	onderbouwing van het advies	toepasbaarheid van het advies
CO <sub>2</sub> -bepaling	+	+
Bodemvoedselweb met O <sub>2</sub> -bepaling	?	?
Bodemvoedselweb met chroma	-	-
Biofitpakket met o.a. chroma	-	+

De prijs die de laboratoria rekenen voor een onderzoek naar de bodemkwaliteit varieert van 55 euro voor de CO<sub>2</sub>-bepaling tot 389 euro voor de voedselwebanalyse in combinatie met de chroma. Geen van de laboratoria geeft een indicatie van de baten die bij het toepassen van het advies gerealiseerd kunnen worden.

Uit hoofdstuk 2 werd al gewezen op het belang van een goed bodemleven voor de bodemstructuur, stikstoflevering en indirect ook voor de vochtleverantie. De precieze bijdrage hiervan door het bodemleven is echter niet goed te kwantificeren. Naar de stikstofleverantie van het bodemleven zijn al een aantal onderzoeken gedaan. De grootte van de stikstofleverantie en het belang van verschillende groepen bodemorganismen daarvoor loopt nogal uiteen [Didden et al., 1994, Brussaard en Bloem, 2002, Bloem et al., 199, De Ruiter et al., 1993]. Dit is niet alleen het gevolg van verschillen in berekeningsmethode, ook verschillen in de locatie en het landbouwsysteem zorgen voor een grote variatie van de bijdrage van verschillende groepen organismen aan de stikstof-mineralisatie.

Over de meerwaarde van een evenwichtig bodemleven in termen van gewasopbrengst is in de wetenschappelijke literatuur ook weinig bekend. Door Hoogerkamp e.a. (1983) werd in Nederland door de introductie van wormen een opbrengstverhoging van 10% gevonden (1,5 ton ds/ha). In Nieuw Zeeland werden zelfs opbrengstverhogingen van 70% gemeten. Deze opbrengstverhoging was vooral het gevolg van de afbraak van de opgebouwde viltlaag en nam af tot 25-30% in de daarop volgende jaren [Syers en Springett, 1983]. [rapport LBI]. De opbrengstverhoging als gevolg van het inenten van graslanden met klaver met de stikstofbindende bacterie *Rhizobium* kan oplopen tot meer dan 50% droge stof. Maar de manier van inenten heeft hier een heel grote invloed op [Weaver et al., 1977]. Dit benadrukt maar weer dat een advies gericht op het sturen van het bodemleven erg concreet moet zijn. Uit onderzoek van Daly en Stewart [1999] in Nieuw Zeeland blijkt dat

toevoegen van EM (effectieve micro-organismen) in combinatie met melasse leidt tot een toename van het gewicht van maiskolven van 23% in vergelijking met niet behandelde percelen. Afhankelijk van de behandeling met EM vond Lim et al., [1999] een opbrengsttoename van mais van 4,2 tot 30%.

In vakliteratuur geven veel boeren aan een positief effect te merken van beheer gericht op het verbeteren van het bodemleven op gewasopbrengst, de verliezen van nutriënten, droogtegevoeligheid en ziektevering (zie bijlage xxx)

In Hoofdstuk 2 werd gewezen op de meerwaarde van het bodemleven als indicator. Biologische indicatoren reageren snel op landbouwkundige maatregelen, er is een integrale aanpak mogelijk en de biologische indicator stimuleert de bewustwording bij de boer. Aan de hand van de hierboven besproken analysesresultaten is gekeken of deze meerwaarde ook in de praktijk geleverd kan worden.

	reageert snel	integrale aanpak	bewustwording
CO <sub>2</sub> -bepaling	-	+	+
Bodemvoedselweb met O <sub>2</sub> -bepaling	?	?	+
Bodemvoedselweb met chroma	+	-+	+
Biofitpakket met o.a. chroma	-+	+	+

Hoewel de methodiek en het advies van biologische indicatoren nog niet altijd voldoende wetenschappelijk is onderbouwd, kan het meten van het bodemleven een meerwaarde opleveren, zeker op het gebied van bewustwording bij de boer.

#### 4.5 Kanttekeningen bij duurzaam bodembeheer

Duurzaam bodembeheer kan een bijdrage leveren aan de oplossing is van de genoemde knelpunten in de bodemkwaliteit van zandgronden en de mogelijkheden om die te verbeteren. Het zou onjuist zijn om te verwachten dat duurzaam bodembeheer de oplossing biedt voor alle genoemde bodemproblemen. Onderstaand worden enkele kanttekeningen gegeven bij het perspectief om organische stof en bodemleven te sturen.

##### *Organische stof*

Beperkingen zijn gelegen in de haalbaarheid van het toedienen van grote hoeveelheden organische stof, in de bij de grondsoort passende bodemkwaliteit en in de te verwachten bijdrage daarvan op bodemeigenschappen en gewasproductie.

Tabel 15 laat het netto-effect zien van het toedienen van 1 ton organische stof per ha gedurende een periode van 1, 5 en 10 jaar, uitgaande van verschillende organische materialen. Uit de tabel blijkt onder meer dat de bijdrage aan de organischestofopbouw beperkt is. Zoals verwacht levert compost de grootste bijdrage; na tien jaar is de bijdrage van GFT-compost een krappe 4,5 ton per ha. Uit berekeningen blijkt dat, uitgaande van huidige praktijkgiften, met compost in een periode van 20 jaar een verhoging van het organischestofgehalte te realiseren is van 1-2%.

**Tabel 15** Netto bijdrage aan de organischestofopbouw van een jaarlijkse gift van 1 ton organische stof per ha

Product	Jaarlijkse aanvoer (ton product/ha)	Rendement na jaar		
		1	5	10
		(kg o.s. /ha/jaar)		
graanstro	1,5	388	1066	1518
gele mosterd	7	200	469	630
graszaad	1	349	928	1306
champost	6	547	1703	2553
GFT-compost	4	742	2724	4407
Groencompost	5	627	2083	3213
dunne rundermest	15	547	1703	2553
kippenstrooiselmest	2,5	401	1111	1589
dunne vleesvarkenmest	16,5	362	974	1377

Ter vergelijking: een zandgrond met 5% organische stof bevat in de laag 0-30 cm circa 200.000 kg organische stof.

Het organischestofgehalte van gronden kan niet onbeperkt worden verhoogd. Er zijn aanwijzingen dat niet alleen elke type zandgrond een specifiek optimaal organischestofgehalte heeft, maar ook dat verdere aanvoer van organische stof leidt tot versnelde afbraak door bodemorganismen. Het effect van een verhoging van het organischestofgehalte op de gewasproductie hangt enerzijds af van de verdeling door de tijd van de beschikbaarheid van de vrijgekomen stikstof en vocht, anderzijds van het produktieniveau van de grondsoort. Wanneer beregening tot de mogelijkheden behoort, is de stikstofleverende functie van organische stof belangrijker dan de vochtleverende. Om het organischestofgehalte daadwerkelijk te verhogen moeten grote hoeveelheden organisch materiaal worden toegeediend. Dit betekent vaak een grote investering in termen van tijd (ca. 20 jaar) en ruimte (productie van organisch materiaal). Het valt zelfs dan niet uit te sluiten dat op sommige gronden de gewenste opbrengstverhoging niet kan worden gerealiseerd. (Janssen, mond. meded.)

#### Samenvattend

Organischestofmanagement biedt perspectief voor die gronden waarvan het organischestofgehalte lager is dan het bij de grondsoort / grondgebruik passende streeftraject. Wanneer dat het geval is moeten berekeningen uitwijzen met welke maatregelen het organischestofgehalte kan worden verhoogd. Het verhogen van de bodemkwaliteit vergt vaak een grote investering in termen van tijd en ruimte.

#### *Bodemleven*

Er is onvoldoende harde informatie beschikbaar over de effecten van bodemleven op bodemkwaliteit en gewasopbrengst om daaruit concrete adviezen af te leiden voor de praktijk. De genoemde meetmethoden en daarop gebaseerde adviezen voldoen eigenlijk geen van alle. Methoden die voor de korte termijn perspectief bieden zijn het tellen van wormen en het maken van chroma's. Hiervoor is nader onderzoek gewenst. Methoden om het bodemleven te analyseren bieden een kapstok voor bewustwording van het belang van het bodemleven en de adviezen gericht op composttoediening zijn op zich niet fout. Het is voorts mogelijk dat melkveehouders die bewust met het bodemleven bezig zijn ook op andere terreinen maatregelen nemen die in hun totaliteit positief uitpakken voor de bodemkwaliteit en de gewasproductie. Zo gesteld kan management van het bodemleven gezien worden als onderdeel van een holistische bedrijfsstijl met perspectief. Het is aan de wetenschap om die bedrijfsstijl bruikbare gereedschappen te geven.

#### Samenvattend

Een actief bodemleven is een van de voorwaarden voor een goede koolstof- en stikstofkringloop en de opbouw van de bodemstructuur. Belangrijke peiler van het managen van het bodemleven is de organische stofvoorziening. Er is echter onvoldoende harde informatie beschikbaar over de effecten van organischestofmanagement op het bodemleven om daaruit concrete adviezen af te leiden voor de praktijk. Hiervoor is meerjarig onderzoek nodig. Management van het bodemleven kan wel gezien worden als onderdeel van een holistische bedrijfsstijl die perspectief biedt.

## 4.6 Samenvatting en Conclusies

De belangrijkste bodemproblemen die melkveehouders ervaren en die samenhangen met een lage bodemkwaliteit, met name als gevolg van een tekort aan organische stof betreffen de bodemstructuur, de stikstofleverantie en de vochtvoorziening. Er is een reële kans dat organischestofgehalten achteruitgaan en dat de melkveehouderij niet kan blijven voldoen aan stingente normen. In aanvulling hierop voldoet de nitraatuitspoeling in zandgrond ondanks het mineralenbeleid nog niet aan de door Brussel gestelde normen.

Voor het in stand houden en/of verbeteren van de bodemkwaliteit is het concept Duurzaam bodembeheer gedefinieerd als: "Het nemen van maatregelen die zijn gebaseerd op een beoordeling van de bodemkwaliteit met als doel om de bodemkwaliteit te handhaven of te verhogen". Het concept Duurzaam bodembeheer is een strategie om door de gerichte keuze van bedrijfsmaatregelen het organische stof en bodemleven zo te managen dat een bij de grondsoort passende en optimale bodemkwaliteit wordt bereikt en in stand gehouden.

Organischestofmanagement biedt perspectief voor die gronden waarvan het organischestofgehalte lager is dan het bij de grondsoort / grondgebruik passende streeftraject. Wanneer dat het geval is moeten berekeningen uitwijzen met welke maatregelen het organischestofgehalte kan worden verhoogd. Het verhogen van de bodemkwaliteit vergt vaak een grote investering in termen van tijd en ruimte. Voor het managen van organische stof is het nodig om vast te stellen welk gehalte en kwaliteit van organische stof in de verschillende zandgronden gewenst is om bepaalde functies optimaal te kunnen benutten. Dit vereist inzicht in het gehalte, de kwaliteit, en de afbraaksnelheid van organische stof, zowel in de bodem als in aanvoermaterialen. Voor de ontwikkeling van

een grondsoort gebonden streeftraject voor organische stof is een raamwerk opgezet, gericht op vochtleverantie, stikstofleverantie en bodemstructuur.

Een actief bodemleven is een van de voorwaarden voor een goede koolstof- en stikstofkringloop en de opbouw van de bodemstructuur. Belangrijke peiler van het managen van het bodemleven is de organische stofvoorziening. Er is echter onvoldoende harde informatie beschikbaar over de effecten van organischestofmanagement op het bodemleven om daaruit concrete adviezen af te leiden voor de praktijk. Hiervoor is meerjarig onderzoek nodig. Management van het bodemleven kan wel gezien worden als onderdeel van een holistische bedrijfsstijl die perspectief biedt. Het is aan de wetenschap om die bedrijfsstijl bruikbare gereedschappen te geven.

Aanbevolen wordt om zowel voor organische stof als voor bodemleven onderzoek te starten dat waarmee het perspectief van beide thema's wordt geconcretiseerd. Belangrijke elementen in dit onderzoek zijn ervaringskennis van melkveehouders, ontwikkeling van streeftrajecten voor organische stof en wetenschappelijk onderbouwing van analyses en landbouwkundige adviezen die op het bodemleven zijn gebaseerd.

## 5 Maatregelen ter verbetering van de bodemkwaliteit

Zoals in voorgaande hoofdstukken duidelijk is geworden geeft het begrip bodemkwaliteit de balans tussen vraag en aanbod van verschillende bodemeigenschappen weer. Het aanbod wordt hierbij gevormd door de bodem zelf, en ligt besloten in de fysische, chemische en biologische eigenschappen van de bodem op een bepaalde locatie. In hoofdstuk 2 is daarom een uitgebreide beschrijving gegeven van deze eigenschappen voor zandgronden en is aangegeven welke indicatoren gebruikt kunnen worden om deze eigenschappen in kaart te brengen.

De vraag wordt gevormd door het bodemgebruik, oftewel de eisen die gesteld worden aan de bodem door een bepaalde bedrijfsvoering. In hoofdstuk 3 is daarom een overzicht gegeven van de bedrijfsvoering door melkveehouders op de zandgronden in het oosten en zuiden van Nederland en hoe deze bedrijfsvoering van invloed is op bepaalde bodemeigenschappen.

Als vraag en aanbod bij elkaar komen kan de balans opgemaakt worden. Wanneer er onbalans is, met andere woorden wanneer er meer gevraagd dan aangeboden of meer aangeboden dan gevraagd wordt, ontstaan knelpunten en staat de bodemkwaliteit of het milieu onder druk. Hoofdstuk 4 geeft daarom een overzicht van de huidige en in de toekomst te verwachten knelpunten en inventariseert de oplossingsrichtingen. Het uiteindelijk doel daarbij is 'duurzaam bodembeheer': het nemen van maatregelen gebaseerd om een beoordeling van de bodemkwaliteit om de bodemkwaliteit in te stand houden als deze voldoende is of te verbeteren als deze onvoldoende is. Bodemeigenschappen zijn namelijk niet allemaal onveranderlijk. Er zijn verschillende factoren die van invloed zijn op deze eigenschappen. Een belangrijke factor is het gehalte organische stof in de bodem. In hoofdstuk 4 zijn drie aanknopingspunten genoemd voor beïnvloeding van deze factor: bemesting, bewerking en bouwplan. In dit hoofdstuk komen de maatregelen ter verbetering van de bodemkwaliteit op bedrijfsniveau aan de orde. Zij zijn de meest concrete handvaten voor de melkveehouder om het aanbod aan bodemeigenschappen en daarmee de bodemkwaliteit te beïnvloeden.

### 5.1 Indeling en methoden van inventarisatie

De maatregelen die in dit hoofdstuk beschreven worden zijn verschillend van aard. Aan de ene kant zijn het maatregelen die al in praktijk worden toegepast, soms beperkt tot een bepaald gebied of bepaalde personen, soms ook alleen buiten de melkveehouderij. Aan de ander kant zijn het 'nieuwe' maatregelen die in deze studie (bijvoorbeeld naar aanleiding van hoofdstuk 4) naar voren zijn gekomen.

Er zijn verschillende methoden gebruikt om een overzicht te krijgen van de mogelijke maatregelen. Allereerst door literatuuronderzoek. Daarbij is zowel wetenschappelijke als praktijkliteratuur doorzocht. Daarnaast door het afnemen van een groot aantal interviews met melkveehouders en met vertegenwoordigers van onderzoeks- en kennisoverdrachtprojecten op het gebied van duurzame melkveehouderij, (groen)composteerders en mengvoerleveranciers. Tenslotte is ook de workshop over bodemkwaliteit, die gehouden is op 3 juni 2003, gebruikt om informatie te verzamelen en zijn tips en suggesties van klankbord- en studiegroepen meegenomen. Een overzicht van de benaderde instanties en geïnterviewde personen is opgenomen in Bijlage 1. Voor de interviews is per doelgroep een standaard vragenlijst gebruikt die opgenomen is in Bijlage 2.

De maatregelen zijn zoveel mogelijk ingedeeld volgens de '3-B's' van duurzaam bodembeheer: bemesting (paragraaf 5.3), bewerking (paragraaf 5.4) en bouwplan (paragraaf 5.2). In paragraaf 5.5 tenslotte staan maatregelen die niet onder één van de onderdelen van duurzaam bodembeheer vallen maar meer integrale maatregelen zijn. Elke maatregel wordt volgens een vast sjabloon beschreven:

- Knelpunt
- Omschrijving toepasbaarheid
- Effecten
- Economie
- Discussie

Onder het kopje *knelpunt* wordt aangegeven op welk knelpunt(en) uit hoofdstuk 4 deze maatregel aangrijpt, bij de *omschrijving en toepasbaarheid* wordt de maatregel en eventuele voorwaarden voor toepassing beschreven. In het onderdeel *effecten* worden de geconstateerde of verwachte effecten op bodemkwaliteit in het algemeen en organische stofgehalte in het bijzonder opgesomd. Op basis van deze effecten en de omschrijving en toepasbaarheid wordt in het onderdeel *economie* verder ingegaan op de economische effectiviteit van de maatregel. Zo mogelijk worden berekeningen opgevoerd waarin kosten en extra opbrengsten tegenover elkaar worden gezet. Wanneer deze gegevens niet (voldoende) bekend zijn wordt een inschatting gemaakt. Tenslotte wordt in het onderdeel *Discussie* de mate van onderbouwing van, met name de effecten van, de maatregel besproken.



## 5.2 Bouwplan

In paragraaf 5.2 worden twee maatregelen beschreven die aangrijpen op het bouwplan: het toepassen van groenbemesters tijdens en na de huidige teelten en het introduceren van vruchtwisseling met bestaande en nieuwe gewassen. Met name die laatste wordt nog weinig toegepast in de melkveehouderij maar is gemeengoed in de akkerbouw en de vollegrondsgroenteteelt.

### 5.2.1 Toepassen van groenbemesters

#### Knelpunt

Groenbemesters kunnen op twee manieren worden toegepast: tijdens en na de teelt van een voedergewas. Het toepassen van groenbemesters vindt vooral plaats om ongewenste stikstofverliezen te voorkomen maar levert daarnaast een hoeveelheid extra organische stof. Vooral op percelen waar continu maïs wordt geteeld wordt hiermee geprobeerd de daling van het organische stofgehalte in de bodem te stoppen of verminderen.

#### Omschrijving en toepasbaarheid

Ervaring met de toepassing van een groenbemester tijdens de teelt van een voedergewas is opgedaan op De Marke met de combinatie gras onder maïs. De onderzaai van gras is daar al vele jaren achtereen goed geslaagd. Het gras wordt gezaaid wanneer de maïs ongeveer 40 tot 50 cm hoog en bijna gesloten is (na ca. 6 weken). Voor het zaaien is een zaaibak op een triltandschoffel gemonteerd. Hierdoor kan het zaaien worden gecombineerd met de laatste mechanische onkruidbestrijding. Dit scheelt een werkgang en door het schoffelen komt het graszaad in mooie losse grond. Schoffelen zorgt tegelijk voor beluchting van de grond, hetgeen de bodemvruchtbaarheid ten goede komt. Na de oogst van de maïs groeit het gras nog door en wordt er jongvee op geweid. In het volgende voorjaar wordt het gras ondergeploegd (De Haan, 2000). Het gras kan ook ingezaaid worden na de oogst van de maïs. Ook dan is het mogelijk om in het voorjaar het gras te gebruiken voor beweiding of te maaien en in te kuilen voordat opnieuw maïs wordt gezaaid (De Boer, 2003). Naast gras zijn er ook andere gewassen als groenbemester of vanggewas mogelijk zoals rogge of triticale (Hoefman, 2002). Voordeel van gras is echter dat hiervoor een ruimere verliesnorm geldt. Het zaaien van een groenbemester is direct toepasbaar. Groenbemesters kunnen het beste voor 15 oktober worden gezaaid omdat er dan voldoende kans is op een goede ontwikkeling.

Verdere info:

#### Effecten maatregel

Door het telen van een groenbemester na een voedergewas wordt ongeveer 50 tot 70 kg stikstof per hectare vastgelegd. Een deel van deze stikstof (ongeveer 50%) komt bij tijdig onderwerken (voor 1 april) vrij voor het volggewas. De teelt van een vanggewas kan er daardoor voor zorgen dat het stikstofverlies met ongeveer 15 kilogram per hectare daalt (Haan, 2000). Met een groenbemester wordt ook organische stof in de bodem gebracht. Hoeveel hangt af van het soort groenbemester dat wordt gebruikt en varieert van 3000 tot 4500 kg organische stof per hectare in het eerste jaar (gegevens uit hoofdstuk 2). De bodemvruchtbaarheid wordt hiermee op peil gehouden of daalt minder. Tevens kan extra organische stof goed zijn voor de bewerkbaarheid van de grond en het vochthoudend vermogen, de volggewasopbrengsten kunnen daardoor stijgen (Haan, 2000). Bij het verteren van de groenbemesters zal het aantal bodemorganismen toenemen.

