

Organische stof: onbeminnd of onbekend?

Organische stof: onbemand of onbekend?

**Annemieke Smit
Peter Kuikman**

Alterra-rapport 1126

Alterra, Wageningen, 2005

REFERAAT

Annemieke Smit & Peter Kuikman, 2005. *Organische stof: onbemind of onbekend?* Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1126. 39 blz. 2 fig.; 2 tab.; 49 ref.

De Nederlandse overheid herzielt haar bodembeleid (zie Beleidsbrief Bodem; zie VROM, 2003) en doet dat tegen de achtergrond van de ontwikkeling van een EU bodem strategie. Ze wil haar bodembeleid verbreden van reageren op verontreiniging naar duurzaam bodemgebruik. Deze studie inventariseert recente inzichten over organische stof in de bodem van Nederland en identificeert kennisvragen en –leemtes. De aandacht gaat uit naar: mogelijke veranderingen en verlies van de hoeveelheid organische stof in de bodem, daarmee samenhangende risico's, mogelijke reacties en waarnemingen van effecten van handelen.

Het is van groot belang om de huidige veranderingen in bodems en de effectiviteit van het handelen om veranderingen van organische stof in de bodem te volgen en te monitoren. Daartoe is een strategie voor monitoring van bodem organische stof en een eenvoudige en transparante handleiding voor identificeren van effectieve handelingen gewenst. In de studie zijn een aantal dilemma's rond organische stof geformuleerd en worden aanbevelingen gedaan om een aantal kennisvragen op te lossen.

Trefwoorden: Bodembeleid, EU bodem strategie, organische stof, bodem

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door € 15,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 1126. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2005 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	9
2 Doelstelling, aanpak en uitwerking	11
3 De rol van organische stof	13
4 Organische stof in de Nederlandse bodem	15
4.1 Voorraad organische stof	15
4.2 Verwachtingen rond veranderende voorraden organische stof	18
4.3 Wat is er nodig om tot adequate monitoring te komen?	20
5 Oplossingsrichtingen en mogelijke consequenties	23
5.1 Aanpassen van het landgebruik	23
5.2 Verlagen van de afbraaksnelheid	23
5.3 Verhogen van de aanvoer	24
5.4 Risico's van oplossingsrichtingen?	24
6 Dilemma's rond organische stof	27
7 Aanbevelingen	29
Literatuur	33
<i>Bijlagen</i>	
1 Science 2004 met recente resultaten	37
2 Achtergronddocumenten en websites	39

Samenvatting

De Nederlandse overheid herzielt haar bodembeleid (zie Beleidsbrief Bodem; zie VROM, 2003) en doet dat tegen de achtergrond van de ontwikkeling van een EU bodem strategie (EC, 2002). De overheid wil haar bodembeleid verbreden van reageren op verontreiniging naar duurzaam bodemgebruik en zo aansluiten bij de ontwikkelingen in de EU. Niet alle ontwikkelingen op beleidsniveau sporen gemakkelijk met elkaar. Zo vraagt de EU bodem strategie om beheer van kwaliteit en vraagt duurzaam beheer van bodems te ontwikkelen (kwaliteit) maar vragen het klimaatverdrag en het Kyoto Protocol om beheer van voorraden en management van emissies uit bodems (hoeveelheid). Deze verschillende beleidsdoelen vergen afstemming onderling en ten opzichte van overige beleidsdoelstellingen zoals EU nitraatrichtlijn en mest- en mineralenbeleid.

Deze studie had tot doel recente inzichten over organische stof in de bodem van Nederland te inventariseren en vervolgens kennisvragen en –leemte te identificeren. De aandacht gaat uit naar: mogelijke veranderingen en vooral verlies van de hoeveelheid organische stof in de bodem, daarmee samenhangende risico's, mogelijke reacties en waarnemingen van effecten van handelen.

Nederland beschikt over een gedetailleerde bodemkaart, een eenmalige meetserie van bodem koolstof voorraden en gedetailleerde informatie over landgebruik. Op basis hiervan is een voorraadschatting beschikbaar (Kuikman *et al.*, 2004) die kan worden gerapporteerd onder het klimaatverdrag.

De voorraad organische stof in de bodem in Nederland in laag Nederland neemt af als gevolg van actieve en omvangrijke drainage met ruim 2 Mton organische stof per jaar ook neemt het areaal veengronden en organische bodems af. De voorraad in hoog Nederland lijkt op peil te blijven. Een uitzondering hierop vormen de bodems met permanente teelt van maïs en mogelijk de gronden waar permanent grasland met omvangrijke opbouw van een voorraad organische stof wordt gescheurd en bewerkt; dit leidt hoogstwaarschijnlijk tot verlies van organische stof. De omvangrijke import van organische stof als diervoeders maakt intensieve bemesting en hoge aanvoer van organische stof mogelijk. Als gevolg van het (restrictieve) mestbeleid van de afgelopen jaren is de aanvoer van organische stof voorraden in Nederland niet afgenomen.

In verschillende rapporten wordt gezinspeeld op de mogelijke risico's op verlies van functionaliteit en functioneren van bodem, dat samen gaat met verlies aan organische stof. In deze studie komen we tot de conclusie dat een reële zorg is dat een complexe materie als organische stof in de bodem niet gemakkelijk en snel inzichtelijk kan worden gemaakt en deze complexiteit definitie van effectief handelen belemmert. Terwijl de omvang van veranderingen in koolstofvoorraad veelal onbekend of regio of grondsoort specifiek is, is de richting van verandering (meer of minder organische stof) dat niet. Daarom is het zeer wel mogelijk om (tijdig) te reageren op

veranderingen van organische stof waardoor functieverlies wordt vermeden of verminderd. Een belangrijke actie zou zijn om de perceptie ingang te doen vinden dat ook in Nederland bodem een kostbaar goed is en niet altijd vervangbaar en hernieuwbaar is.

Het is van groot belang om de huidige veranderingen in bodems en de effectiviteit van het handelen om veranderingen van organische stof in de bodem te realiseren te volgen en te monitoren. De volgende acties zijn gewenst:

- Ontwerpen van een strategie van een bodemkoolstof monitoring programma dat recht doet aan het intensieve land- en grondgebruik in Nederland en de frequente landgebruikverandering
- Aansluiten bij activiteiten elders in Europa op het gebied van monitoring van bodem eigenschappen en veranderingen daarin
- Monitoren van landgebruik en landgebruikverandering in Nederland nu en in de nabije toekomst en van de motieven voor verandering van landgebruik bij landeigenaren
- Ontwikkelen van een eenvoudige, transparante en algemeen toepasbare beslistabel die belanghebbenden in staat stelt om relatief snel en eenvoudig vast te stellen waar en wanneer er problemen met organische stof te verwachten zijn en of en zo ja, welke acties mogelijk en nodig zijn om onomkeerbaarheid van problemen en kosten te vermijden respectievelijk te voorkomen.

Op basis van de analyse in deze studie zijn dilemma's rond organische stof geformuleerd. Deze dilemma's kunnen een rol spelen in discussie en effectieve communicatie over organische stof en gaan over meten van veranderingen, afwenteling, beheer en kwaliteit van toevoeging. Ze luiden onder andere:

- Organische stof is anoniem
- Eenvoudige rekenregels ontbreken
- Organische stof in de Nederlandse landbouw is uniek
- Mondiale potstal principe
- Organische stof kun je niet bewaren

Vervolgens hebben we een aantal aanbevelingen geformuleerd die betrekking hebben op waarnemen en monitoren, relatie met mestbeleid, rekenregels en beslisbomen en de waardering van de bodem en de rol van organische stof

Tot slot: organische stof is complex, omdat de problematiek rond organische stof niet op zichzelf staat. Veranderingen in organische stof hebben gevolgen voor bijvoorbeeld waterbeheer, nutriëntenuitspoeling, broeikasgasemissies en de productiefunctie van de bodem. Andersom wordt bij het uitvoeren van beleid op grond- en oppervlaktewater of vermindering (overige) broeikasgassen de organische stof in de bodem ook beïnvloed. In die zin is een belangrijke zorg gelegen in eventuele afwenteling tussen verschillende milieuaspecten bij het beheer van organische stof.

1 Inleiding

De bodem krijgt de laatste tijd meer en meer aandacht van beleid en wetenschap. We beheren de bodem niet altijd even goed en snappen niet goed wat we doen, of we genoeg doen en welke consequenties ons beheer en gebruik van de bodem heeft. Het tijdschrift *Science* wijdde in juni 2004 een *special issue* (*Science*, vol. 304) aan de bodem onder de titel “*the ground under our feet*”. In een tiental artikelen wordt de maatschappelijke betekenis van de bodem besproken: “*interest in soil is booming*”. In *Science* worden de volgende bedreigingen genoemd: erosie, verdichting (compactie), afdichting (*sealing*), verontreiniging, verwoestijning, uitputting en verzilting. Later komt daar biodiversiteit bij (Dolfing *et al.*, 2004). Kortom, “*the soil is at stake*”.

