

Duurzaamheid organische stof

Eindrapportage 2010

bioKennis

voor biologische agroketens

G.J.H.M. van der Burgt (LBI)
P.H.M. Dekker (PPO)
W.C.A. van Geel (PPO)
J.G. Bokhorst (LBI)
W. van den Berg (PPO)



WAGENINGEN UR

For quality of life

Duurzaamheid organische stof in mest

Analysemethoden om de stabiliteit van de organische stof van verschillende organische meststoffen inclusief digestaat te beoordelen.

Eindrapportage 2010

G.J.H.M. van der Burgt (LBI), P.H.M. Dekker (PPO), W.C.A. van Geel (PPO), J.G. Bokhorst (LBI) en W. van den Berg (PPO)

© 2011 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO)

Alle intellectuele eigendomsrechten en auteursrechten op de inhoud van dit document behoren uitsluitend toe aan de Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO). Elke openbaarmaking, reproductie, verspreiding en/of ongeoorloofd gebruik van de informatie beschreven in dit document is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving

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

In Nederland vindt het meeste onderzoek voor biologische landbouw en voeding plaats in de, voornamelijk door het ministerie van EL&I (voorheen LNV) gefinancierde, cluster Biologische Landbouw. Aansturing hiervan gebeurt door Bioconnect, het innovatienetwerk voor biologische agroketens (www.bioconnect.nl). Hoofduitvoerders van het onderzoek zijn de instituten van Wageningen UR en het Louis Bolk Instituut. Dit rapport is binnen deze context tot stand gekomen. De resultaten van de verschillende kennisprojecten vindt u op de website www.biokennis.nl. Voor vragen en/of opmerkingen over dit onderzoek aan biologische landbouw en voeding kunt u mailen naar: info@biokennis.nl. Heeft u suggesties voor onderzoek dan kunt u ook terecht bij de loketten van Bioconnect op www.bioconnect.nl of een mail naar info@bioconnect.nl. Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het kader van het LNV-programma Beleidsondersteunend Onderzoek cluster Biologische Landbouw, Bodemvruchtbaarheid (BO-04-010)



Ministerie van Economische Zaken, Landbouw & Innovatie
Postbus 20401
2500 EK Den Haag

PPO-projectnummer: 3250142110
LBI-projectnummer BB078

Foto omslag: een mestvergister

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving,
onderdeel van Wageningen UR Business
Unit Praktijkonderzoek Plant & Omgeving

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad
Tel. : 0320 - 291111
Fax : 0320 - 230479
E-mail : infoagv.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Louis Bolk Instituut

Adres : Hoofdstraat 24
: 3972 LA Driebergen
Tel. : 0343 - 523860
Fax : 0343 - 515611
E-mail : info@louisbolk.nl
Internet : www.louisbolk.org

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	7
2 LITERATUURONDERZOEK	9
2.1 Inleiding	9
2.2 Organische stofeigenschappen mest en compost.....	9
2.2.1 Inleiding	9
2.2.2 Afbraaksnelheid organische stof; respiratiemetingen	9
2.2.3 Oplosbare organische koolstof en stikstof	10
2.3 Organische-stofeigenschappen bodem	11
2.3.1 Analysemethoden organische-stofgehalte	12
2.3.2 Streefwaarde voor het organische-stofgehalte.....	13
2.3.3 Afbraaksnelheid organische stof: respiratie	14
2.3.4 Koolstof- en stikstofgehalte organische stof	14
2.3.5 Dissolved Organic Carbon	14
2.3.6 Dissolved Organic Nitrogen (DON)	14
2.3.7 Hot Water Carbon (HWC)	15
2.3.8 Bacteriële- en schimmelbiomassa.....	15
2.3.9 Particulate organic matter (POM).....	16
2.4 Resultaten proefveld 'Mest Als Kans'	16
2.5 Resultaten proefveld 'Nutriënten Waterproof'	18
3 METINGEN 2009 EN 2010	21
3.1 Materiaal en methoden.....	21
3.1.1 Meststoffen	21
3.1.2 Grondmonsters veldobjecten	21
3.1.3 Uitgevoerde analyses	22
4 RESULTATEN EN BESPREKING	25
4.1 Beoordeling meststoffen	25
4.1.1 Resultaat respiratiemeting	25
4.1.2 Vergelijking analysemethoden	27
4.2 Beoordeling bodem.....	29
4.2.1 Twee proeflocaties	29
4.2.2 Proefveld MAK.....	30
4.2.3 Proefveld NWP.....	32
4.3 Toetsing analyseresultaten meststoffen aan resultaten veldonderzoek	32
5 CONCLUSIES	35
LITERATUUR.....	37
BIJLAGE 1. ANALYSEMETHODEN	39
BIJLAGE 2. ANALYSERESULTATEN MEST EN GROND	43
BIJLAGE 3. MODELMATIGE BESCHRIJVING VAN DE RESPIRATIE	49
BIJLAGE 4. CORRELATIETABELLEN	63

Samenvatting

Organische meststoffen hebben een directe bemestende waarde voor het gewas en ze leveren via de organische stof een bijdrage aan de bodemvruchtbaarheid op langere termijn. Agrariërs kunnen sturen in kwaliteit en kwantiteit van de bodemorganische stof door o.a. hun gewassenkeuze, het achterlaten van stro en de teelt van groenbemesters, door intensiteit van de grondbewerkingen en door aanvoer van organische stof van buiten het bedrijf.

In deze tussenrapportage gaat het om de laatst genoemde maatregel: de aanvoer van organische meststoffen van buiten het eigen bedrijf. Bij het beoordelen van de bodemkwaliteit is hierbij vooral gekeken naar de chemische en biologische bodemkwaliteit en niet naar de fysische bodemkwaliteit.

Door de opgang van mestvergisting en mestbewerkings- en mestverwerkingsmethoden komen er nieuwe mestproducten in de handel. Dit roept vragen op over de waarde van deze nieuwe producten en hoe deze waarde vooraf vastgesteld kan worden. In dit onderzoek zijn digestaat en de dikke fractie van gescheiden digestaat vergeleken met enkele vanouds bekende mestsoorten (vaste mest, drijfmest, compost) die daarbij als referentie dienden.

Er is gestart met een literatuuronderzoek naar de meest perspectievolle analysemethoden om de kwaliteit van organische meststoffen en van bodemeigenschappen te kunnen meten. Op basis van de literatuurstudie zijn de analysemethoden vastgesteld. Het resultaat van de respiratiemeting is vervolgens op basis van de literatuurstudie als meest betrouwbare parameter beschouwd om de kwaliteit van een organische meststof te beoordelen. Aan de meststoffen zijn behalve de respiratiemeting de volgende analyses aan de meststoffen uitgevoerd: droge stofgehalte, organische stofgehalte, chemisch zuurstofgebruik, N-totaal, N-mineraal, DON (Dissolved Organic Nitrogen), DOC (Dissolved Organic Carbon), C-totaal en HWC (Hot water Carbon).

In het onderzoek zijn negen verschillende organische meststoffen beoordeeld: natuurcompost, GFT-compost, potstalmest, rundveedrijfmest, digestaat van rundveedrijfmest, de gescheiden dikke fractie van rundveedrijfmestdigestaat, varkensdrijfmest, digestaat van varkensdrijfmest en de gescheiden dikke fractie van varkensdrijfmestdigestaat. De drijfmest, het digestaat en de dikke fractie van gescheiden digestaat waren afkomstig van twee biologische bedrijven die respectievelijk rundermest en varkensmest vergisten.

De respiratiemeting aan de meststoffen (CO₂meting) is uitgevoerd in een laboratoriumopstelling aan mestmonsters toegediend aan een serie met grond van het LBI-proefveld MAK (Mest als kans) in Lelystad (een zavelgrond) en aan een serie met grond van het PPO-proefveld NWP (Nutriënten Waterproof) in Vredepeel (een zandgrond). De afbraaksnelheid van meststoffen toegediend aan grond van het proefveld NWP was veel hoger dan die toegediend aan grond van het proefveld MAK. Tussen de mestsoorten kwamen zeer grote verschillen in afbraaksnelheid naar voren. De rangvolgorde van de meetresultaten van beide series grond kwam goed met elkaar overeen, maar het afbraakniveau was laag. Er kan op basis van dit onderzoek nog geen duidelijke conclusie getrokken worden hoe de afbraaksnelheid van digestaat en die van de dikke fractie van gescheiden digestaat verschilt van die van drijfmest.

Bij alle analysemethoden komen de beide compostsoorten duidelijk naar voren als zijnde meststoffen met de laagste afbraaksnelheid van de organische stof. In de Oxitop-meting hebben de beide drijfmestsoorten een opvallend hoog zuurstofverbruik, terwijl dat in de respiratiemeting (CO₂-productie) niet naar voren komt. Geconcludeerd kan worden dat blijkbaar met elk van de analysemethoden een bepaald kwaliteitsaspect van de organische stof wordt bepaald, dat geen voorspellende waarde heeft voor de uitslagen van de andere meetmethoden. Op basis van één analysemethode kan de waarde van de meststof dus onvoldoende gekarakteriseerd worden.

Belangrijke parameters om de bodemkwaliteit te beoordelen zijn: organische-stofgehalte van de bodem, POM-waarde, chemisch zuurstofgebruik (Oxipom-meting), chemische analyses van C-totaal, HWC, DOC, N-totaal, Nmin, Norg en DON, de hoeveelheid en verhouding tussen schimmel- en bacteriemassa, chroma's. De beide proefvelden verschillen ten aanzien van deze parameters heel duidelijk van elkaar. Op het proefveld van NWP heeft het bedrijfssysteem met een verlaagde aanvoer van organische stof een duidelijk lager organisch stofgehalte van de grond, is de waarde van de Oxipommeting lager en is ook het koolstof- en stikstofgehalte van de grond lager. Bij het biologisch bedrijfssysteem van NWP daarentegen zijn de waardes juist hoger dan die bij het gangbare bedrijfssysteem. In het biologisch systeem is ook de totale hoeveelheid schimmel en bacterie hoger dan die bij de gangbare bedrijfssystemen. Verschillen in bedrijfsvoering worden zichtbaar in de analyse-uitslagen van de grondmonsters.

Bij de beoordeling van de meetresultaten van het proefveld MAK moet nog wel rekening worden gehouden met de hoeveelheid meststof die in de bemestingsstrategieën is toegepast. De dosering is veelal afgestemd op de bemestende waarde en niet op basis van levering van duurzame organische stof. Wel valt op dat het object bemest met natuurcompost het hoogste organisch stofgehalte en het hoogste gehalte aan C-totaal heeft. Dit komt overeen met de resultaten van de meststofanalyses, waarbij in de respiratieproef bij natuurcompost de laagste afbraaksnelheid gevonden werd.

Op basis van het onderzoek is het niet mogelijk om een directe relatie te leggen tussen kwaliteitsmeting van meststoffen, meting van de bodemkwaliteit en opbrengstniveau van de gewassen. De beoordeling zal altijd afblijven hangen van de vraag welke bodemeigenschap in het minimum verkeert en wat de meest beperkende groeifactor voor het gewas is. Het is een utopie te denken dat met de meting van één parameter de kwaliteit van een meststof of die van een bodem beoordeeld kan worden. Iedere meting geeft een antwoord op een detailvraag. Daarbij is het nog niet geheel duidelijk welke detailvraag door welke meting wordt beantwoord.

1 Inleiding

Biologische landbouw is intrinsiek gerelateerd aan duurzame productiemethoden. De bodem, en met name organische stof in de bodem, is hierbij een belangrijk sleutelement. Bodemorganische stof heeft een belangrijke rol in een duurzame productiemethode door onder andere de volgende functies:

- tijdelijk vastleggen en bufferen van mineralen, waardoor de efficiëntie in het gebruik van mineralen (mest) verbetert;
- voedingsbodem voor het bodemleven dat meer of minder kan bijdragen aan de ziekteverendheid van de grond;
- Verbetering van de bodemstructuur (direct, en indirect via het bodemleven) waardoor beworteling en mineralenopname verbetert;
- verbetering van de waterhuishouding waardoor bij gelijkblijvende input de opbrengst kan stijgen of bij een lagere input een gelijke opbrengst gehaald kan worden.