#### Economie

De kosten van het toepassen van een groenbemester bestaat uit de kosten van het zaaizaad en het zaaien. Het inzaaien van Italiaans raaigras kostte De Marke ongeveer € 75,- per hectare: € 25,- voor de ongeveer 20 kg zaaizaad en € 50,- voor het zaaien (Haan, 2000). Hier tegenover staat dat bij grasonderzaai een grondbewerking in de herfst achterwege kan blijven; de worteling van Italiaans raaigras heeft minimaal een vergelijkbaar effect. Dit levert een besparing op van ongeveer € 60,- per hectare. Het frezen van het gras begin maart is ongeveer € 20,- per hectare duurder dan een bewerking met de cultivator. Eind april wordt er geploegd. Het ondergeploegde gras (inclusief de wortels) levert gemiddeld 30 kg stikstof op met een waarde van € 20,-. Gras onder maïs geeft een duidelijk positief effect op de bodemvruchtbaarheid; dit voordeel laat zich echter moeilijk becijferen. Ter indicatie: 100 kg drogestof extra maïsoopbrengst levert ongeveer €11 op (KWIN, 2002). Verder zijn er twee forse voordelen wat betreft MINAS. Allereerst is de toegestane verliesnorm 20 kg stikstof per hectare hoger doordat het maïsland minimaal de helft van het jaar grasland is. Tezamen met de 30 kg stikstof per hectare die niet verloren gaat, resulteert dit in een lagere heffing voor 50 kg stikstof per hectare. Bij een

heffingtarief van € 2,25 per kg stikstof levert dit een voordeel op van € 112,50 per hectare. In tabel 16 zijn de kosten en de baten van grasonderzaai voor De Marke weergegeven.

**Tabel 16** Overzicht van meerkosten en –opbrengsten per hectare bij toepassing van gras als vanggewas onder maïs op De Marke (naar: Haan, 2000)

	<i>(meer)kosten</i>	<i>besparingen</i>
Zaaizaad	€ 25,-	
Inzaaien	€ 60,-	
geen grondbewerking in de herfst nodig frezen in plaats van cultivateren	€ 20,-	€ 50,-
mogelijke besparing stikstofgift (lagere Minas-heffing)		€ 20,- (€ 112,-)
<b>Totaal zonder het effect op de bodemkwaliteit en minas-heffing</b>	<b>€ 105,-</b>	<b>€ 70,-</b>

### Discussie

In de akkerbouwsector is al veel ervaring opgedaan met groenbemesters, deze kennis zou ook benut kunnen worden in de veehouderij sector als het gaat om de toepassing van andere gewassen dan de hier bovengenoemde. Op De Marke is veel onderzoek gedaan naar het telen van een gras als groenbemester onder maïs (Haan, 2000). Verder onderzoek is gedaan door De Boer (2003), Evers (2003) Van Dijk (1995). Nader onderzoek dient in beeld te brengen wat de gevolgen zijn van het toepassen van een groenbemester voor de stijging van het organische stofgehalte in de bodem en wat de economische waarde is van een hogere bodemvruchtbaarheid, een betere vochtthuishouding of een betere bewerkbaarheid.

In onderstaand kader staat een artikel uit de Boerderij over groenbemesters na maïs

#### *Groenbemester na maïs vooral op zand onmisbaar*

*Keus tussen rogge, triticale of Italiaans raai hangt af van Minas-situatie en mestplaatsingsruimte.*

**Steeds meer maïsland kleurt groen in de winter. Een goede zaak voor de bodemvruchtbaarheid, Minas- en mestregelgeving en nitraatuitspoeling. Een berekening geeft aan dat groenbemesters tot €90 per hectare extra saldo kunnen leveren.**

Nog steeds is de teelt van groenbemesters op maïsland geen automatisme, terwijl het steeds noodzakelijker wordt. Niet alleen om binnen Minas hoger verliesnormen te kunnen krijgen of om extra mestplaatsingsruimte, ook bij nitraatuitspoeling zijn groenbemesters hard nodig. Het belangrijkste voor de veehouder is de bodemvruchtbaarheid. Door de lagere mestgiften is de aanvoer van organische stof lager dan de jaarlijkse afbraak. Anders gezegd: de bodem wordt armer, wat op den duur leidt tot opbrengstverlies. Bij continue maïsteelt op schrale zandgronden zijn deze verschijnselen al zichtbaar. Daarom zijn groenbemesters onmisbaar.

Bron: Boerderij oktober 2002

### 5.2.2 Vruchtwisseling

#### Knelpunt

Op veel percelen in vooral het oosten van Nederland wordt continu maïs geteeld. Door deze continu teelt daalt het organische stofgehalte in de bodem en kunnen structuurproblemen ontstaan.

### Omschrijving en toepasbaarheid

Vruchtwisseling of wisselbouw houdt in dat maïs niet meer continu geteeld wordt op bepaalde percelen maar dat het samen met gras of andere (voeder)gewassen wordt opgenomen in een vruchtwisseling. De praktische toepasbaarheid is groot maar de economische haalbaarheid hangt erg af van de gewassen en omstandigheden.

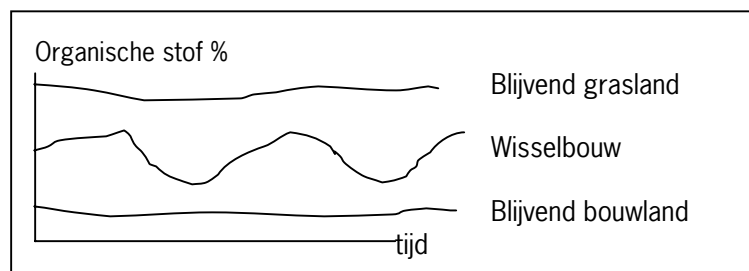
### Effecten

De effecten van de vruchtwisseling hangen erg af van de soort gewassen die geteeld worden en de frequentie waarmee gewisseld wordt. De minst ingrijpende methode voor een melkveebedrijf of droge zandgronden is het toepassen van een gras/maïs wisselbouw. Over de effecten op opbrengst (van zowel gras als maïs), milieu, bodem en economie is veel onderzoek gedaan (oa. Nevens en Reheul, 2000, 2002). Ook op De Marke is deze vruchtwisseling onderzocht (Aarts *et al.*, 2003). De netto drogestofopbrengsten van een wisselbouw van gras en maïs stegen tussen 1993 en 2000 met gemiddeld 11% ten opzichte van een continu teelt terwijl het stikstofoverschot per hectare met 10% daalde (Aarts *et al.*, 2003).

Het effect op de bodemkwaliteit wordt voor het grootste deel bepaald door het organische stofgehalte. De hoeveelheid organische stof in de bodem zal bij wisselbouw meer fluctueren dan bij continu teelt. In de bouwland fase daalt de hoeveelheid organische stof in de bodem om in de graslandfase weer toe te nemen. (zie figuur 6). Uit de aanvoer van organische stof kan het organisch stofgehalte in de bodem berekend worden. De gegevens op De Marke laten zien dat het organische stofgehalte van de bodem door wisselbouw tussen 1993 en 2000 door aanvoer van de organische stof gestegen is van 4,4 naar 4,7%. Het toepassen van vruchtwisseling heeft ook effecten op de beregening. Gemiddelde werd door het toepassen van wisselbouw 15 mm minder beregend, een daling van 25% (Aarts, 2003)

Naast het toepassen van een vruchtwisseling tussen gras en maïs is ook de introductie van ander voedergewassen een optie. In een studie naar de geschiktheid van een aantal gewassen zijn naast gras en snijmaïs, erwten, erwten-gerst, galega, lupine, luzerne, mergkoop, maïs kolvenschroot (MKS), quinoa, soja, triticale en voederbieten beoordeeld (De Boer *et al.*, 2003). Deze studie levert veel informatie over relatief onbekende gewassen en hun geschiktheid voor de veehouderij. De gewassen worden wel onderling vergeleken maar er wordt niet ingegaan op de onderlinge interactie bij opname in een vruchtwisseling. Vooral het effect na teelt op een voormalig meerjarig graslandperceel kan afwijkende opbrengsten opleveren. In Tabel 17 wordt een overzicht gegeven van de eigenschappen van de gewassen met de meeste perspectief met betrekking tot een aantal kenmerken.

**Figuur 6** Schematische weergave van het verloop van het organische stofgehalte in de bodem bij blijven gras- en bouwland en wisselbouw (naar: Aarts, 2003)



### Economie

Het netto bedrijfsresultaat en de arbeidsopbrengst op De Marke daalde, door toepassing van vruchtwisseling, met respectievelijk €136 en €909 (€2,30 en €16,40 per hectare) (Aarts *et al.*, 2003). Daarbij was echter geen rekening gehouden met het verminderde stikstofoverschot en de lagere beregeningsbehoefte en was uitgegaan van een te lage meeropbrengst voor maïs en een afname van de grasopbrengst. Wanneer ontbrekende factoren wel zouden zijn meegenomen en er uitgegaan wordt van de opbrengststijgingen die gevonden zijn op De Marke zouden netto bedrijfsresultaat en arbeidsopbrengst stijgen ten opzichte van continu teelt.

Voor al de hierboven genoemde alternatieve voedergewassen zijn saldoberekeningen gemaakt. Daarbij zijn zoals gezegd niet de interacties tussen de verschillende gewassen meegenomen.

**Tabel 17** Overzicht van eigenschappen van enkele alternatieve voedergewassen m.b.t. bodemkwaliteit, organischestofgehalte en saldo (De Boer *et al.*, 2003)

Gewas	Inbreng organische stof <sup>3</sup>	Kleine kans op structuur bederf <sup>3</sup>	Bewortelings intensiteit <sup>3</sup>	Teelt frequentie	Saldo <sup>2</sup> (€/ha)
Snijmais	5	5	5	1:1	506
MKS	8	4	5	1:1	388
Gras	9	7	8	1:1	-65
Triticale	7	8	9	1:4	205
Triticale krachtvoer <sup>1</sup>	9	9	9	1:4	346
Erwten-gerst	7	8	8	1:6	-88
Lucerne	9	7	9	4:8	-334
Lupine	6	8	7	1:4	-140
Lupine krachtvoer <sup>1</sup>	9	7	7	1:4	203
Voederbieten	8	4	7	1:4	324

<sup>1</sup> Bij de teelt als krachtvoer blijft het stro op het land achter

<sup>2</sup> Inclusief MacSharry premie

<sup>3</sup> De score varieert van 4 tot 9: 4=slecht, 5=onvoldoende, 6=voldoende, 7=ruim voldoende, 8=goed, 9= zeer goed.

### Discussie

De afwisseling van de teelt van gras en maïs is een vorm van vruchtwisseling die zowel in Nederland als daarbuiten uitgebreid is onderzocht. Dit is veel minder het geval voor andere gewassen. Daarvoor geldt dat vaak wel bekend is wat de opbrengsten en voereigenschappen van de afzonderlijke gewassen bekend is maar niet het onderlinge effect van de teelt van (een aantal van) deze gewassen in een vruchtwisseling. Ondanks de voordelen die een aantal van deze gewassen bieden is de verwachting dat ze onderschikt zullen blijven aan de teelt van gras en snijmaïs.

#### 5.2.3 Samenvatting

In onderstaande tabel wordt een samenvattend overzicht gegeven van de maatregelen ter verbetering van de bodemkwaliteit op het gebied van het aanpassingen aan het bouwplan.

**Tabel 18** Overzicht van voor- en nadelen van maatregelen op het gebied van bouwplan

<i>Maatregel</i>	<i>Knelpunt</i>	<i>Nadeel</i>	<i>Voordelen</i>
Groenbemester		Arbeidsbehoefte stijgt	Op peil houden/stijging organische stof
		Arbeidsopbrengst daalt	Stikstofverlies daalt
			Opbrengst volggewas stijgt
			Toename bodemleven

### 5.3 Bemesting

De maatregelen in paragraaf 5.3 hebben betrekking op het onderdeel bemesting. Door de strenge mestwetgeving is de aanvoer van stikstof uit (kunst)mest beperkt mogelijk. Daarom is het belangrijk dat de dierlijke mest die op het bedrijf geproduceerd optimaal benut wordt. Toediening van kwalitatief goede mest kan er daarnaast voor zorgen dat het organisch stofgehalte in de bodem stijgt of in ieder geval op peil blijft. Verder wordt er van uitgegaan dat goede mest een positieve invloed heeft op het bodemleven. Kwaliteit heeft te maken met de verhouding koolstof en stikstof in de mest en met de aanwezigheid van schadelijke stoffen. Daarnaast kan geprobeerd worden de kwaliteit van de mest met additieven te verhogen. Andere opties om met bemesting de bodemkwaliteit te verbeteren zijn het vaker, minder bemesten, het aanvoeren of maken van compost of het met bemesting sturen van de pH in de bodem.

### 5.3.1 C/N-verhouding in mest verhogen

#### Knelpunt

Deze maatregel probeert verandering te brengen in gebrekkig bodemleven door omstandigheden in de bodem te verbeteren. De met de dierlijke mest aangevoerde organische stof is voeding voor het bodemleven. Voor groei en vermeerdering zijn koolstof en stikstof nodig in een verhouding die gelijk is aan de C/N verhouding van het bodemleven. Hoe dichter de C/N-verhouding van de mest ligt bij C/N-verhouding van het bodemleven hoe kleiner de kans is dat er een tekort ontstaat aan één van beide stoffen. De C/N-verhouding is als volgt te berekenen: (OS-gehalte\*0,5)/N-totaal. Uit onderzoek van Locher en de Bakker (1990) is gebleken dat een C/N verhouding van ongeveer 10 ideaal is voor het bodemleven terwijl de C/N-verhouding in rundveedrijfmest rond de 5 ligt (Koeleman *et al*, 2003).

#### Omschrijving en toepasbaarheid

De C/N verhouding in de drijfmest kan verhoogd worden door het structuurgehalte in het rantsoen te verhogen met bijvoorbeeld grof hooi of stro, het eiwitgehalte in het rantsoen te verlagen, door stro als boxbedekking te gebruiken en/of door stro achteraf aan de mest toe te voegen. Stro is een veelgebruikte koolstofbron maar kan ook vervangen worden door een andere materiaal. Vaste mest (uit bijvoorbeeld potstal of grupstal) heeft een hogere C/N-verhouding dan drijfmest. Vaste mest uit een grupstal heeft gemiddeld een C/N verhouding van 15 (Koeleman *et al*, 2003). Ook het gescheiden uitrijden van stro en drijfmest is een mogelijkheid. Praktijkervaringen is dat na de teelt van tulpen (waar een laag stro over uitgereden was om ze tegen de vorst te beschermen) de opbrengst van maïs het jaar daarop beduidend hoger lag. Het uitrijden van stro voor de toediening van drijfmest is direct toepasbaar. De overige maatregelen zijn dat niet of in mindere mate. Het toevoegen van stro aan drijfmest kan problemen geven tijdens mestopslag (drijfslag) en verdere mestverwerking. Gebruik van stro in ligboxen kan alleen als de boxen daarvoor geschikt zijn (bv voorzien van een achterrand). Het verhogen van structuur of verlaging van het eiwitgehalte in het rantsoen heeft gevolgen voor de melkproductie en –samenstelling. Toepassing van de maatregel moet wel geleidelijk gebeuren zodat koe, boer en bodem zich aan de nieuwe omstandigheden kunnen aanpassen.

#### Effecten

Veehouders geven aan dat het organisch stofgehalte in de bodem stijgt, doordat de mest een gunstiger C/N verhouding heeft. Een neveneffect is dat de mest minder stinkt. Er wordt vanuit gegaan dat de mest met een hoge C/N verhouding minder ongewenste en schadelijke stoffen bevat dan mest met een lage C/N verhouding, waardoor het bodemleven minder geschaad wordt en beter gevoed wordt. Veehouders hebben de indruk dat de gewasopbrengsten beter en hoger zijn. Uit tabel 16 in hoofdstuk 4 blijkt dat een jaarlijkse directe toediening van 1 ton stro per hectare na 10 jaar een netto bijdrage van 1,5 ton organische stof heeft geleverd, terwijl er in een bodem met 5% organische stof in de eerste 30 centimeter 200 ton organische stof aanwezig is. Voor de verhoging van het organische stofgehalte met 1% betekent dat gedurende 10 jaar een jaarlijkse gift van ruim 26 ton stro per hectare.

Als het ruw eiwit gehalte in het rantsoen verlaagd wordt en het structuurgehalte verhoogd wordt, kan de melk productie en het eiwitgehalte in de melk dalen.

#### Economie

De genoemde varianten vragen geen van allen een grote investering. Voor het verhogen van het organische stofgehalte in de bodem is erg veel stro nodig. Hoewel niet bekend is wat de economische voordelen zijn, lijkt dit geen rendabele maatregel.

Ander varianten hebben veel meer invloed op de bedrijfsvoering. Het verlagen van het eiwitgehalte of verhogen van de structuur werkt bijvoorbeeld direct door in de productie. Uit onderzoek van Vel/Vanla blijkt dat veehouders die een rantsoen met een laag ruw eiwit gehalte (<16%) nastreven lagere voerkosten (verschil €1.10/100 kg meetmelk) en een hoger voersaldo (verschil €2.40/100 kg meetmelk) hebben dan veehouders die een hoog ruw eiwit gehalte (>16%) nastreven (Van der ploeg *et al*, 2003).

#### Discussie

Vel/Vanla bedrijven en Bedreven Bedrijven Drenthe passen verschillende methoden toe om de C/N verhouding in de mest te verhogen. Veehouders zijn enthousiast over de behaalde resultaten (Koeleman *et al*, 2003). Het is aannemelijk dat het organische stofgehalte van de bodem op den duur toeneemt, bij het gebruik van mest met een hoge C/N verhouding, echter wetenschappelijke bewijzen ontbreken nog omdat er (nog) geen langjarig onderzoek is uitgevoerd.

### 5.3.2 Mestscheiding

#### Knelpunt

Er kunnen verschillende redenen zijn om mestscheiding toe te passen. Vanwege bemesting (stikstofbenutting en nitraatuitspoeling), vanwege toediening (voorkomen van structuurbederf), vanwege verbetering van het bodemleven of een combinatie van deze redenen. Door mestscheiding ontstaan twee meststromen met verschillende samenstelling waardoor specifieke bemesting mogelijk wordt. De fosfaatrijke vaste fractie kan voor het groeiseizoen worden uitgereden terwijl de stikstofrijke dunne fractie tijdens het groeiseizoen wordt uitgereden. Vaste mest wordt bovengronds toegediend. Hierdoor hoeft minder vaak de zode beschadigd te worden door emissiearme toediening. De vaste fractie heeft een hogere C/N verhouding hetgeen een gunstig effect kan hebben op het bodemleven (zie paragraaf 5.3.1)

#### Omschrijving en toepasbaarheid

Mest kan op verschillende manieren gescheiden worden: door middel van natuurlijke ontmenging, met mechanische mestscheiders, met een strofilter of door primaire mestscheiding. Door natuurlijke ontmenging ontstaat in een mestopslag een dikke drijfslag met daaronder dunne mest. Door de dunne onderlaag regelmatig over te pompen in een aparte mestopslag ontstaan twee mestsoorten. Een strofilter bestaat uit een bed van strobalen waarover de drijfmest gepompt wordt. De vaste delen in de mest blijven achter in het stropakket terwijl de dunne fractie door het stro heenloopt en opgevangen wordt. Na verloop van tijd is het stropakket verzadigd en is in feite een storrijke vaste mest ontstaan. Drijfmest kan mechanische gescheiden worden door trillen, persen of centrifugeren. Primaire mestscheiding tenslotte is een systeem waarbij in de stal urine en feces zoveel mogelijk gescheiden worden *gehouden*. Over een dichte vloer met een tweezijdige helling loopt de urine naar een giergoot in het midden van de vloer. De vaste mest wordt regelmatig met een mestschuif verwijderd.

#### Effecten

Na mestscheiding bevat de dikke fractie vooral de fosfaat, organische stof en organisch gebonden stikstof. De dunne fractie bevat vooral de minerale stikstof en kali. Door de nutriënten gescheiden op te slaan, zijn deze ook op de gewenste tijdstippen en gewenste percelen, afzonderlijk van elkaar, toe te dienen. De verwachte bemestingsvoordelen zijn op het lagekostenbedrijf echter niet uitgekomen (Haan *et al*, 2003). De hoeveelheid benutbare stikstof was niet hoger en de besparing op fosfaatkunstmest was beperkt. Gedurende de vierjarige proefperiode zijn effecten op organische stofgehalte onder blijven grasland niet aangetoond.

#### Economie

De verschillende systemen om de mest te scheiden vragen allemaal een forse investering behalve minder intensief mestscheiding door natuurlijke ontmenging, als reeds twee mestopslagen aanwezig zijn. De kosten van mechanische mestscheiding hangen sterk af van de hoeveelheid mest die gescheiden moet worden en welk type mestscheider wordt toegepast. Verder is van belang of een MINAS-voordeel behaald kan worden door mest af te voeren. Voor bedrijven die niet verplicht zijn om mest af te voeren is mestscheiding meestal niet interessant. Haan *et al*. (2003) bevat een economische vergelijking van een systeem met primaire mestscheiding, een drijfmeststelsel met onderkelder roostervloeren en een drijfmeststelsel met dicht vloer en opslag in een foliebassin gemaakt. Jaarkosten van het systeem met primaire mestscheiding lagen ruim 1,5 keer hoger dan de goedkoopste variant (drijfmest met opslag in kelders onder de roostervloer).