Maar ook in Nederland en de EU krijgt de bodem meer en meer aandacht. Denk aan de opstelling van de beleidsbrief bodem en de EU bodemstrategie (VROM, 2003) die vragen om meer maatschappelijke aandacht voor de relevante functies van de bodem voor onze samenleving. De Nederlandse overheid herzielt haar bodembeleid (zie Beleidsbrief Bodem; zie VROM, 2003) en doet dat tegen de achtergrond van de ontwikkeling van een EU bodem strategie (EC, 2002). De overheid baseert de plannen op 3 peilers: decentralisatie en regionalisatie, externe integratie met water en lucht en *stakeholder participation*. De overheid wil haar bodembeleid verbreden van ‘reageren op verontreiniging’ naar duurzaam bodemgebruik en zo aansluiten bij de ontwikkelingen in de EU. Organische stof in de bodem wordt zowel in de Europese als in de Nationale notities als belangrijke bodemparameter genoemd.

Het RIVM heeft het voorgenomen bodembeleid getoetst (Tiktak *et al.*, 2004) en is van oordeel dat de beleidsbrief een goede aanzet biedt maar vindt de onderbouwing van het begrip duurzaam bodemgebruik onvoldoende. In dit stadium van beleidsvoorbereiding ontbreken indicatoren voor duurzaam bodembeheer of doelstellingen in termen van referentiewaarden of grenswaarden en ontbreken suggesties voor een adequate monitoring. Ten aanzien van organische stof maakt het RIVM in haar toetsing van het voorgenomen beleid de volgende opmerkingen:

- Er is op landelijke schaal weinig bekend over de omvang van ‘nieuwe’ problemen als de achteruitgang van organische stof
- “Bij de huidige intensiteit van akkerbouw is het niet mogelijk het organische stof gehalte op een duurzaam niveau te handhaven” en “Een te laag organisch stof gehalte leidt tot het verlies van diverse bodemfuncties” (Römkens en Oenema, 2004)
- Over mineralisatie van organische stof en de bijdrage hiervan aan de bodemvruchtbaarheid bestaan nog veel onduidelijkheden (Velthof, 2004)
- Het is niet duidelijk of het instandhouden van de organische stofvoorraad in veenweidegebieden via een regeling als “groene diensten” zal worden betaald.

Organische stof staat niet op zichzelf: veranderingen in organische stof hebben gevolgen voor bijvoorbeeld waterbeheer, nutriëntenuitspoeling, broeikasgasemissies

en de productiefunctie van de bodem. Andersom wordt bij het uitvoeren van beleid op grond- en oppervlaktewater of vermindering (overige) broeikasgassen de organische stof in de bodem ook beïnvloed. Toch wordt aanvaard dat organische stof, binnen en buiten de landbouw, van belang is voor behoud van bodems en voor functiebehoud en gebruik van bodems voor voedselproductie. Uit die optiek is onze aandacht gerechtvaardigd en nodig.

2 Doelstelling, aanpak en uitwerking

In opdracht van het RIVM hebben we een *quick – scan* uitgevoerd waarin we inventarisatie van recente kennis van organische stof in de bodem van Nederland op basis van literatuur en op basis van recente en oude gegevens hebben uitgevoerd. Daarnaast hebben we een inventarisatie gemaakt van recente ontwikkelingen die betrekking hebben op de volgende vragen:

- Is het waarschijnlijk dat er verandering en vooral verlaging van hoeveelheid organische stof optreden en hoe zeker zijn wetenschappers daarover?
- Welke risico's hangen samen met een verlaging van de hoeveelheid organische stof en welke functionaliteit van de bodem is in het geding?
- Welke reactie is gewenst om het tij te keren en op welke termijn?
- Hoe kunnen hier waarnemingen aan plaatsvinden (monitoring)?
- Welke dilemma's spelen er rond organische stof?

Bij de beantwoording van de vragen die voortvloeien uit de doelstelling van de opdrachtgever hebben we in dit rapport de volgende uitwerking gekozen.

In hoofdstuk 3 gaan we kort in op de rol van organische stof in de bodem, waarna we in hoofdstuk 4 ingaan op de beschikbare kennis over de voorraad organische stof aan de hand van recente berekeningen op basis van combinaties van bodemkaart, meetgegevens, landgebruik en veranderingen in organische stof voorraad in de bodem en op de mate van zekerheid en wetenschappelijke consensus.

In hoofdstuk 5 gaan we nader in op oplossingsrichtingen voor de beschreven problematiek.

In hoofdstuk 6 presenteren we een aantal dilemma's rond organische stof die de complexiteit van de materie illustreren en het risico duiden van afwenteling.

Tenslotte presenteren we in hoofdstuk 7 enkele aanbevelingen.

3 De rol van organische stof

Organische stof in de bodem is belangrijk voor ecologische bodemfuncties in de vorm van voedselbron voor en restproduct van bodemleven. Daarnaast speelt bodem organische stof een grote rol in de opslag van CO₂ in het kader van de Kyoto overeenkomst. Vanuit het landbouwkundige perspectief wordt het organische stof gehalte aan diverse bodemfuncties gekoppeld. Het gehalte aan organische stof wordt in verband gebracht met bodemkwaliteit en de functionaliteit van de bodem, zoals deze in de EU *soil strategy* wordt genoemd. Organische stof heeft zowel invloed op de bodemfysische eigenschappen (erosie gevoeligheid, gevoeligheid voor verslemping, vochthoudend vermogen, structuur) als op de meer biologische en chemische eigenschappen (CEC, mineralisatie, bodemleven).

De relaties tussen organische stof en *bodemfysische eigenschappen* voor Nederlandse (zand)gronden zijn beschreven door Boekel (1991). In verband met stuifgevoeligheid wordt gesteld dat een gehalte aan organische stof van 4% voor zandgronden en 10% voor veenkoloniale gronden (dalgronden) gewenst is. Ook voor het vochthoudende vermogen van zandgronden speelt organische stof een belangrijke rol; dit kan in de bovenste 20 cm oplopen van iets meer dan 30 mm bij 2% organische stof tot bijna 50 mm bij 6% organische stof (Boekel,1991). Voor een bodem waarin geen vochttekort meer optreedt zou een “humushoudende laag van 70-80 dik met een gehalte aan organische stof van 5%” nodig zijn. Deze situatie komt voor op oude esgronden in de noordelijke zandgebieden. In zavel en kleigronden heeft organische stof vooral invloed op de bewerkbaarheid en de structuur. Hier is het gewenste gehalte aan organische stof afhankelijk van het kalkgehalte of het percentage afslibbare delen (Boekel, 1991)

Organische stof speelt in zandige bodems ook een rol bij het verhogen van het binden van nutriënten (kationen zoals ammonium en kalium) ofwel de CEC – cation exchange capacity. Hiervoor is niet alleen de hoeveelheid organische stof belangrijk, maar ook de ouderdom. Hoe verder het materiaal is omgezet (gehumificeerd) hoe groter de CEC. De grootte van de CEC bepaalt de buffercapaciteit voor metalen en andere verontreinigingen.

Macronutriënten, zoals N en P, zitten in de organische stof en komen vrij bij de afbraak ervan. Hiervoor is het juist van belang om niet alleen oude organische stof (humus, vergistte mest of compost) in de bodem te hebben, maar juist ook verse organische stof (delen van organische mest of gewasresten). Esgronden, waarin wel veel, maar oude organische stof zit, hebben een relatief lage potentiële mineralisatie ten opzicht van bijvoorbeeld graslanden, waaraan voortdurend gewas- en wortelresten worden toegevoegd.

Biologische processen, zoals de afbraak van organische stof en de mineralisatie van nutriënten, zijn moeilijk te sturen. Een grote toevoer van vers organisch materiaal en een hoog gehalte aan organische stof kan leiden tot hoge stikstofmineralisatie op

momenten dat er slechts een geringe opname is door het gewas. Daardoor ontstaat een verhoogd risico op stikstofuitspoeling. Daarnaast kan een ruime aanwezigheid van goed afbreekbare organische stof onder natte omstandigheden leiden tot grote emissies van broeikasgassen (CO₂, N₂O en CH₄).

Uit de bovenstaande alinea kunnen we dus opmaken dat vanuit verschillende (milieu) doelstellingen tegengestelde wensen komen ten aanzien van het optimale organische stofgehalte in de bodem. Met organische stof in de bodem hebben we dus te maken met een complexe factor in handen, die moeilijk te sturen is, omdat de reactie op veranderingen in afbraakcondities of veranderingen in aanvoer traag verloopt.