Door aanpassingen in de bedrijfsvoering kunnen agrariërs op wezenlijke punten sturen in kwaliteit en kwantiteit van de bodem organische stof. Het palet van maatregelen daarvoor is heel breed en kan samengevat worden in de volgende drie hoofdlijnen:

- verhoging van de eigen productie van organische stof door introductie van groenbemesters en door andere keuzes en inrichting van de vruchtwisseling en het bouwplan (met granen en grasklaver/luzerne als organische stof motoren);
- behoud van de bodemorganische stof door met name minder, minder intensieve en minder diepe grondbewerking en door periodes van bodemrust (maaiweides, (winter)graan met onderzaai van groenbemester);
- gerichte aanvoer van organische stof van de gewenste kwantiteit, kwaliteit en herkomst van buiten het bedrijf.

Het is met name dit laatste punt waarop dit rapport zich richt. Naast de aanvoer van bekende meststoffen zoals dierlijke dunne mest, dierlijke vaste mest en diverse compostsoorten zijn er 'nieuwe' mestsoorten op de markt verschenen waarvan het aandeel in de toekomst zou kunnen stijgen. Het gaat dan om digestaat als restproduct van vergistingsinstallaties. Onder de verzamelnaam digestaat valt een range aan meststoffen. Een belangrijk onderscheid daarbinnen is van welke mestsoort het digestaat afkomstig is (rundermest of varkensmest) en of het wordt gescheiden in een dunne en een dikke fractie of ongescheiden wordt gebruikt. Verschillen in input van dierlijke-mestsoort zullen leiden tot verschillen in eigenschappen van het digestaat en dat geldt ook voor de grondstoffen die als co-product in de vergister worden gedaan.

Doel van het onderzoek:

- beoordeling van een aantal analysemethoden om de stabiliteit/afbraaksnelheid van de organische stof van meststoffen te meten (respiratiemeting, chemische en fysische methoden);
- vaststellen van de afbraaksnelheid van een aantal 'nieuwe' organische mestsoorten samen met enkele vanouds bekende mestsoorten (vaste mest, drijfmest, compost);
- in beeld brengen van de consequenties voor de bodemvruchtbaarheid (organische stof gehalte, nutriëntenlevering) van het gebruik van verschillende typen organische meststoffen waaronder de 'nieuwe';
- toetsing van het resultaat van de verschillende analysemethoden aan de resultaten van veeljarige veldproeven 'Mest als Kans' (MAK) in Lelystad en 'Nutriënten Waterproof' (NWP) in Vredepeel.

In dit rapport wordt eerst de beschikbare literatuur over de meststoffen en over de gebruikte analysemethoden besproken (hoofdstuk 2). In hoofdstuk 3 wordt een overzicht gegeven over de uitgevoerde metingen. De meetresultaten worden besproken en gespiegeld aan de literatuur in hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5 worden de conclusies getrokken.

2 Literatuuronderzoek

2.1 Inleiding

In vele publicaties rond bodemvruchtbaarheid is de centrale of achterliggende vraag: hoe komen we tot een optimaal organische-stofmanagement in de landbouw? Deze vraag wordt actueler omdat nieuwe ontwikkelingen zich aandienen. Een hoge mineralenefficiëntie, een geringe uitspoeling van voedingsstoffen, een hoge ziekteverendheid van de bodem en vastlegging van koolstof in verband met de klimaatadaptatie en -mitigatie zijn thema's die steeds meer aandacht krijgen. Daarnaast wordt de aanvoer van organische stof in de landbouw steeds meer beperkt doordat steeds minder gewassen geteeld worden die substantieel organische stof voor de bodem achterlaten en externe aanvoer van organische stof onder druk staat omdat deze organische stof ook voor energiewinning gebruikt kan worden. Wat zijn nu de eigenschappen van de verschillende soorten organische stof, hoe beïnvloeden die de eigenschappen van de bodemorganische stof en wat is de relatie tussen de eigenschappen van bodemorganische stof met de genoemde maatschappelijke en landbouwkundige vragen? Dit zijn ingewikkelde vragen mede ook omdat op ieder bodemtype en bij ieder bedrijfssysteem het antwoord weer anders zal zijn. De literatuur richt zich dan ook steeds op kleine onderdelen en zelden worden de resultaten in een wat grotere samenhang geplaatst. In dit kader is de opzet van dit project redelijk uniek te noemen. Het beperkt zich weliswaar tot meststoffen, maar de eigenschappen van deze meststoffen worden onderzocht, de eigenschappen van de organische stof van de bodems worden onderzocht en van de bodems van het MAK-proefveld en het NWP-proefveld is enigszins bekend hoe het staat met mineralenefficiëntie, uitspoeling, ziekteverendheid en koolstofvastlegging. Een eerste stap in de richting van meer inzicht krijgen in de koppeling van mesteigenschappen, bodemeigenschappen en ecosysteemdiensten is het doel van deze literatuurstudie.

2.2 Organische stofeigenschappen mest en compost

2.2.1 Inleiding

Belangrijke eigenschappen van mest en compost zijn de stikstoflevering en de bijdrage aan de opbouw van organische stof in de grond. Naar beide is in het verleden onderzoek gedaan en hier wordt in het volgende op ingegaan. Mest en compost hebben ook invloed op andere bodemeigenschappen. Of de uitgevoerde analyses zoals DON, DOC, HWC en respiratie hier iets over kunnen zeggen, is minder duidelijk. Bij compost en digestaat is de vraag rond de verschillende effecten op de bodem nog het duidelijkst dankzij een literatuurstudie van het FIBL in Zwitserland (Fuchs, 2005). De in deze studie gebruikte analysemethoden worden daarin echter beperkt behandeld.

2.2.2 Afbraaksnelheid organische stof; respiratiemetingen

Met betrekking tot de duurzaamheid van de organische stof in mest of compost is de afbraaksnelheid een belangrijke eigenschap. Bij een trage afbraak blijft de organische stof lang in de bodem aanwezig en draagt lang bij aan een aantal bodemeigenschappen, maar is het vrijkomen van mineralen beperkt. Bij een snellere afbraak is de organische stof voedsel voor het bodemleven en draagt weer bij aan andere bodemeigenschappen, zoals het vrijkomen van mineralen. Onder meer de stikstofwerkingscoëfficiënt van een meststof kan met behulp van bijvoorbeeld een respiratiemeting worden geschat (van Dijk et al. 2005). Het schatten van de afbraaksnelheid is dus van belang.

De respiratiemeting is de meest gebruikte methode om de afbraaksnelheid te meten. Het principe berust op het mengen van mest of compost met grond en vervolgens meten van de koolzuurproductie of het zuurstofverbruik. Met een modelberekening wordt vervolgens de humificatiecoëfficiënt uitgerekend. De humificatiecoëfficiënt is het percentage organische stof dat één jaar na toediening in de grond nog aanwezig is. De modelberekeningen (NDICEA, MINIP) zijn gebaseerd op de afbraakcurves van organische-

stofvormen (Janssen, 1984). Door van Dijk et al. (2005) is een adviesprotocol opgesteld. In het kort komen de methodes koolzuurproductie en zuurstofconsumptie op het volgende neer:

Koolzuurproductie

Het vochtgehalte van een mengsel van grond met mest of compost wordt op 60% van de vloeigrens gebracht en bij bijvoorbeeld 20 °C ca. 7 weken geïncubeerd. Periodiek wordt de koolzuurproductie gemeten. Dit kan door het koolzuur in te vangen in natronloog en de overmaat middels een titratie te meten (Zibilske, 1994). Ook kan het koolzuurgas gemeten worden met een gaschromatograaf of een gasmonitor. Er bestaat een ISO protocol: ISO 16072:2002.

Zuurstofgebruik

Ook hierbij wordt een mengsel geïncubeerd. Het koolzuur kan worden ingevangen in een basische oplossing en het drukverval van de zuurstofproductie kan worden gemeten. De "Oxitorp" werkt volgens dit principe. De Oxitorp wordt vooral gebruikt om de biologische afbraak van verontreinigingen in vervuilde grond te volgen. Voor gebruik in compost heeft Veeken et al. (2003, 2005) een methode ontwikkeld. Ook kan de verandering in zuurstofconcentratie gemeten worden (Kehres, 1998).

De bepaling van de koolzuurproductie is in het algemeen nauwkeuriger dan de bepaling van de zuurstofconsumptie. Geadviseerd wordt om de koolzuurproductie bij incubatie als maat te nemen. De methode staat beschreven in bijlage 1.

Streefwaarden respiratiemetingen met de Oxitorp

Veeken (2003, 2005) stelde de volgende waarden voor om de stabiliteit van een compost te beoordelen bij gebruik van de Oxitorp:

Zeer onstabiele compost	> 30	mmol O ₂ /kg OS/uur
Onstabiele compost	15-30	mmol O ₂ /kg OS/uur
Stabiele compost	5-15	mmol O ₂ /kg OS/uur
Zeer stabiele compost	< 5	mmol O ₂ /kg OS/uur

2.2.3 Oplosbare organische koolstof en stikstof

DOC (opgeloste hoeveelheid organische koolstof) en DON (opgeloste hoeveelheid organische stikstof) kunnen worden bepaald in het 0,01 M CaCl₂-extract. Dit extract wordt kan ook worden gebruikt voor de meting van voedingsstoffen en de zuurgraad. De mogelijkheid om in een extract dat al gemaakt is voor andere analyses de eigenschappen van de organische stof te meten, maakt de analyse van DON en DOC aantrekkelijk.

DOC

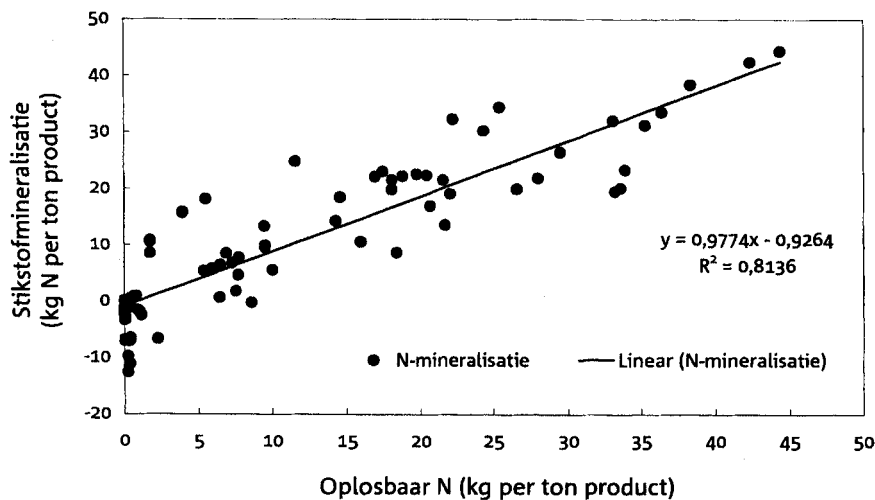
DOC wordt bepaald door in een 0,01 M CaCl₂-extract de organische koolstof te meten.

Streefwaarden DOC

Volgens Zmora-Nahum et al. (2005) is de DOC een goede parameter om de rijpheid van een gecomposteerd product te meten. Voor GFT-compost, groencompost en stalresten vonden zij dat onafhankelijk van de uitgangsd-DOC (5,5-35 g/kg) de waarde tot ca. 2 daalde na compostering. Zij adviseerden een waarde van 4 g/kg aan te houden voor rijpe compost.

DON

DON wordt bepaald door in een 0,01 M CaCl₂-extract de organische stikstof te meten. DON samen met de minerale N, dus totaal N in dit extract bleek, indien gebruik wordt gemaakt van vers materiaal, bij 30 meststoffen en gewasresten een goede correlatie te geven met de stikstof die vrijkomt bij een incubatie van 26 weken (figuur 2-1, Zwart et al., 1999).



Figuur 2-1. Relatie tussen totaal oplosbaar N (DON + minerale N) en stikstofmineralisatie bij diverse meststoffen en oogstresten

Streefwaarden DON

Een streefwaarde voor de DON is eigenlijk niet te geven. Een hoge DON en daarmee een hoog stikstofleverend vermogen gaat vaak samen met een laag organische-stofopbouwend vermogen van de mest en compost. De waardering hangt dus sterk af van wat gewenst is.

Bij het project Mest als Kans (Bokhorst en ter Berg ed., 2001) werden willekeurige mest- en compostmonsters onderzocht op DON. De gevonden waarden staan in tabel 2-1. Van digestaat zijn in de literatuur geen DON-metingen bekend.