#### Discussie

Mest scheiden is technisch goed mogelijk, het is bedrijfseconomisch echter meestal niet interessant. (Kool *et al*, 2003; Haan *et al*, 2003). Daarbij is echter geen rekening gehouden met eventuele positieve effecten door verbeterde bodemkwaliteit. Blijvend grasland zorgt zelf voor een goede organische stofopbouw. Toepassing van vaste mest op bouwland lijkt dan ook het meeste effect te hebben.

### 5.3.3 Toevoegmiddelen aan mest

#### Knelpunt

Toevoegmiddelen grijpen aan op een verbeterde mestkwaliteit, het voorkomen van stikstofverliezen en het neutraliseren van schadelijke stoffen om zodoende beschadiging van de bodemstructuur door emissiearme toedieningen te voorkomen. Chemische (oxidanten en zuren), microbiologische (bacterie mengsels) en/of fysische (klei mineralen en koolstof) middelen pretenderen de mestkwaliteit te verbeteren (Holshof en Bussink, 2002).

### Omschrijving en toepasbaarheid

De middelen worden rechtstreeks aan de mest toegevoegd of komen via het voer in de mest terecht. De werking hangt af van het soort middel. Chemische middelen doden bacteriën of verlagen de pH van de mest. Microbiologische middelen bestaan vaak uit een bacteriën mengsel waardoor activiteit in de mest toeneemt (bv fermentatie). Fysische middelen verhogen het contactoppervlak waardoor schadelijke stoffen zicht hechten (Holshof en Bussink, 2002). De middelen zijn direct toepasbaar.

### Effecten

Leveranciers en fabrikanten claimen positieve eigenschappen als verbetering van het bodemleven, minder stank, betere mengbaarheid bij (sterk) ontmengde drijfmest, minder ammoniakemissie en een hogere stikstofwerking. Hierdoor wordt emissiearme toediening overbodig waardoor zodebeschadiging en verdroging voorkomen kan worden.

### Economie

Er bestaat veel onduidelijkheid over de effecten en dus de economische meerwaarde van toevoegmiddelen. Holshof en Bussink (2002) hebben berekend wat de besparing per hectare zou zijn na toepassing van de toevoegmiddelen als aangenomen wordt dat de stikstofwerking met 10% toeneemt en het bodemleven verhoogd wordt, waardoor de N levering met 10 kg per hectare stijgt. Als uitgegaan wordt van zodebemesting is het voordeel €30 per hectare, als uitgegaan wordt van bovengrondse toediening (wat wettelijk niet is toegestaan) stijgt het voordeel naar €110 per hectare. De kosten van de middelen variëren echter van €68 tot €115 per hectare per jaar.

### Discussie

De aangenomen werking door Holshof en Bussink (2002) zijn niet eenduidig aangetoond. Tot nu toe heeft beperkt onderzoek plaatsgevonden (o.a. Kool *et al*, 2003; Holshof en Bussink, 2002; Schils, 2003). Conclusie tot nu toe is dat uitgaande van de veronderstelde werking de kosten van de middelen niet opwegen tegen de baten. Er is echter nog geen langjarig onderzoek uitgevoerd. Een nadere studie moet uitwijzen welke middelen interessant zijn om verder te onderzoeken. Wel zijn er zijn veehouders die naar tevredenheid al jarenlang toevoegmiddelen gebruiken.

#### 5.3.4 Reductie gebruik van antibiotica en formaline

### Knelpunt

Het bodemleven leidt schade voor restanten van antibiotica of formaline in de mest.

### Omschrijving en toepassing

Door te zorgen dat de mest niet 'verontreinigd' is, wordt de mestkwaliteit niet nadelig beïnvloed. De melk van koeien die behandeld zijn met antibioticum en de formaline die gebruikt wordt in voetbaden komt vaak in de mestput terecht. Door beide producten niet meer te gebruiken of op een andere manier af te voeren wordt het microbiële leven in mest en bodem niet aangetast. Maatregel is beperkt toepasbaar. Stoppen met antibiotica kan de diergezondheid in gevaar brengen. Het als afval afvoeren van deze resten is mogelijk.

### Effecten

Aangenomen wordt dat de mestkwaliteit niet meer negatief beïnvloed wordt door mest vreemde (gif)stoffen, zodat het gewenste bacterieleven in de mest niet wordt verstoord of vernietigd. Er is echter niets bekend over de het effect op bodemleven. Plotseling stoppen met het gebruik van formaline en antibiotica is vanuit oogpunt van diergezondheid niet aan te raden.

### Economie

Het afvoeren van melk en formaline als (chemisch) afval kost veel geld. Het positieve effect op bodemkwaliteit en daarmee gewasopbrengst is niet in te schatten. Onderzoek ontbreekt.

### Discussie

Omdat onbekend is wat het schadelijke effect is van het gebruik van drijfmest die verontreinigd is met resten van antibiotica en formaline is ook moeilijk het belang van deze maatregel in te schatten. De verwachting is echter dat hiermee geen grote effecten mee te behalen zijn.

In Tabel 20 wordt een overzicht gegeven van de voor- en nadelen van de hierboven beschreven maatregelen.

### 5.3.5 *Vaker minder bemesten*

#### **Knelpunt**

Bij de huidige bemestingsmethoden worden vaak grote hoeveelheden drijfmest en kunstmest in één keer uitgereden, waardoor bodemprocessen verstoort zouden kunnen worden door de mest zelf en door verdichting en structuurbederf. Dat zou weer negatieve gevolgen voor de bodemkwaliteit kunnen hebben. Door vaker, kleinere hoeveelheden (kunst)mest in één keer uit te rijden zouden bodemprocessen minder verstoort worden.

#### **Omschrijving en toepassing**

Deze maatregel wordt toegepast door een veehouder op veen. Door de drijfmestgiften per keer te verminderen komt minder mest per keer in de bodem en kan met minder zware machines gewerkt worden. Deze maatregel zou direct toegepast kunnen worden.

#### **Effecten**

De bodemprocessen worden waarschijnlijk minder verstoord door een verlaagde gift, waardoor drijfmest en kunstmest waarschijnlijk beter benut worden. De verliezen naar het omringende milieu zullen dan dalen. Vaker minder bemesten betekent ook dat er met minder zware machines gewerkt kan worden maar ook dat er jaarlijks meer bewerkingen uitgevoerd moeten worden. De veehouder die deze maatregel toepast rijdt bovengronds uit. Zodebemesting is echter verplicht. Een neveneffect van vaker bemesten met een zodenbemester is dat de zode vaker beschadigd wordt met meer kans op productieverlies of verdroging en dat het bodemleven (met name wormen) negatief beïnvloed wordt.

#### **Economie**

Het aantal bewerkingen neemt door de maatregel toe en daarmee de arbeids- en/of loonwerkkosten. Loonwerkkosten voor het uitrijden van drijfmest worden berekend op basis van een m<sup>3</sup>-tarief. In dit tarief wordt uitgegaan van een bepaalde gift per hectare. Wanneer de gift per keer daalt en het aantal bewerkingen dus toeneemt zullen de aan- en afloopkosten ook toenemen. De kans is groot dat daarmee de m<sup>3</sup>-tarieven hoger zullen worden. Een vergelijking op uurtarief is daarom eerlijker. De loonwerkkosten voor zodenbemesten bedragen ongeveer €100,- per uur en kunstmest strooien kost ongeveer €60,- per uur. Afhankelijk van het aantal bewerkingen is een kostentoeename te berekenen. Het is niet bekend of de veronderstelde baten opwegen tegen deze extra (loonwerk)kosten.

#### **Discussie**

Er is nog weinig onderzoek gedaan naar de effecten van bovengenoemde maatregel, nader onderzoek is gewenst. Aanbevolen wordt om onderzoek te doen naar een optimale (kunst)mestgift per keer waarbij effecten op structuur en verdichting ook meegenomen wordt.

### 5.3.6 *Gebruik maken van compost*

#### **Knelpunt**

De meest direct manier om het organische stofgehalte in de bodem te verhogen is de aanvoer van compost. Compost wordt in de tuinbouw al veel gebruikt als grondverbeteraar. Compost zou in de veehouderij ook gebruikt kunnen worden om het organische stofgehalte te verhogen en daarmee de bodemkwaliteit te verbeteren. Er zijn reeds enkele veehouders die compost gebruiken en veehouders die zelf compost maken.

#### **Omschrijving en toepasbaarheid**

Er zijn twee opties:

- a. De veehouder koopt compost van een composteerbedrijf. Hierbij kan gekozen worden uit verschillende soorten gecertificeerde compost: 'schone compost', 'zeer schone compost' en bacterie- of schimmeldominante compost. De twee laatstgenoemde zijn specifiek bedoeld om het bodemleven te beïnvloeden.
- b. De veehouder maakt zelf compost door van (drijf)mest en gewasresten van het eigen bedrijf of aangevoerd organisch materiaal een composthoop te maken.

De aanvoer van compost is in principe direct toepasbaar. Het zelf maken van compost vergt kennis van en ervaring met het composteringsproces en investeringen in materieel en faciliteiten.



## Effecten

Verwachte effecten van het toedienen van compost zijn: een betere bodemvruchtbaarheid en een beter vochthoudend vermogen, op langer termijn zou het organisch stof gehalte kunnen stijgen. Er wordt in de praktijk aangenomen dat door het gebruik van (goede) compost de gewasopbrengst en/of de kwaliteit van het ruwvoer stijgt. Doordat de ruwvoerkwaliteit stijgt is een positief effect op de diergezondheid te verwachten. Aangenomen wordt dat compost (vooral bacterie of schimmeldominante compost) het bodemleven positief beïnvloedt en de ziekteverendheid van de bodem doen toenemen. Afhankelijk van het uitgangsmateriaal bevat sommige compost in verhouding veel zware metalen die kunnen uitspoelen, vooral als de grond een lage pH heeft. In vergelijking met stro hoeft van compost minder aangevoerd te worden om het organische stofgehalte in de bodem te laten toenemen. Door gedurende 10 jaar per hectare 1 ton GFT-compost toe te dienen neemt de hoeveelheid organische stof toe met 4,4 ton. Voor een verhoging van het organische stofpercentage met 1% is gedurende 10 jaar een gift van 9 ton GFT-compost per hectare nodig.

## Economie

- a. De aankoop van compost is direct mogelijk, er is echter geen onbeperkt aanbod. De prijs hangt af van het aanbod en de transportkosten. GFT compost kost momenteel ongeveer €3,5 per ton. Groencompost kost ongeveer €5,5 per ton. Bacterie- of schimmeldominante compost is veel duurder dan 'schone compost'. Bij een grotere vraag zal de prijs van compost stijgen. Neveneffecten waar rekening mee gehouden dient te worden zijn dat sommige compost veel zware metalen bevat en dat compost een aanvoerpost is voor MINAS. Wanneer de compost valt in de categorie 'zwarte grond' en bij de productie van deze compost *geen* dierlijke mest is gebruikt valt het geldt een MINAS vrijstelling (LNV-Loket, 2003). De eisen van zwarte grond liggen op het gebied van het gehalte aan zware metalen en zijn strenger dan die van 'zeer schone compost'.
- b. Een veehouder die zelf compost wil maken doet er verstandig aan zich van te voren uitgebreid te oriënteren op het compostingsproces. Voor compostering waarbij materiaal van buiten het bedrijf wordt aangevoerd is een vergunning nodig. Vergunningen voor een composteerinrichting worden niet makkelijk afgegeven. Via het Besluit kwaliteit en gebruik overige organische meststoffen (BOOM) is gereguleerd dat veehouders niet onbeperkt groenafval van buiten het bedrijf mogen betrekken. Het gebruik van beheersgras afkomstig van buiten het bedrijf is niet langer mogelijk doordat dit als afvalstof moet worden aangemerkt. Van Dooren *et al.* heeft in 2001 onderzoek gedaan naar het composteren van drijfmest en beheersgras. In onderstaande tabel staat een korte samenvatting van de resultaten van een modelberekening van een gemiddeld melkveebedrijf (400.000 kg melkquotum, 16.000 kg melk/ha) op droge zandgrond. Er is in de berekeningen vanuit gegaan dat de gewasopbrengsten met 6% stijgen en dat er geen kosten verbonden zijn aan het beheersgras dat gebruikt wordt voor de compostering van de alle drijfmest. Uit de tabel blijkt dat zelf composteren geen kosteneffectieve maatregel is.

**Tabel 19** Verandering economisch resultaat door compostering van beheersgras t.o.v. toepassing van alleen drijfmest van een bedrijf op droge zandgrond (400.000 kg melkquotum, 16.000 kg melk/ha)

	Vershil
Meeropbrengsten	0 <sup>1</sup>
Toegerekende kosten:	-6803
Waarvan:	
* Veevoer	-3972
* Kunstmest	-2813
Niet toegerekende kosten	+38240
Waarvan	
* Eigen arbeid	+ 2447
* Loonwerk	+ 17827
* Machines	+ 8993
* Onroerende zaken	+8972
Arbeidsopbrengst	-28990
Netto bedrijfsresultaat	-31475

<sup>1</sup> De hogere gewasopbrengst (6%) vertaald zich niet in hoger opbrengsten maar in lagere voerkosten

## Discussie

Concrete resultaten over een hoger organisch stofgehalte door het gebruik van compost zijn zeer beperkt. Een theoretisch rekenvoorbeeld laat echter zien dat de compostgift erg hoog moet zijn om het organische stofgehalte in de bodem met 1% te verhogen. Een hectare grond met een bouwvoor van 30 centimeter heeft een volume van 3000 m<sup>3</sup>. Als uit gegaan wordt van een soortelijk gewicht van grond van 1400 kg/m<sup>3</sup>, is het gewicht van 1 hectare 4200 ton. Als het organische stof gehalte met 1% verhoogd wordt moet er 42 ton organische stof aangevoerd worden. GFT compost bevat ongeveer 200 kg effectieve organische stof per ton. Er is dus ongeveer 210 ton GFT compost per hectare nodig om het organische stofgehalte met 1% te verhogen (Anoniem, 2003) De besparing op bemesting en beregening is nog niet kwantificeerbaar (Kool *et al*, 2003). Uit nader onderzoek moet ook blijken hoeveel de verschillende soorten compost maximaal mogen kosten, als gestreefd wordt naar een gelijkblijvend of toenemend bedrijfsresultaat.

Verder moet bij het zelf composteren rekening gehouden worden met een groot stikstofverlies als gevolg van het composteren. Bij balansmetingen aan composteringsproces op een veehouderij bedrijf bedroegen de stikstofverliezen 20-25% van de aangevoerde hoeveelheid stikstof (Van Dooren, 2003). Vergeleken met een drijfmeststelsel, met stikstofverliezen in de vorm van ammoniakemissie tijdens opslag en toediening van de drijfmest, waren de verliezen groter.

### Met micro-farming besparen op mest en middelen

Een hoger opbrengst met minder kunstmest en minder chemische gewasbeschermingsmiddelen? Volgens Stefan Timmermans van ZLTO-advies is het goed mogelijk, met microfarming; telen met behulp van natuurlijk voorkomend microleven in de bodem en op het gewas.

Op veel percelen moeten steeds meer kunstmest en gewasbeschermingsmiddelen gebruikt worden om het productie vermogen overeind te houden. Daarnaast wordt de bodemstructuur steeds slechter en wordt grondbewerking steeds lastiger. Microfarming kan hiervoor een oplossing bieden.

Microfarming is erop gericht omstandigheden in de bodem te creëren waarin planten het beste gedijen. Daarvoor is een uitbundig bodemleven noodzakelijk met schimmels, bacteriën en allerlei microplastische kleine organismen. Dat betekent dat het stomen van de grond of het toepassen van een andere ontsmettingsmethode uit den boze is; daarmee wordt de microbiologische huishouding alleen maar verstoord.

Op een goede microbiologische bodemhuishouding zal er ook een op maat gemaakte compost toegevoegd moeten worden. Zo hebben aardbeiplanten behoefte aan een schimmelrijke grond, terwijl bladgewassen om een bacterie dominante grond vragen. Een kuub maatcompost kost circa 52 euro per kuub. Veel geld, vooral wanneer er in het eerste jaar soms tot 100 kuub per hectare verweist is. Naarmate de grond beter in conditie komt neemt de hoeveelheid benodigde compost echter drastisch af. Ook wordt er bespaard op kunstmest en gewasbeschermingsmiddelen.

Timmermans schat dat er inmiddels een honderdtal telers in diverse sectoren de theorie aan de praktijk aan het toetsen zijn. De eerste ervaringen vallen niet tegen. Het aantal noodzakelijke fungicide bespuitingen is aanmerkelijk minder. Wel werd duidelijk dat telers soms te lang wachten vooraleer zij chemisch ingrijpen.

Bron: Groenten en Fruit, februari 2003

### 5.3.7 pH toestand van de grond op peil brengen en houden

#### Knelpunt

Een te lage pH is nadelig voor de bodemkwaliteit. De ideale pH voor zandgrond is sterk afhankelijk van het organische stofgehalte. Gemiddeld ligt op zandgrond de optimale pH rond de 5,2 (Hensgens en Moolenaar, 2001) Afhankelijk van het organische stofgehalte kan een te lage pH 10 tot 20% opbrengst kosten.

#### Omschrijving en toepasbaarheid

Door een grondmonster te laten analyseren kan bepaald worden of de pH te hoog of te laag is. Een te lage pH toestand kan door middel van bekalking worden verholpen. Een te hoge pH kan nadelig zijn omdat daardoor de beschikbaarheid van mineralen afneemt. Hierbij is ook de vorm van kalkmeststof van belang: veel kalkmeststoffen zijn pas na enkele maanden goed werkzaam. Het najaar is daarom een gunstig moment om te bekalken. Beschikbare kalkmeststoffen zijn oa. (zee)schelpenkalk, Dolakal en algenwier. Maatregel is goed toepasbaar. Analyse van grondmonsters kan via het gebruikelijke circuit waarbij analyse resultaten vaak al voorzien worden van een bemestingsadvies.

## Effecten

Naast bodemvruchtbaarheid verbetert kalk de structuur van de bouwvoor, en daarmee de bewerkbaarheid, en bevordert het bodemleven (Hensgens en Moolenaar, 2001). Daarnaast bieden speciale kalksoorten een aantal specifieke voordelen. Schelpenkalk spoelt minder snel uit dan gangbaar gebruikte kalkmeststoffen (bv Dolakal). Zeeschelpenkalk bevat tevens sporenelementen.

## Economie

Bij een te lage pH worden de kosten van traditionele kalkmeststoffen terugverdiend door hogere gewasopbrengsten. Jaarlijks 150 kg ZBW (zuurbinde waarde) in de vorm van Dolokal uitrijden kost ongeveer 50 euro/hectare inclusief kalk. Over de kosten van bekalken met schelpenkalk en zeewier zijn weinig gegevens bekend.

## Discussie

Er is in het verleden veel onderzoek gedaan naar de pH-toestand van de grond in relatie met de benutting van de voedingsstoffen en de groei van de planten. De effecten van bekalking op het bodemleven structuur en de langere termijn effecten van bekalken op bodemkwaliteit in het algemeen zijn niet onderzocht. Sommige specifieke kalkmeststoffen zijn onvoldoende onderzocht bijvoorbeeld schelpenkalk en zeewier. Hoewel het effect op bodemkwaliteit nog onbekend is, is bekalking als bemestingsmaatregel economisch rendabel.

### 5.3.8 Samenvatting

In onderstaande tabel wordt een samenvattend overzicht gegeven van de maatregelen ter verbetering van de bodemkwaliteit op het gebied van bemesting.

**Tabel 20** Voor- en nadelen van maatregelen ten aanzien van bemesting

Maatregel:	<i>Knelpunt</i>	<i>Nadeel</i>	<i>Voordeel</i>
<i>Verhogen verhouding C/N</i>		Melkproductie en eiwitgehalte in de melk kunnen dalen.	Hoger percentage organisch gebonden N, waardoor een toename van de organische stof in bodem wordt verwacht. Aangenomen wordt dat het positief is voor het bodemleven.
<i>Mestscheiding</i>		Kosten wegen vaak niet op tegen de baten.	Verschillende mestsoorten kunnen gericht toegediend worden.
<i>Toevoegmiddelen</i>		Er is twijfel of de baten van de meeste toevoegmiddelen de kosten goed maken.	Mestkwaliteit wordt beter, waardoor de bodemkwaliteit zou kunnen toenemen.
<i>Reductie antibiotica en formaline gebruik</i>		Diergezondheid kan in het gedrang komen.	Mestkwaliteit wordt beter, waardoor de bodemkwaliteit zou kunnen toenemen.
<i>Lager mestgift per bemesting</i>		Arbeidsbehoefte stijgt en/of loonwerkkosten stijgen	Een stabiel bodemleven
<i>Compost aankopen</i>		Minas aanvoer Aanvoer zware metalen (BOOM)	Hogere nutriënten benutting Toename organische stof. Gezondere gewassen
<i>Compost op eigen bedrijf maken</i>		Arbeidsbehoefte en kosten stijgen, opbrengsten stijgen niet navenant Vraagt veel vakmanschap. Grotere stikstofverliezen	Beïnvloeding bodemleven Toename organische stof.
<i>pH op peil houden</i>			Beïnvloeding bodemleven

## 5.4 Bodembewerking

In deze paragraaf worden drie maatregelen behandeld die van invloed zijn op de fysische bodemeigenschappen. Indicatoren voor deze eigenschappen zijn bulkdichtheid, vochtgehalte, indringweerstand. Deze maatregelen zijn vermindering ploegdiepte, voorkomen van verdichting en insporing en perceelsgericht waterbeheer.