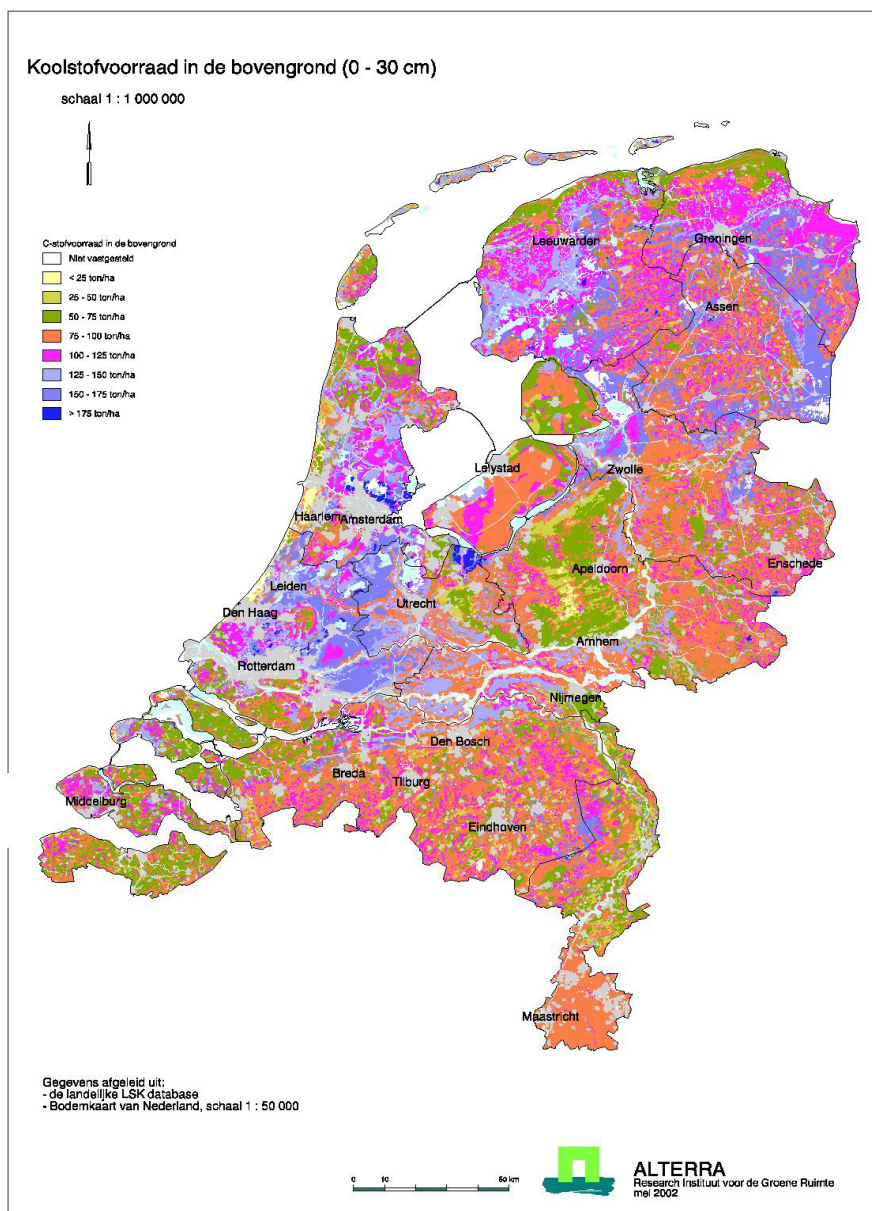
4 Organische stof in de Nederlandse bodem

4.1 Voorraad organische stof

In Nederland, en ook in andere Europese landen is er veel aandacht voor het kwantificeren van voorraden organische stof. Vanuit de EU *soil strategy* wordt het belang van organische stof voor de bodemvruchtbaarheid bewaakt en misschien zou er vanuit de EU ooit ook een richtlijn kunnen komen die een land verplicht de voorraad organische stof in de bodem minimaal gelijk te houden. Onder het klimaatverdrag zijn landen gehouden te rapporteren over de veranderingen in de voorraad organische stof in de bodem. Het is dan nodig om te weten a) of het mogelijk is die voorraad vast te stellen en als de voorraad verandert, b) hoe groot die veranderingen dan zijn en c) hoe snel veranderingen teniet kunnen worden gedaan en eventueel kunnen worden hersteld.

Nederland beschikt over gedetailleerde bodeminformatie in de Bodemkaart van Nederland (schaal 1: 50 000). Alle eenheden van deze bodemkaart zijn omschreven met profielbeschrijvingen waarin diverse bodemeigenschappen zijn opgenomen in het Bodem Informatie Systeem (de Vries, 1999). Daarnaast is er in Nederland in de jaren negentig een groot eenmalig meetprogramma uitgevoerd op ongeveer 1400 meetpunten om de bodemkaart beter te voorzien van gemeten eigenschappen (de Gruijter *et al.*, in prep).

Op basis van dit meetprogramma en landgebruiksinformatie is de koolstofvoorraad in de bodem in Nederland berekend (figuur 1). De voorraad in de toplaag van de bodem (0-30 cm diep) bedraagt 286 Mton C (Kuikman *et al.*, 2003). De grootste voorraden liggen in de veengronden met soms meer dan 15 procent organische stof: op 422 000 ha (ofwel 15 procent van groen Nederland) met venige gronden komt 23 % van de C-voorraad voor (tabel 1). Tussen 30 en 120 cm zit daar nog eens 142 Mton C. Zo'n 56% van de C-voorraad komt voor onder grasland. De voorraad op bouwland (32%) ligt voor een belangrijk deel in de Veenkoloniën.



Figuur 1 De koolstofvoorraad in de bovengrond (0 – 30 cm) van Nederland (Kuikman et al., 2003)

Tabel 1 Berekende koolstofvoorraad in Nederlandse bodem (0-30 cm) voor verschillend landgebruik en totaal oppervlak Nederland met landbouwkundig en niet-landbouwkundig grondgebruik op basis van LGN-3. (Kuikman et al., 2003)

Landgebruik	Ha (*1000)	% van landelijk gebied	C-voorraad (Mton C)	% van de C-voorraad
Grasland	1426	45	148	56
Bouwland	920	37	85	32
Bos (incl. overig natuur)	445	18	31	12
Totaal	2791	100	264	100

Vleeshouwers en Verhagen (2001) komen na berekeningen met modellen tot de slotsom dat er grote verschillen bestaan tussen koolstofvoorraden in de bodem bij de

verschillende landbouwgewassen. Zij berekenden evenwichtsvoorraden na een lange reeks jaren met hetzelfde gewas. Voor grasland is de C-voorraad in de bodem 114 ton per ha, terwijl bijvoorbeeld de C-voorraad van snijmaïs 22 ton C per ha bedraagt (tabel 2).

Tabel 2 Evenwichtsvoorraden C in het gewas-bodem-systeem in landbouwgronden van Nederland. Oppervlakten zijn afkomstig van CBS-gegevens uit 1998 (Vleeshouwers en Verhagen, 2001)

Gewas	C-voorraad (t/ha)	Oppervlakte (ha)	Totale C-voorraad (Mton C)
wintergraan	60,8	131000	7,8
zomergraan	46,1	60000	2,8
aardappelen	26,6	181000	4,8
suikerbieten	27,9	114000	3,2
maïs	22,0	240000	5,3
Overige akkerbouw gewassen	36,7	67000	1,7
Gras	114,1	1060000	121,0
tuinbouwgewassen	14,5	116000	1,7
Snelgroeiend hout	52,0	2700	0,1
Totaal		1973000	148,5

De verschillen tussen de berekeningen van Kuikman *et al.*, (2003) op basis van de Landelijke steekproef van de Bodemkaart en de modelberekeningen van Vleeshouwers en Verhagen (2001) zijn aanzienlijk. Met name de voorraad op bouwland wijkt sterk af. Deels heeft dit te maken met de oorspronkelijke (natuurlijke) koolstofvoorraad voordat het land in gebruik was als bouwland. Een andere oorzaak betreft de langdurige en omvangrijke aanvoer van organische stof naar de bodem in de vorm van bemesting en in vroeger tijden ook in de vorm van plaggen. Deze twee aspecten zijn door Vleeshouwers en Verhagen niet in de berekeningen betrokken.

Organische stof voorraden in natuur zijn in berekeningen op nationaal niveau nauwelijks gedifferentieerd, hoewel bostype en grondsoort in zekere mate bepalend kunnen zijn voor de (maximaal haalbare) vastlegging van koolstof. Zo komt op arme zandgronden (stuifzand) de voorraad organische stof onder grove dennen bossen na ruim 120 jaar op 110 ton organische stof/ha (Emmer, 1995), terwijl op dekzanden deze voorraden kunnen oplopen tot 240 ton/ha (Kemmers en Mekking, 2001). Veranderingen in de voorraden bodem organische stof verlopen veelal niet snel. In jong aangeplant bos, kan de voorraad nog snel stijgen. Vesterdal *et al.* (in voorbereiding) meten een ophoping van ongeveer 1.26 ton C/ha/jaar (in strooisellaag en minerale bodem samen) in eik- en sparrenbossen tot 30 jaar oud. Voor het in stand houden van deze voorraden hoeft weinig te gebeuren. Door mechanische verwijdering van organische stof in “nieuwe natuurgebieden” kan overigens lokaal wel een snelle afname van organische stof optreden.

4.2 Verwachtingen rond veranderende voorraden organische stof

De aandacht voor de voorraden organische stof hangt nauw samen met de verwachting dat we op een niet duurzame manier omspringen met de organische stof in de bodem. Drainage van veengronden, uitgebreide landgebruikveranderingen en verlaging van de mestgift zouden allemaal invloed kunnen hebben op de voorraad organische stof. Deze verwachtingen hebben deels betrekking op verschillende regio's.