Tabel 2-1. DON in mg N per kg organische stof van verschillende mestsoorten

Mestsoort	mg N per kg organische stof
Strorijke kippenmest vers	3029
Strorijke geitenmest vers	2397
Runderpotstalmest vers	1099
GFT 1	1387
GFT 2	872
Groencompost	119
Boomschorscompost	36

HWC

Literatuur rond de meting van in heet water oplosbare koolstof bij mest of compost is niet gevonden. Gezien de interessante informatie die meting van de HWC bij grond geeft, is het niet onmogelijk dat ook bij mest en compost de HWC een plaats kan hebben. Bij grond geeft de HWC een indicatie van de actieve fractie van de organische stof (zie hoofdstuk 2.3.7). Ook bij mest en compost is dit een belangrijke eigenschap.

2.3 Organische-stofeigenschappen bodem

De in de bodem aanwezige organische stof is het resultaat van vele jaren toevoegingen van vele soorten organische stof en de verwerking en omzetting ervan onder wisselende omstandigheden. Gegeven dit feit hoeft het geen verbazing te wekken dat tot nu toe nog geen eenduidige analysemethode boven is komen drijven die de verschillende functies en eigenschappen waarin we geïnteresseerd zijn eenduidig kwantificeert. Verschillende methoden worden hierna behandeld.

2.3.1 Analysemethoden organische-stofgehalte

Het organische-stofgehalte is een belangrijke eigenschap van de bodem. Ontwikkelingen in de landbouw, zoals meststofefficiëntie en algemeen maatschappelijke thema's zoals uitspoeling van voedingsstoffen naar het oppervlaktewater en vastlegging van koolstof hangen er mee samen. Omdat organische stof van belang is, worden analyses van het organische stofgehalte al heel lang uitgevoerd. Toch is de wijze van organische stofbepaling nog steeds in discussie. Bij meerjarige proeven waarbij het verloop van het organische-stofgehalte wordt gevolgd, zijn er vaak problemen. Een voorbeeld is het onderzoek op de OBS te Nagele. Hier lukte het niet om een goed beeld van de ontwikkeling van het organische stofgehalte te krijgen. Er zijn verschillende redenen waarom er problemen zijn rond de bepaling van het organische stofgehalte:

- De monsternamen zelf. Iedere monsternemer heeft een eigen methode om een monster te nemen. Ook verschillen in de dikte van de bemonsterde laag, bijvoorbeeld door losse of vastere ligging van de grond, kunnen invloed hebben op de uitslag.
- De voorbehandeling van het gestoken monster, zoals het breken, zeven en/of malen.
- De nauwkeurigheid en reproduceerbaarheid op het laboratorium. Er wordt een kleine hoeveelheid grond afgewogen. Deze moet het organische stofgehalte van vaak meerdere hectares aangeven.
- Laboratoria veranderen de analysemethode. Streven naar lagere kosten per analyse speelt hierbij een rol.
- Bij meerjarige vergelijkingen zijn er weer nieuwe variabelen. Eén keer dieper ploegen kan tot gevolg hebben dat het organische-stofgehalte voor langere tijd verlaagd is.
- Om het organische-stofgehalte van een grond te bepalen, zijn er meerdere methoden in gebruik. De reden dat er meerdere methoden zijn, heeft te maken met het feit dat de kosten per analyse sterk verschillen en methodes vaak niet voor alle bodemsoorten geschikt zijn.

Methoden van organische stofbepaling

De principes van organische-stofbepalingen verschillen. Bij de C-elementairanalyse wordt de koolstof geanalyseerd. Bij de gloeiverliesmethode wordt de organische stof verbrand en het gewichtsverlies bepaald. De natte oxidatiemethode maakt gebruik van de mogelijkheid dat organische stof chemisch geoxideerd kan worden.

De elementairanalyse

Hierbij wordt alle organische koolstof in de grond geanalyseerd na verhitting tot 525-550 °C. Belangrijk is dat de minerale koolstof in carbonaten van te voren verwijderd is door behandeling met een zuur. De methode meet niet het gehalte aan organische stof. Middels een factor wordt het organische-stofgehalte berekend. Gebruikt worden verschillende factoren, bijvoorbeeld 1,72 en 2. De factor 2 wordt door het Blgg gebruikt. Bij de omrekening wordt zeker een fout gemaakt, omdat het koolstofgehalte van de organische stof niet uniform is.

Vanwege de nauwkeurigheid van het gemeten koolstofgehalte is deze methode voor veel doeleinden de meest betrouwbare zolang koolstofgehalte met koolstofgehalte vergeleken wordt en de omrekening naar het organische stofgehalte achterwege wordt gelaten.

De gloeiverliesmethode

De organische stof kan verbrand worden en vervolgens kan het gewichtverlies bepaald worden. Een nadeel van deze op zich betrouwbare en eenvoudige methode is dat bij de hoge gebruikte temperatuur ook water verloren gaat dat gebonden is aan oxiden en lutum en dat een deel van de kalk ook omgezet kan worden. Voor gronden die arm zijn aan oxiden, lutum en klei, is de methode geschikt. Er zijn wel correcties mogelijk voor overige gronden, maar die kunnen alleen een benadering zijn, omdat verschillende kleimineralen verschillende gehalten aan water hebben. Gebruikelijk is om het gewichtsverlies te corrigeren met 7% van het lutumpercentage. De optimale temperatuur is 550 °C (Dean, 1974).

De natte oxidatie

De methode berust op het principe dat organische stof met chroomzuur geoxideerd kan worden. Via een titratie en soms colorimetrisch wordt de mate van omzetting van chroom gemeten. Nadelen van deze methode is dat de oxidatie nooit compleet is, dat het stikstofgehalte ook de oxidatie beïnvloedt en dat ook andere stoffen dan organische stof meedoen aan het oxidatieproces. Omdat de methode geschikt is voor

toepassing op grote schaal in routinelaboratoria en met eenvoudige apparatuur uit te voeren is, heeft deze veel opgang gemaakt. Het wordt ook wel de Walkley Black-methode genoemd (Walkley et. al., 1934).

Loverendale, ter Linde, 1931

Waarschijnlijk de eerste bepalingen van het organische-stofgehalte op een biologisch bedrijf ooit. Helaas is er geen informatie over de analysemethode en kunnen deze percelen niet opnieuw volgens deze methode geanalyseerd worden. Metingen uitgevoerd in het laboratorium bij de villa Loverendale te Domburg.

		P_H	% $CaCO_3$	% Humus	% Fosfaat
Ter Linde	1 A	6.5	2.11	1.87	0.006
"	1 B	6.4	0.86	1.27	0.010
"	2	6.4	5.68	2.31	0.012
"	3	6.0	0	2.25	0.008
"	5	6.3	0.64	1.23	0.008
"	6	6.3	0	1.19	0.003
"	7	6.4	0	0.50	0.008
"	8	6.4	4.83	1.94	0.012
"	9	6.2	0	3.02	0.016
"	10	6.3	0.49	2.64	0.016

Figuur 2-2. **Organische-stofgehalte van percelen van "Loverendale", 1931**

Keuze van de methode

Gebruikelijk is om de elementaire analyse toe te passen bij:

- zee- en duinzandgronden
- zee- en rivierafzettingen tot 10% organische stof
- lössgronden tot 10% organische stof

De gloeiverliesmethode wordt toegepast bij:

- zee- en rivierafzettingen boven 10% organische stof
- lössgronden boven 10% organische stof
- grasland alle grondsoorten
- akkerbouw op zand- en veengronden

2.3.2 Streefwaarde voor het organische-stofgehalte

Het is eigenlijk niet mogelijk om een streefwaarde voor het organische stofgehalte te geven. Het wenselijke gehalte hangt af van het bodemgebruik, van overige eisen die men aan een bodem stelt (bijvoorbeeld beperking emissies en koolstofvastlegging) en van de soort organische stof. Dit laatste wordt in het hiernavolgende belicht. Toch wordt in de praktijk wel een globale streefwaarde aangehouden. Deze ligt bij akkerbouw en groenteteelt rond de 3% organische stof op zand- en zavelgronden en één tot meerdere procenten hoger op zandgronden met inerte zwarte organische stof (zoals op Vredepeel) en op kleigronden, vooral bij hoge lutumgehalten.

2.3.3 Afbraaksnelheid organische stof: respiratie

Respiratiemetingen kunnen in het veld gedaan worden en in het laboratorium in incubatievaten. Metingen in het laboratorium kunnen berusten op meting van de koolzuurproductie of de zuurstofconsumptie. De meting van de koolzuurproductie wordt in het algemeen als de meest nauwkeurige gezien. Door Veeken et. al. (2003, 2005) is een gestandaardiseerde methode ontwikkeld om met de Oxitop de zuurstofproductie te meten. Deze methode is ook bij het in dit rapport behandelde onderzoek toegepast.

Tejada et. al. (2008) composteerden gras (*Trifolium pratense*) met en zonder bietvinasse. Zij dienden dit gedurende 5 jaar aan grond toe. Beide varianten verhoogden de respiratie met 46 %. Ook andere bodemlevenparameters werden verhoogd: microbiële biomassa, dehydrogenase, urease, β -glucosidase, fosfatasen en arylsulfatasen.

De meting van de respiratie van de bodem middels een laboratoriumtest wordt ook gebruikt om de vrijmaking van voedingsstoffen te voorspellen. Haney (2008) vond een sterke correlatie tussen de koolzuurproductie in 24 uur en de mineralisatie van stikstof en fosfor en de waterextraheerbare stikstof en koolstof bij gronden waaraan stalmest was toegevoegd. De mineralisatiemeting middels een titratie werden vergeleken met de Solvitatest (www.woodsends.org). Er bleek een goede correlatie tussen beide testen. Dit is opmerkelijk omdat vaak wordt gezegd dat de Solvitatest voor wetenschappelijke doeleinden niet nauwkeurig genoeg is (o.a. Fuchs, ed., 2003b).

Zhijian (2009) concludeerde aan de hand van een groot aantal voorbeelden over de wereld dat de lachgasemissie gecorreleerd is met de laboratoriumrespiratie en de C/N verhouding van de grond. Bonanomi et al. (2009 in press) analyseerden 2423 studies over de relatie tussen toevoegingen van organische stof aan de bodem en ziekteveredheid. Op het moment is alleen nog de samenvatting van het artikel beschikbaar. Hierin concluderen ze dat beïnvloeding van ziekteveredheid van de bodem een zeer complex thema is, maar dat de respiratiemetingen tot de meest informatieve behoren om ziekteveredheid te voorspellen.

2.3.4 Koolstof- en stikstofgehalte organische stof

Het koolstof- en het stikstofgehalte van de bulk aan bodemorganische stof zijn moeilijk te beïnvloeden en worden bepaald door processen die vaak lang geleden speelden. Ze zijn dus niet te gebruiken om recente landbouwkundige maatregelen te verklaren. Hiervoor is de labiele organische stof veel belangrijker. Een grote hoeveelheid oude bodemorganische stof die bovendien extreem arm is aan stikstof, zoals in de Veenkoloniën, kan de bodemstructuur eenzijdig beïnvloeden en de bodem bijvoorbeeld stuifgevoelig maken. Jongere organische stof met een lagere C/N-verhouding maakt de bodem ruller en stimuleert binding van organische stof aan de minerale delen. Dat gebeurt vooral door het proces van vertering door het bodemleven, niet door de eigenschappen van die organische stof zelf. Jongere bodemorganische stof of vers toegediende organische stof met een lagere C/N-verhouding wordt meestal makkelijker afgebroken dan die met een hoge C/N-verhouding en heeft daarmee via het bodemleven een grotere invloed op bodemstructuur en mineralisatie van stikstof.

2.3.5 Dissolved Organic Carbon

De makkelijk oplosbare organisch gebonden koolstof is direct beschikbaar voor het bodemleven. Deze organische stof is een belangrijke bron van koolstof, stikstof en zwavel die gemineraliseerd wordt. Deze fractie spoelt ook makkelijk uit. De helft van de koolstof die uitspoelt, kan uit deze fractie komen (Haynes, 2005).

Het karakter van de DOC komt misschien goed tot uiting in het experiment uitgevoerd door Conclin et al., 2002. Bij een vergelijking van compost en gewasresten werd bij wilde mosterd de *Pythium*-aantasting bestudeerd. Bij een hogere waarde van de DOC was er een sterkere aantasting. Een dergelijk experiment geeft aan dat een hogere DOC niet zonder meer als positief mag worden gezien. Soms is het misschien een indicator voor een minder evenwichtig bodemleven.