### 5.4.1 Beperking ploegdiepte of achterwege laten van ploegen.

#### Knelpunt

De hoeveelheid organische stof en beschikbare mineralen in de bodem daalt op percelen die geploegd worden, met name op percelen die te diep geploegd worden. Het risico bij te diep ploegen is dat organische stof en voedingsstoffen door de kerende werking (ten dele) buiten het bereik van het volggewas komen te liggen. Daarnaast bestaat bij traditioneel ploegen onder ongunstige omstandigheden het gevaar van verdichting in de ondergrond (onder de bouwvoor) of de vorming van een ploegzool. Dit structuurbederf kan langdurige negatieve gevolgen hebben voor de gewasproductie en het bodemleven.

#### Omschrijving en toepasbaarheid

In plaats van de traditionele diepte (25 cm) wordt bij het ploegen geen diepe kerende ploegbewerking toegepast maar wordt door gebruik van een 'ecoploeg' de ploegdiepte beperkt tot 10-15 centimeter. Als gekozen wordt om het ploegen helemaal achterwege te laten wordt een oppervlakkige, niet kerende grondbewerking toegepast of wordt zelfs helemaal geen grondbewerking toegepast ('zero-tillage'). In onderstaand kader wordt uitgebreider ingegaan op de 'ecoploeg' en de achtergronden bij 'zero-tillage'.

Het beperken van de ploegdiepte of achterwege laten van een kerende grondbewerking kan direct toegepast worden al moet rekening gehouden worden met de positieve effecten van een kerende grondbewerking zoals onkruidbestrijding en (locale) verbetering van de structuur die dan wegvallen. Verder kan de voorafgaande teelt, door oogsttijdstip of het achterblijven van grote hoeveelheden gewasresten, eisen stellen aan de diepte van de grondbewerking. Omdat een ander schaartype gebruikt wordt en 'bovenover' wordt gereden vraagt het ondiepe ploegen enige aanpassingen aan afstelling en ploegtechniek

#### Effecten

Bij het toepassen van een oppervlakkige grondbewerking blijven mineralen en organische stof boven in de bouwvoor, bovendien wordt het bodemleven minder verstoord. Een bijkomende effect van beperking van de ploegdiepte is de lagere trekkrachtbehoefte waardoor het brandstofverbruik en de kans op versmering door slijp afneemt. Bij een ondiepe kerende grondbewerking of 'zero-tillage' is de kans dat gewasresten niet of niet volledig ondergewerkt worden groter. Verder worden onkruidzaden minder diep ondergeploegd waardoor meer kans hebben om succesvol te ontkiemen. Aan de andere kant worden minder zaden uit de zaadbank naar boven gehaald.

Stimuland heeft 2 proefvelden aangelegd waar bij graslandvernieuwing verschillende grondbewerkingsmethoden zijn toegepast: conventioneel ploegen, 'eco-ploegen', spitten, frezen en doorzaaien. Bij frezen en doorzaaien waren de opbrengsten op het proefveld in Vriezenveen het hoogst. De onkruiddruk was bij deze percelen echter ook het hoogst (Praktijkids Stimuland).

#### Economie

De investeringen voor de 'eco-ploeg' zijn niet hoger dan die voor een conventionele ploeg. Wel zijn bij gebruik de brandstofkosten lager. De baten zijn nog niet in geld uit te drukken, omdat daar nog te weinig over bekend is (Kool *et al*, 2003).

#### Discussie

Er is al veel geëxperimenteerd met de 'ecoploeg' maar er zijn nog geen wetenschappelijke onderzoeksgegevens bekend over langjarige effect op bodemkwaliteit. Met het achterwege laten van grondbewerkingen of met beperkte (niet kerende) grondbewerkingen is slechts op beperkte schaal in Nederland geëxperimenteerd, nader onderzoek is gewenst. Aan de kant van de opbrengsten kan gedacht worden aan hogere gewasopbrengsten of het uitsparen van een (corrigerende) grondbewerking.

#### 5.4.2 Voorkomen van insporing en bodemverdichting

##### Knelpunt

Bij de mesttoediening en het oogsten worden steeds zwaardere machines ingezet om de arbeidsproductiviteit te verhogen. Bij gebruik van te weinig of verkeerde banden en/of onjuiste bandenspanning kan dat leiden tot insporing en verdichting van bouwvoor of diepere grondlagen. Verdichting van de diepere grondlagen geldt vooral voor zandgrond met een laag humusgehalte (Wouters *et al*, 1991). Dit structuurbederf kan langdurig gevolgen hebben en is moeilijk ongedaan te maken. In onderstaand kader staat een korte toelichting over bodemverdichting.

##### Omschrijving en toepasbaarheid

Door te kiezen voor bredere banden in combinatie met lagere bandenspanning wordt de insporing en verdichting van de bodem verminderd of zelfs voorkomen. In het voorjaar wordt aangeraden om een luchtdruk in de banden van 0,5 bar na te streven en de rest van het groeiseizoen 1,0 bar. Werken met kleine lichtere machines is vaak geen optie, omdat deze een te lage capaciteit hebben. Tevens moet gewacht worden met werkzaamheden op het land, totdat het land goed berijdbaar is. Dit dient op perceelsniveau bekeken te worden. De maatregelen vragen geduld van de veehouder en loonwerkers en investeringen in aangepast materieel van beide. Aangezien de risicovolle bewerkingen voornamelijk door de loonwerker worden uitgevoerd liggen daar de meeste investeringen en moet de veehouder eisen stellen aan het gebruikte materieel en toezien op de juiste toepassing (bandendruk).

##### Ecoploeg en 'zero-tillage'

De laatste jaren wordt er veel geëxperimenteerd met de 'eco-ploeg'. De scharen van de eco-ploeg hebben een afwijkende vorm ten opzichte van een conventionele ploeg. Met de ecoploeg wordt een ondiepe, volledige kerende bewerking uitgevoerd, zodat de organische stof boven in de bouwvoor blijft. Door de ondiepe bewerking kan gewerkt worden met een brede ploeg waardoor de trekker niet door de voor hoeft te rijden.

Op Europees en wereld niveau wordt in de akkerbouw veel aandacht geschonken aan 'conservational agriculture', waarbij een optimale bodemstructuur wordt nagestreefd door het totaal achterwege laten van grondbewerking ('zero-tillage') Dit systeem wordt met succes toegepast, maar is alleen mogelijk in een gewasrotatie zonder rooivruchten (Hoogmoed, 2002).

##### Effecten

Consequente uitvoering van deze maatregel voorkomt rijsporen en verdichting en de daarmee gepaard gaande opbrengstderving. De veehouders die deze maatregelen toepassen geven aan dat de grasmat minder slijt, waardoor het percentage goede grassen in de grasmat langer op peil blijft. Dat heeft tot gevolg dat het grasland minder vaak vernieuwd hoeft te worden

##### Economie

Door investeringen in materieel kunnen loonwerktarieven of jaarkosten van de veehouder stijgen. Als de bredere band om dezelfde velg past dan bedragen de meerkosten ongeveer €25 per centimeter bredere band. Als er naast een bredere band ook een bredere velg aangeschaft moet worden, bedragen de meerkosten ongeveer €50 per centimeter bredere band. De kosten van een traditioneel systeem voor luchtdrukwisseling bedragen €3000 tot €6000. Een eenvoudiger luchtdrukwisselsysteem, het Vari-air systeem kost ongeveer €2000 (Dijk, 2003). De opbrengststijging van gewassen levert echter geld op. Opbrengstdervingen door hoge belastingen en intensieve berijding worden voor maïs wel geschat op gemiddeld 7%. Proeven met graangewassen toonden opbrengstverhogingen met 10% bij systemen waar berijding achterwege blijft of met zeer lage druk plaatsvindt (Hoogmoed, 2002). Doordat het percentage grasland dat jaarlijks vernieuwd wordt daalt, kan geld bespaard worden; graslandvernieuwing kost €335 tot €750 per hectare.

##### Discussie

Voor nader onderzoek is het belangrijk dat alle kosten en baten in beeld worden gebracht. Vooral wanneer een keer graslandvernieuwing uitgespaard kan worden draagt dit bij aan tot een rendabele toepassing van deze maatregel.

**Bodemdichtheid meten met een sensor**

Een sensor die achterop de tractor te monteren is kan de penetrometer vervangen bij bepalen van de bodemdichtheid. De door onderzoekers van de Agricultural Research Service ontwikkelde sensor kan de bodemdichtheid op zes verschillende diepten registreren. De sensor wordt nu uitgebreid getest.

Doel is om de bodemdichtheidsgegevens en oogstgegevens van een perceel aan elkaar te koppelen om te kunnen vastleggen waar zich problemen voordoen met de structuur van de bodem. Een beter begrip van het hoe en waarom van opbrengstvariëaties binnen een perceel is ook van groot belang voor precisielandbouw. Bodemdichtheid is een van de belangrijkste factoren met betrekking tot de productiviteit van bodems.

Bron: AgriHolland, maart 2003

**Bodemverdichting**

Hoge belasting van de bodem tijdens berijding geeft aanleiding tot verdichting en versmering. Dit laatste kan ook door grondbewerking onder natte omstandigheden worden veroorzaakt. Als er druk op de bodem wordt uitgeoefend en de grond kan nergens heen, dan zullen de luchtgevulde poriën worden dichtgedrukt. Onder heel droge omstandigheden zijn de bindingen tussen bodemdeeltjes het sterkst en zal het effect klein zijn. Versmering onder natte omstandigheden zal er toe leiden dat alle bindingen tussen de bodemdeeltjes worden verbroken en er een homogene pasta ontstaat. Versmeerde grond is kleverig en zacht onder natte omstandigheden en droogt op tot keiharde kluiten onder droge omstandigheden.

Als de indringweerstand hoger wordt door verdichting zullen de wortels minder diep groeien en kan er sneller droogteschade ontstaan. Ook de doorlatendheid van de bodem voor zowel water als lucht wordt lager. Lucht en water zijn complementair: in een dichtere bodem zal sneller een groot deel van de poriën met water gevuld zijn waardoor de luchtdoorlatendheid snel kleiner wordt en zuurstofdiffusie naar de wortelomgeving te gering wordt, waardoor er grote schade aan het gewas kan ontstaan. Een slechte groei heeft gevolgen voor de meststoffen die, als ze niet aan de bodem gebonden worden, naar grond- en oppervlakte water uitspoelen. (Hoogmoed, 2002)

De diepte tot waarop verdichting optreedt is afhankelijk de breedte van de toegepaste banden. Vuistregel daarbij is dat de bodemdruk gehalveerd is op een diepte die gelijk is aan de breedte van de banden. Tegelijkertijd is de bodemdruk een resultante van gewicht van het voertuig en contactoppervlak met de bodem waardoor de bodemdruk onder de banden over het algemeen lager is bij brede dan bij smalle banden. Het geeft echter wel het belang aan van drukverlaging door luchtdrukwisselsystemen bij brede banden.

*5.4.3 Perceelsgericht waterbeheer***Knelpunt**

De vochtvoorziening van de bodem heeft een grote invloed op de bodemkwaliteit. Te veel water en te weinig water zijn beide nadelig. Tegelijkertijd is bodemkwaliteit en dan met name organische stofgehalte bepalend voor het vochtvasthoudend vermogen van de bodem.

**Beschrijving en toepasbaarheid**

Per perceel wordt de 'gemiddelde' vochtvoorziening onder 'gemiddelde omstandigheden vastgesteld. Oftewel is een perceel meestal te nat of meestal te droog. Er kunnen verschillende maatregel worden toegepast om de vochtvoorziening te optimaliseren bijvoorbeeld draineren of stuwdammetjes plaatsen.

**Effecten**

De vochtvoorziening wordt optimaler, waardoor gewasopbrengsten kunnen stijgen. De structuur van de grond en het bodemleven zullen waarschijnlijk ook positief beïnvloed worden.

## Economie

Het is een strategische maatregel, die direct toepasbaar is. De kosten en baten zullen voor elk specifiek bedrijf verschillend zijn. Concrete baten zijn de afnemende noodzaak om te beregenen. Deze (uitgespaarde) kosten kunnen toegerekend worden aan deze maatregel.

## Discussie

Binnen Praktijkonderzoek wordt gewerkt aan de “peilwijzer”. Deze praktijktool helpt te bepalen wat het ideale slootpeil is van een bepaald perceel.

### Rijschade aan grasland bij bemesten

Schade door in het vroege voorjaar over grasland te rijden drukt de grasopbrengst aanzienlijk. Dit blijkt uit praktijkproeven van het Louis Bolk Instituut en Plant Research International (PRI).

Het onderzoek naar het uitrijden van dierlijke mest is dit jaar begonnen op het bedrijf van melkveehouder Durk Oosterhof in Drachten. Het tweejarige onderzoek maakt deel uit van het Bioveem-project. Een van de doelen van het onderzoek is te koemen tot een bemestingsaanpak voor biologische gras-klover percelen. In proeven op vrij natte leemhoudende zandgrond is het in maart uitrijden van mest met de zodenbemester vergeleken met de sleepslang en met bovengronds uitrijden. Onderzoeker Nick van Eekeren van het Louis Bolk Instituut is geschrokken van de gevolgen die rijden over grasland heeft op grasgroei. Bij gebruik van een sleepslang of zodenbemester was de grasopbrengst in het wielspoor 9 tot 20 procent lager dan daarbuiten. “Buiten het wielspoor reageerde de gras-klover veelal goed op mest, vooral bij een laag klaveraandeel. Binnen een wielspoor ontbrak die reactie. Door de rijtschade was de graslandopbrengst van de bemeste delen van de percelen niet groter dan van de onbemeste delen”, aldus Van Eekeren. “Uit eerdere onderzoeken met organische mest op zand en kunstmest op klei is echter herhaaldelijk gebleken dat een stikstofgift in het voorjaar een grotere jaaropbrengst van gras-klover percelen geeft. Daarom is het te vroeg om nu al harde conclusies te trekken uit de resultaten van de proef in Drachten. Er kan sprake zijn van een jaarinvoed.”

In vergelijking met de zodenbemester en de sleepslang bleef de graslandopbrengst bij bovengronds bemesten 400 kg droge stof per hectare achter. PRI-onderzoeker Jaap Schroder schrijft dit toe aan het verlies van een deel van de ammoniumstikstof tijdens het uitrijden door vervluchtiging. Een pluspunt van bovengronds uitrijden door vervluchtiging. Een pluspunt van bovengronds uitrijden is de grote werkbreedte, waardoor er minder insporingschade plaatsvindt. In deze proef leek het effect van een geringe structuurschade echter niet op te wegen tegen het tegenvallende bemestingseffect van de bovengrondse toediening. Deze ervaring met bovengrondse toediening sluit aan op onderzoeksresultaten van het Praktijkonderzoek Veehouderij.

Bron: Oogst, november 2002

### 5.4.4 Samenvatting

In onderstaande tabel wordt een samenvattend overzicht gegeven van de maatregelen te verbetering van de bodemkwaliteit op het gebied van bodembewerking

**Tabel 21** Voor- en nadelen van de eco-ploeg en het achterwege laten van ploegen

Maatregel	Knelpunt	Nadeel	Voordeel
<i>Eco-ploeg</i>		Vraagt veel vakmanschap.	Minder verlies organische stof en mineralen. Positief effect bodemleven
<i>Ploegen achterwege laten</i>		Oude gewasresten worden niet / slecht ondergewerkt. Onkruid druk stijgt, dus meer gewasbeschermingsmiddelen nodig.	Minder verlies organische stof en mineralen. Kostenbesparend in sommige gevallen
<i>Voorkomen insporing</i>		Aanschaf bredere banden  Hoger loonwerktaarif per hectare Zeer veel geduld hebben	Positief effect bodemleven Lager % graslandvernieuwing Hogere gewasopbrengsten  Beter voor het bodemleven
<i>Perceelgericht waterbeheer</i>			

## 5.5 Duurzaam Bodembeheer als strategie

In deze paragraaf worden strategische maatregelen beschreven die veehouders kunnen nemen om de bodemkwaliteit op hun specifieke bedrijf te verbeteren. Het betreft maatregelen die ingrijpen op het hele bedrijfssysteem.

### 5.5.1 Bodemkwaliteit in samenhang met het bedrijfssysteem

#### Knelpunt

In voorgaande paragrafen zijn veel maatregelen beschreven die genomen kunnen worden ter verbetering van de bodemkwaliteit. De maatregelen die genomen worden moeten echter altijd passen binnen het bedrijfssysteem van een veehouder en zullen dus op elk specifiek bedrijf verschillend zijn. Het is belangrijk dat veehouders leren om hun eigen grond te beoordelen (bijvoorbeeld door een profielkuil te graven) en om specifieke maatregelen te kiezen die de bodemkwaliteit op *hún* bedrijf kunnen verbeteren of tenminste op peil houden.

#### Omschrijving en toepasbaarheid

Veehouders kunnen cursussen volgen om hun kennis over bodemkwaliteit te vergroten. Tevens winnen veehouders advies in bij verschillende adviseurs, zodat ze maatregelen kunnen nemen die passen bij hun specifieke bedrijfssysteem. Leren waarnemen en beslissen is de kern van deze maatregel. Deze strategische maatregel is min of meer direct toepasbaar. Het vergt echter een omslag in denken bij zowel de veehouder als adviseurs, bodemkwaliteit moet een hogere prioriteit krijgen. Tevens moet er verder gewerkt worden aan kennisontwikkeling en kennisverspreiding op het gebied van bodemkwaliteit op bedrijfsniveau.

#### Effecten

De veehouder krijgt praktisch op maat gesneden advies voor zijn specifieke bedrijfssituatie, waardoor hij de bodemkwaliteit op zijn bedrijf optimaal kan verbeteren of behouden.

#### Discussie

De strategische maatregel is min of meer direct toepasbaar. Het vergt echter een omslag in denken bij zowel de veehouder als adviseurs, bodemkwaliteit moet een hogere prioriteit krijgen. Tevens moet er verder gewerkt worden aan kennisontwikkeling en kennisverspreiding op het gebied van bodemkwaliteit op bedrijfsniveau.



### 5.5.2 Geïntegreerd organischestof- en stikstofmanagement

#### Knelpunt

Het organisch stofgehalte van zandgrond dreigt door een afnemend mestgebruik te dalen. De stikstof mineralisatie in de bodem wordt belangrijker omdat de mogelijkheid om met kunstmeststikstof bij de sturen daalt.

#### Omschrijving en toepasbaarheid

De veehouder maakt gebruik van een rekenmodel dat effecten van het huidige bedrijfsmanagement op organische stof opbouw op langere termijn berekend en de stikstof mineralisatie op korte termijn bepaald. In het rekenmodel voert de veehouder (samen met een adviseur) streeftrajecten in voor organische stofgehalte, stikstof mineralisatie, structuur etc. Het model kan berekenen welk bouwplan en welk bemestingsstrategie het gunstigst is voor het specifieke bedrijf. De strategische maatregel is nog niet direct toepasbaar. In de akkerbouwsector wordt gebruik gemaakt van het computermodel 'Opticrop'. Dit programma is wel geschikt om jaareffecten door te rekenen, maar nog niet om stikstofadviezen in het loop van het groeiseizoen voor grasland te geven. Bestaande programma's zullen geoptimaliseerd moeten worden, zodat ze geschikt zijn voor gebruik op melkveebedrijven en lange termijn effecten kunnen inschatten.

#### Effecten

Met de uitkomsten van het rekenmodel kan doelbewust voor maatregelen gekozen worden die passen bij een bepaald melkveebedrijf. In de berekeningen wordt de korte en lange termijn afgewogen. Aan de hand van de uitkomsten van de berekeningen kan bijvoorbeeld een vruchtwisselingsplan opgesteld worden waarin een meerjarig bouwplan, de bemesting, de gewasbescherming en de grondbewerkingen beschreven worden.

#### Economie

De kosten van het programma en advies zijn nog onduidelijk. Bij de optimalisatie van bestaande computer programma's zou eigenlijk ook een economische module ingebouwd moeten worden, zodat economische effecten voor de korte en lange termijn berekend kunnen worden. Uiteindelijk moeten de kosten voor het programma en de adviezen opwegen tegen de positieve effecten van een verbeterde bodemkwaliteit.