Veengronden

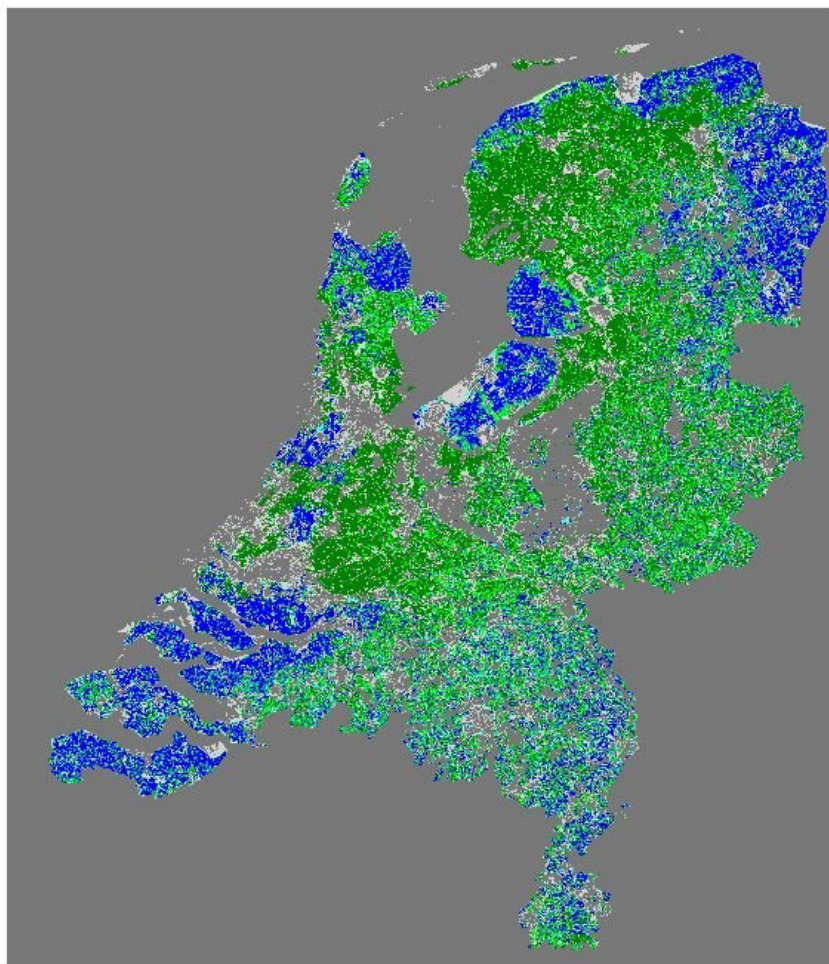
Op de gedraineerde veengronden in laag Nederland zal de daling van organische stofvoorraden het grootst zijn (Kuikman *et al.*, 2005). Dit komt nauwelijks tot uiting in de gehalten aan organische stof maar wel in de voorraden (dikte van het pakket). In West-Nederland vindt zowel inklinking (verdichting) als oxidatie (verdwijnen van veen) plaats. De omvang van het verlies aan organische stof is geschat door Kuikman *et al.* (2005) op basis van gegevens over maaiveldddaling in verschillende regio's en een schatting van het areaal en bedraagt 4.24 Mton CO₂ ofwel 2.2 ton organische stof. Ook de veengronden en moerige bodems in Noordoost Nederland zijn aan oxidatie onderhevig. Bijvoorbeeld in de omgeving van Schoonebeek is ongeveer 46% van de bodems die in 1980 nog als veenbodems werden gekarteerd in 2003 geen veenbodem meer (Pleijter, 2004). Voor de moerige bodems geldt zelfs een achteruitgang met 73%. Een vergelijkbare studie is ook uitgevoerd voor de provincies Groningen, Drenthe en Overijssel (de Vries, 2003), waar 48% van de op de bodemkaart aangegeven veengronden niet meer als veengrond geïdentificeerd kon worden. Het verdwijnen van deze bodemtypes is het gevolg van verlies aan organische stof bij gebruik in de landbouw al dan niet in combinatie met drainage. De resultaten van beide studies impliceren dat informatie in de bodemkaart in deze regio snel verouderd en niet meer up-to-date is. Er is geen systematische monitoring van deze dynamiek.

Veranderend landgebruik

De voorraden organische stof kunnen sterk verschillen tussen verschillende vormen van landgebruik. Dit werd al weergegeven in de tabellen 1 en 2. Uit een langlopende studie (35 jaar) naar de effecten van landgebruik (Nevens *et al.*, 2003) bleek ook een groot verschil in organische stof gehalten tussen permanent grasland, permanent bouwland en wisselbouw. De effecten van het scheuren van grasland en opnemen in een rotatie zijn door Vellinga *et al.* (2004) berekend. Een eenvoudig model werd ingezet voor de berekening van veranderingen in bodem C en N de emissies van CO₂ en N₂O en daarmee indirect de veranderingen in hoeveelheid organische stof in de bodem als gevolg van de gedocumenteerde landgebruikveranderingen in grasland in de periode 1970 – 2000 in Nederland. De verliezen bedragen 30, 150 en 250 ton CO₂ eq/ha voor respectievelijk een ruime rotatie (1 jaar bouwland: 6 jaar gras), een nauwe rotatie (3:3) en omzetting permanent grasland in continu bouwland. Het merendeel van deze emissie is CO₂ en betekent dus een verlies van organische stof.

Landgebruikveranderingen tussen 1990 en 2000 zijn door Knol *et al.* (in voorbereiding) gekwantificeerd (figuur 2). Het blijkt dat de veranderingen in landgebruik (omzetting van gras naar bouwland en vice versa) in de laatste tien jaar

zeer intensief zijn geweest. In deze periode is op nationale schaal het landgebruik op ongeveer 30% van het landbouwareaal minstens een maal is veranderd tussen grasland, bouwland, bos en stedenbouw of infrastructuur. Dit heeft voornamelijk plaatsgevonden op de zandgronden waar naar schatting tot 50% verandering in landgebruik is waargenomen.



Figuur 2. Landgebruikverandering in de periode 1990 – 2000 op basis van vergelijking van landgebruik op de topografische kaarten van omstreeks 1990 en 2000 en de LGN-2, -3 en -4 bestanden op basis van satellietwaarnemingen (Knol et al., in voorbereiding). Donkerblauw betekent bouwland gedurende alle meetmomenten, donkergroen alles momenten gras. Naarmate er vaker veranderingen in het landgebruik plaatsvonden zijn de blauw- of groentinten lichter.

Aanvoer van organische stof

Extensivering van de landbouw als gevolg van strenger mest- en mineralenbeleid zou kunnen leiden tot minder aanvoer van organische stof naar de bodem en vormt een potentieel risico. Velthof (2004) berekende echter dat het mestbeleid niet heeft geleid tot een duidelijke vermindering van de aanvoer van effectieve organische stof naar landbouwgronden, ondanks dat de stikstof- en fosfaataanvoer wel fors is gedaald. In deze studie werden veranderingen in de aanvoer van effectieve organische stof naar landbouwgronden tussen 1995 en 2002 via de belangrijkste bronnen, namelijk dierlijke mest, gewasresten in bouwland en grasland en andere organische producten

gekwantificeerd. Effectieve organische stof is de organische stof die één jaar na toediening aan de bodem nog niet is afgebroken (Janssen, 1986). In de periode 1995 – 2002 werd als gevolg van de implementatie van mest- en mineralenbeleid minder dierlijke mest toegepast daardoor werd ook de aanvoer van organische stof teruggebracht¹. De berekeningen zijn op nationaal niveau uitgevoerd en zijn gebaseerd op CBS-statistieken en literatuurgegevens over samenstelling en afbreekbaarheid van organische producten (Velthof, 2004; CBS Statline)².

Recent onderzoek door BLGG (Janssen en Reijneveld, in voorbereiding) naar de achteruitgang van gehalten aan organische stof in de klei- en zandgronden is uitgevoerd in opdracht van de Technische Commissie Bodembescherming. Op basis van historische gegevens (organische stofgehalten) is gekeken of in de periode 1972-2002 de gehalten aan organische stof zijn veranderd. Uit voorlopige resultaten blijkt dat er geen duidelijke trends waar te nemen zijn. Modelberekeningen van Postma *et al* (2004) laten echter zien dat in de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt de organische stof gehalten zouden dalen bij een verlaging van de(organische) mestgift.

4.3 Wat is er nodig om tot adequate monitoring te komen?

Monitoren van organische stof kan worden gedaan door:

- a) het opstellen en monitoren van organische stofbalansen
- b) Meten van voorraden en de veranderingen daarin
- c) Meten van relevante processen en daarmee de veranderingen in organische stof modelleren

Organische stofbalansen

Het opstellen van een balans voor organische stof op nationaal niveau kan inzicht geven in de omvang en aard van de organische stofstromen. Elbersen (2002) heeft een organische stof balans voor de Nederlandse landbouw opgesteld, maar hierbij zijn bepaalde stromen (fluxen) niet opgenomen, waaronder het verdwijnen van

¹ De totale aanvoer van effectieve organische stof via dierlijke mest, overige organische producten, gewasresten van bouwland en grasland bedraagt ongeveer 5200 miljoen kg per jaar. Gemiddeld wordt ongeveer 2500 kg effectieve organische stof per ha landbouwgrond aangevoerd, waarvan 40 procent via dierlijke mest. Sinds 1995 is de gemiddelde aanvoer van effectieve organische stof naar Nederlandse landbouwgronden met enkele procenten gedaald, met name door de daling van de aanvoer via rundermest.

² Tussen individuele bedrijven en percelen kunnen grote verschillen in de aanvoer van organische stof bestaan. De verminderde aanvoer van rundermest zal voornamelijk op gras- en maïsland hebben plaatsgevonden. Een verminderde aanvoer van rundermest naar grasland zal niet leiden tot een daling van het gehalte aan organische stof, maar tot een mindere snelle accumulatie van organische stof in grasland. Op maïsland op lichte zandgrond zou de verminderde aanvoer van rundermest kunnen leiden tot een daling van het gehalte aan organische stof. In de bollenteelt, boomteelt en vollegrondsgroenteteelt wordt veel aandacht besteed aan organische stof. Het mestbeleid geleid heeft in veel van deze teelten geleid tot verschuiving van gebruik van dierlijke mest naar producten die meer effectieve organische stof bevatten, zoals compost.

organische stof door afbraak³. Veel organische stof in een dergelijke nationale balans zal niets met de voorraad in de bodem te maken hebben. Bij het opstellen van de balans zal de “grens van het systeem” dus goed gedefinieerd moet worden.