2.3.6 Dissolved Organic Nitrogen (DON)

DON (dissolved organic nitrogen) geeft de hoeveelheid organische stikstof aan die in een 0,01M CaCl_2 -extractie in oplossing komt. Voor de bepaling van de waarde van DON wordt de hoeveelheid minerale stikstof afgetrokken van de N-totaal in de oplossing. In sommige publicaties wordt de waarde van de DON naar voren geschoven als parameter om de stikstofmineralisatie te voorspellen. Er zijn echter ook

publicaties waaruit blijkt dat de voorspellende waarde tegenvalt (Dijk T.A. van, 2009; Velthof, 2008).

2.3.7 Hot Water Carbon (HWC)

HWC (Hot Water Carbon) geeft de hoeveelheid koolstof aan die in een extract met een temperatuur van 80 °C oplost. Veel onderzoek is gedaan naar de betekenis van deze methode. Meerdere malen wordt de HWC als beste methode aangewezen om de bodemkwaliteit te beoordelen, maar er zijn ook kritische geluiden. Wat betreft positieve geluiden wordt door Ghani et al. (2003) de HWC de meest gevoelige methode genoemd om de bodemkwaliteit te beoordelen. Dit op grond van onderzoek naar de langjarige effecten van bemesting en begrazing van grasland na vergelijking met andere bodemindicatoren. De naleveringsmogelijkheid van voedingsstoffen zou gecorreleerd zijn met de HWC. Ook Simon (2008) ziet de HWC als een belangrijke en gevoelige indicator. Bij een negenjarige proef in een akkerbouwvruchtwisseling waarbij minerale mest en stalmest werden vergeleken, nam bij beide varianten het organisch koolstofgehalte toe, maar alleen bij de stalmestvariant nam ook de HWC-waarde toe. Een vergelijkbaar resultaat laat ook een ander meerjarige experiment rond de vergelijking van minerale mest en stalmest zien. In de periode tussen 41 en 43 jaar na aanvang van het experiment is de HWC-waarde bij de stalmestvariant 29% hoger dan die bij de minerale mest variant (Bankó et al., 2007). Zij concluderen dat de HWC te gebruiken is als indicator voor de ontwikkeling van de bodemkwaliteit.

Ook bij de inschatting van het stikstofleverend vermogen van een grond wordt de HWC regelmatig genoemd. Curtin et al., 2006 deden onderzoek bij 30 Nieuw-Zeelandse gronden. Hier bleek de HWC de door de plant vanuit mineralisatie opgenomen stikstof voor 50% te verklaren. Totaal stikstof deed dit voor 16%. Anaeroob mineraliseerbare stikstof deed dit voor 32% en NH-N opgelost in heet 2M KCL voor 24%. Een 28 dagen durende incubatie met meting van de stikstofmineralisatie was de beste: 79% werd verklaard.

De HWC wordt ook beschouwd als een indicator voor de microbiële koolstof (Sparling, 1992).

Streefwaarde voor de HWC

Volgens Bankó et al., (2007) neemt bij een HWC beneden 200 mg/kg de bodemvruchtbaarheid af en een waarde boven 400 mg/kg geeft aan dat er een grote hoeveelheid makkelijk omzetbare organische stof is.

2.3.8 Bacteriële- en schimmelbiomassa

Bacteriën en schimmels hebben uiteenlopende functies in de bodem. Bacteriën breken materiaal af met een relatief laag C/N-quotiënt, schimmels juist materiaal met een hoog C/N-quotiënt. Bloem (2004) stelt dat een lage S/B-verhouding hoort bij een intensief en productief landbouwsysteem.

Tabel 2-2. **Referentiewaarden bacteriële en schimmelbiomassa**

Bacteriële biomassa ($\mu\text{g C/g droge grond}$)

Teelt/gewas	Referentie	gemiddelde	perciel 5%	perciel 95%
Akkerbouw op klei	51	66	7,5	162
Melkveehouderij op klei	634	322	38	844
Melkveehouderij op löss	620	476	410	593
Melkveehouderij op veen	215	208	124	271
Akkerbouw op zand	81	88	25	145
Melkveehouderij op zand	132	146	40	293
Half natuurlijk grasland op zand	142	297		
Heide op zand	79	73	48	94
Gemengd bos op zand	28	51	11	162
Stadsparken op zand	107	90	52	144

Vervolg tabel 2-2

Schimmel biomassa ($\mu\text{g C/g droge grond}$)

Teelt/gewas	Referentie	gemiddelde	perciël 5%	perciël 95%
Akkerbouw op klei				
Melkveehouderij op klei				
Melkveehouderij op löss				
Melkveehouderij op veen	38	38	35	42
Akkerbouw op zand				
Melkveehouderij op zand				
Half natuurlijk grasland op zand	23	25		
Heide op zand	54	53	41	71
Gemengd bos op zand				
Stadsparken op zand	26	28	16	35

Streefwaarden bacteriële en schimmelbiomassa

Onder redactie van het RIVM zijn in 2007 (Rutgers et al., 2007) referenties opgesteld voor de bacteriële en schimmelbiomassa. Deze referenties zijn gebaseerd op criteria voor een 'gezonde' bodem op basis van zeer veel meetgegevens uit het LMB en BoBi-project. De waarde van deze referenties is nog in discussie, maar geven toch richting aan de beoordeling van in de praktijk gevonden waarden. De hoogte van de referenties inclusief gemiddelden en bandbreedte staan in tabel 2-2.

2.3.9 Particulate organic matter (POM)

Aan de meting van de hoeveelheid Particulate organic matter (POM) ligt de gedachte ten grondslag dat de grovere fractie van de organische stof de meest actieve is. De uitgangsmaterialen waaruit organische stof wordt gemaakt, voornamelijk plantenresten, zijn in eerste instantie vrij grof. Onder invloed van het bodemleven worden ze verkleind. Uiteindelijk zijn ze zeer klein en geen voedingsbron meer voor het bodemleven. De fractie met een grootte tussen 53-2000 μm wordt als de actieve fractie beschouwd. De methode is in de 80- en 90-er jaren van de vorige eeuw veel toegepast. Door de bewerkelijkheid en daarmee de hoge kosten wordt deze nu minder toegepast en gaat de aandacht meer uit naar in het voorgaande genoemde methoden.

2.4 Resultaten proefveld 'Mest Als Kans'

Het proefveld MAK is in 2006 uitgebreid bemonsterd. Zanen et al. (2008) doen er verslag van. Een populaire versie in brochurevorm van de tussentijdse evaluatie is te vinden in Bokhost et al. (2008). Een van de aan bodem organische stof gerelateerde conclusies is in die brochure als volgt geformuleerd: "De opbrengsten van kool in 1999 bij het begin van de proef en die van aardappel in 2007 laten interessante verschillen zien. In 1999 heeft minerale mest de hoogste opbrengst. In 2007 zijn het potstalmest en natuurcompost. De opbouw van oude kracht bij de laatste kan dat verklaren." In 2008 tot 2010 stonden respectievelijk schorseneer, pastinaak en pompoen op het proefveld. Deze jaren zijn, behalve de bodemmetingen in 2009 voor dit rapport, alleen de opbrengsten bepaald. De bruto opbrengst is weergegeven in Tabel 2-3 in volgorde van afnemende opbrengst in 2010. Voor de exacte betekenis en hoeveelheid van de mestsoorten wordt verwezen naar Zanen et al. (2008). In 2008 en 2009 is bemest volgens plan, in 2010 is niet bemest (ook volgens plan).

Tabel 2-3. **Opbrengst in ton per hectare van schorseneer, pastinaak en pompoen op de 13 behandelingen van proefveld MAK. Volgorde volgens opbrengst 2010, aflopend. Verschillende letters geven per jaar verschillen in opbrengst aan (ANOVA, p < 0,05)**

Mestsoort	2008	2009	2010
	Schorseneer	Pastinaak	Pompoen
Potstalmestcompost	46 c	44 cd	25,4 e
Kippenmest + rundveedrijfmest	44 bc	41 c	24,0 d
Rundveedrijfmest	46 c	37 bc	22,8 cd
Potstalmest, vers	42 bc	48 d	22,3 c
GFT-compost + rundveedrijfmest	43 bc	41 c	21,6 c
Ex-potstalmest, intensief gecomposteerd ¹	46 c	35 b	21,4 c
Varkensmest (vast)	43 bc	42 c	20,9 bc
Groencompost	37 ab	30 ab	20,1 bc
GFT-compost	40 b	36 bc	19,7 b
VAM Natuurcompost	44 bc	39 bc	19,3 ab
Kippenmest (vast)	46 c	43 cd	19,1 ab
CMC-groencompost	34 a	28 a	19,0 ab
NPK-kunstmest	44 bc	29 ab	18,4 a

¹ wordt sinds 2007 niet meer bemest

De opbrengsten van 2009 tot 2010 bevestigen voor een groot deel de tendensen die beschreven zijn in de evaluatie van Bokhorst et al. (2008):

- De potstalmest en potstalmestcompost komen wederom goed uit de bus. De gecomposteerde versie gaat op langere termijn steeds beter scoren.
- Uitsluitend NPK (dus zonder toevoeging van organische stof) scoort slecht.
- Kippenmest doet het goed in jaren dat er bemest wordt, waarbij het vermoeden bestaat dat dit naast de stikstof deels komt door de fosfaatwerking (mondellinge mededeling J. Bokhorst). In jaren zonder bemesting doet kippenmest het slecht, hetgeen wijst op een geringe opbouw van 'oude kracht'.
- De plantaardige composten doen het na een aantal jaren nog niet goed wat betreft opbrengst, ook niet de VAM Natuurcompost die de grootste hoeveelheid organische stof krijgt toegediend.

Bij de uiteindelijke beoordeling van de werking van mest op bodem en gewas spelen de hoeveelheid toegediende meststof en de hoeveelheid toegediende mineralen een belangrijke rol. In de opzet van de MAK-proef liggen drie (deels wettelijke en inmiddels wettelijk achterhaalde) uitgangspunten:

- Hoeveelheid werkzame stikstof: 67 kg ha⁻¹ jaar⁻¹. Dit geldt voor potstalmest, kunstmest en rundveedrijfmest.
- Hoeveelheid P2O5: 80 kg ha⁻¹ jaar⁻¹. Dit geldt voor natuurcompost.
- Hoeveelheid droge stof: 6000 kg ha⁻¹ jaar⁻¹. Dit geldt voor groencompost en GFT-compost.

In tabel 2-4 zijn de gemiddelde organische-stof- en de gemiddelde N-totaalgift per hectare per jaar gegeven voor de periode 1999-2006. Er zijn grote verschillen in hoeveelheden toegediende organische stof en N-totaal.

Tabel 2-4. **Gemiddelde gift aan organische stof en N-totaal in 1999 - 2006**

	Org. stof uit mest, kg ha ⁻¹ jaar ⁻¹	N-totaal, kg ha ⁻¹ jaar ⁻¹
Potstalmest	4382	149
Kunstmest	0	67
Groencompost	1574	56
GFT-compost	1330	53
Rundveedrijfmest	1362	97
VAM Natuurcompost	6992	182

De in Zanen et. al. (2008) en Bokhorst et al (2008) beschreven effecten kunnen voor een deel toegeschreven worden aan verschillen in hoeveelheden toegediende mest. Er blijven echter nog steeds interessante verschillen over. Potstalmest doet het in 2006 wat opbrengst betreft beter dan natuurcompost, terwijl de laatste meer organische stof en stikstof toegediend krijgt. Dit zou een resultaat kunnen zijn van de veel grotere aanwezigheid van regenwormen in de potstalmestveldjes en de daardoor veroorzaakte verschillen in macroporiën. De veldjes met natuurcompost hebben de hoogste aanvoer van organische stof en in 2006 in de grond ook het hoogste gehalte aan organische stof, gevolgd door potstalmest en GFT-compost. De aanzienlijk geringere aanvoer van organische stof bij GFT-compost geeft dus een vergelijkbare opbouw van bodemorganische stof als potstalmest. Dat is goed te snappen: tijdens de compostering wordt vooral snel verteerbaar materiaal omgezet, dus materiaal met een hogere humificatiecoëfficiënt blijft over. Ook HWC en POM zijn in 2006 bij natuurcompost significant hoger dan potstalmest en GFT-compost. Er is echter verder geen eenduidig verband tussen hoeveelheid toegediende organische stof en het organische-stofgehalte van de grond. Na afronding van het seizoen 2011 zal opnieuw gepubliceerd worden over het proefveld MAK met nader analyse van stikstofdynamiek en organische stof verloop.