### 5.5.3 Bewustwording en kennisoverdracht over bodemleven naar de praktijk

#### Knelpunt

Veehouders kunnen de kennis die er is over bodemleven nog niet of nauwelijks praktisch toepassen op hun bedrijf. Vragen die uit de praktijk komen zijn bijvoorbeeld: wat is een goed bodemleven? Hoe kan ik bodemleven beoordelen? Hoe kan het bodemleven gestuurd worden? Heeft zodebemesting een negatieve invloed op het bodemleven? Sinds een aantal jaren worden er door verschillende laboratoria analyses ten aanzien van bodemleven aangeboden. Een voorbeeld van die analyse is het maken van chroma's. Ook aan de loop van aardstralen of energiebanen lezen een aantal "deskundigen" af of de bodem in evenwicht is.

#### Omschrijving en toepasbaarheid

Veehouders hulpmiddelen aanbieden, zodat zij bewust om kunnen gaan met het bodemleven op hun bedrijf en met de uitkomsten van bodemlevenanalyses. Deze maatregel is nog niet toepasbaar. Aan de ene kant is nog te weinig bekend over de rol van bodemleven in de bodemkwaliteit en aan de andere kant zijn er nog niet of nauwelijks betrouwbare zinvolle indicatoren voor de beoordeling van bodemleven.

#### Effecten

Door inzicht te hebben in het bodemleven zal de bodem in de toekomst meer in balans zijn, waardoor de kwaliteit en de opbrengst van gewassen kan stijgen.

#### Economie

Veehouders kunnen bodemmonsters laten analyseren in verschillende laboratoria om een beeld te krijgen van het bodemleven op hun bedrijf. De analyse kosten bedragen ongeveer 250 tot 750 euro per perceel. Omdat de achtergrond van de analyses of de interpretatie daarvan in een aantal gevallen onduidelijk of onbekend is ook moeilijk in te schatten of de gemaakte kosten opwegen tegen de voordelen van een beter bodemleven. Elders in dit rapport wordt verslag gedaan van een test die gedaan is om inzicht te krijgen in analysemethoden van verschillende laboratoria ten aanzien van bodemkwaliteit.

## Discussie

Er is al veel kennis over het bodemleven. De relatie met bodemkwaliteit en het antwoord op de vraag of bodemleven een indicator of bodemeigenschap is echter nog niet duidelijk. Ondertussen worden er wel diverse analyses aangeboden die de veehouder inzicht moeten geven in de kwaliteit van de bodem en het bodemleven in het bijzonder. Tot nu zou deze methoden nauwelijks wetenschappelijk onderbouwd of getoetst.

## 5.6 Samenvatting

In tabel 22 staat een samenvattend overzicht en beoordeling van de maatregelen die in dit hoofdstuk beschreven zijn. In de eerste kolom staat de maatregel beschreven. In de tweede kolom wordt per maatregel het besluitvormingsniveau dat op de maatregel van toepassing is aangegeven. Dit loopt van strategisch (het hele bedrijf betreffend en met een tijdshorizon van meerdere jaren) via tactisch (een aantal processen betreffend met een looptijd van één jaar of groeiseizoen) tot operationeel (een bepaald proces betreffend met een tijdshorizon binnen een groeiseizoen of jaar). In de derde, vierde en vijfde kolom wordt de effectiviteit van de maatregel op respectievelijk het organische stofgehalte, de structuur en het bodemleven weergegeven. In de zesde kolom staat weergegeven of de maatregel al praktijkrijp of nog lang niet toepasbaar is. Praktijkrijp wil zeggen dat de veehouder de maatregelen direct op zijn bedrijf toe zou kunnen toepassen. In de zevende kolom staat beschreven of de maatregel bijdraagt aan een positief of negatief bedrijfsresultaat of dat dit nog onbekend is. In achtste en laatste kolom staat aangegeven of nader onderzoek nodig is en wat de prioriteit is die daaraan gegeven zou moeten worden. Deze prioriteit is mede bepaald op de economische effectiviteit van de maatregelen.

**Tabel 22** Samenvattend overzicht en beoordeling van maatregelen ter verbetering van de bodemkwaliteit

<i>Maatregel</i>	<i>Beslissingsniveau<sup>1</sup></i>	<i>Effectiviteit organische stof<sup>2</sup></i>	<i>Effectiviteit structuur<sup>3</sup></i>	<i>Effectiviteit Bodemleven<sup>4</sup></i>	<i>Praktijkrijp<sup>5</sup></i>	<i>Economie volgens onderzoek<sup>6</sup></i>	<i>Meer onderzoek gewenst<sup>7</sup></i>
Groenbemester	3	4	3	3	5	2	3
Wisselteelt (lichte zandgrond)	1						
Verhogen verhouding C/N	1/2/3	3	2	3	4	2	3
Mestscheiding	3	2	2	2	4	1	2
Toevoegmiddelen: - mest	3	1	1	2	4	1	2
- bodem	3	2	2	2	4	1	2
Reductie mestvreemde stoffen	3	1	1	2		2	2
Vaker en minder bemesten	3	1	1	3	3	2	4
Compost aankopen	3	5	2	3	4	2	3
Composteren op melkveebedrijf	3	5	2	3	3	1	2
PH grond op peil brengen							
-traditioneel	3	2	3	2	5	3	1
-schelpenkalk	3	2	3	2	3	2	3
Eco ploeg	3	2	2	2	5	2	3
Niet ploegen	3	3	3	4	2	2	4
Insporing / bodemverdichting voorkomen	3	1	5	2	5	3	3
Wachten met werkzaamheden op het land totdat het goed berijdbaar is	3	1	5	2	5	3	2
Perceelsgericht waterbeheer	2/3	2	2	2	3	2	3
Bodemkwaliteit in samenhang met bedrijfssysteem	1	3	2	3	3	2	5
Geïntegreerd organische stof en stikstofmanagement	1	5	1	3	3	2	5
Kennis over bodemleven, chroma's en aardstralen toepassen op bedrijf	2	2	2	5	1	2	4

<sup>1</sup> 1= strategisch, 2=tactisch, 3=operationeel<sup>2</sup> 1= geen effect, 5= veel effect (lange termijn)<sup>3</sup> 1= geen effect, 5= veel effect<sup>4</sup> 1= geen effect, 5= veel effect<sup>5</sup> 1=niet toepasbaar, 5= kan direct toegepast worden<sup>6</sup> 1= negatief, 2 =onbekend, 3= positief<sup>7</sup> 1= lage prioriteit, 5 = hoge prioriteit

## 5.7 Bodemkwaliteit binnen praktijkprojecten

In Nederland zijn veel veehouders actief in praktijkprojecten, die (vooral) als doel hebben om veehouders inzicht te geven hoe ze aan de (toekomstige) mestwetgeving kunnen voldoen. Aan de hand van een telefonische enquête is nagegaan in hoeverre bodemkwaliteit een rol speelt binnen verschillende praktijkprojecten. Voor de meeste projecten was het thema bodemkwaliteit een klein onderdeel van het project. Bij de meeste studiegroepen hebben (bodem)deskundigen themabijeenkomsten verzorgd over bodem(kwaliteit) en bemesting. Sommige groepen hebben een cursus 'kijken naar grond' gevolgd (zie onderstaand kader)

### Cursus kijken naar grond (Coen ter Berg)

Wat leert een veehouder die deelneemt aan een cursus kijken naar grond:

- Goede grond is grond waarop gewassen onder alle omstandigheden blijven groeien
- Met stikstof en water kun je veel corrigeren
- Akkerbouwers gruwen ervan hoe sommige veehouders met hun grond omgaan
- Zorg voor geleidelijke processen (strooi bijvoorbeeld niet te veel kalk in een keer)
- Pas het management aan de grond aan.
- Maak onderscheid tussen percelen (management op perceelsniveau)
- Wortels maken grond
- Wormen zijn drager van processen in de grond (maken verbinding tussen boven- en ondergrond)
- Het microleven in de bodem hangt af van de weersomstandigheden
- Alle Nederlandse gronden zijn op ongeveer 30 centimeter verdicht

Bij veel projecten zijn maatregelen uit de 'Vel en Vanla methodiek' (zie paragraaf 5.7.1) aangedragen om aan de mestnormen te voldoen met behoud of verbetering van de bodemkwaliteit. Bij de meeste projecten hebben veehouders zelf de keuze gemaakt, van welke specifieke maatregelen ze gebruik maken in hun bedrijfsvoering. Bij de meeste projecten zijn geen of zeer weinig gegevens verzameld die betrekking hebben op de bodemkwaliteit. Binnen projecten zijn wel adviezen gegeven op welke manier veehouders de bodemkwaliteit kunnen verbeteren. Voor enkele projecten volgt hieronder een opsomming.

### ***Vel en vanla***

Binnen Vel en Vanla wordt het advies gegeven om:

- Zo weinig mogelijk te ploegen
- Het bodemleven te stimuleren
- Om grasland niet met te zware machines te bewerken
- Om mest met een hoge C/N verhouding te produceren
- Om onderscheid te maken tussen percelen
- Om het 'Bodem, plant en dier systeem' als basis te kiezen

### ***Bioveem***

In Bioveem wordt onderzoek gedaan naar het bodemleven in grasklaver weiden. Daarbij vraagt men zich af hoe het bodemvoedselweb wordt beïnvloed door type zandgrond en door het graslandmanagement. Daarnaast loopt er onderzoek naar mestkwaliteit. Hier wordt de hypothese onderzocht of de bemestende waarde van mest ook beïnvloed wordt door de totale biochemische samenstelling van mest.

### ***Stimuland***

Binnen het project stikstof op scherp werden o.a. de volgende adviezen gegeven:

- Pas wisselteelt toe i.p.v. continu teelt
- Zaai groenbemesters
- Scheur het grasland niet te vaak
- Zorg voor een goed waterpeilbeheer
- Verbeter de mestkwaliteit

**Akkerbouw projecten (Biom en Telen met Toekomst)**

- Binnen projecten worden algemeen geldende adviezen omtrent bodemkwaliteit gegeven
- Er zijn analyses verricht (door Koch) op het gebied van bodemkwaliteit
- Op kleigrond is geëxperimenteerd met de ecoploeg
- Er zijn proeven verricht naar de mate waarin compost ziektes kan weren.
- Bemestingsplannen met als doel het op peil houden van de organische stof

**Overig**

- a) Verschillende manieren om de bodemkwaliteit continu te meten (staan allen nog in de kinderschoenen)
  1. Continu bodem kwaliteit metingen met Soil Doctor System
  2. Sensor van the Soil Company meet allerlei bodemgegevens op basis van natuurlijke straling
  3. Sensor om bodemdichtheid op 6 verschillende dieptes te meten van Agriculture Research Service
- b) Microfarming: telen met 'hulp' van natuurlijk voorkomend microleven in de bodem en op het gewas. Doel: gezonde grond en een goed producerend gezond gewas met een minimum aan kunstmest en gewasbeschermingsmiddelen.

**5.7.1 Visie vanuit Mineralenproject "Vel & Vanla" op bodemkwaliteit.**

In het mineralenproject van de Friese milieucoöperaties Vel (Vereniging Eastermars Lânsdouwe) en Vanla (Vereniging Agrarisch Natuur en Landschapsbeheer Achtkarspelen) is een groep melkveehouders verenigd die via verandering in het bedrijfsmanagement de stikstofefficiëntie probeert te verbeteren. De aanpak is gericht op een systeembenadering; veel aandacht voor de samenhang binnen het bedrijf tussen bodem, plant, dier en mest. De bodem staat niet op zichzelf. De deelnemers aan het mineralenproject zijn zich zeer bewust van de onderlinge samenhang tussen de bodem en de andere deelsystemen. Een vitale bodem is de basis van een gezond en duurzaam bedrijf. De bodem is een complex geheel dat bruist van de activiteit. Al is het biologische leven in de bodem niet volledig zichtbaar met het blote oog, het is druk aan het werk om de bodem luchtig te houden en voedingsstoffen vrij te maken voor de planten. Veel boeren zien de mate van het 'veren' van de bodem als een goede graadmeter voor het organische stofgehalte. Binnen het project Vel en Vanla wordt rekening gehouden met de volgende bodemkwaliteit parameters: bodemtextuur en structuur, nutriëntenstatus, organische stofgehalte, pH, Vochtgehalte, temperatuur, gewassen en onkruiden die op het land staan, ontwatering, landgebruik (zware of lichte machines, scheuren of ploegen), kunstmestgebruik en kwaliteit en hoeveelheid dierlijke mest (C/N verhouding)..

**5.8 Nut en rendement van een betere bodemkwaliteit voor melkveehouderij op zandgrond**

In deze paragraaf gaat het om een inschatting van het economisch perspectief van maatregelen ten gunste van bodemkwaliteit. Dit tegen de achtergrond van de huidige aandacht voor bodemkwaliteit in de bedrijfsvoering en de mest- en mineralenwetgeving die in ontwikkeling is.

Bodemkwaliteit wordt opgevat als het totaal van bodemeigenschappen wat nodig is voor goede gewasproductie, namelijk (1) structuur, (2) vochtleverend vermogen, (3) nutriëntenvoorraad en –beschikbaarheid en (4) bodemleven.

Deze nieuwe wetgeving zal een verdere reductie van stikstof-bemestingsniveau op zandgrond tot gevolg hebben. De productie zal daardoor dalen. De aanvoer van organische stof naar de bodem wordt lager door de lagere productie en kleinere hoeveelheid organische mest. Bij ongewijzigd bodemmanagement komt ook de bodemkwaliteit onder druk te staan. De lage bodemkwaliteit die lichte zandgronden van nature hebben, mag niet meer gecompenseerd worden met hogere mestgiften en wordt dus de beperkende factor. Wij verwachten dat de gemiddelde ruwvoerproductie per eenheid oppervlakte op lichte zandgronden daardoor nog zal dalen met ca. 30 %. We verwachten dat deze daling zich stabiliseert op een nieuw niveau in 2015. We schatten de gemiddelde netto productie van de ruwvoergewassen nu op 11 ton ds per hectare. Dit zal dus afnemen naar ca. 8 ton. Ook bedrijven die nu een hogere of lagere productie realiseren zullen met deze relatieve opbrengstdaling te maken krijgen.

Echter, door een beter bodembeheer kan een deel van deze opbrengstdaling voorkomen worden. Daarbij gaat het in eerste instantie om bewustwording. Daarna om het toepassen van beschikbare kennis in de vorm van effectieve en efficiënte maatregelenpakketten. Dit moet nog ontwikkeld worden, maar in het huidige project worden duidelijke gemaakt welke maatregelen potentie hebben. We denken dat toepassing van een bedrijfsspecifiek pakket aan maatregelen 10 tot 25 % opbrengst verhoging mogelijk is. Dat betekent dat ten

opzichte van de huidige 11 ton geen opbrengstdaling van 30%, maar een daling van 5 tot 20 % zal plaatsvinden, afhankelijk van het type zandgrond en het bedrijfssysteem.

Het maatregelenpakket zal dus zo'n 2 ton opbrengst uitmaken. Als dit voer op de markt moet worden aangekocht is dit een post van € 200 per hectare (als voerprijzen op hetzelfde niveau blijven). Het gemiddelde bedrijf op zandgrond is momenteel ruim 30 hectare groot. Er waren in 1997 zo'n 13.000 melkveebedrijven op zand in het zuiden en oosten, dus er was 400.000 ha in gebruik. Omdat het areaal jaarlijks afneemt, wordt uitgegaan van 350.000 ha in 2015 die van de ontwikkelde pakketten zal profiteren.

Op de volgende gebieden zien we mogelijke voordelen die niet in de overweging zijn meegenomen:

1. bereikte doelen m.bt. biodiversiteit (m.n. bodemleven)
2. reductie van beregeningsbehoefte; zowel qua kosten als wat betreft beleidsontwikkeling van belang
3. voldoen aan cross compliance bepalingen in premiereregelingen
4. voordelen van de ontwikkelde kennis voor andere regio's en grondsoorten

De kosten van dit maatregelenpakket worden ingeschat op ca. 50 % van de opbrengsten. Het rendement van bodemkwaliteit in de bedrijfsvoering bedraagt daarmee € 100 per hectare en voor de melkveehouderij op zand totaal 35 mln €.

## 6 Toepassing voor de praktijk

### **Kijk eens in de grond. Bodemkwaliteit is ook met het blote oog te zien.**

Beoordelen van de bodemkwaliteit kan door middel van analyses in een laboratorium maar ook met het blote oog! Een profielkuil van een meter diep brengt de verschillende bodemlagen in beeld. Zo kunt u de bewortelingsdiepte en verticaal kruipende wormen zien. Minder bewerkelijk is het uitsteken van een 30 x 30 cm<sup>2</sup> plag van 25 cm diep. Tel eens alle wormen per plag (richtlijn 15-25) en schat de dikte van de actieve kruimellaag (richtlijn 10-15 cm).

### ***Bemesting***

#### **Meer organische stof geeft meer stikstof, vocht en bodemstructuur**

Organische stof zorgt voor een vruchtbare bodem met een goed functionerend bodemleven. Het levert en buffert nutriënten zoals stikstof, regelt de vochthuishouding en verbetert de bodemstructuur. Stel eens een organische stofbalans op voor grasland, maïsland en wisselbouw op uw bedrijf. Extra organische stof kunt u aanvoeren met dierlijke mest, een groenbemester en compost.

#### **Structuur in het rantsoen is goed voor koe en mest**

Houd rekening met de kwaliteit van mest. De samenstelling kunt u bijsturen via het rantsoen en strooiselgebruik. Voor lagere stikstofverliezen is een structuurrijk en eiwitarm rantsoen beter. Iets later inscharen en maaien geven meer vezels en organisch gebonden stikstof in de mest. Stro in de ligboxen verhoogt de structuurwaarde en de C/N-verhouding in de mest. Het bodemleven profiteert van deze verrijkte mest.

#### **Kalk verbetert de structuur, het bodemleven en dus de opbrengst**

Bekalk als de pH lager is dan 5,0 voor gras, 5,5 voor gras/klaver en 5,2 voor maïs. Een optimale pH bevordert het bodemleven en daarmee de mineralisatie van stikstof en de bodemstructuur. De kosten van gangbare kalkmeststoffen verdient u terug door hogere gewasopbrengsten. Het najaar is het beste moment om te bekalken.

### ***Bewerken***

#### **Geduld in het voorjaar wordt beloond met opbrengst**

Wees geduldig, berijd de grond alleen als de omstandigheden het toelaten. Zo blijft de bodemstructuur in tact en krijgen vocht, zuurstof en bodemleven de ruimte. Van een goede structuur profiteert de gras- en maïsgroei het hele seizoen. Te vroeg bewerken of bemesten, en daarmee de structuur bederven, blijft het hele jaar zichtbaar en kost opbrengst.

#### **Minder graslandvernieuwing door lagere bandenspanning**

Een veilige bodemdruk is van groot belang. Kies daarom voor een lage bandenspanning (0,8 bar in het voorjaar en 1,0 bar in de zomer) en indien nodig voor brede banden. U voorkomt zo insporing en bodemverdichting. Goede banden en wachten met werkzaamheden op het land hebben een positieve invloed op de kwaliteit van de grasmat: zo blijft het aandeel goede grassen langer op peil en is graslandvernieuwing minder vaak nodig.

#### **Niet of ondiep ploegen; goedkoper en goed voor het bodemleven**

Pak niet standaard de ploeg maar beoordeel of een andere grondbewerking mogelijk is. Ploegen vermindert in het algemeen het bodemleven. Speciale machines (cultivatoren, frezen en ploegen) maken met een ondiepe grondbewerking toch een goed zaaibed. Regelmatig een diepe grondbewerking verlaagt het organische stofgehalte en heeft daarmee indirect een negatieve invloed op het vasthoudend vermogen van de bodem voor water en voedingsstoffen, de bodemstructuur en het bodemleven.

### ***Bouwplan***

#### **Blijvend gras of rouleren met maïs?**

De diversiteit tussen zandgronden is groot. De ene zandgrond is geschikt voor blijvend grasland met een lage bemesting. Andere typen zandgrond zijn beter geschikt voor wisselbouw, waarbij het bouwplan voor minimaal de helft uit grasland bestaat. Wisselbouw wordt gunstiger naarmate de groeiomstandigheden voor continueelt van maïs of gras ongunstiger zijn.

### **Meer maïs na een goede groenbemester**

Het loont om tussen twee maïsteelten op hetzelfde perceel een goede groenbemester te telen. Maïs reageert sterk op de bodemstructuur, vochtvoorziening en warmte. Een groenbemester, die zich goed kan ontwikkelen, heeft een intensieve en diepe beworteling en daardoor een structuurverbeterend effect. Na het onderwerken van de groenbemester neemt de activiteit van de bodem sterk toe, waardoor extra stikstof vrijkomt. Dit alles draagt bij aan een hogere maïsofbrengst.

### **Het juiste gewas op de juiste grond**

Goed rendement is alleen mogelijk als het bouwplan aansluit bij de bodemkwaliteit.

En een goede gewaskeuze kan de bodemkwaliteit positief beïnvloeden. Vlinderbloemigen, zoals klaver en luzerne, zorgen voor extra stikstofvastlegging. Graan en luzerne laten een betere bodemstructuur achter dan snijmaïs. Tijdens een grasland periode wordt extra organische stof toegevoegd. Maak een goed bouwplan: niet alleen op basis van opbrengst en voederwaarde, maar neem ook de invloed op bodemkwaliteit mee.