Metten van voorraden en de veranderingen daarin

Op het eerste gezicht lijkt het direct meten van voorraden en het frequent herhalen van deze metingen de meest betrouwbare methode voor het monitoren van de toestand van de organische stof in de bodem. Voor monitoring op nationale schaal zou gebruik kunnen worden gemaakt van bestaande meetnetten. In provinciale meetnetten (zie voor websites bijlage 2) wordt echter wel een organische stof gehalte gemeten, maar geen bulkdichtheid en dikte van de horizonten met veel organische stof. Het is daardoor niet mogelijk om voorraden organische stof te berekenen. Veranderingen in gehalten kunnen in de tijd gevolgd worden, maar het is dan niet altijd duidelijk of telkens een zelfde hoeveelheid grond is bemonsterd (na ploegen is 30 cm diep bemonsteren anders dan in een permanent grasland).

Kooistra en Kuikman (2002) noemen enkele andere databronnen, zoals een Europese monitoring van bosesystemen, meetnet bodem van het RIVM en meetnet bosreservaten. Binnen Alterra zijn gegevens over organische stof opgeslagen in het BIS (bodem informatie systeem) en in de HUMBASE, dat gevuld is met data van organische profielen in natuur (bos, heide, grasland). Het technische archief en grondmonsterarchief (TAGA) van Alterra bevat gegevens en grondmonsters van circa 18.000 proeven, waaruit veeljarige veldproeven met diverse behandelingen kunnen worden geselecteerd. Voor TAGA geldt dat relevante gegevens veelal wel bekend zijn, maar bewerking behoeven en dit is niet altijd eenvoudig.

Kwantificering van relevante processen en factoren, modelleren van voorraden

Hoewel meten de meest directe methode lijkt te zijn, blijkt dit in de praktijk zeer ingewikkeld. Leifeld *et al.* (2003) hebben bijvoorbeeld voor de Zwitserse situatie beredeneerd dat om tot een voldoende nauwkeurige schatting te komen van de veranderingen in 5 jaar tijd, er zoveel metingen moeten worden gedaan aan organische stof % en bulk dichtheid, dat de kosten van de monitoring de waarde van organische stof vastleggen vele malen zullen overschrijden. Zij formuleren als alternatief het maken van een schematisatie van biotische en abiotische factoren, die organische stof beïnvloeden en deze te koppelen aan ruimtelijke gegevens. In combinatie met modellen die de dynamiek van organische stof beschrijven zouden de veranderingen in organische stof voorraden moeten worden voorspel. Er zijn echter ook gegevens nodig, die niet direct beschikbaar zijn (bijvoorbeeld de “*site history*”)

Kooistra en Kuikman (2002) pleiten voor een “*National carbon inventory system*”. Vergelijkbaar met het voorstel van Leifeld *et al.* (2003) hoeft niet over het gehele land te worden gemeten. Een goed ontworpen steekproef (*well - designed*) in combinatie met langjarige veldproeven, zou voldoende inzicht moeten kunnen leveren.

³ Uit deze balans kan men opmaken dat er jaarlijks ruim 22 ton organische stof wordt ingevoerd, waarvan slechts 25 % ook weer wordt uitgevoerd. Dit lijkt erop te duiden dat er in Nederland een enorme ophoping van organische stof plaatsvindt.

Belangrijk is dat in deze opzet naast de inventarisatie gebruik wordt gemaakt van langlopende proeven, waarin waargenomen kan worden of en hoeveel koolstof er kan worden vastgelegd en wordt vastgelegd onder verschillende vormen van landgebruik. De nadruk ligt hier op langlopend, omdat veranderingen in organische stof voorraden niet snel te meten zijn, ze verlopen traag en omdat hoeveelheden aanwezige koolstof groot zijn zullen kleine veranderingen wegvallen in methodologische variatie. Dit zal moeten worden gekoppeld aan een meer uitgebreide studie naar landgebruikveranderingen

Kortom: Een goed onderbouwde monitoringsstrategie omvat *i)* de diversiteit in bodemtype en landgebruik, *ii)* houdt rekening met veranderingen in landgebruik *iii)* een voldoende grote schaal (zowel in ruimte als in tijd) om werkelijke verschillen aan te kunnen tonen.

5 Oplossingsrichtingen en mogelijke consequenties

De organische stof dynamiek in landbouwgronden kan in principe langs drie wegen worden beïnvloed:

1. aanpassen van landgebruik
2. verlagen van de afbraaksnelheid
3. verhogen van de aanvoer.

Deze opties worden hieronder toegelicht. Verder gaan we in dit hoofdstuk in op de consequenties voor agronomie, economie en milieu.

5.1 Aanpassen van het landgebruik

In paragraaf 4.2 hebben we laten zien dat het landgebruik in Nederland zeer dynamisch is en dat dit gevolgen kan hebben voor organische stof in de bodem. Het niet meer omzetten van permanent grasland in tijdelijk grasland of bouwland, kan verlaging van het organische stof gehalte voorkomen. Voor bedrijven met veel maïs kan het toepassen van wisselbouw op die maïs percelen wel tot een ophoging leiden van organische stof. Omzetten van bouwland in grasland is in Nederland een niet erg voor de hand liggende optie, hoewel in Freibauer *et al.* (2004) wel de mogelijkheid van braakliggend areaal met bioenergie-gewassen als optie wordt genoemd. De teelt van nagewassen (vanggewassen om uitspoeling van stikstof in de herfst te beperken) kan leiden tot een hogere aanvoer van organische stof (Petersen *et al.*, 1999).

5.2 Verlagen van de afbraaksnelheid

Het verlagen van de afbraak door het verminderen van de grondbewerking kan worden bewerkstelligd door het omzetten van maïsland naar grasland, maar ook bijvoorbeeld het inwerken van gewasresten achterwege te laten en de resten op het land te laten liggen. Internationaal gezien wordt “zero-tillage” als meest relevante maatregel gezien (Freibauer *et al.*, 2004; Lal *et al.*, 2004).

De Nederlandse landbouw heeft internationaal gezien een afwijkend landbouw systeem. De rotaties bevatten relatief veel hakvruchten (rooi gewassen) en relatief weinig granen. Deze rotaties vragen om veel grondbewerking, die de afbraak van organische stof in de bodem en van de aanvoer kunnen bevorderen. Het aanpassen van de rotaties heeft echter voor de akkerbouw grote economische gevolgen door de lage prijzen voor granen t.o.v. de andere gewassen.

In het veenweidegebied, maar ook in de veenkoloniale regio's wordt de afbraak van organische stof sterk beïnvloedt door ontwatering. Als het behoud van organische stof en daarmee het beperken van de afbraak een belangrijker plaats inneemt, kan dit worden bereikt door de ontwatering te vermindering en het waterpeil te verhogen.

Ook deze maatregel zal veel weerstand oproepen, omdat de draagkracht van de bodems en de daarmee samenhangende mogelijkheden voor bewerking verminderen.

Van den Born *et al.* (2002) beschrijven verschillende vormen van beheer voor het Noord-Hollandse veenweide gebied en de gevolgen voor CO₂-vastlegging of – emissie. Alleen bij verregaande maatregelen (waterpeil verhoging, geen landbouw, maar broekbos) kunnen zorgen voor een netto vastlegging van koolstof in de bodem.

Deze vormen van beheer kunnen nu in de maatschappij op weinig steun rekenen. Andere, meer “gangbare vormen van beheer leiden tot netto emissie van CO₂ en ook de overige broeikasgassen lachgas en methaan. Deze emissie uit bewerking van organische rijke bodems in veenweidegebied is omvangrijk en wordt geschat op 5% van de totale nationale emissie van broeikasgassen (ongeveer 10 Mton CO₂ equivalenten waarvan de helft voor rekening van N₂O (Kuikman *et al.*, 2005).

5.3 Verhogen van de aanvoer

Een derde “draaiknop” is het verhogen van de aanvoer van organische stof naar de bodem. Dit zou kunnen worden gedaan door het achterlaten van gewasresten, toevoegen van stro, compost of organische mest. Daarnaast kan ook het telen van groenbemesters of inwerken in plaats van afvoeren van gewasresten tot ene grotere aanvoer van organische stof leiden, of het al eerder noemde toepassen van wisselbouw in de veehouderij ter vervanging van continue maïsteelt. De agronomische consequentie is dat door de grotere voorraden nutriëntrijke verse organische stof, de nutriëntenlevering vanuit de bodem groter is, waardoor het gebruik van kunstmest zou kunnen worden beperkt. Dat heeft ook direct milieukundige gevolgen. Hogere beschikbaarheid van nutriënten door mineralisatie is moeilijk te sturen en de beschikbaarheid zal ook groot zijn op momenten dat er weinig vraag is vanuit het gewas, terwijl de kans uitspoeling op die momenten groot is. Daarmee komen doelstellingen voor bijvoorbeeld de Nitraatrichtlijn of de Kaderrichtlijn Water in het geding.