2.5 Resultaten proefveld 'Nutriënten Waterproof'

Van 2005 t/m 2008 is op PPO-proefboerderij Vredepeel (zuidoostelijke zandgrond) het project Nutriënten Waterproof uitgevoerd. Doel van dit project was het vergelijken en verder ontwikkelen van bedrijfssystemen met een minimale emissie van nutriënten naar het grond- en oppervlaktewater (de Haan et al., 2009 en de Haan & van Geel, 2010). Er zijn twee geïntegreerde (gangbare) systemen en een biologisch systeem vergeleken:

G-H: Handhaving van de bodemmineralisatie en fosfaatevenwichtsbemesting. Gebruik van organische mest (varkens- en runderdrijfmest en compost) en kunstmest.

G-L: Verlaging van het mineralisatieniveau van de bodem en beoogde versnelde daling van de fosfaattoestand van de bodem. Geen toediening van organische mest, 100% kunstmest. Fosfaataanvoer < 50% van de fosfaatafvoer.

BIO: Biologisch bedrijfssysteem. Gebruik van potstalmest en runderdrijfmest, inzet van vlinderbloemigen in de rotatie en in sommige teelten bijbemesting met vinassekali.

De gemiddeld aanvoer van effectieve organische stof (EOS) in de vier onderzoeksjaren bedroeg:

G-H: 1500 kg EOS per ha

G-L: 900 kg EOS per ha

BIO: 3250 kg EOS per ha

In de periode vóór 2005 was de EOS-aanvoer op de percelen van G-H en G-L vrijwel gelijk (rond de 2000 kg per ha). In het biologisch systeem (dat in 2000 is gestart) bedroeg deze 3450 kg per ha.

Het is niet mogelijk om de gewasopbrengsten van de geïntegreerde systemen en het biologisch systeem met elkaar te vergelijken door verschillen in de rotatie (meer en voor een groot deel andere gewassen in de biologische rotatie) en in de uitvoering van de teelt. Bij de twee geïntegreerde systemen (G-H en G-L) is wel dezelfde rotatie gehanteerd, was de uitvoering van de teelt gelijk en was ook de aanvoer van werkzame stikstof per gewas nagenoeg gelijk. Na beëindiging van NWP is het bemestingsregime van NWP op de betreffende percelen in 2009 en 2010 gehandhaafd en is in 2009 ook de rotatie grotendeels gehandhaafd.

In de eerste twee jaren jaar (2005 en 2006) traden geen zichtbare verschillen op in gewasontwikkeling tussen de beide systemen. In het tweede en derde jaar (2007 en 2008) ontstonden wel duidelijke verschillen: in systeem G-L bleef de gewasgroei bij aardappelen, prei en bieten zichtbaar achter bij die in systeem G-H. In 2009 en 2010 traden geen of minder duidelijk zichtbare verschillen op tussen de systemen. De gewasopbrengsten waren door de bank genomen bij G-L lager dan bij G-H, maar dit wisselde per jaar of perceel. De kwaliteit van de ge oogste producten verschilde niet tussen de beide systemen.

Uit nadere analyse (Van Geel et al., 2011) bleek dat het optreden van de opbrengstverschillen tussen de systemen geen duidelijke samenhang vertoonde met de jaarsinvloed c.q. met de specifieke weersomstandigheden van dat jaar. Wel was er een duidelijke relatie met perceel. Op twee van de zes percelen waren de productie en N-opname bij G-L structureel lager dan bij G-H. Gemiddeld over de periode 2005 t/m 2010 betrof dit 7% reductie van de marktbaar opbrengst en 9% reductie op basis van drogestofopbrengst. Op de overige vier percelen waren de verschillen tussen de twee bedrijfssystemen minder uitgesproken en wisselend.

Waarom er op twee percelen wel een aanmerkelijk opbrengstverschil optrad tussen G-H en G-L en op vier percelen niet, is vooralsnog niet duidelijk. De lagere productie bij G-L ten opzichte van G-H op de twee eerstgenoemde percelen was geen gevolg van verschil in hoogte van de stikstofbemesting. De aanvoer van werkzame stikstof uit meststoffen verschilde nauwelijks tussen de beide systemen. Het verschil in fosfaatvoorziening van de bodem tussen de twee systemen gaf ook geen afdoende verklaring. De organische-stofgehalten van de percelen, de textuur en indicatoren van de chemische bodemvruchtbaarheid, gaven evenmin een verklaring. Wellicht geven fysische en biologische bodemindicatoren aanknopingspunten, maar deze zijn in NWP niet gemeten.

Vragen voor vervolgonderzoek zijn: a) welke andere, bodemgerelateerde factoren dan hierboven genoemd het opbrengstplafond hebben verlaagd; b) of dit een gevolg is van het jarenlang terughoudend gebruik van organische mest en de lagere aanvoer van effectieve organische stof en waarom dit dan op het ene perceel wel effect heeft op de gewasgroei en –opbrengst en op het andere perceel niet.

3 Metingen 2009 en 2010

3.1 Materiaal en methoden

In 2009 en 2010 zijn 9 organische meststoffen van biologische herkomst beoordeeld, die sterk van elkaar in samenstelling verschilden. De meststoffen zijn beoordeeld op chemische kenmerken en op de afbreekbaarheid van de organische stof. De meststoffen potstalmest, compost en drijfmest fungeren in dit onderzoek als een referentie voor digestaat en de dikke fractie van gescheiden digestaat. Tevens zijn 9 veldobjecten bemonsterd van twee veeljarige veldproeven: zes van het LBI-proefveld 'Mest als Kans' (MAK) in Lelystad (zavelgrond) en drie van het PPO-proefveld 'Nutriënten Waterproof' (NWP) in Vredepeel (zandgrond). Het betreft objecten waar al vele jaren vaste bemestingsstrategieën met elkaar worden vergeleken. De bodem van het proefveld Mest als Kans is een kalkrijke poldervaaggrond met 15% slib en ca. 2% organische stof. De bodem van het proefveld 'Nutriënten Waterproof' is een veldpodzolgrond met 9% leem en ca 4% organische stof en kalkarm.

3.1.1 Meststoffen

In tabel 3-1 staan de meststoffen vermeld die in de analyse betrokken zijn, samen met de code die in dit rapport gebruikt wordt. Voor de potstalmest, de natuurcompost en de GFT-compost is de meststof bemonsterd die voorjaar 2009 is uitgereden op het proefveld 'Mest als kans'. In 2010 is dat proefveld niet bemest en zijn partijen mest en compost bemonsterd die anders op het proefveld gebruikt hadden kunnen worden. De meststoffen runderdrijfmest, digestaat van covergiste runderdrijfmest en de dikke fractie van gescheiden digestaat zijn ieder jaar op één moment en locatie bemonsterd. De meststofmonsters zijn geanalyseerd door Blgg en WUR-CBLB.

Bij WUR-CBLB is bij de voorbehandeling van het monster van de potstalmest de mest eerst in stukjes van 1 cm geknipt en bij de beide compostsoorten en de dikke fractie van gescheiden digestaat van covergiste runderdrijfmest is er eerst op 5 mm gezeefd.

Tabel 3-1. **Meststoffen en codering**

Meststof	Code
Potstalmest	P
Natuurcompost	NC
GFT-compost	GC
Rundveedrijfmest digestaat	RD
Rundveedrijfmest	R
Rundveedrijfmest digestaat dikke fractie	RDV
Varkensdrijfmest digestaat	VD
Varkensdrijfmest	V
Varkensdrijfmest digestaat dikke fractie	VDD

3.1.2 Grondmonsters veldobjecten

In tabel 3-2 staan de grondmonsters van de veldobjecten vermeld die in de analyse betrokken zijn. Het betreft grondmonsters van het proefveld Mest als Kans in Lelystad en grondmonsters van het proefveld Nutriënten Waterproof in Vredepeel. Voor de beschrijving van het proefveld MAK wordt verwezen naar Zanen et al. (2008). Er is bemonsterd tot 20 cm -mv om zeker geen onbewerkte grond mee te bemonsteren. Van de vier herhalingen van de behandelingen zijn mengmonsters gemaakt.

Van de drie objecten van het proefveld NWP zijn enkele percelen geselecteerd en bemonsterd, en daarvan is een mengmonster gemaakt voor analyse. Voor de beschrijving van het proefveld wordt verwezen naar de Haan et al. (2009) en de Haan & van Geel (2010).

Van beide proefvelden is per object 10-15 liter grond verzameld. Grof organisch materiaal is daarbij

verwijderd. Deze grond is goed gemengd in een cementmolen en vervolgens in meerdere identieke porties verdeeld voor analyses door Blgg, WUR-CBLB, LBI en Hortinova. Er is veel zorg besteed om identieke submonsters te verkrijgen. De voorbehandelingen van de grondmonsters voor analyses (drogen, zeven, homogeniseren, subbemonsteren) zijn door de betreffende laboratoria zelf uitgevoerd.

Tabel 3-2. **Grondmonsters veldobjecten**

Object	Proefveld	Plaats	Code
Potstalmest	Mest als Kans	Lelystad	MAK-P
Kunstmest	Mest als Kans	Lelystad	MAK-K
Groencompost	Mest als Kans	Lelystad	MAK-GRC
GFT-compost	Mest als Kans	Lelystad	MAK-GC
Rundveedrijfmest	Mest als Kans	Lelystad	MAK-R
VAM Natuurcompost	Mest als Kans	Lelystad	MAK-NC
Geïntegreerd hogere aanvoer organische stof	Nutriënten Waterproof	Vredepeel	NWP-H
Geïntegreerd lage aanvoer organische stof	Nutriënten Waterproof	Vredepeel	NWP-L
Biologisch teeltsysteem	Nutriënten Waterproof	Vredepeel	NWP-B
Mengsel 50% NWP-H+ 50% NWP-L	Nutriënten Waterproof	Vredepeel	NWP-H/L

3.1.3 Uitgevoerde analyses

In tabel 3-3 is een overzicht gegeven van de analyses van de meststoffen en door welk laboratorium deze zijn uitgevoerd en in tabel 3-4 een overzicht van de analyses van de grondmonsters van de veldobjecten. De analyses van NO₃, NH₄, Nts en DOC zijn uitgevoerd in een 0,01 M CaCl₂-extract. De gebruikte analysemethoden zijn beschreven in bijlage 1.

Tabel 3-3. **Overzicht uitgevoerde meststofanalyses**

Parameter	Eenheid	Blgg- Oosterbeek	WUR-CBLB Wageningen
Gehalte drogestof	gram per kg vers	+	+
Gehalte organische stof in drogestof	gram per 100 gram drogestof	+	
Oxitop (zuurstofgebruik)	mmol O ₂ /kg org. stof/uur	+	
Respiratie (koolzuurproductie)	µl CO ₂ /l per 4 uur		+
N-totaal	gram N/kg droge stof		+
N-mineraal	gram N/kg droge stof		+
N-organisch	gram N/kg droge stof		+
DON (Dissolved Organic Nitrogen)	gram N/kg droge stof		+
C-totaal	gram C/kg droge stof		+
HWC (Hot water Carbon)	gram C/kg droge stof		+ *
DOC (Dissolved Organic Carbon)	gram C/kg droge stof		+

* De HWC-bepaling is uitgevoerd door WUR-Alterra.

Tabel 3-4. **Overzicht uitgevoerde grondanalyses van de veldobjecten (gehalten in droge grond)**

Parameter	Eenheid	Blgg- Oosterbeek	WUR-CBLB Wageningen	Louis Bolk Instituut	Hortinova
Organisch stofgehalte	gram per 100 gram	+	+	+	
Oxitop, zuurstofgebruik	mmol O ₂ /kg o.s./uur	+			
Schimmel, bacteriegehalte	microg/g	+			
N-totaal	gram N/kg		+		
N-mineraal	mg N/kg		+		
DON (Dissolved Organic Nitrogen)	mg N/kg		+		
C-totaal	gram C/kg		+		
HWC (Hot water C)	mg C/kg		+		
DOC (Dissolved Organic Carbon)	mg C/kg		+		
POM (particulate organic matter)	gram 53-2000 µm/100 gram organische stof			+	
Chroma's *	rapportcijfer 1-10				+

* De chromabepalingen van de grond- en compostmonsters zijn alleen in 2009 uitgevoerd

4 Resultaten en bespreking

4.1 Beoordeling meststoffen

4.1.1 Resultaat respiratiemeting

Het resultaat van de respiratiemeting is in dit onderzoek als referentie genomen om de kwaliteitsparameters van de meststoffen met elkaar te kunnen vergelijken. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de volgens het model Yang berekende afgebroken hoeveelheid koolstof (uitgedrukt in mg C/gram C in meststof) na 1 jaar onder veldomstandigheden (jaargemiddelde 9 °C). De analysemethode is beschreven in bijlage 1 en de berekeningsmethode in bijlage 3. De verwerkte resultaten zijn weergegeven in tabel 4.1 en 4.2.