## 7 Conclusies en Aanbevelingen

### 7.1 Conclusies

In deze conclusies wordt de behandelde materie samengevat in voor de landbouwpraktijk bruikbare kennis. Tegelijkertijd worden kennisleemtes aangewezen waarop in de aanbevelingen wordt teruggegrepen. Het gaat hier om kennisleemtes in de toepasbare kennis die vanuit het praktijkonderzoek voor adviseurs en (koploper) veehouders beschikbaar is. Met andere woorden, opvulling van deze kennisleemtes kan op korte termijn voor verbetering in de praktijk zorgen.

#### 7.1.1 Zandgronden

De volledige benaming van de groep gronden waartoe de zandgronden behoren is 'zand- en leemgronden'. Zandgronden zijn gedefinieerd als gronden die tussen 0 en 80 cm diepte voor meer dan de helft van de minerale delen uit zand bestaan; leemgronden bestaan voor meer dan de helft van de minerale delen uit leem. De meest voorkomende zandgronden zijn podzolgronden, enkeerdgronden en beekerdgronden. De eerste genoemde is verreweg het meest voorkomende zandgrond in Noord, Oost en Zuid Nederland. De podzolgronden zijn het droogste en hebben, afhankelijk van de ligging relatief lage organische stof gehalten. De enkeerdgronden hebben in potentie van deze drie de beste bodemeigenschappen. Beekerdgronden zijn vooral bekend om hun lage organischestofgehalten. Wat betreft vochtleverend vermogen en nutriënten is duidelijk dat de podzolgronden, met name die met een lage grondwaterstanden, slecht scoren. Lagere podzolgronden (dus met hogere grondwaterstand), beekerd- en enkeerdgronden voldoen beter aan deze eisen. Beekerdgronden scoren minder op de eigenschap bodemstructuur.

#### 7.1.2 Bodemkwaliteit

De definitie van het begrip bodemkwaliteit hangt af van de invalshoek. In de studie is gekozen voor de volgende definitie van bodemkwaliteit:

het vermogen van de bodem om gewassen op langere termijn van voldoende water en nutriënten te voorzien, zodat gewassen tot een hoge productie per eenheid productiefactor kunnen komen met een lage belasting voor de omgeving.

Om de bodemkwaliteit in beeld te krijgen moet het begrip worden vertaald naar de praktijk. Hiertoe moet worden vastgesteld welke eisen een bepaald bodemgebruik aan de bodemkwaliteit stelt. In de melkveehouderij worden ruwvoergewassen geteeld; de productie is afhankelijk van veel bodemeigenschappen.

De bodemkwaliteit krijgt handen en voeten door kwaliteitseisen op te stellen die bepalend zijn of en in hoeverre de bodem geschikt is voor bepaald gebruik (c.q. gewassen). Die kwaliteitseisen hebben hier betrekking op bodemeigenschappen voor de teelt van voedergewassen op zandgrond. In deze studie worden de belangrijkste bodemeigenschappen omschreven en achterliggende factoren benoemd.

De relevante bodemeigenschappen zijn:

1. bodemstructuur voor diepe beworteling en draagkracht
2. vochtleverend vermogen (VLV) (zowel in wortelzone als capillaire opstijging)
3. nutriëntenvoorraad, –binding, –levering en –beschikbaarheid (incl. NLV),
4. divers en actief bodemleven

Bodemorganische stof is voor alle bodemeigenschappen een zeer belangrijke factor. In het verleden is vooral kennis opgedaan over de chemische en fysieke aspecten hiervan. Aan het bodemleven is vanuit de landbouwpraktijk tot voor kort weinig aandacht besteedt, maar nu is de aandacht groeiende. Net als een groot deel van het bodemleven is, gezien vanuit de landbouw, bodem organische stof geen bodemeigenschap waarvoor een minimumwaarde te formuleren is. Wel is een bepaalde mate van bodemorganische stof en bodemleven nodig om op de bovenste drie bodemeigenschappen goed te scoren. De grotere bodemdierpjes, zoals wormen, leveren bijvoorbeeld een belangrijke bijdrage aan de (zichtbare) bodemstructuur.

Over het bodemleven is er wel veel theoretische kennis aanwezig maar er is zeer weinig onderzoek naar relaties tussen gewasopbrengst, bodembeheer, bodemleven en bodemeigenschappen op verschillende typen zandgrond. Dit onderzoek is noodzakelijk om enerzijds de relaties tussen bodemleven, de bodemeigenschappen en de gewasopbrengst te kunnen kwantificeren en anderzijds voor de vraag of metingen aan het bodemleven kunnen dienen als indicatoren voor bodemeigenschappen (**kennisleemte**).

### 7.1.3 Indicatoren

Om de bodemeigenschappen en daarmee de bodemkwaliteit te monitoren zijn indicatoren nodig. Ieder van de bodemeigenschappen moet worden gemonitord, met zo weinig en zo eenvoudig mogelijke parameters. Voor het monitoren van de bodemeigenschap “nutrientenvoorraad” zijn een reeks bruikbare indicatoren beschikbaar, gebaseerd op chemische bepalingen aan bodemmonsters. Voor het monitoren van de structuur, de vochtvoorziening en het bodemleven zijn nog nauwelijks gevalideerde, routinematig toepasbare indicatoren beschikbaar (**kennisleemte**). Wel zijn er diverse manieren om in het veld waarnemingen te doen aan het bodemleven en de bodemstructuur. Deze zijn bruikbaar in bewustwording en voor oriëntatie op verschillen binnen een bedrijf, maar leiden slechts tot een subjectieve beoordeling. Voor het kunnen doen van goede waarnemingen en beoordeling op diverse locaties is veel training vereist. Het organische stof gehalte is binnen de genoemde typen zandgrond een indicator voor de stikstofmineralisatie en vochtleverend vermogen. Ook zijn er diverse laboratoria die producten aanbieden waarmee de bodembioïologie en –structuur in beeld gebracht zou kunnen worden.

### 7.1.4 Bedrijfsvoering en bodemkwaliteit

Een groot aantal onderdelen van de bedrijfsvoering op melkveehouderijbedrijven heeft te maken met bodemkwaliteit. Maar weinig melkveehouders zijn zich hiervan bewust. De bodemkwaliteit speelt een relatief kleine rol bij keuzes in de bedrijfsvoering, vergeleken met bijvoorbeeld de rantsoensamenstelling van de melkkoeien. Men ervaart geen probleem en ziet geen bedreigingen op dit gebied. Er bestaat echter een kleine groep veehouders die toe zijn aan zeer concrete verbetertrajecten en/of bereid om hun bedrijfsvoering aanzienlijk te wijzigen met het oog op bodemkwaliteit. In hun beleving voldoen de bodemeigenschappen van hun percelen nog niet aan de eisen van duurzame gewasproductie en dit is aanleiding om daaraan te werken. In de workshop noemden de aanwezige melkveehouders een reeks knelpunten gerelateerd aan de bodem en/of de bedrijfsvoering.

Er zijn in de melkveehouderij op zand drie teeltsystemen te onderscheiden, namelijk blijvend grasland, maïs continueelt en wisselbouw. In de laatst genoemde komen naast gras en maïs allerlei gewassen voor, ook niet-ruwvoergewassen, zoals aardappelen en bloembollen.

Voor het ordenen van de invloed van de bedrijfsvoering op bodemkwaliteit worden de volgende drie onderdelen van de bedrijfsvoering onderscheiden: Bouwplan, Bemesting en Bodembewerking.

Deze invloed is deels zicht- en tastbaar te maken door het opstellen van een organische stof balans. De bedrijfsvoering beïnvloedt zowel de aanvoer- als de afvoerkant. In de aanvoerkant staan de posten (1) organische mest (via bemesting en beweiding), (2) gewasresten en oogstverliezen, (3) wortels en stoppels en (4) groenbemester. De gewaskeuze en vruchtwisseling, de bemesting en het graslandgebruik zijn managementgebieden die de aanvoerkant sterk bepalen. In de afvoerkant staat de afbraak/vertering van organische stof in de bodem. De toegepaste grondbewerking en de ontwatering hebben hier grote invloed op. Echter is er momenteel onvoldoende informatie beschikbaar om een voldoende nauwkeurige organische stof balans voor specifieke percelen op te stellen. Beide zijden van de balans ontberen nauwkeurige schattingen (**kennisleemte**).

Naast de invloed op de organische stof balans van de bodem is er vanuit de bedrijfsvoering invloed op de bodemstructuur (bewerking en berijding) en de beschikbaarheid van water (VLV) (ontwatering en beregening). Met name het grasland op lichte, droge zandgronden kan berijding goed verdragen. De leemhoudende en vochthoudende zandgronden zijn gevoeliger voor structuurschade.

### 7.1.5 Knelpunten en perspectief

De meest knellende problemen waarmee de melkveehouderij op zand in dit kader te maken heeft of krijgt zijn de lage gewasproductie (bij beperkte bemesting en beregening) en te hoge nitraatuitspoeling.

Definitie van duurzaam bodembeheer is “Het nemen van maatregelen die zijn gebaseerd op een beoordeling van de bodemkwaliteit met als doel om de bodemkwaliteit te handhaven of te verhogen”. Gelet op het belang van organische stof wordt aan het beheer van organische stof een centrale rol toebedeeld. Mogelijke maatregelen

voor duurzaam bodembeheer zijn (nagenoeg allemaal) in te delen in de drie B's: Bemesting, Bouwplan en Bodembewerking.

In de teelt van ruwvoedergewassen is het voor het oplossen van deze knelpunten cruciaal dat de aanwezige stikstof, uit bemesting of mineralisatie zo volledig mogelijk ten goede komt aan gewasproductie en opbouw van bodemorganische stof. De stikstof die vrijkomt uit het scheuren van een graszode verdient daarbij speciale aandacht (**kennisleemte**).

Er wordt in hoofdstuk 4 ingegaan op de relatie organische stof gehalte en vochtleverend vermogen (VLV) en stikstofleverend vermogen (NLV). Het effect van een verhoging van het organischestofgehalte met 1% is ca. 30 mm en 25 kg N per ha. Het realiseren en/of in stand houden van een zinvol organischestofgehalte vergt een inspanning in ruimte (bouwplan) en/of tijd (jaarlijkse bemesting). Deze inspanningen moeten worden afgezet tegen de besparingen op respectievelijk beregening en N-bemesting. Bovendien wordt voor verhoging van NLV ook N-bemesting vereist en hier moet rekening worden gehouden met verliezen. Een kunstmatige hogere NLV leidt daarom waarschijnlijk niet tot lagere N-verliezen (**kennisleemte**).

Het verhogen van het organische stof gehalte van een zandgrond is een kwestie van jaarlijkse aanvoer waarvan effecten pas met een aantal jaren zichtbaar worden. In de blijvend grasland worden de hoogste organische stof gehalten bereikt die voor betreffende grond mogelijk zijn omdat gras veel organische stof aan de bodem levert en de bouwvoor niet bewerkt wordt. In het algemeen gaat verlaging van het organische stof gehalte veel sneller dan opbouw. Daarom zal de inzet gericht zijn op het op peil houden van organische stofgehalte (conservering). De opbouw onder grasland kan echter verschillen van perceel tot perceel; niet alleen door verschillen in textuur en ontwatering, maar ook doordat de genoemde organische stof levering aan de bodem hoger of lager is ten gevolge van graslandgebruik, -bemesting en -productiviteit. Over de kwantitatieve effecten van het graslandmanagement op organische stof aanvoer via beworteling is nauwelijks kennis beschikbaar (**kennisleemte**).

Het bodemleven wordt gezien als zeer belangrijk, met name voor het verwerken van de aangevoerde mest en andere vormen van organische stof en voor het maken van bodemstructuur. Bestudering van de adviesproducten van praktijklaboratoria, die gericht zijn op het bodemleven in relatie tot organische stof, stikstofmineralisatie en bodemstructuur, leidt tot de conclusie dat de methodieken en hierop gebaseerde adviezen onvoldoende wetenschappelijk zijn onderbouwd. De analyseresultaten dragen in de praktijk wel bij aan de bewustwording van het belang van bodemkwaliteit. Er is momenteel onvoldoende inzicht in hoeverre het bodemleven optimaal functioneert en de gewasgroei direct positief of negatief kan beïnvloeden (**kennisleemte**). Wellicht kunnen er levende organismen dienen als indicator voor het in beeld brengen van de bodemeigenschappen of veranderingen daarin van een perceel. De ontwikkeling van indicatoren zou een essentiële bijdrage leveren aan de aanpak van knelpunten in de bodemkwaliteit.

### 7.1.6 Maatregelen

Uit het onderzoek onder wetenschappers is duidelijk geworden dat de bodemkwaliteit een grondsoortspecifiek kenmerk is dat in de praktijk mede door de bedrijfsvoering wordt bepaald. In de landbouwpraktijk worden door individuele melkveehouders bij elkaar een groot aantal specifieke maatregelen toegepast gericht op het verbeteren van bodemkwaliteit. Ook zijn bepaalde praktijkprojecten actief op het gebied van bodemkwaliteit. Uit deze bronnen is een scala van maatregelen in deze studie geïnventariseerd, beschreven en beoordeeld op effectiviteit. De volgende maatregelen zijn opgenomen (in volgorde van effectiviteit en perspectief):

#### 1. bouwplan aanpassen

Doordat gewassen verschillend bijdragen aan bodemkwaliteit en organische stof aanvoer, zijn het bouwplan en de gewasrotatie van strategisch belang voor bodemkwaliteit. Met name wordt door bouwplan (en daarmee vruchtwisseling) de opbouw en het gebruik van bodem organische stof gestuurd.

#### 2. waterbeheer

Het waterbeheer heeft invloed op verschillende bodemeigenschappen en organische stof dynamiek en is daardoor van groot belang. Er zijn wellicht mogelijkheden af- en ontwatering aan te passen. Dit kan op delen van het perceel of op het gehele perceel betrekking hebben.

### 3. toepassen van goede indicatoren

Voor het optimaliseren van bodemeigenschappen zijn indicatoren nodig die in beeld brengen of betreffende bodemeigenschap voldoet aan de eisen van een goede bodemkwaliteit en of de toegepaste maatregel positief effect heeft gehad.

### 4. grondbewerking en berijding aanpassen

Het gaat hier om de diepte en het type grondbewerking wat optimaal is vanuit de verschillende invalshoeken. De bodemkwaliteit vraagt een zo beperkt mogelijke grondbewerking, maar vanuit het oogpunt van onkruidbestrijding, zaaibedberijding, het onderwerken van mest, etc. wordt er in het algemeen diepe bewerkingen toegepast. Hier zal het optimum gevonden en toegepast moeten worden.

### 5. zuurtegraad van bodem optimaliseren

De zuurtegraad is van groot belang voor het functioneren van de bodemecologie en de beschikbaarheid van nutriënten. Voor het bodemleven moet de zuurtegraad zeker niet te laag zijn.

### 6. succesvol groenbemester telen

Groenbemers leveren de bodem extra organische stof, vangen beschikbare minerale stikstof en leveren extra gewasopbrengst. Echter regelmatig ontwikkelt een groenbemester onvoldoende om van deze voordelen te profiteren.

### 7. mestsamenstelling aanpassen aan bodem

De mestsamenstelling wordt beïnvloed door het rantsoen, het strooiselgebruik in de ligboxen, toegepaste (klauw) ontsmettingsmiddelen en medicijnen, en eventuele mestbewerking. Door al deze variabelen kan de samenstelling van de mest worden aangepast aan de bodem. De koolstof-stikstof verhouding in de mest, het ammoniumgehalte en eventuele toxische stoffen zijn van invloed op het bodemleven (tenminste op korte termijn).

### 8. graslandgebruik aanpassen

Het graslandgebruik (weiden en maaien; intensiteit; bemestingsniveau) en de botanische samenstelling zijn van invloed op de verhouding bovengrondse en ondergrondse plantengroei. Deze factoren zijn mede bepalend voor de ontwikkeling van bodemkwaliteit onder grasland.

### 9. compost aanvoeren

Wanneer het organische stof gehalte door bovenstaande maatregelen niet op peil of verhoogd kan worden, kan compost worden aangevoerd.

Het is van groot belang dat boven omschreven maatregelen verder worden ontwikkeld en afgestemd op de knelpunten die de verschillende typen zandgrond hebben.

Tenslotte is een inschatting gemaakt van het belang van bodemkwaliteit voor het bedrijfsresultaat. Daarbij is uitgegaan van een sterke verlaging van het bemestingsniveau als gevolg van de huidige en toekomstige mestwetgeving. De opbrengstdaling die hiervan het gevolg is (ca. 30 % op oostelijke en zuidelijke zandgronden) zal door het toepassen van uitgekiend pakket aan maatregelen voor een groot deel kunnen worden beperkt (daling van 10 % i.p.v. 30 %). Er is ingeschat dat aanpassen van de bedrijfsvoering aan bodemkwaliteit in 2015 € 100 per hectare zal opleveren.

Uit de beschikbare kennis kan worden afgeleid dat van sommige zandgronden geen optimale gewasopbrengst mag worden verwacht. Het gaat hierbij met name om die gronden waarvan het tekort in vochtvasthoudend vermogen niet kan worden gerepareerd door organische stof aan te voeren. Voor de landbouwpraktijk verdient het aanbeveling om rekening te houden met de beperkte bodemgeschiktheid van deze percelen, hetzij op bedrijfsniveau en/of op regionale schaal, door bijvoorbeeld minder renderende percelen lager te bemesten of voor natuurbeheer te benutten.

## 7.2 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

1. Inventariseer, selecteer of ontwikkel **bouwplannen en gewasrotaties** die maximaal aansluiten bij de betreffende type zandgrond. Dit is de spil van het bodembeheer omdat gewassen bepalend zijn voor de aanvoer van organisch materiaal en (via de frequentie en mate van grondbewerking) voor de afbraaksnelheid van de bodemorganische stof. Anderzijds bepaald het bouwplan de kwaliteitseisen die aan de bodem gesteld worden.
2. Voor ieder van de gedefinieerde bodemeigenschappen, korthedshalve structuur, vocht, plantennutrienten en bodemleven moeten **indicatoren** worden gezocht, die het onderzoek en de praktijk informatie leveren over de bodemkwaliteit (monitor) en over de effecten van specifieke maatregelen/vormen van beheer.
3. Omdat een **organischestofbalans** op perceelsniveau een adequaat beeld geeft van het effect van bodembeheer op bodemorganische stof, moet kennis en informatie verzameld worden die deze balansen mogelijk maken. Deze balans bestaat uit een aantal aanvoerposten (kwantificeren) en de afvoerpost afbraak van organische stof in de bodem. Voor de afbraak van organische stof in zandgrond waarop melkveehouderij plaatsvindt, zal een organische stof model ontwikkeld moeten worden dat ook de netto os-aanvoer uit de beworteling in relatie tot het graslandbeheer meeneemt.
4. Daarbij is het duidelijk dat ieder type zandgrond een eigen **specifiek optimum range voor organischestofgehalte** heeft, ook afhankelijk van het bodemgebruik (grasland, maisland of wisselbouw). Deze optimum range dient te worden bepaald. Om op lange termijn boven dit optimum uit te komen is jaarlijks veel extra organische stof nodig. Dit is niet perspectiefvol. Het is zaak om voor iedere grond bij specifiek gebruik het optimale gehalte in beeld te hebben en via bodembeheer, eventueel via een reparatie-organische-stof-aanvoer, na te streven.
5. Er is antwoord nodig op de vraag wat de optimale (combinatie van) **grondbewerking** is bij zaaibedbereiding bij verschillende teelten, met het oog op bodemkwaliteit? Grondbewerking en berijding moeten in veel gevallen worden geminimaliseerd. Soms dragen deze maatregelen positief bij aan gewasproductie. Dit dient te worden nagegaan.
6. Er is kennis nodig om de samenstelling van de toe te passen dierlijke mest af te stemmen op de bodemkwaliteit. Hierin dient ook mestscheiding en de bestemming van fracties te worden betrokken, naast mest van verschillende diersoorten en effecten van rantsoensamenstelling op mestsamenstelling.
7. Naast de indicatie van het belang van bodemkwaliteit voor het bedrijfsrendement is het nodig een **“economie van bodemkwaliteit”** te ontwikkelen. Dit economisch kader is nodig voor het beoordelen van de rentabiliteit van maatregelen en bodembeheer.
8. Hoewel er op dit punt al veel is bereikt moet worden bezien om het waterpeil op perceelsniveau kan worden afgestemd op de waterbehoefte. Naast de droge zandgronden ontstaan er ook steeds meer gebieden waar maatregelen voor vernetting worden genomen. Ook deze gronden dienen in beeld te zijn bij het ontwikkelen van kennis en maatregelen op het gebied van bodemkwaliteit.
9. Over bodem pH en groenbemesters is al behoorlijk wat informatie beschikbaar. Deze kennis actualiseren en door laten stromen naar de praktijk.
10. Er is veel wetenschappelijke kennis beschikbaar over zandgronden, met name over stikstofbemesting, organische stof samenstelling en dynamiek, vochtlevering. Deze kennis dient te worden vertaald tot bruikbare adviezen voor de praktijk, eventueel voor verbetering van het NLV concept.
11. Vervolgonderzoek in de pas laten lopen met de praktijk, door zowel met voorlopers als met veehouders die nog geen belangstelling voor dit onderwerp hebben te communiceren. Hierbij ervoor zorgdragen dat bewustwording op redelijk korte termijn wordt opgevolgd door actie, daar de opgedane inzichten anders niet beklijven.