5.4 Risico’s van oplossingsrichtingen?

Nederlandse experts (zie Kuikman *et al.*, 2004) schatten dat in Nederland 3.7 ton C per jaar kan worden vastgelegd met een top – 5 van specifieke activiteiten gericht op het verhogen van de koolstofvoorraad in de bodem in Nederland (Kuikman *et al.*, 2004). Tot deze activiteiten behoren:

- omzetting bouwland naar grasland en bos
- beheer van gewasresten
- beheer van koolstof in organische gronden
- gebruik van organische afval in de landbouw
- beheer van akkerranden en bufferstroken.

In buitenlandse rapporten (Zwitserland: Leifeld *et al.*, 2003; Frankrijk: Aarouays *et al.*, 2003) wordt ook gerapporteerd in hoeverre veranderingen in landgebruik kunnen bijdragen aan een grotere koolstofvastlegging. In Zwitserland ziet men weinig kansen om meer CO₂ vast te leggen omdat een groot deel van de landbouw al uit grasland bestaat. Meer vastleggen betekent dat de akkerbouw arealen ook omgezet zouden moeten worden in grasland of bos, maar dat heeft grote gevolgen voor de landbouw en het landschap en zal maatschappelijk op weinig steun kunnen rekenen. In Frankrijk ziet men de zelfde problemen bij het uitvoeren van maatregelen om koolstof vast te leggen. Het omzetten van bouwland (ook wijnbouw) naar grasland heeft grote gevolgen voor de landbouw en zal op grote maatschappelijke weerstand stuiten.

Ten slotte zijn er ook risico's. In de eerste plaats bestaat het risico bij het toevoegen van grote(re) hoeveelheden organisch materiaal dat de emissie van broeikasgassen toeneemt: afvoeren van gewasresten ten behoeve van energieproductie is gunstig voor de beperking van gebruik fossiele brandstoffen maar gaat ten koste van de aanvoer van organische stof naar de bodem. In de tweede plaats bij het toepassen van *no – tillage* (geen grondbewerking): het niet bewerken van gewasresten en bodem na teelten heeft consequenties voor mineralisatie en behoeft aanpassing van bemestingsstrategie; dit heeft consequenties voor de emissie van N₂O en verschillende studies laten zien dat de winst in meer C vastlegging en minder CO₂ zeer wel kan worden gecompenseerd door (op korte termijn) hogere N₂O emissie (Six *et al.*, 2004). Deze risico's tonen de complexiteit van de materie ten voeten uit.

6 Dilemma's rond organische stof

Op basis van de voorgaande analyse hebben we in dit hoofdstuk een aantal dilemma's rond organische stof geïdentificeerd. Deze dilemma's geven aan waarom organische stof in Nederland maar zeker niet alleen in Nederland ondanks veel onderzoek nog altijd met veel vragen is omgeven. Zij kunnen worden ingezet als een uitnodiging tot discussie en aanzet tot effectieve communicatie over de problematiek bodem organische stof (Straathof, 2004; Oenema, 2005). De dilemma's worden ook uitgewerkt tot kennisvragen.

- *Organische stof is anoniem* – je weet niet wat het precies is, je ziet niet waar het vandaan komt; organische stof is chemisch slecht gedefinieerd (mogelijke onderzoeksvragen betreffen de karakterisering van de aanvoer en van organische stof in de bodem)
- *Eenvoudige rekenregels ontbreken* – Nederland heeft geen eenvoudige rekenregels voor “accounting”; mogelijke onderzoeksvragen zijn (zie ook Kooistra & Kuikman, 2004; Kuikman *et al.*, 2004): in de akkerbouw ja/nee ploegen? Vergelijk *no – tillage* in USA en Canada (en Frankrijk). Nederland heeft een relatief ingewikkeld landbouwsysteem (rotaties, aandeel hakvruchten, intensieve en frequente landgebruikveranderingen) maar wat kan daarbinnen wel ten gunste van organische stof? Relatie organische stof met mestbeleid via verplichting toepassen van vanggewassen?
- *Organische stof in de Nederlandse landbouw is uniek* – De Nederlandse landbouwsystemen wijken af van die in bijvoorbeeld USA of Zuid Europa; zoveel dat het onverantwoord is de problemen die daar spelen rond organische stof te “projecteren” op de Nederlandse situatie. Mogelijke onderzoeksvragen zijn: wanneer kan die projectie wel en wanneer niet, welke specifieke Nederlandse omstandigheden zijn relevant? Maakt Nederland optimaal gebruik van organische stof die wordt aangevoerd via import of geproduceerd in Nederland? Als we denken dat dit niet zo is, wat moeten we dan weten?
- *Mondiale potstal principe* – Is het mogelijk om met de hoeveelheden organische stof die Nederland jaarlijks importeert en toepast in de landbouw de voorraad in de bodem op peil te houden?
- *Effectieve en meetbare veranderingen organische stof* – Is het mogelijk om de organische stof gehalten gericht te beïnvloeden en gedurende welke tijdsduur moeten activiteiten dan (blijven) plaatsvinden?
- *Organische stof kun je niet bewaren* – Organische stof wordt langzaam of snel afgebroken en kun je niet eenvoudig conserveren en bewaren. (onderzoeksvragen zijn: wat kun je nu doen om organische stof zo lang mogelijk te behouden. En is ‘lang behouden’ in het belang van de ‘bodemvruchtbaarheid?’)

- *Kwaliteit van organische toevoegingen* – Zijn dierlijke mest of compost beter dan gewasresten? Dit wordt van stalmest gezegd. Maar stalmest bevat veel stro waarmee ophoping van organische stof van elders wordt gerealiseerd. Uiteindelijk bestaat dierlijke mest ook uit deels afgebroken gewasresten. Zijn de processen in de bodem anders dan in het verteringssysteem van dieren, of voeropslag, graskuil, composthoop of vergister?
- *Afwenteling en interactie met overige milieuaspecten* – Als men de voorraden organische stof probeert op te hogen, is er dan een risico op afwenteling op andere problemen (P accumulatie, nitraatuitspoeling, emissie overige broeikasgassen en met name lachgas)?
- *Kyoto of EU-soil strategy* – Het beheer van de organische stof voor de doelstellingen van Kyoto zal meer gericht zijn op behoud van C-opslag in organische stof (behoud voorraad en hoe meer hoe beter), terwijl voor organische stof in de context van de EU – soil strategy meer de kwaliteit van de bodem bijvoorbeeld in de vorm van bodemvruchtbaarheid of biodiversiteit in relatie tot bodemorganische stof moet worden gewaarborgd (blijvend goed functioneren met een optimale voorraad).

7 Aanbevelingen

In deze studie komen wij tot de volgende aanbevelingen op basis van specifieke kennisvragen die mits opgelost leiden tot inzicht in meer verantwoord beheer van organische stof in de bodem van Nederland. Een aantal van deze kennisvragen wordt momenteel in onderzoekprogramma's meer of minder volledig overwogen en aangepakt, een aantal echter nog niet. De kennisvragen hebben te maken met de belangrijkste invloeden op organische stof in de bodem, de kwantitatieve veranderingen, waarnemen en monitoren, de invloed van aanpassingen in het mestbeleid

Waarnemen en monitoring

In deze studie hebben vastgesteld dat:

- Nederland beschikt over een zeer gedetailleerde bodemkaart met beschrijving van bodemtypen.
- Nederland eenmalig een meetcampagne heeft uitgevoerd in de jaren '90 en op basis daarvan een actuele berekening van de voorraad organische stof in de bodem heeft gemaakt.
- de voorraad organische stof in de bodem in Nederland in laag Nederland als gevolg van actieve en omvangrijke drainage afneemt (oxidatie van veen, bewerking van organische rijke gronden). Ook neemt het areaal veengronden en organische bodems af. De bodemkaarten en bodeminformatie verouderen daardoor snel.
- de voorraad organische stof buiten de veengronden niet meetbaar afneemt; een uitzondering hierop vormen de bodems met permanente teelt van maïs en mogelijk de gronden waar permanent grasland met omvangrijke opbouw van een voorraad organische stof wordt gescheurd en bewerkt; dit leidt hoogstwaarschijnlijk tot verlies van organische stof.
- in Nederland een efficiënt en effectief *monitoringsysteem* voor voorraad en veranderingen in organische stof en in daarmee samenhangende functies ontbreekt; de vraag of monitoring van voorraad, flux van CO₂ of kwaliteit van functioneren van de bodem nodig en uitvoerbaar is helpt bij het agenderen van de problematiek van organische stof.

Het is van belang om de huidige veranderingen in bodems en de effectiviteit van het handelen om veranderingen van organische stof in de bodem te volgen en te monitoren. De volgende punten zijn daarbij van belang:

- Ontwerpen van een strategie van een bodemkoolstof monitoring programma dat recht doet aan het intensieve land- en grondgebruik in Nederland en de frequente landgebruikverandering
- Aansluiten bij activiteiten elders in Europa op het gebied van monitoring van bodem eigenschappen en veranderingen daarin
- Monitoren van landgebruik en landgebruikverandering in Nederland nu en in de nabije toekomst en achterhalen van de motieven voor verandering van

landgebruik bij landeigenaren.

- Aanvullende studies verrichten naar langlopende veldproeven, waarin het effect van landgebruikverandering wordt gekwantificeerd.