De afbraaksnelheid van de organische stof in de meststoffen toegediend aan grond van proefveld 'Nutriënten waterproof' (NWP) is opvallend hoger dan die toegediend aan grond van 'Mest als kans' (MAK). Dit geldt voor alle meststoffen. Een verklaring hiervoor is niet bekend. Mogelijk speelt de activiteit van bodemleven hierbij een rol.

Het verschil in afbraaksnelheid in de zandgrond van NWP of de kleigrond van MAK lijkt bij de twee composten relatief kleiner dan bij de dierlijk mest en digestaat. Er was echter geen (statistisch) significante interactie tussen mestsoort en grondsoort.

Verder is opvallend dat het niveau van de afbraak veel lager is dan verwacht werd. Voor varkensdrijfmest bijvoorbeeld wordt algemeen met een humificatiecoëfficiënt gerekend van 0,33. Dit betekent dat onder veldomstandigheden na 1 jaar 67% van de organische stof is afgebroken. Dit is nu maar 33%. De vertaling van resultaten van laboratoriumproeven naar die onder veldomstandigheden is blijkbaar nog niet zo gemakkelijk. Het absolute niveau van de afbraak van organische stof onder laboratoriumcondities kan in dit geval dus niet goed gebruikt worden. In het vervolg wordt vooral gekeken naar de onderlinge vergelijking tussen de meststoffen.

De beide compostsoorten hebben de laagste berekende waarde van afbraak van organische stof, waarbij de afbraak van natuurcompost duidelijk langzamer verloopt dan die van de GFT-compost. De resultaten van de vergelijking van de objecten met de verschillende mestsoorten mogen niet veralgemeniseerd worden. Het zijn specifieke monsters en de runder- en varkensdrijfmest zijn van biologische oorsprong. Dit laatste kan ook invloed op de resultaten hebben.

Een nieuw element is de beoordeling van de afbraak van organische stof van digestaat en van de dikke fractie van gescheiden digestaat. De resultaten moeten echter met enige voorzichtigheid gehanteerd worden. De monsters van drijfmest, digestaat en dikke fractie van gescheiden digestaat zijn op één datum genomen, terwijl de vergistingsduur ongeveer een maand is. Feitelijk moet de kwaliteit van digestaat vergeleken worden met die van de partij drijfmest die een maand daarvoor de vergisting is ingegaan. Ook het type en de hoeveelheid co-producten beïnvloeden de kwaliteit van de digestaat en bemoeilijken de vergelijking tussen drijfmest en digestaat.

Bij de beoordeling van de drie varkensmestsoorten valt op dat er geen duidelijk verschil in afbraak van organische stof gevonden wordt tussen drijfmest, digestaat en dikke fractie van gescheiden digestaat. De drie rundermestsoorten daarentegen zijn onderling veel moeilijker te vergelijken. Er spelen blijkbaar allerlei interacties die het niet mogelijk maken om een conclusie te trekken.

Vastgesteld moet worden dat op basis van de resultaten van deze respiratieproef geen conclusies getrokken kunnen worden over de afbreekbaarheid van organische stof van digestaat en die van de dikke fractie van gescheiden digestaat.

Van elk monster is de restfractie C na een afbraakperiode van één jaar bij 9 °C berekend met een dubbel exponentieel model (dex-model) en met het afbraakmodel van Yang (Yang & Janssen, 2000; Yang, 1996). Deze restfractie wordt hierna aangeduid als humificatiecoëfficiënt (h.c.). De aldus bepaalde h.c.'s zijn weergegeven in de tabel hieronder.

De afbraak van de co-vergiste mestmonsters verliep iets langzamer dan van de onvergiste mestsoort. De afbraak van natuurcompost verliep iets langzamer dan van GFT-compost.

Tabel 4-1. **Berekende humificatiecoëfficiënt van de onderzochte mest- en compostsoorten**

Code	Mest	Humificatiecoëfficiënt o.b.v. respiratie							
		dex-model 2009		dex-model 2010		Yang 2009		Yang 2010	
		klei	zand	klei	zand	klei	zand	klei	zand
M1	Potstalmest	0,84	0,69	0,75	0,64	0,83	0,68	0,74	0,60
M2	Natuurcompost	0,97	0,94	0,87	0,82	0,98	0,94	0,87	0,79
M3	GFT-compost	0,94	0,87	0,87	0,77	0,94	0,86	0,86	0,77
M4	RDM-digestaat	0,90	0,82	0,82	0,66	0,88	0,80	0,81	0,65
M5	Rundveedrijfmest (RDM)	0,87	0,74	0,82	0,63	0,87	0,73	0,81	0,62
M6	RDM-digestaat dikke fractie	0,88	0,71	0,86	0,69	0,87	0,71	0,85	0,68
M7	VDM-digestaat	0,82	0,73	0,76	0,54	0,81	0,71	0,74	0,52
M8	Varkensdrijfmest (VDM)	0,87	0,75	0,70	0,47	0,71	0,73	0,67	0,45
M9	VDM-digestaat dikke fractie	0,86	0,74	0,81	0,65	0,86	0,73	0,80	0,63
	gemiddeld	0,88	0,78	0,81	0,65	0,86	0,76	0,80	0,63
	afbraak	0,12	0,22	0,19	0,35	0,14	0,24	0,20	0,37

Voor de "traditionele" mesten is er een forfaitaire waarde voor de humificatiecoëfficiënt. In de tabel hieronder is de humificatiecoëfficiënt van de vergiste mesten geschat naar rato van de forfaitaire humificatiecoëfficiënt van rundveemest dan wel varkensmest op basis van de gevonden verhouding uit de respiratieproef. Voor rundveemest is daarbij het gemiddelde genomen van de monsters M1 en M5.

Tabel 4.2. **Gemiddelde en naar rato van de forfaitaire omgerekende humificatiecoëfficiënten van de onderzochte mest- en compostsoorten**

Code	Mest	Humificatiecoëfficiënt						
		Forfaitair	Gemiddelde uit respiratie			Naar rato van forfaitair		
			klei	zand	klei+zand	klei	zand	klei+zand
M1	Potstalmest	0,7	0,79	0,65	0,72			
M2	Natuurcompost	0,75	0,92	0,87	0,90			
M3	GFT-compost	0,75	0,90	0,82	0,86			
M4	RDM-digestaat		0,85	0,73	0,79	0,73	0,77	0,75
M5	Rundveedrijfmest (RDM)	0,7	0,84	0,68	0,76			
M6	RDM-digestaat dikke fractie		0,86	0,70	0,78	0,74	0,73	0,74
M7	VDM-digestaat		0,78	0,63	0,70	0,35	0,34	0,35
M8	Varkensdrijfmest (VDM)	0,33	0,74	0,60	0,67			
M9	VDM-digestaat dikke fractie		0,83	0,69	0,76	0,37	0,38	0,37

Het blijkt dat de afbraak na één jaar c.q. de humificatiecoëfficiënt van de OS van ongescheiden digestaat en die van de OS in de dikke fractie van het digestaat nauwelijks van elkaar verschillen, wat eigenlijk ook is te verwachten. Door deze beide te middelen zou de humificatiecoëfficiënt van de OS van het RDM-digestaat op 0,74 kunnen worden gesteld en die van het VDM-digestaat op 0,36.

4.1.2 Vergelijking analysemethoden

De uitslag van de respiratiemeting is als basis gebruikt om de resultaten van de andere analysemethoden te beoordelen. Vanwege de grote verschillen in afbraaksnelheid tussen meststoffen toegediend aan grond van de twee proefvelden wordt in tabel 4.3 een vergelijking gemaakt met het resultaat van de respiratiemeting toegediend aan grond van proefveld MAK en in tabel 4.4 met die toegediend aan grond van proefveld NWP. In deze tabellen zijn de humificatiecoëfficiënten in aflopende volgorde uitgezet tegen de overige analyses

In de Oxitop-meting wordt een zeer hoog zuurstofgebruik vastgesteld bij runderdrijfmest (R) en varkensdrijfmest (V). Dit wijst op een hoge afbraaksnelheid van deze beide mestsoorten. Dit correleert in het geheel niet met de uitslagen van de beide series respiratiemetingen. Het is wel opvallend dat het juist de beide drijfmestsoorten zijn die dit hoge zuurstofgebruik laten zien.

Het zuurstofgebruik bij natuurcompost is het laagst en dit correleert wel met de uitslagen van de respiratiemetingen. Op basis van de Oxitop-meting (Veeken 2003, 2005) kan de onderzochte partij natuurcompost als zeer stabiele compost aangemerkt worden en de GFT-compost als stabiele compost. Bij zowel varkensmest als bij rundermest is het zuurstofgebruik van de dikke fractie van gescheiden digestaat lager dan dat van digestaat. De Oxitop-meting van de dikke fractie van gescheiden digestaat van runderdrijfmest is opvallend laag. Dit wijst op een lagere afbraaksnelheid, maar dit correleert niet met de resultaten van de respiratiemetingen.

Het zuurstofgebruik bij potstalmest is hoger dan van de dikke fractie van rundveedrijfmest digestaat en dit komt wel overeen met de resultaten van de respiratiemetingen.

Bij de beoordeling van de analyseresultaten van de HWC (hot water carbon) valt op dat zowel uitgedrukt in gram C per kg drogestof als uitgedrukt in percentage van de totale hoeveelheid C bij de beide compostsoorten de laagste waarden gevonden worden. Dit komt overeen met de resultaten van de respiratiemetingen. Bij de andere mestsoorten is deze correlatie met de respiratiemetingen niet aanwezig.

Bij de beoordeling van de analyseresultaten van de DOC (dissolved organic carbon) worden zowel bij de beoordeling van de hoeveelheid DOC per kg drogestof als bij de beoordeling van het percentage DOC van C-totaal de laagste waarden gevonden bij de beide compostsoorten. Dit komt overeen met de resultaten van de beide respiratiemetingen. Bij de andere mestsoorten is deze correlatie met de respiratiemeting niet aanwezig.

Ook bij de beoordeling van de DON (dissolved organic nitrogen) wordt zowel bij de beoordeling van de hoeveelheid DON per kg drogestof als uitgedrukt in percentage van de hoeveelheid organisch gebonden N bij de beide compostsoorten de laagste waarde gevonden. Dit komt overeen met de resultaten van de beide respiratiemetingen. Bij de andere mestsoorten is deze correlatie met de respiratiemeting niet aanwezig.

Tussen de meststoffen zijn duidelijke verschillen in C/N-quotiënt. De verschillen correleren slecht met de respiratie.