## Bijlagen

### Bijlage 1 Lijst benaderde instanties

#### Onderzoeks- en kennisoverdrachtprojecten:

Duinboeren	<a href="http://www.duinboeren.nl">www.duinboeren.nl</a>
Vel en Vanla	<a href="http://www.velenvanla.nl">www.velenvanla.nl</a>
Koeien en Kansen	<a href="http://www.koeienenkansen.nl">www.koeienenkansen.nl</a>
Panfa	<a href="http://www.panfa.nl">www.panfa.nl</a>
NLTO projecten	<a href="http://www.nlto.nl">www.nlto.nl</a>
Gagelvenne	<a href="http://www.gagelvenne.nl">www.gagelvenne.nl</a>
Bedreven Bedrijven Drenthe	<a href="http://www.pmov.nl/drenthebedrevenbedrijven">www.pmov.nl/drenthebedrevenbedrijven</a>
Stimuland	<a href="http://www.stimuland.nl">www.stimuland.nl</a>
Biom	<a href="http://www.ppo.dlo.nl">www.ppo.dlo.nl</a>
Telen met toekomst	<a href="http://www.telenmettoekomst.nl">www.telenmettoekomst.nl</a>
Bioveem	<a href="http://www.bioveem.nl">www.bioveem.nl</a>

#### Vertegenwoordigers van de groencomposteerders:

Orgaworld	<a href="http://www.orgaworld.nl">www.orgaworld.nl</a>
Van Iersel compost	<a href="http://www.vanierselcompost.com">www.vanierselcompost.com</a>

#### Vertegenwoordigers van mengvoerleveranciers:

Cehave	<a href="http://www.cehave.nl">www.cehave.nl</a>
ABCTA	<a href="http://www.abcta.nl">www.abcta.nl</a>

#### Klankbordgroepen:

Stimuland

## Bijlage 2 Vragenlijsten

### Projecten:

- Wat is de aanleiding dat ..... zich bezig houdt met bodemkwaliteit?
- Wat is bodemkwaliteit, hoe zou u het omschrijven?
- Welke kenmerken heb je nodig voor bodemkwaliteit?
- Kunt u de volgorde van de belangrijkheid van die kenmerken aangeven?
- Welke 'kenmerken' worden bij ..... gehanteerd? En hoe worden ze bepaald?
- Welke 'bodemkwaliteit kenmerken' zijn er niet, maar zouden volgens u ontwikkeld moeten worden?
- Welke 'activiteiten' worden binnen uw project geadviseerd om de bodemkwaliteit te verbeteren?
- Wat zijn de effecten ervan?
- Wat zijn de kosten ervan?
- Werkt u samen met andere partijen, instanties?
- Hoeveel veehouders binnen het project houden zich bezig met bodemkwaliteit?
- Heeft u verder nog suggesties of tips?

### Groencomposteerders:

- Welke rol heeft (uw product).....in het kader van bodemkwaliteit. Welke bodemkenmerken worden door het product dat uw bedrijf levert verbeterd?
- Heeft uw bedrijf onderzoek gedaan naar de effecten van uw product op grasland en bouwland? Zo ja door wie uitgevoerd (werkt u samen met andere instanties)? Zijn de resultaten openbaar?
- Hoeveel veehouders maken reeds gebruik van uw product?
- Zijn er volgens uw grote belemmeringen voor grootschalige toepassing van (uw product) in de landbouw. Zijn die belemmeringen weg te nemen?
- Wat zijn de kosten van uw product?
- Wat is uw mening over het lokaal produceren van compost?
- Welke 'bodemkwaliteit kenmerken' zijn er niet, maar zouden volgens u ontwikkeld moeten worden?
- Heeft u verder nog suggesties of tips?

### Bijlage 3 Verslag workshop bodemkwaliteit op zandgrond

#### Inhoud:

Inleiding	blz. 1
Bodemkwaliteit: een vaag begrip, Marjoleine Hanegraaf	blz. 1
Bodemkwaliteit: kloof tussen meten en weten, Jan Reimer	blz. 1
Bodemkwaliteit: van belang voor de praktijk, Jan van den Hurk	blz. 2
Discussie knelpunten	blz. 2
Discussie oplossingen	blz. 4
Bevindingen en opmerkingen	blz. 5
Bijlage deelnemerslijst	

#### Inleiding

Op 3 juni 2003 organiseerden Praktijkonderzoek Veehouderij en het Nutriënten Management Instituut een workshop in het kader van het project naar een betere bodemkwaliteit op zandgrond. De workshop had als doel om praktische kennis over bodemkwaliteit te verzamelen en met name om knelpunten en oplossingen uit de praktijk aan te geven. De locatie van de workshop was het Van der Valk Hotel "De Cantharel" te Ugchelen-Apeldoorn. Marjoleine Hanegraaf, Jan Reimer en Jan van den Hurk hebben korte inleidingen verzorgd en er is in groepen gediscussieerd over knelpunten en oplossingen. Aan het eind van de middag hebben enkele deelnemers gebruik gemaakt van enkele minuten spreektijd.

Bodemkwaliteit: een vaag begrip, Marjoleine Hanegraaf (NMI)

Een definitie van bodemkwaliteit is: het vermogen van de bodem om gewassen op langere termijn van voldoende water en nutriënten te voorzien, zodat de gewassen tot een hoge productie per eenheid productie factor komen en de belasting voor de omgeving laag is. Het bodembeheer op een melkveebedrijf (bijv.: bodembewerking, bemesting en vruchtwisseling) heeft invloed op de bodemkwaliteit. Er zijn indicatoren van bodemkwaliteit die we zelf kunnen waarnemen (bijv.: gewasgroei, beworteling, structuur en ontwatering) en indicatoren die door middel van grondanalyse bepaald kunnen worden (bijv.: pH, organische stofgehalte, nutriënten, textuur en bodemleven). Van veel indicatoren is nog niet precies bekend welke invloed ze hebben op de gewasopbrengst en hoe ze te beïnvloeden zijn door bodembeheersmaatregelen, daar is nader onderzoek voor nodig.

#### Bodemkwaliteit: kloof tussen meten en weten, Jan Reimer

Jan Reimer heeft een melkveebedrijf van ongeveer 40 hectare (grotendeels esgrond met 3 tot 8 procent organische stof) in De Lutte, waar hij ongeveer 75 koeien melkt. Het bedrijf is al generaties lang (vanaf ± 1600) in het bezit van de familie. Reimer is al heel lang bewust bezig met de grond waarop hij boert. Zijn loonwerker houdt rekening met de bandenspanning, om structure schade te voorkomen. Reimer strooit minder kunstmest dan BAP aangeeft, wat volgens hem niet tot een lagere gewasopbrengst heeft geleid. In de ligboxen strooit hij geen zaagsel maar gehakseld stro, waardoor uiteindelijk de mestkwaliteit verbetert, verder laat hij de bodem zoveel mogelijk met rust.

Jan Reimer signaleert de volgende knelpunten:

- Loonwerkers werken vaak met een te hoge banden spanning, tevens zijn loonwerk machines vaak veel te zwaar.
- BAP (Bemestingsadviesprogramma) adviseert vaak te veel kunstmest.
- Veehouders hebben over het algemeen weinig interesse voor bodemkwaliteit.
- De meeste zandgrond is droogtegevoelig.
- Continue teelt van maïs heeft een negatief effect op de bodemkwaliteit.



## Bodemkwaliteit: van belang voor de praktijk, Jan van den Hurk

Jan van den Hurk boert biologisch op lichte droge zandgrond (klapzand, met een dunne bouwvoor) in Brabant rond de Loonse en Drunense Duinen. Hij past allerlei maatregelen toe om de bodemkwaliteit op zijn bedrijf te verbeteren / in stand te houden:

- Het uitstellen van grondbewerkingen totdat de grond voldoende warm is.
- Het toepassen van vruchtwisseling.
- Het verbouwen van verschillende voedergewassen (Luzerne (diepe worteling), Mais (max. 2 jaar op zelfde perceel), Gras/klaver (ook rode klaver vanwege gunstig worteling)). (Van den Hurk ziet op zijn bedrijf ook duidelijk een worteling in het gele zand onder de bouwvoor! (Dit kennen we normaal eigenlijk niet) Dit is voor hem een graadmeter dat een goed bodembeheer effect heeft).
- Gebruik maken van groenbemesters (Italiaans raaigras).

De percelen waar maïs verbouwd gaat worden, worden in april gefreesd. De zode blijft dan 3 week liggen, waarna er geploegd wordt. Mest wordt over het geploegde land uitgereden, waarna de maïs direct gezaaid wordt. Het effect is dat het zand meer aan elkaar kleef dan eerst. Van den Hurk geeft aan dat als de grond een pH van rond de 6 heeft, gewassen sneller wortelen en er meerdere gewassen kunnen worden geteeld. Als de pH lager is dan 6 dan verslemt / "vernat" de grond eerder.

### Discussie knelpunten

Tijdens de discussierondes konden alle deelnemers aangeven wat de oorzaken zijn van een verminderde bodemkwaliteit op zandgrond. De deelnemers werd gevraagd om de hieronder vermelde 10 "knelpunten" op volgorde van belangrijkheid te zetten. Het belangrijkste knelpunt kreeg 10 punten en het minst belangrijkste knelpunt 1 punt. Hieronder staat de overall uitslag:

		(punten)
Belangrijkste knelpunt:	Organische stofgehalte	(179)
	Bodemstructuur / zuurstof in de grond	(168)
	Bodemleven (wormen, schimmels, bacteriën etc.)	(154)
	Bemesting / kwaliteit van de mest	(142)
	Waterbeheer (bijv. grondwaterstand)	(107)
	Hoeveelheid snel / traag afbreekbaar organisch materiaal	(102)
	Weerstand / buffering grond	(90)
	Continue teelt maïs	(74)
	Anders namelijk	(56)
Minst belangrijkste knelpunt:	Schadelijke gifstoffen in de grond	(53)

Bij anders namelijk werden de volgende knelpunten aangegeven:

- Veehouders zijn niet gemotiveerd om met bodemkwaliteit aan de gang te gaan / Veehouders hebben weinig aandacht voor hun grond (20)
- Wat je wil / wat je kan (Welke mogelijkheden heb ik als veehouder om de bodemkwaliteit te verbeteren?) (10)
- Mechanisatie (Machines zijn te zwaar) (9)
- Nitraat (8)
- Duidelijke praktijkadviezen ontbreken. (5)
- PH (3)
- Straling (1)

Tijdens de discussies werden de volgende knelpunten nog genoemd:

- Regelgeving (om in aanmerking te komen voor MacSharry premie is men vaak genoodzaakt om maïs continue te telen op een bepaald perceel, veehouders mogen beperkt biomassa aanvoeren, mest moet ondergewerkt worden)
- Continue teelt van maïs wordt minder als een probleem ervaren als je weinig maïs verbouwt of slim inspeelt op een goede bodemkwaliteit.
- Er is onvoldoende samenwerking tussen 'voer' en 'bodem' adviseurs, waardoor soms tegengestelde adviezen worden gegeven.

- We zijn anorganisch opgeleid.
- Schuiven, woelen en afgraven is korte termijn "politiek".
- Onwetendheid, hoe ver kun je gaan?
- Drijfmest en bodemanalyses zijn te analytisch / chemisch gericht.
- Er is niet één knelpunt, maar een totaal systeem dat bepalend is of te wel het moet als een geheel bekeken worden.

De deelnemers hebben aangegeven dat ze het organische stof gehalte, de bodemstructuur (zuurstof in de grond), het bodemleven en bemesting (kwaliteit van de mest) als belangrijkste "knelpunten" ervaren. Binnen groepen is hierover verder gediscussieerd.

#### Organischestofgehalte:

De volgende opmerkingen werden gemaakt:

- Het organische stofgehalte in de grond is moeilijk beïnvloedbaar.
- Het organische stofgehalte, is het resultaat van verschillende handelingen
- Als je er geen rekening met het organische stofgehalte houdt, dan kan dat op termijn schadelijke effecten hebben.
- In de grensstreek Nederland / Duitsland valt op dat de Duitse bodem door de manier van bewerken een hoger organisch stofgehalte heeft.
- Humusgehalte is belangrijker dan organische stofgehalte.
- Er is een link tussen het organische stofgehalte en het bodemleven.

#### Bodemstructuur / Zuurstof in de grond:

De volgende opmerkingen werden gemaakt:

- Door schaalvergroting zijn veehouders en loonwerkers gedwongen om met grote zware machines te werken.
- Loonwerkers en veehouders hebben vaak geen oog voor de bandenspanning.
- Veehouders en loonwerkers hebben geen oog voor de structuurschade die ze kunnen aanrichten.
- Door (slechte) drijfmest in de bodem te injecteren wordt veel zuurstof aan de bodem onttrokken wat weer negatieve gevolgen heeft voor het bodemleven.

#### Bodemleven:

De volgende opmerkingen werden gemaakt:

- Door het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en kunstmest is het bodemleven gedaald.
- Er is nog weinig over het bodemleven bekend
- Hoe is het bodemleven te sturen?
- Hoe kun je bepalen wat een goed bodemleven is?

#### Bemesting / Kwaliteit mest:

De volgende opmerkingen werden gemaakt:

- Drijfmest is per definitie slecht, doordat de koeien teveel eiwit krijgen, heeft de mest een slechte kwaliteit. In de praktijk wordt dit wel steeds beter.
- Er wordt teveel chemisch naar mest gekeken (N,P en K)
- Met de organisch gebonden N in de mest in de mest wordt geen rekening gehouden bij bemestingsadviezen, hoe kunnen we de organische N uit mest benutten?
- Je moet streven naar mest met een hoog percentage organische stikstof, die kun je gerust bovengronds uitrijden.
- Bij bovengronds uitrijden worden schadelijke bacteriën in de mest door zonlicht gedood
- Bij injecteren wordt teveel mest in een keer uitgereden
- Vaak kleine hoeveelheden kunst(mest) is beter dan een grote hoeveelheid in een keer.

## Discussie oplossingen

Tijdens de tweede discussieronde konden deelnemers oplossingen die de bodemkwaliteit verbeteren aandragen, zowel oplossingen die reeds in de praktijk gebruikt worden (max. 3 p/p) als oplossingen die perspectiefvol zijn (max. 2 p/p).

### Oplossingen die reeds in de praktijk toegepast worden:

- Het maken van een uitgedacht teeltplan.
- Samenwerken met een akkerbouwer.
- Gewassen telen met gunstige beworteling (klaver, luzerne).
- Groenbemester zaaien (land groen houden).
- Voorzichtig omgaan met de bodemstructuur (voorzichtig met bewerken > geduld, bandenspanning, gewicht machines, tijdstip bewerking, manier van bewerken).
- Mestkwaliteit verbeteren (stro, toevoegmiddelen, composteren, mest scheiden).
- Zo weinig mogelijk gebruik maken van chemische middelen (bijv. formaline / antibioticum).
- Kunstmestgift langzaam verlagen.
- Vaker en minder bemesten.
- Mest niet injecteren (zorgen dat er lucht bij de mest kan komen).
- Mineralenverhoudingen in bodem 'kloppend' maken (boek "hands on agronomy" van Neal Kinsey).

### Oplossingen die perspectiefvol lijken:

- Adviezen van "voer" en "bodem" voorlichters harmoniseren.
- 'lets' doen met de organische N in mest.
- Onderzoek naar kwaliteit/kwantiteit bodemleven > vertaalslag naar praktijk.
- Onderzoek toevoegmiddelen.
- Composteren (mest, beheersgras, overig groenafval).
- Leren kijken / analyseren van eigen grond (vergelijking beste en slechtste perceel).
- Bodemverbetering op perceelsniveau (egalisatie e.d., profielverbetering).
- Voersysteem aanpassen.
- Systeembenadering.

## Bevindingen en opmerkingen

Henk Antonissen van DLV gaf tijdens de spreektijd aan dat er voor de knelpunten oplossingen gezocht moeten worden die goed en direct toepasbaar zijn in de praktijk. Daarbij niet gaan zweven, maar gewoon nuchter kijken wat er in de grond gebeurt.

Zwier van der Vegte van Praktijkcentrum De Marke gaf aan dat een goed teeltplan zeer belangrijk is. Verder gaat De Marke onderzoek doen naar het vergisten van beheersgras en mest.

Jan van Miltenburg heeft samen met een paar collega veehouders uit het Westerkwartier de Stichting Opwekking Organisch Materiaal opgericht. Hij wil stoppen met het strooien van kunstmest, o.a. omdat de productie daarvan veel (fossiele) energie kost. Van beheersgras en mest wil hij hoogwaardige organische stof (humus) maken, die kunstmest op zijn bedrijf kan vervangen.

Aan het eind van de workshop werd geconcludeerd dat er veel diversiteit is in zandgronden, of te wel de ene zandgrond is de andere niet. Daarom is er niet één oplossing die de bodemkwaliteit verbetert, maar zijn er meerdere oplossingen die bijdragen aan een betere bodemkwaliteit. De oplossingen zullen voor elk specifiek bedrijf verschillend zijn, ze moeten passen binnen het bedrijfssysteem. (Systeem denken / Er zijn meerdere wegen die naar Rome leiden.)

*Deelnemerslijst*

**Organisatie:**

NMI  
 NMI  
 PV  
 PV  
 PV  
 PV  
 PV  
 Aver Heino  
 De Marke  
 Louis Bolk Instituut  
 DLV  
 DLV  
 Carbo Holland  
 Stimuland  
 BIOVEEM  
 Hooibeekhoeve  
 SOS / melkveehouder  
 SOS / melkveehouder  
 PMOV / melkveehouder  
 PMOV / melkveehouder  
 AMCBB  
 CAV Wieringermeer /melkveehouder  
 Duinboeren / melkveehouder  
 Melkveehouder  
 Melkveehouder  
 Melkveehouder  
 Melkveehouder  
 Melkveehouder

**Naam:**

Marjoleine Hanegraaf  
 Violette Hensgens  
 Matteo de Visser  
 Bert Philipsen  
 Durk Durksz  
 Ivonne Kok  
 Douwe ter Veer  
 Wichert Koopman  
 Zwier van der Vegte  
 Ellen Heeres  
 Henk Antonissen  
 Sjoerd Roelofs  
 Klaas Meijaard  
 Guido Tuten  
 Jos Elderink  
 An Schellekens  
 Jan Reimer  
 Jan Jansen Holleboom  
 Piet Bongers  
 Jan Van Miltenburg  
 Cees Jagtenberg  
 Jan Ruiten  
 Jan van den Hurk  
 Wouter Bosgoed  
 Henk Miedema  
 Maarten van de Wijst  
 Arjan Toebes  
 Antoine van den Hork

#### Bijlage 4 Slotbijeenkomst "Naar een betere bodemkwaliteit op zandgrond" te Wijchen

Op donderdag 13 November 2003 werden de resultaten van het onderzoek gepresenteerd tijdens de slotbijeenkomst van het project. Deze bijeenkomst werd bezocht door 100 geïnteresseerden waaronder boeren, adviseurs, wetenschappers, docenten en mensen van de pers. De dag begon met een drietal lezingen over bodemkwaliteit die elk werden afgesloten met een stelling. Na de lunch werd over deze stellingen gediscussieerd in een soort lagerhuis-debat tussen een forum van 12 deskundigen en de zaal.

Korte samenvatting lezingen:

Professor Lijbert Brassaard werkzaam bij de sectie Bodemkwaliteit van Wageningen-UR gaf een lezing met als titel: "De bodem leeft, maar nog niet bij de boer?" Brassaard behandelde in zijn lezing de volgende stellingen:

1. Bodemkwaliteit moet passen binnen het bodem-plant-dier systeem.
2. Problemen met bodemkwaliteit zijn doorgaans gekoppeld aan bodem organische stof.
3. Beoordeling van bodemkwaliteit moet uitgaan van wat de boer zelf aan de bodem kan waarnemen.
4. Biologische indicatoren kunnen een meerwaarde hebben boven chemische en fysische indicatoren.
5. Bij vermindering van externe hulpbronnen (bijv. kunstmest) wordt optimalisatie van interne hulpbronnen (bijv. bodemleven) belangrijker.
6. Vermindering van de toepassing van externe hulpbronnen leidt tot vraag naar nieuwe streefwaarden voor organische stof en bodemleven.
7. Praktijk en wetenschap moeten samen onderzoek doen (boer gestuurd onderzoek).

De volgende stelling werd in de zaal gespeeld: De bodem leeft, maar niet bij de boer. Ongeveer 60% van de aanwezigen was het met deze stelling eens en ongeveer 40% was het niet met deze stelling eens.

Marjoleine Hanegraaf werkzaam bij het Nutriënten Management Instituut gaf een lezing over: "Organische stofbeheer: een stap verder dan mineralenmanagement". De volgende onderwerpen werden behandeld:

- Bodemkwaliteit en melkveehouderij
- Bodemeigenschappen op zandgronden
- Organisch stof beheer
- Praktijkrijpe kennis over bodemleven

Kortom Marjoleine Hanegraaf behandelde punten uit hoofdstuk 2, 3 en 4 van dit verslag.