In ons omringende landen (Frankrijk en Engeland) wordt een systeem voor monitoring van voorraad organische stof ingegeven door de verplichtingen die volgen uit het klimaatverdrag ingevuld. In Nederland zal volgend jaar ook een strategie worden ontwikkeld (onder meer mogelijk via DWK programma 395 voor strategie en DWK programma 421 voor verplichtingen die voortvloeien uit het Klimaatverdrag en het Kyoto Protocol artikel 3.4 en DWK programma 396 voor EU bodem strategie en additionele kennisvragen die voortkomen uit wensen volgend uit EU bodem strategie en uit klimaatverdrag)

Landgebruik en landgebruikverandering in Nederland

Landgebruik in Nederland en vooral landgebruikverandering is intensief en frequent; de gevolgen voor veranderingen en bedreiging van voorraad organische stof in de bodem is niet duidelijk. Inzicht in frequentie en intensiteit van landgebruikverandering in de toekomst en onder invloed van beleid ontbreekt maar wel zeer relevant om toekomstige veranderingen in organische stof en aansluitende risico's te kunnen schatten (mogelijk invullen via DWK Programma 421 - klimaatverandering). Dit sluit nauw aan bij de voorgaande paragraaf over monitoring.

Mestbeleid

In deze studie hebben we genoemd dat het niet waarschijnlijk is dat bij als gevolg van het (restrictieve) mestbeleid van de afgelopen jaren (1995-2002) de aanvoer van organische stof in Nederland afneemt (Velthof, 2004). Door onzekerheden rond de omvang van de afbraak is niet eenduidig aan te geven hoe de voorraden organische stof in de bodem zich bij deze aanvoer naar verwachting zullen ontwikkelen.

Het *mestbeleid* gaat vanaf 2006 veranderen (Ministerie LNV, 2004). Er komen gebruiksnormen voor kunstmest en dierlijke mest in plaats van de verliesnormen uit MINAS en daarnaast worden allerlei aanvullende eisen gesteld, zoals aan de teelt van wintergewassen en het scheuren van grasland. De effecten van het voorgestelde beleid op de aanvoer van organische stof zijn nog niet in beeld gebracht. Een indicatie hiervan kan pas worden verkregen als het definitieve beleid bekend is en er een inschatting kan worden gemaakt hoe landbouwbedrijven hun management hierop aanpassen.

Rekenregels en beslismodelen

De *interacties* van organische stof met water (drainage), natuur (vershraling), atmosfeer (emissie broeikasgassen) en vermesting (P en N) is in algemene termen bekend maar regionale specifieke informatie is schaars. Aanpassingen in het beheer van organische stof gericht op bijvoorbeeld water kan (onbedoeld) al snel leiden tot afwenteling op de bodemvruchtbaarheid; deze beperkte informatie maakt het moeilijk om verantwoord handelen te definiëren en maatregelen te suggereren en te implementeren (onderwerp van onderzoek in diverse onderzoeksprogramma's). Een eenvoudig *instrument* in termen van een transparant beslismodel waarmee vragen over

wel en niet gewenste activiteiten eenvoudig worden beantwoord kan ondernemers en beleidsmakers helpen de juiste keuze met het oog op verantwoord omgaan met organische stof te maken. Hierbij kunnen *eenvoudige en transparante rekenregels* voor veranderingen van organische stof in Nederland een belangrijk hulpmiddel zijn, maar deze rekenregels zijn niet beschikbaar en/of niet gevalideerd voor Nederland (mogelijk invullen via DWK programma 396 – bodemkwaliteit en programma 421 – Kyoto Protocol).

Voor praktische toepassing van de kennis is het ontwikkelen van een eenvoudige, transparante en algemeen toepasbare beslisboom zinvol. Een dergelijke beslisboom stelt belanghebbenden in staat om relatief snel en eenvoudig vast te stellen waar en wanneer er problemen met organische stof te verwachten zijn en of en zo ja, welke acties mogelijk en nodig zijn om onomkeerbaarheid van problemen en kosten te vermijden respectievelijk te voorkomen. Een dergelijk systeem bestaat in ieder geval uit een set van criteria en vragen waarmee kan worden geselecteerd of en waar problemen te verwachten zijn. Vervolgens is een eenvoudige lijst met acties en handelingen inclusief instructies nodig om belanghebbenden te stimuleren tot handelend optreden. Een set van eenvoudige waarnemingen die de ondernemer in staat stellen waar te nemen wat er verandert helpt te zorgen voor continuïteit in handelen en maakt transparante monitoring van effecten mogelijk.

Herwaarderen van de bodem en de rol van organische stof

In verschillende rapporten (Science, 2004; Römken & Oenema, 2004) wordt gezinspeeld op de mogelijke risico's op verlies van functionaliteit en functioneren van bodem, dat samen gaat met verlies aan organische stof. Weliswaar is de omvang van veranderingen in koolstofvoorraad veelal onbekend of regio of grondsoort specifiek, de richting van verandering (meer of minder organische stof) is dat niet. Over de richting van verandering bestaat in ieder geval meer eenstemmigheid onder wetenschappers dan over de omvang van de verandering (Kuikman *et al.*, 2004; Smith *et al.*, 2004; Soussana *et al.*, 2004) . Daarom is het zeker mogelijk om (tijdig) te reageren op veranderingen van organische stof en zo functieverlies te vermijden of te verminderen. Om dit te realiseren is het nodig om onze kijk op deze problematiek bij te stellen. Een belangrijke actie daartoe zou kunnen zijn om de perceptie ingang te doen vinden dat ook in Nederland bodem een kostbaar goed is en, in tegenstelling tot de traditie in Nederland, niet altijd vervangbaar en hernieuwbaar is.

Literatuur

- Arrouays, D., J. Balesdent, J.G. Germon, P.A. Jayet, J.F. Soussana, P. Stengel (eds) 2002. Mitigation of the greenhouse effect. Increasing carbon stocks in French agricultural soils? An assessment report compiled by the French Institute for Agricultural Research (INRA) on request of the French Ministry for Ecology and Sustainable Development. 32 pp.
- CBS Statline: <http://www.cbs.nl>
- de Groot, Willy , Rob Hendriks, Jan Verhagen, Peter Kuikman en Folkert de Vries (2003) Koolstof in de bodem als optie voor klimaatbeleid. Arena 6: 98-100.
- de Gruyter, J.J. , R. Visschers en P.A. Finke (in prep) The Dutch Soil Monitoring Program, Alterra-Green World Research, Wageningen.
- de Vries, F. 1999. Karakterisering van Nederlandse gronden naar fysisch-chemische kenmerken. Rapport 654, DLO-Staring Centrum, Wageningen.
- de Vries, F. 2003. Bodemkundige basisinformatie van de provincies Groningen, Drenthe, Overijssel. Alterrarapport 696, Wageningen.
- Dolfing, J., A. Vos, J. Bloem, P.A.I. Ehlert, N.B. Naumova and P.J. Kuikman (2004) Microbial diversity in archived soils. Science 306: 813.
- EC (2002) Naar een thematische strategie inzake bodembescherming. Mededeling van de commissie aan de Raad, het Europees Parlement, het Economisch en Sociaal Comité en het Comité van de Regio's. COM (2002) 179.
- Elbersen, H.W. (2002) Presentatie Greentech op 24 april 2002. De verschillende bio – energie opties als perspectief voor de landbouw. Zie: www.biomassandbioenergy.nl
- Emmer, I.M. (1995). Humus form and soil development during a primary succession of monoculture *Pinus sylvestris* forests on poor sandy substrates. Academisch proefschrift, Universiteit van Amsterdam.
- Freibauer, A., M.D.A. Rounsevell, P. Smith, J. Verhagen, 2004. Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe. Geoderma 122, pp 1-23.
- Janssen, B.H. 1986. Organische stof en bodemvruchtbaarheid. Dictaat Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding, Landbouwniversiteit Wageningen, 215 p.
- Janssen. M.G.T. en J.A. Reijneveld (in voorbereiding) verloop organische stof. BLGG, Oosterbeek.
- Janzen, H.H. 2004 Carbon cycling in earth systems – a soil science perspective. Agriculture, Ecosystems & Environment, 104, P 399-417.
- Kemmers, R. en P. Mekking, 2001. Humus: een bron van rijkdom. Bosbouwkundig tijdschrift,