Tabel 4.3. **Vergelijking humificatiecoëfficiënt (resultaten respiatiemeting volgens model Yang 1 jaar na toediening van meststoffen onder veldomstandigheden (jaargemiddelde 9 °C) toegediend aan grond van proefveld 'Mest als kans') met die van de overige meetmethode**
(Aanduiding: 2009 / 2010 / gemiddeld)

Grond van MAK-K	Humificatie-coëfficiënt berekend uit respiatie-experiment	Oxitop mmol O ₂ per kg o.s. per uur	C/N (organisch gebonden N)	HWC gram C per kg d.s.	DOC gram C per kg d.s.	DON gram N per kg d.s.
NC	0,92	3 / 6 / 5	18 / 16 / 17	4 / 3 / 4	1 / 2 / 2	0,1 / 0,1 / 0,1
GC	0,90	13 / 16 / 14	16 / 16 / 16	15 / 7 / 11	5 / 3 / 4	0,4 / 0,3 / 0,3
RD	0,85	40 / 24 / 32	17 / 12 / 15	35 / 24 / 30	22 / 27 / 24	2,9 / 2,4 / 2,6
RDV	0,86	11 / 16 / 14	31 / 21 / 26	29 / 15 / 22	45 / 9 / 27	2,5 / 1,0 / 1,7
R	0,84	1304 / 217 / 761	20 / 14 / 17	32 / 19 / 25	31 / 53 / 42	2,3 / 3,4 / 2,8
VDD	0,83	40 / 34 / 37	24 / 24 / 24	47 / 22 / 34	15 / 8 / 11	1,0 / 1,4 / 1,2
VD	0,78	333 / 32 / 182	14 / 13 / 14	34 / 26 / 30	33 / 24 / 29	2,8 / 2,1 / 2,5
P	0,79	47 / 30 / 38	19 / 16 / 18	69 / 46 / 57	33 / 12 / 23	1,6 / 1,2 / 1,4
V	0,74	1052 / 57 / 554	20 / 17 / 18	27 / 21 / 24	27 / 30 / 29	3,5 / 2,4 / 2,9

NC	Natuurcompost
GC	GFT-compost
RD	Rundveedrijfmest digestaat
RDV	Rundveedrijfmest digestaat dikke fractie
R	Rundveedrijfmest
VDD	Varkensdrijfmest digestaat dikke fractie
VD	Varkensdrijfmest digestaat
P	Potstalmest
V	Varkensdrijfmest

Tabel 4.4. **Vergelijking humificatiecoëfficiënt (resultaten respiatiemeting volgens model Yang 1 jaar na toediening van meststoffen onder veldomstandigheden (jaargemiddelde 9 °C) toegediend aan grond van proefveld 'Nutriënten Waterproof') met die van de overige meetmethoden**
(Aanduiding: 2009 / 2010 / gemiddeld)

Grond van NWP-H/L	Humificatie-coëfficiënt berekend uit respiatie-experiment	Oxitop mmol O ₂ per kg o.s. per uur	C/N (organisch gebonden N)	HWC gram C per kg d.s.	DOC gram C per kg d.s.	DON gram N per kg d.s.
NC	0,87	3 / 6 / 5	18 / 16 / 17	4 / 3 / 4	1 / 2 / 2	0,1 / 0,1 / 0,1
GC	0,82	13 / 16 / 14	16 / 16 / 16	15 / 7 / 11	5 / 3 / 4	0,4 / 0,3 / 0,3
RD	0,73	40 / 24 / 32	17 / 12 / 15	35 / 24 / 30	22 / 27 / 24	2,9 / 2,4 / 2,6
RDV	0,70	11/16/14	31 / 21 / 26	29 / 15 / 22	45 / 9 / 27	2,5 / 1,0 / 1,7
R	0,68	1304 / 217 / 761	20 / 14 / 17	32 / 19 / 25	31 / 53 / 42	2,3 / 3,4 / 2,8
VDD	0,69	40 / 34 / 37	24 / 24 / 24	47 / 22 / 34	15 / 8 / 11	1,0 / 1,4 / 1,2
VD	0,63	333 / 32 / 182	14 / 13 / 14	34 / 26 / 30	33 / 24 / 29	2,8 / 2,1 / 2,5
P	0,65	47 / 30 / 38	19 / 16 / 18	69 / 46 / 57	33 / 12 / 23	1,6 / 1,2 / 1,4
V	0,60	1052 / 57 / 554	20 / 17 / 18	27 / 21 / 24	27 / 30 / 29	3,5 / 2,4 / 2,9

Als onderbouwing van bovenstaande beoordelingen zijn met behulp van de Genstat-procedure Bicorrelate de correlaties berekend (zie bijlage 4). De volgens het dex-model berekende humificatiecoëfficiënt en de parameter R van het Yang-model (ook een maat voor de afbraak na één jaar) zijn onderling sterk gecorreleerd. De keuze voor één van deze twee modellen heeft dus op de berekende rest-C na één jaar weinig invloed. Dat blijkt ook wel uit de cijfers in tabel 4.1. De humificatiecoëfficiënt dan wel R voor klei en zand zijn ook sterk gecorreleerd. Dit duidt erop dat er een niveauverschil is tussen de afbraaksnelheid op klei en zand maar waarschijnlijk geen interactie met meststof.

Van de overige analyses geeft er geen één een sterke correlatie met de uit de respiratie verkregen variabelen. Enkel in de rangvolgorde correleert DOC goed met de humificatiecoëfficiënt op zand en WSC correleert goed met de parameter S van Yang op klei. Tussen de overige analyses onderling is er een sterke correlatie tussen DOC, DON en WSC onderling en tussen DON en N-totaal. HWC correleert slecht met de respiratieresultaten en ook slecht met de overige variabelen. Oxitop correleert matig met de eenjarige afbraak uit de respiratie op basis van rangvolgorde.

Geconcludeerd kan worden dat blijkbaar met elk van de analysemethoden een bepaald kwaliteitsaspect van de organische stof wordt bepaald, die geen of beperkt voorspellende waarde heeft voor de uitslagen van de andere meetmethoden. Op basis van één analysemethode kan de waarde van de meststof waarschijnlijk onvoldoende gekarakteriseerd worden.

4.2 Beoordeling bodem

4.2.1 Twee proeflocaties

Belangrijke parameters om de bodemkwaliteit te beoordelen zijn: organische-stofgehalte van de bodem, POM-waarde, chemisch zuurstofgebruik (Oxitopmeting), chemische analyses van C-totaal, HWC en DOC, N-totaal, Nmin, Norg en DON, de bepaling van de hoeveelheid schimmel- en bacteriemassa en de chroma's. De beide proefvelden verschillen ten aanzien van deze parameters heel duidelijk van elkaar. Daarbij is het opvallend dat de verschillen tussen de objecten binnen dezelfde locatie veel geringer zijn dan die tussen de beide locaties. In tabel 4-5 zijn de gemiddelde resultaten per locatie weergegeven. Van proefveld MAK betreft het een middeling van de resultaten van 6 bemestingsstrategieën en van proefveld NWP een middeling van de resultaten van 3 bedrijfssystemen.

Enkele eigenschappen waarin de beide locaties duidelijk van elkaar verschillen zijn:

- organisch stofgehalte (NWP > MAK)
- POM, % 53-2000 μm van o.s. (NWP < MAK)
- C, % van o.s. (NWP > MAK)
- C-totaal (NWP > MAK)
- C/Norg verhouding (NWP > MAK)
- beoordeling chroma's (NWP > MAK)
- hoeveelheid bacteriemassa (NWP > MAK)

De meeste analyses laten bij MAK een actievere organische stof zien dan bij NWP.

Tabel 4-5. **Karakterisering van de bodemkwaliteit van de onderzoekslocaties MAK (gemiddelde van 6 bemestingsstrategieën) en NWP (gemiddelde van 3 bedrijfssystemen)**
(Aanduiding: 2009 / 2010)

Parameter	Eenheid	Lab	MAK	NWP
organische stof	% grond	CBLB	2,6 / -	4,1 / -
organische stof	% grond	LBI	1,8 / 2,7	4,0 / 4,4
POM	% 53-2000µm van o.s.	LBI	24 / 20	15 / 13
POM	53-2000µm van o.s. in % grond	LBI	0,5 / 0,6	0,6 / 0,6
C	% van o.s.	CBLB	58 / -	69 / -
C/Norg	verhouding	CBLB	18 / 12	29 / 20
Oximetring	mmol O ₂ /kg o.s./uur	Blgg	3,4 / 3,3	2,5 / 3,4
chroma's	rapporcijfer	Hortinova	2 / -	5 / -
Schimmelbiomassa	microg/g	Blgg	171 / 209	96 / 186
Bacteriëlebiomassa	microg/g	Blgg	466 / 885	2122 / 2096
schimmel/bacterie	verhouding	Blgg	0,4 / 0,3	0,1 / 0,1
C-totaal	g/kg	CBLB	15 / 12	28 / 24
HWC	g/kg	CBLB	0,3 / 0,1	0,6 / 0,5
HWC	% van C-totaal	CBLB	1,8 / 0,9	2,2 / 1,9
DOC	g/kg	CBLB	0,04 / 0,04	0,04 / 0,04
DOC	% van C-totaal	CBLB	0,3 / 0,3	0,1 / 0,2
N-totaal	g/kg	CBLB	0,9 / 1,0	1,0 / 1,2
DON	g/kg	CBLB	0,003 / 0,003	0,002 / 0,003
DON	% van Norg	CBLB	0,3 / 0,3	0,2 / 0,2

4.2.2 Proefveld MAK

In 2006 zijn van het proefveld MAK bemonsteringen en analyses uitgevoerd. In hoofdstuk 2 is een aantal resultaten van dit onderzoeksproject weergegeven.

Voorjaar 2009 en 2010 zijn van 6 bemestingsstrategieën grondmonsters van de laag 0-20 cm –mv genomen. In tabel 4-6 zijn de resultaten van een aantal analyses van deze bemestingsstrategieën weergegeven. In bijlage 4 staan de onderlinge correlaties. Bij de beoordeling van de meetresultaten moet nog wel rekening worden gehouden met de hoeveelheid meststof die in de bemestingsstrategieën is toegepast. De dosering is veelal afgestemd op de bemestende waarde en niet op basis van levering van duurzame organische stof. Hiervoor wordt verwezen naar Zanen (2008).

Tabel 4-6. **Karakterisering van de bodemkwaliteit van de bemestingsstrategieën van de onderzoekslocatie MAK in Lelystad**
(Aanduiding: 2009 / 2010 / gemiddeld)

Parameter	Potstalmest	Kunstmest	Groencompost	GFT-compost	Runderdrijfmest	Natuurcompost
organische stof CBLB	2,1 / - / -	1,9 / - / -	1,9 / - / -	1,9 / - / -	1,8 / - / -	2,2 / - / -
organische stof LBI	1,8 / 2,8 / 2,3	1,7 / 2,7 / 2,2	1,7 / 2,5 / 2,1	1,9 / 2,8 / 2,4	1,8 / 2,7 / 2,2	2,2 / 2,9 / 2,5
POM % van o.s.	23 / 21 / 22	20 / 20 / 20	24 / 21 / 23	25 / 19 / 22	26 / 20 / 23	29 / 21 / 25
POM % van grond	0,4 / 0,6 / 0,5	0,3 / 0,5 / 0,4	0,4 / 0,5 / 0,5	0,5 / 0,5 / 0,5	0,5 / 0,5 / 0,5	0,6 / 0,6 / 0,6
C % in o.s.	55 / - / -	51 / - / -	56 / - / -	59 / - / -	72 / - / -	55 / - / -
C/Norg	17 / 12 / 14	17 / 12 / 14	16 / 13 / 14	18 / 13 / 15	22 / 12 / 17	17 / 12 / 15
Oxitopmeting	3,8 / 3,3 / 3,6	5,5 / 2,5 / 4,0	2,5 / 3,3 / 2,9	2,4 / 3,2 / 2,8	2,8 / 4,0 / 3,4	3,3 / 3,4 / 3,4
chroma's	2,0 / - / -	1,3 / - / -	2,0 / - / -	1,3 / - / -	1,3 / - / -	2,7 / - / -
Schimmel biomassa µg/g	199 / 199 / 199	127 / 228 / 178	147 / 205 / 176	158 / 127 / 143	239 / 289 / 264	154 / 206 / 180
Bacterie biomassa µg/g	758 / 594 / 676	542 / 756 / 649	414 / 780 / 597	325 / 1225 / 775	416 / 894 / 655	343 / 1061 / 702
schimmel/bacterie	0,26 / 0,33 / 0,30	0,23 / 0,30 / 0,27	0,35 / 0,26 / 0,31	0,49 / 0,10 / 0,30	0,57 / 0,32 / 0,45	0,45 / 0,19 / 0,32
C-totaal g/kg	15 / 13 / 14	13 / 10 / 12	14 / 11 / 13	15 / 12 / 13	18 / 11 / 15	16 / 13 / 14
HWC mg/kg	314 / 143 / 229	240 / 88 / 164	240 / 37 / 138	250 / 112 / 181	269 / 118 / 193	293 / 144 / 219
DOC mg/kg	51 / 43 / 47	37 / 35 / 36	35 / 34 / 35	35 / 34 / 35	36 / 36 / 36	40 / 42 / 41
N-totaal g/kg	0,9 / 1,1 / 1,1	0,8 / 0,9 / 0,8	0,9 / 0,9 / 0,9	0,8 / 0,9 / 0,9	0,8 / 1,0 / 0,9	0,9 / 1,1 / 1,0
DON mg/kg	2,8 / 3,7 / 3,3	2,4 / 3,3 / 2,9	2,4 / 3,0 / 2,7	2,4 / 2,7 / 2,6	2,5 / 3,4 / 3,0	2,9 / 3,6 / 3,3

4.2.3 Proefveld NWP

In 2009 zijn van het proefveld NWP bemonsteringen en analyses uitgevoerd. De meest relevante resultaten van dit onderzoeksproject zijn weergegeven in hoofdstuk 2.