Marjoleine Hanegraaf gaf aan het eind van de lezing de volgende conclusies:

-Investeren in bodemkwaliteit biedt perspectief.

-Verbeteren van de bodemkwaliteit vraagt maatwerk en een lange adem.

-Ontwikkelen en verspreiden van adviesproducten over bodemkwaliteit verdient een hoge prioriteit.

-De kennis over bodemleven is nog onvoldoende praktisch toepasbaar.

De volgende stelling werd in de zaal gespeeld: Organische stofbeheer moet de basis worden van het mineralenverhaal van adviseurs. Ongeveer 90% van de aanwezigen was het met deze stelling eens en ongeveer 10% was het niet met deze stelling eens.

Durk Durksz werkzaam bij Praktijkonderzoek van de Animal Science Group introduceerde in zijn inleiding het triple-B systeem. Triple-B staat voor Bemesting, Bewerken en Bouwplan, het houdt min of meer in dat een veehouder op zijn bedrijf een optimale bemestingstrategie, optimale grondbewerkingsmethodieken en een optimaal bouwplan moet nastreven. Het triple-B systeem vergt geïntegreerd denken en werken. Door het triple-B systeem toe te passen kan de gewasopbrengst dalen die in de toekomst verwacht wordt door strengere mestwetgeving beperkt blijven. Durk Durksz behandelde bemestings- en bewerkingsmaatregelen die veehouders kunnen nemen om de bodemkwaliteit op hun bedrijf te kunnen verbeteren, ook werden maatregelen besproken die ingrijpen in het bouwplan. De gepresenteerde maatregelen staan in hoofdstuk 5.

De volgende stelling werd in de zaal gespeeld: Alleen met het triple-B systeem blijf je boer!. Ongeveer 15% van de aanwezigen was het met deze stelling eens en ongeveer 85% was het niet met deze stelling eens.

Een impressie van de vorm van de bijeenkomst:

- De informatie uit de presentatie van Lijbert Brussaard was voor velen nieuw. Hierdoor was het soms wat onrustig in de zaal. Vooral op de plaatjes van de bodemprofielen en de informatie over de schimmel:bacterie-verhoudingen werd goed gereageerd.
- Met de presentatie van Marjoleine Hanegraaf werd er kwamen voor de zaal meer vertrouwde informatie aan het voetlicht. De informatie over de organische stofbalans werd met extra aandacht gevolgd. Ook na de uitleg van Marjoleine was nog niet voor iedereen duidelijk wat een chroma precies is.
- Op de presentatie van Durk over maatregelen werd heftig geknikt. De dia met de financiële effecten van een extra procent organische stof in de bodem werd door velen overgenomen en leidde tot wat discussie.
- Het debat die middag begon wat aarzelend maar daarna kwam er voldoende snelheid in het gesprek. Vanuit de zaal komen vooral praktische vragen van boeren die al wel met bodemkwaliteit bezig zijn, maar niet precies weten hoe ze nu verder moeten. Er wordt door de zaal wat langer stilgestaan bij mestinjecteren, zuurstoftekort in de bodem, de grote diversiteit aan zandgronden en een totaalbenadering, waarbij niet alleen naar de bodemkwaliteit in zijn geheel gekeken wordt, maar ook wat er boven de grond gebeurt meegenomen wordt.
- Wat opvalt is de grote variatie aan kennis en meningen over bodemkwaliteit. Door de brede opzet van het 'triple-B systeem' kan bijna iedereen er wel wat in vinden. Een veelgehoorde reactie was dat het meeste wel bekend is, maar dat zo'n totaalbenadering alles nog even op een rijtje zet. Anderen geven aan dat ze veel (nieuwe) informatie hebben gehad. Ook op de poster wordt positief gereageerd. Vrijwel iedereen neemt er één of meerdere mee.
- Vragen die na afloop van de bijeenkomst leefden waren: Wat is het vervolg hierop? Hoe wordt deze kennis nog verder verspreid onder de melkveehouders?

Een aantal Quote's van de aanwezigen:

- Het gaat om voeren, verzorgen en huisvesten van het bodemleven. Henri Bouwmans – Maatschap Bouwmans.
- Het systeem moet opnieuw uitgebalanceerd worden. Vakmanschap is verloren gegaan – Brussaard.
- Het triple-B systeem is niet spannend, maar het werkt wel echt. Je kan er rustig mee aan de slag; het vormt geen risico. Henk Antonissen – DLV.
- wisselbouw op lichte zandgronden is een goeie oplossing: Zwier vd Vegten – Praktijcentrum De Marke.
- Het is een voordeel als de wetenschap kan reageren op vragen die uit de praktijk komen – Brussaard.
- De bodem wordt te veel als drager van kunstmest gezien - ?
- Organische stof zonder bodemleven werkt niet - ?
- Organische stof is de motor! - ?
- De bodem is belangrijk, maar de veehouder weet er veel te weinig van - ?

Het doel van de bijeenkomst was bewustwording bij de melkveehouder. Terugkijkend op de bijeenkomst is dit doel ruimschoots gehaald. Met het secundaire doel, kennisontwikkeling, is een veelbelovend begin gemaakt.

## Literatuur

Aarts, H.F.M., G.J. Hilhorst, F. Nevens en J.J. Schröder, 2002, Betekenis wisselbouw voor melkveebedrijf op lichte zandgrond. Analyse van resultaten proefbedrijf "De Marke". De Marke Rapport 36.

Aarts, H.F.M., D.W. Bussink, I.E. Hoving, H.G. van der Meer, R.L.M. Schils en G.L. Velthof, 2002. Milieutechnische en landbouwkundige effecten van graslandvernieuwing. Een verkenning aan de hand van praktijksituaties. PRI, Wageningen, Rapport 41A.

ABCTA, 2003 (mondeling).  
Interview met J. Temmink (ABCTA) en O. Coppelmans (Cebeco Zaden).

Agerland, 2003 (mondeling)

Anonymous, 1980 Organische stof in de akkerbouw. PAV, Vlugschrift voor de landbouw nr.137.

Anonymous

Baars, B., 2001 Micro-farming. Oud nieuws in een nieuw jasje. Een introductie tot effectief management van het bodemvoedselweb. Tweede druk. Stichting WegRaap. Lelystad.

Badejo, M.A., G. Tian, L. Brusaard, 1995 Effect of various mulches on soil microarthropods under a maize crop. Biol. Fertil. Soils 20, 294-298.

Baere, M.H., P.H. Williams en K.C.Cameron. 1999. On-farm monitoring of soil quality for sustainable crop production. Proceedings of the 1999 Fertilizer and Lime Research Centre Conference-Best management Practices for Production, Massey University, pp. 81-90.

Bakker, H. De en J. Schelling. 1989. Systeem van bodemclassificatie voor nederland. De hogere niveaus. Centrum voor landbouwpublicaties en Landbouwdocumentatie Wageningen.

BINternet/ LEI

Bloem J., G. Lebbink, K.B. Zwart, L.A. Bouwman, S.L.G.E. Burgers, J.A. de Vos, P.C. de Ruiter, 1994 Dynamics of microorganisms, microbivores and nitrogen mineralisation in winter wheat fields under conventional and integrated management. Agric. Ecosys. Environm. 51. 129-143.

Bodemkrant Koch 2001  
Uitleg bij de laboratoriumanalyses voor bodemvruchtbaarheid. Koch Bodemtechniek / Eurolab Deventer.

Boer, de, H.C., G. van Duinkerken, A.P. Philipsen en H.A. van Schooten, 2003, Alternatieve Voedergewassen, Praktijkrapport 27.

Bokhorst, J. en C. ter Berg (2001) Handboek Mest & Compost; Behandelen beoordelen en toepassen. Hoofdstuk 7: De fijnafstemming: berekening van de toe te passen hoeveelheden pp 205-237. Louis Bolk Instituut, Driebergen.

Bouwman, L.A. en W.B.M. Arts, 2000 Effects of soil compaction on the relationships between nematodes, grass production and soil properties. Applied Soil Ecology 14, 213-222.

Breure, T. T. Schouten, M. Rutgers 2002 Het bodemleven als indicator voor duurzaam bodemgebruik. Bodem. 2002-4 pp. 149-151.

Brussaard, L. and H.G. Faassen, 1994. Effects of compaction on soil biota and soil biological processes. Development in Agricultural Engineering II; Soil Compaction in Crop Production, Ed. B.D. Soane and C. van Ouwkerk, p.215-p.235.

Brussaard, L., J. Bloem, E. Hoffland, R.G.M. de Goede, K.B. Zwart, T.W. Kuyper, J.A. Nelemans, A. Vos, 2003

Changing Soil Life in a Changing Agriculture. Causes and Consequences of Shifts in Fungal/Bacterial Ratios in Grassland Agroecosystems. Project proposal. Wageningen University Researchcentre sub-department of Soil Quality, Alterra.

CBS Statline, 2003.  
<http://statline.cbs.nl>

Cehave Landbouwbelang, 2003 (mondeling). Interview met W. Arts.

Cursus Bodemkunde Deel III: Beoordeling en verbetering van de grond voor land- en tuinbouw. Consulentschap voor bodemaangelegenheden in de landbouw. 4<sup>e</sup> herdruk. Onderafdeling Scholing Ministerie van Landbouw en Visserij.

Didden, W.A.M. , J.C.Y. Marinissen, M.J. Vreeken-Bruijs, S.L.G.E. Burgers, R. de Fluiter, M. Geurs, L.Brussaard. 1994. Soil meso- and macrofauna in two agricultural systems: factors affecting population dynamics and evaluation of their role in carbon and nitrogen dynamics. *Agriculture, ecosystems and environment* 51, 171-186.

Dijk, G.J. 2003 (mondeling)

Van Dijk, W, Schröder, Ten Holte en De Groot, 1995 Effecten van wintergewassen op verliezen en benutting van stikstof bij de teel van snijmais PAGV verslag 201

Dooren, van, H.J.C., 2001, Composterende van dunne mest, Rapport 225, Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad

Eekeren, N. van, E. Heeres en F. Smeding (2004) Leven onder de graszode. Discussiestuk over het beoordelen en beïnvloeden van bodemleven in de biologische melkveehouderij. Louis Bolk Instituut. Driebergen.

Evers, A.G., M.H.A. de Haan, B. Philipsen, H.A. van Schooten en J.A. de Boer (2003) Snijmais op melkveebedrijven: gevolgen voor milieu en economie. PraktijkRapport Rundvee 24

Goede, R.G.M. de, L. Brussaard en A.D.L. Akkermans, 2003.  
On-farm impact of cattle slurry management on biological soil quality. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, volume 51, 1-2 p103-134.

De Goede R. Didden, W. (2002) Bodembioologie en biologische bodemkwaliteit. Verslag van de workshop 'Bodemkwaliteit' Wageningen, 20 september 2002. P20-23. *Plant Research International rapport* 54 Wageningen.

Haan, de, M.H.A, A.G. Evers, G. Holshof en K. Blanken, 2003, Vier jaar primaire mestscheiding op het lagekostenbedrijf, PraktijkRapport Rundvee 29, Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad

Haan, de, M.H.A., 2000, Economiemaatregelen "De Marke" anno 1999, PR-rapport 184, Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad

Hammink, H., 2001.  
Pennenfrees met woeler verovert Zuid-Limburg. *Boerderij/Akkerbouw* 86 – no. 12, p.14-AK – 16-AK.

Hanegraaf, M.C. (2003). Bijdrage van klaver aan de bodemkwaliteit. Artikel naar aanleiding van presentatie tijdens de bijeenkomst van de Nederlandse Vereniging voor Weide- en Voederbouw. Oosterbeek, 25 februari 2003.

Handboek voor de akkerbouw, 1989, PAV, Lelystad.

Hekkert, G., 2000.  
Schoorvoetend naar minimale grondbewerking. *Boerderij/Akkerbouw* 85 – no. 8, p. 10-AK – 11-AK.

Hensgens, V. en S. Molenaar.,2001, Bekalk nu het weer kan , NMI.

Hillel, 1998



Hoefman, Groenbemester na mais op zandgrond onmisbaar: Keuze voor rogge triticale of italiaans raai hangt af van MINAS-situatie en mestplaatsingsruimte, Veehouderij 87(2002)20.

Hoogerkamp M, Rogaar H. & Eysackers HJP (1983) Effects of earthworms on grassland on recently reclaimed polder soils in the Netherlands. In: Earthworm ecology: from Darwin to vermiculture. Satchell, J.E. (ed.). Chapman and Hall London: pp 85-105.

Holshof, G. en W. Bussink, 2002, Bij zodebemesting toevoegmiddelen aan mest te duur, PraktijkKompas Rundvee December 2002 nr14, Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad

Hoogmoed, W.B, 2002, De invloed van de landbouw op de bodemstructuur, Artikel Bodem nr. 4, augustus 2002

House, G.F. en R.W. Parmelee, 1985.

Comparison of soil arthropods and earthworms from conventional no-tillage agroecosystems. Soil Tillage Res., 5: p.351-360.

Jansen, B.H. en H.W. Verveda (1988) Organische stof en Bodemvruchtbaarheid. Caput selectum in het kader van Bodemvruchtbaarheid en Bemesting. Examenvak J100-654. Bodemkunde en plantvoeding. Landbouwuniversiteit Wageningen.

Janssen, B.H., P. van der Sluijs en H.R. Ukkerman. 1990. organische stof. In: W.P. Locher en H. de Bakker. Bodemkunde van Nederland, deel 1. Algemene bodemkunde. Malmberg, Den Bosch.

Janssen, B.H. 1984. A simple method for calculating decomposition and accumulation of young soil organic matter. Plant and soil 76; 297-304.

Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran. J.W., Cline, R.G. Harris, R.F. en Schuman, G.E. 1997. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. Soil Science Society of America Journal 61, 4-10.

Keuper, J., 2002.

Bodem koesteren loont de moeite. Boederderij/Veehouderij 87 - no. 18, 3 september 2002, p.4-VE - 6-VE. Koelemann, E., T. van Schie, J. Dijkstra, Z. Faber en F. Verhoeven, 2003, Boeren in balans.

Kool, de, S.A.M., F.C.T. Guiking, J.G.M. Paauw, A.P. Philipsen, 2003, Inventarisatie, toetsing en verspreiding van innovaties in de Nederlandse landbouwpraktijk, concept intern rapport PPO en PV.

Koopmans, C. (2002) Bodemkwaliteit: Wat kunnen we ermee in de praktijk. Verslag van de workshop 'Bodemkwaliteit' Wageningen, 20 september 2002. p16-20. Plant Research International rapport 54 Wageningen.

Kortleven, J (1963) Kwantitatieve aspecten van humusopbouw en humusafbraak. Verslagen van landbouwkundige onderzoeken. Rijkstuinbouwconsulent voor Bodemaangelegenheden. Wageningen. 109pp.

Langmeijer, M., A. Oberson, M. Keuzer, P. Mäder, D. Dubois en E. Frossard, 2001.

Does the farming system affect the nitrogen fertiliser value of animal manure?. INRA 11th Nitrogen Workshop, Book of Abstracts, Reims, 257-258.

LEI, BINternet, 2003.

<http://www.lei.nl/home.htm> - Statistieken.

Liefeld, J., S. Siebert, I. Kögel-Knabner, 2002. Biological activity and organic matter mineralization of soils amended with biowaste composts. Journal of Plant Nutrition Soil Science 165, 151-159.

Locher, W.P. en H. de Bakker (eds) 1990. Bodemkunde van Nederland. Deel 1; algemene bodemkunde.

Meer- van Oeveren, L. van der, 2000.

Ploeg blijft werkeloos in de schuur. Boederij/Akkerbouw 85 – no. 8, p.22-AK – 23-AK.

Natuurlijk in Balans 2002. Natuurlijk in Balans, Thema Voeding. November 2002. Sjoerd Boersma stapt uit het gestresste systeem, blz. 14.

Nevens, F. en D. Verheul 2000 Increasing N-use efficiency in an integrated grassland-forage crop rotation Grassland Science in Europe 5: 375-377.

Ploeg, van der, J.D., F. Verhoeven, H. Oostindie en J. Groot. Wat smyt it op. Een verkennende analyse van bedrijfseconomische en landbouwkundige gegevens van Vel en Vanla bedrijven.

Postma, J., J.J. Schröder, K.B. Zwart, J.A. de Vos, 2001. Bodemleven: doel op zich of inzetbaar middel? Voorstudie verricht in het kader van DLO-Onderzoeksprogramma 342. Biologische productiesystemen in de akkerbouw en vollegroondsgroenteteelt. Plant Resaerch International. Alterra Rapport 42. Wageningen.

Pronk, A. en Schröder, J.J., 2002. Bodemkwaliteit in relatie tot de gebruikte mestsoort. Workshop Bodemkwaliteit, Wageningen, 2002, 10p.

Praktijkgids Bemesting (2000). Nutrienten Management Instituut NMI, Wageningen.

Praktijkgids 'Slim mineralenmanagement, gezonde bodem' Stimuland.

Ruiter de, P.C., J.A. Van Veen, J.C. Moore, L. Brussaard, H.W. Hunt (1993). Calculation of nitrogen mineralization in soil food webs. Plant Soil 157, 263-273.

Ruiter de, P.C. Ecologische bodemkwaliteit in ruimtelijke ordening en milieubeheer. 2002. Verslag van de quickscan: Bodem & Ecologie. Chemielinco-rapport 20787, Utecht.

Schils, R.L.M. and I. Kok, 2003.

Effects of cattle slurry management on grassland performance. Netherlands Journal of Agricultural Science, volume 51, 1-2 p 41-66

Schouten et al., 1997. Schouten, A.J., L. Brussaard, P.C. de Ruiter, H. Siepel, N.M. van Straalen (1997). Een indicatorsysteem voor life support functies van de bodem in relatie tot biodiversiteit. RIVM rapport 712910005, Bilthoven.

Schouten, A.J., J. Bloem, A.M. Breure, W.A.M. Didden, M. van Esbroek, P.C. de Ruiter, M. Rutgers, H. Siepel, en H. Velvis, 2000. Pilotproject Bodembioologische Indicator voor Life Support Functies van de bodem. RIVM, Bilthoven, rapport 607604001.

Schouten, A.J., M. Rutgers, A.M. Breure, 2001.

BoBI op weg, *Tussentijdse evaluatie van het project Bodembioologische Indicator*. RIVM, Bilthoven, rapport 607604002.

Schouten, A.J., J. Bloem, W. didden, G. Jagers op Akkerhuis, H. Keidel, M. Rutgers, 2003. Bodembioologische Indicator 1999. RIVM, Bilthoven, Rapport 607604003.

Schröder, J.J., A.G. Jansen en G.J. Hilhorst, 2001.

Lange-termijn effect van een krappe bemesting bij snijmaïs. Verslag van een veldproef op 'De Marke' (1997-2000) en modelonderzoek op basis daarvan. PRI, Wageningen, rapport 37, 40p.

Schuurman, JJ. (1973). Overzicht van de resultaten van het bewortelingsonderzoek bij grassen en op grasland aan het IB. IB-rapport 10-1973. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren (Gr.)

Smits, M., 2000. Ondiep ploegen gunstig voor structuur. Boerderij/Akkerbouw 85 – no. 21, p.4-AK – 7-AK.

Soil Biology Primer, 2000. Soil Bioloty Primer. Soil and Water Conservation Society. USDA Natural Resources Conservation Service. SWCS. Ankeny, Iowa.

Souwerbren, P. (1991) Bodemecologie. Christelijke Agrarische Hogeschool Dronten.

Spoor, G. en R.J. Godwin, 1990. Soil loosening; requirements, implements and techniques. HGCA Research Review no. 19; 51p.

Syers en Springett, (1983) Earthworm ecology in grassland soils. In:Earthworm ecology: from Darwin to vermiculture. Satchell, J.E. (ed.). Chapman and Hall London: pp 67-105.

Togtema, J., 2000. Onder de grond leeft een hele dierentuin. De boomkwekerij nr. 39, 13-15.

Tweede kamer (2003) Wijziging van de meststoffenwet in verband met de evaluatie 2002. Kamerstuk 28 971 nr.3. Memorie van Toelichting, 15 pp.

Veen, van J.A., 1997. Ontwikkelingen in wetenschap en technologie. Bodembioogie en plantaardige productie. Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek. NRL0-rapport nr. 97/25, Den Haag.

Veldhof, G.L. en O. Oenema, 2001.

Effects of ageing and cultivation of grassland on soil nitrogen. Alterra, Wageningen, rapport 399.

Wezel AP, Breure AM, van Grinsven JJM (2003) Bodemkwaliteit mee aan het stuur in ordening en beheer van landgebruik. Bodem nr. 1, p8-10.

Wouters, A.P, F: Wopereis en H. Everts, 1991, Bodemverdichting op zandgrasland, Artikel Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR), Lelystad.

Yang, H.S. 1996. Modelling organic matter mineralization and exploring options for organic matter management in arable farming in Northern China. Dissertatie Wageningen Universiteit.

Yeates, G.W., T.G. Shephard, G.S. Francis, 1997. Contrasting response to cropping of populations of earthworms and predacious nematodes in four soils. Soil & Tillage Research 48, 255-264.