- Kooistra, L. & P.J. Kuikman, 2002. Soil carbon sequestration in the Netherland: inventory of long term experiments to validate effectiveness of soil carbon management in agriculture and land use change. *Alterra-rapport 650*, Wageningen.
- Kuikman, P.J. J. van den Akker & F. de Vries (2005) N₂O en CO₂ emissie uit organische gronden. *Alterra*, Wageningen. *Alterra rapport (in druk)*.
- Kuikman, P.J., L. Kooistra & G.J. Nabuurs (2004) Land use, agriculture and greenhouse gas emissions in the Netherlands: omissions in the National Inventory Report and potential under Kyoto Protocol article 3.4. *Alterra*, Wageningen. *Alterra rapport 903*. 52 pp.
- Kuikman, P.J., W.J.M. de Groot, R.F.A. Hendriks, A. Verhagen & F. de Vries (2003) Stocks of C in soils and emissions of CO₂ from agricultural soils in the Netherlands. *Alterra*, Wageningen. *Alterra report 562*. 37 pp.
- Lal, R., M. Griffin, J. Apt, L. Grave & M.G. Morgan, 2004. Managing soil carbon. *Science* 304, p 393.
- Leifeld, J., S. Bassin, J. Fuhrer. 2003 Carbon stocks and carbon sequestration potentials in agricultural soils in Switzerland *FAL*, Zurich.
- Ministerie LNV (2004). Beleidsbrief over het mestbeleid vanaf 2006 (19-5-2004) DL. 2004/1608.
- Nevens, F. L. Bommelé & D. Reheul. 2003. 35 jaar wisselbouwproef te Melle (Oost-Vlaanderen, België). *Informatieblad* 398.21 mest- en mineralenprogramma's.
- Oenema, O. (2005) Bodem en maatschappij: wat doen bodemkundigen verkeerd?. *Bodem*. In druk.
- Peterson, Cass, Laurie E. Drinkwater, Peggy Wagoner (1999) *Farming systems trial*. The Rodale Institute.
- Pleijter, M., 2004. Veengronden en moerige gronden op de bodemkaart van Nederland anno 2003. Onderzoek naar de afname van het areaal veengronden rondom Schoonebeek. *Alterra-rapport 1029*, Wageningen.
- Römkens, P. & O. Oenema (2004) De Nederlandse bodem in beeld. *Bodem* 2: 53 – 55.
- Römkens, P. & O. Oenema (2004) Quick Scan soils in the Netherlands. Overview of the soil status with reference to the forthcoming EU Soil Strategy. *Alterra*, Wageningen. *Alterra rapport 948*, pp.
- Six, J., S.M. Ogle, F.J. Breidt, R.T. Conant, A.R. Mosier & K. Paustian (2004) The potential to mitigate global warming with no – tillage management is only realized when practised in the long term. *Global Change Biology* 10: 155 – 160.
- Smith, P. *et al.* 2004. Greenhouse gas emissions from European croplands. Specific Study n^o2 of the Concerted Action 'CARBOEUROPE-GHG', European project

- n° EVK2-CT2002-20014. <http://gaia.agraria.unitus.it/ceuroghg/reportss2.pdf>. 68 pp.
- Soussana, Jean-François, *et al.* (2004) Greenhouse Gas Emissions from European Grasslands - Synthesis of the European Greenhouse Gas Budget. Specific Study n°3 of the Concerted Action 'CARBOEUROPE-GHG', European project n° EVK2-CT2002-20014. <http://gaia.agraria.unitus.it/ceuroghg/reportss3.pdf>. 99 pp.
- Straathof, J. (2004) Presentatie 'community of practice' bodem RO. Tauw.
- Tiktak, A., A.P. van Wezel, J.D. van Dam & K. Versluijs (2004) Ex – ante beoordeling van de Beleidsbrief Bodem. Beoordeling van de milieu- en natuureffecten van het voorgenomen bodembeleid. RIVM, Bilthoven. RIVM rapport 500025003/2004, pp. 49.
- van den Born, G.J., L. Brouwer, H. Goosen, R. Hoekstra, D. Huitema, R. Schrijver. 2002 Klimaatwinst in Veenweidegebieden; Mogelijkheden voor de reductie van broeikasgassen. Verkenning in opdracht van Ministerie Landbouw Visserij en Natuurbeheer. Instituut voor Milieuvraagstukken, Rapportnummer W-02/13, Amsterdam.
- Vellinga, Th.V., A. van den Pol-van Dasselaar & P.J. Kuikman (2004) The impact of grassland ploughing on CO₂ and N₂O emissions in the Netherlands. *Nutrient Cycling and Agroecosystems* 70: 33 – 45.
- Velthof, G.L. (in druk) Aanvoer van organische stof naar landbouwgronden: mestbeleid had nauwelijks invloed. *Bodem*.
- Velthof, G.L. 2004 Achtergronddocument bij enkele vragen van de evaluatie Meststoffenwet 2004, Alterra rapport 730.2, Wageningen, 79 p.
- Versterdal, L., L. Rosenqvist, C. van der Salm, B-J. Groenenberg, M-B Johansson, K. Hanssen (in voorbereiding). Carbon sequestration in soil and biomass following afforestation: experiences from oak and Norway spruce chronosequences in Denmark, Sweden, and the Netherlands.
- Vleeshouwers L.M. and A. Verhagen (2001) CESAR: a model for carbon emission and sequestration by agricultural land use. Report 36, Plant Research International, Wageningen, 27 pp +annexes.
- Vleeshouwers, L.M. and A. Verhagen (2002) Carbon emission and sequestration by agricultural land use: a model study for Europe. *Global Change Biology* 8: 519 – 530.
- VROM (2003) Beleidsbrief Bodem. Brief aan Tweede Kamer met kenmerk BWL/2003 096 250.

Bijlage 1 Science 2004 met recente resultaten

Bodemorganische stof staat momenteel (weer) sterk in de belangstelling. In de EU bodemstrategie wordt het belang van organische stof met name genoemd en in april 2004 is er in Science een special issue over bodems verschenen, waarin meerdere artikelen over organische stof stonden. Wat speelt er?

In het aprilnummer van Science beschrijft R. Lal het belang van koolstofvastlegging voor “*global climate change*” en “*food security*”. De mogelijkheden om koolstof vast te leggen middels RMP's (*recommended management practices*) in de bodem zijn eindig en variëren van 0.4 -1.2 Gt/jaar. Echter, door nu zoveel mogelijk gebruik te maken van deze opslagcapaciteit geven we ons zelf de kans goede alternatieven voor het gebruik van fossiele brandstoffen te zoeken. Het vastleggen van koolstof heeft ook andere voordelen, waaronder nutriënten levering, voorkomen van water- en winderosie en de verbeterde waterbergende capaciteit van de bodem. De gedachtelijnen zijn voornamelijk vanuit de Amerikaanse landbouw beredeneerd, waar veel graan wordt verbouwd en waar de gewasresten daarvan ook worden geoogst. Het belang van organische stof voor voedselveiligheid wordt beschreven in de context van arme en zure bodems (tropen, zuid Azië, zuid Amerika).

Een ander artikel van Lal over “*Managing Soil Carbon*” in Science (april 2004) spitst zich toe op “*no-tillage*” systemen en het achterlaten van gewasresten. Lal *et al.* (2004) pleit voor deze maatregelen om een verhoogde mineralisatie van organische stof gedurende transport en in de sedimenten te voorkomen. In reacties hierop, die in september 2004 volgen, wordt door Van Oost *et al.* (2004) vooral ingegaan op het grote belang van erosie door ploegen en de juist lagere mineralisatiesnelheden in accumulatiegebieden. Renwick *et al.* (2004) wijzen op mogelijke overschatting van de verliezen in de berekening van Lal *et al.* (2004) maar onderschrijven het belang van conserverende maatregelen.

De in bovengenoemde artikelen rond organische stof zijn voor een groot deel niet van toepassing in Nederland. Grootschalige water- en wind erosie vormt hier niet het grootste probleem, hoewel beide processen lokaal natuurlijk wel voorkomen. De beschreven “*management practices*” omvatten het toedienen van verschillende vormen van organische stof aan de bodem. Dierlijke mest neemt hierin slechts een zeer beperkte plaats in. In Nederland is juist dierlijke mest een belangrijke bron van organische stof aanvoer naar de bodem.

Janzen (2004) beschrijft de koolstofcyclus vanuit een bodemkundig perspectief. De mens heeft op verschillende manieren de koolstofcyclus beïnvloed, door het landgebruik ingrijpend te veranderen, door fossiele brandstoffen te gebruiken. Op dit moment is de koolstofcyclus (wellicht) sterk aan het veranderen. Het vastleggen van koolstof in de bodem is een van de manieren om de CO₂ concentraties in de atmosfeer te verlagen, niet alleen direct, maar ook indirect doordat er bij hoge organische stof gehalten minder kunstmest nodig zou zijn, waarvan de productie ook een bron van CO₂. Het verhogen van de voorraad koolstof in de bodem wordt volgens Janzen vaak ten onrechte als doel gezien, terwijl het organische stof gehalte

juist als indicator voor het functioneren van bodem en ecosysteem zou kunnen dienen. Janzen pleit er ten slotte voor bij het bestuderen van de koolstofcyclus over de grenzen van de vakgebieden heen te kijken. Door de schaal van de problematiek is het onontbeerlijk om ook over nationale grenzen heen te kijken; dit geldt meer dan voor welk land ook voor Nederland omdat Nederland grote hoeveelheden organische stof importeert en producten exporteert.

Bijlage 2 Achtergronddocumenten en websites

Hieronder staan een aantal relevante websites zoals van provinciale meetnetten voor bodemgegevens; deze bevatten naar verwachting ook gegevens over organische stof; organische stof gehalten in bodem vaak bepaald om gehalten van andere stoffen beter te kunnen interpreteren maar gegevens over voorraden ontbreken.

<http://www.noord-olland.nl/Algemeen/Beleidsinformatie/bodem/Meetnetten/index.asp>

http://www.pzh.nl/thema/milieu_natuur_en_water/bodem/bodemmeetnet/index.jsp

<http://www.drenthe.nl/balie/pdf/kwal-bodem-grondw.pdf>

<http://www.gelderland.nl/smartsite.shtml?id=387&&menu=6214>

<http://www.zeeland.nl/nieuws/abdijnieuws/2004/week4/nieuws/artikel1&highlight=bodem#zoek>

<http://www.provinciegroningen.nl/informatiebalie/publicaties/bodemkwaliteitsmeetnet.pdf>

<http://forum.europa.eu.int/public/irc/env/soil/home>

Informatie over de resultaten van de activiteiten van werkgroepen o.a. over organische stof en de producten (rapporten) van die werkgroepen ter voorbereiding van de EU bodem strategie.