Voorjaar 2009 en 2010 zijn van de drie bedrijfssystemen grondmonsters van de bouwvoor genomen. In tabel 4-7 zijn de resultaten van een aantal analyses van deze bedrijfssystemen weergegeven. In bijlage 4 staan de onderlinge correlaties. De systemen 'hoger eos' (NWP-H) en 'laag eos' (NWP-L) hebben hetzelfde bouwplan en verschillen van elkaar in aanvoer van organische stof. Het systeem 'bio' (NWP-B) heeft een extensief bouwplan en een hoge aanvoer van organische stof.

Zowel door WUR-CBLB als door LBI wordt een beduidend lager organische-stofgehalte gemeten bij het bedrijfssysteem 'laag-eos'. Overigens komt uit langjarige metingen die zijn uitgevoerd in het project Nutriënten Waterproof, geen duidelijk verschil in organische-stofgehalte tussen beide bedrijfssystemen naar voren. Het organische-stofgehalte van bedrijfssysteem 'bio' komt in de analyse van WUR-CBLB overeen met dat van systeem 'hoger-eos' en is in de analyse van LBI hoger dan dat van systeem 'hoger-eos'.

Bij systeem 'laag-eos' is niet alleen het organische-stofgehalte van de grond lager, ook de Oxitop-meting is lager en hetzelfde geldt voor het koolstof- en stikstofgehalte van de grond.

Tabel 4-7. **Karakterisering van de bodemkwaliteit van de bedrijfssystemen van de onderzoekslocatie Vredepeel (NWP)**
(Aanduiding: 2009 / 2010 / gemiddeld)

Parameter	Hoger eos	Laag eos	Bio
Organische stof CBLB	4,4 / - / -	3,4 / - / -	4,3 / - / -
Organische stof LBI	4,1 / 4,3 / 4,2	2,9 / 4,0 / 3,4	4,8 / 4,9 / 4,9
POM % van o.s.	15 / 13 / 14	17 / 12 / 15	12 / 14 / 13
POM % van grond	0,6 / 0,6 / 0,6	0,5 / 0,5 / 0,5	0,6 / 0,7 / 0,6
C % in o.s.	68 / - / -	70 / - / -	68 / - / -
C/Norg	29 / 22 / 26	32 / 19 / 26	27 / 19 / 23
Oxitopmeting	2,9 / 3,4 / 3,2	1,9 / 3,9 / 2,9	2,7 / 2,9 / 2,8
Chroma's	5,2 / - / -	5,1 / - / -	5,0 / - / -
Schimmel biomassa µg/g	78 / 133 / 106	96 / 130 / 113	114 / 295 / 205
Bacterie biomassa µg/g	1430 / 2074 / 1752	2509 / 2267 / 2388	2428 / 1946 / 2187
Schimmel/bacterie	0,05 / 0,06 / 0,06	0,04 / 0,06 / 0,05	0,05 / 0,15 / 0,10
C-totaal g/kg	31 / 24 / 27	25 / 23 / 24	30 / 26 / 28
HWC mg/kg	598 / 431 / 514	581 / 431 / 506	676 / 499 / 587
DOC mg/kg	31 / 37 / 34	27 / 36 / 31	53 / 49 / 51
N-totaal g/kg	1,1 / 1,1 / 1,1	0,8 / 1,3 / 1,0	1,1 / 1,4 / 1,3
DON mg/kg	1,7 / 2,7 / 2,2	1,0 / 2,9 / 2,0	3,8 / 3,7 / 3,8

4.3 Toetsing analyseresultaten meststoffen aan resultaten veldonderzoek

Van het proefveld MAK zijn voorjaar 2009 en 2010 zes veldobjecten bemonsterd en geanalyseerd. Bij drie van deze objecten is ook de in 2009 toegediende meststof geanalyseerd, te weten: potstalmest, natuurcompost en GFT-compost. In 2009 is ook runderdrijfmest geanalyseerd, maar deze was van een andere herkomst dan de drijfmest die op het proefveld MAK is gebruikt.

Uit de resultaten weergegeven in tabel 4.6 blijkt dat de objecten bemest met potstalmest en natuurcompost de hoogste waarden hebben wat betreft organisch stofgehalte van de grond, HWC en DOC en ook wat betreft N-totaal en DON. Dit zou erop kunnen wijzen dat beide mestsoorten een vergelijkbaar gedrag hebben. Dit blijkt echter op geen enkele manier uit de resultaten van de meststofanalyses weergegeven in paragraaf 4.1.2. Dat we voorzichtig moeten zijn met het trekken van conclusies werd daar ook al aangegeven.

Los van de analyse-uitslagen speelt ook de dosering van de meststoffen nog een rol. Ook dat moet in de beoordeling worden meegenomen. In paragraaf 2.4 is al aangegeven dat een deel van de resultaten in 2006 zeer waarschijnlijk toegeschreven kan worden aan de hoeveelheid organische stof die met de mest is gegeven. In de resultaten van de analyses van 2009 en 2010 is dat niet anders. Niettemin blijven er veel verschillen optreden die niet rechtstreeks gekoppeld kunnen worden aan hoeveelheden toegediende organische stof. Dit wijst dus op verschillen in eigenschappen (kwaliteit) van de toegediende meststoffen.

Van het proefveld NWP zijn voorjaar 2009 en 2010 drie objecten bemonsterd en geanalyseerd. Van het gangbare teeltsysteem verschillen de objecten NWP-H en NWP-L van elkaar in de hoeveelheid organische stof die jaarlijks wordt toegediend. Het bouwplan van beide objecten is wel identiek. Het object NWP-B kent een ander bouwplan en heeft een aanvoer van organische stof die iets hoger is dan die bij NWP-H. Op basis van de bouwplannen en bemestingsstrategieën mag verwacht worden dat het organische-stofgehalte van de objecten NWP-H en NWP-B hoger is dan dat van NWP-L en dat er ook verschillen naar voren komen in de uitslagen van HWC, DOC en DON. Dit blijkt ook het geval te zijn. De meting van het organische stof gehalte door LBI van NWP-B valt onverwacht hoog uit.

5 Conclusies

- In de respiratieproef kwamen tussen de grondsoorten zeer grote verschillen in afbraaksnelheid van de toegediende organische stof naar voren. De afbraaksnelheid van meststoffen toegediend aan grond van het proefveld NWP was veel hoger dan die toegediend aan grond van het proefveld MAK. De rangvolgorde van de meetresultaten van beide series grond kwamen goed met elkaar overeen, maar het afbraakniveau was laag, ook indien er redelijkerwijs rekening wordt gehouden met de niet-gemeten C-verliezen in de eerste twee weken van de respiratietest. Bij het absolute niveau van de afbraak kunnen dus vraagtekens gesteld worden.
- Er kan nog geen duidelijke conclusie getrokken worden hoe de afbraaksnelheid van de organische stof van digestaat en die van de dikke fractie van gescheiden digestaat verschilt van die van drijfmest. In dit onderzoek zijn de verschillen gering.
- Bij alle analysemethoden komen de beide compostsoorten duidelijk naar voren als zijnde meststoffen met de laagste afbraaksnelheid van de organische stof. Dit is volgens verwachting.
- In de Oxitopmeting (chemisch zuurstofgebruik) hebben de beide drijfmestsoorten een opvallend hoog zuurstofverbruik. Dat van het digestaat is aanzienlijk lager en de dikke fractie weer lager. Bij de respiratiemeting (CO₂-productie) komen deze grote verschillen niet naar voren. De Oxitopmeting laat dus grote verschillen zien maar de interpretatie daarvan is nog onduidelijk.
- Met elk van de analysemethoden wordt een bepaald kwaliteitsaspect van de organische stof uit mest bepaald, die echter geen of slechts beperkt voorspellende waarde heeft voor de uitslagen van de andere analysemethoden. Op basis van één analysemethode kan de waarde van de meststof onvoldoende gekarakteriseerd worden.
- Op basis van dit onderzoek is het niet mogelijk om een directe relatie te leggen tussen de eigenschappen van de gebruikte meststoffen en de metingen van parameters die iets zeggen over de bodemkwaliteit. De beoordeling zal altijd afhangen van de vraag welke bodemeigenschap in het minimum verkeert en wat de meest beperkende groeifactor voor het gewas is. Het is een utopie te denken dat met de meting van één parameter een meststof of een bodem beoordeeld kan worden. Iedere meting geeft een antwoord op een detailvraag. Daarbij is het nog niet geheel duidelijk welke detailvraag door welke meting wordt beantwoord.
- Gezien de te verwachten groei van het gebruik van digestaat en deelproducten daarvan blijft de vraag actueel hoe toepassing van deze nieuwe meststoffen zich verhoudt tot de ontwikkeling van de bodemkwaliteit.

Literatuur

- Bankó, L., S. Hoffmann, K. Debreczeni, 2007. Studies on the hot-water-soluble C fraction of the soil in a long-term fertilization experiment. *Agrokemia es Talatjan*, 56 (2), pp. 271-284.
- Bloem, J., T. Schouten, W. Didden, G. Jager op Akkerhuis, H. Keidel, M. Rutgers en T. Breure, 2004. Measuring soil biodiversity experiences, impediments and research needs. In: R. Francaviglia (Ed.). OECD expert meeting on soil erosion and soil biodiversity indicators, Rome, Italy.
- Bokhorst, J.G. en C. ter Berg, 2001. Handboek Mest en Compost. Louis Bolk Instituut, Driebergen.
- Bokhorst, J.G., C. ter Berg, M. Zanen en C. Koopmans (2008). Mest, compost en bodemvruchtbaarheid. 8 jaar proefveld Mest Als Kans. Louis Bolk Instituut, Driebergen, bestelnummer LD10, 26 pp.
- Bonanomi, G., V. Antignani, M. Capodilupo and F. Scala, 2009. Identifying the characteristics of organic soil amendments that suppress soilborne plant diseases. *Soil Biology and Biochemistry*, in press.
- Bosch, H. & P. de Jonge (1989). Handboek voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond 1989. Publikatie nr. 47. PAGV, Lelystad, 252 p.
- Conklin, A.E., M.S. Erich, M. Liebman, D. Lambert, A.R. Galland and W.A. Halteman, 2002. Plant and Soil, 238, pp 245-256.
- Curtin, D., C.E. Wright, M.H Beare and F.M. McCallum, 2006. Hot water-extractable nitrogen as an indicator of soil nitrogen availability. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70 pp 1512-1521.
- Dean, W.E., 1974. Determination of Carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: Comparison with other methods. *Journal of Sedimentary Petrology*, Vol. 44, No 1, p 242-248.
- Dekker, P.H.M., W.C.A. van Geel, W. van den Berg, G.J.H.M. van der Burgt & J.G. Bokhorst, 2010. Duurzaamheid organische stof. Methoden om de kwaliteit van organische meststoffen te meten en beoordeling kwaliteit van organische stof van digestaat. Tussenrapportage 2009. PPO-AGV, Lelystad, 62 pp.
- Dijk T.A. van, L. van Schöll en R. Postma. N-leverendvermogen van de bodem als grondslag voor differentiatie N-gebruiksnormen. NMI rapport 1303.08, mei 2009.
- Dijk, W. van, A.M. van Dam, J.C. van Middelkoop, F.J. de Ruiter en K.B. Zwart, 2005, Advies voor protocol voor het vaststellen van N-werkingscoëfficiënten van organische meststoffen. PPO-Publicatie nr. 349, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Lelystad, 26 pp.
- Fuchs, J.G. Ed., 2003a. Auswirkungen von Kompost und Gärgut auf die Umwelt, Bodenfruchtbarkeit, sowie die Pflanzengesundheit. Organic Eprints, FIBL CH-Frick.
- Fuchs, J.G. Ed., 2003b. Auswirkungen von Kompost und Gärgut auf die Umwelt, Bodenfruchtbarkeit, sowie die Pflanzengesundheit. Bericht zum workshop Charakterisierung der Nutzenaspekte von Komposten und Gärgut. Organic Eprints, FIBL CH-Frick.
- Geel, W.C.A. van, H.A.G. Verstegen & J.J. de Haan, 2011. Opbrengstvergelijking percelen Nutriënten Waterproof en praktijkpercelen. PPO-AGV, Lelystad, 33 pp.
- Ghani, A., M. Dexter and K.W. Perrott, 2003. Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilization, grazing and cultivation. *Soil Biology and Biochemistry* 35, pp. 1231-1243.
- Groeningen, J.W. van, Zwart, K.B., 2007. Koolstof en stikstof mineralisatie van verschillende soorten compost in de bodem. Alterra rapport 1503, ISSN 1566-7197.
- Haan, J. de & W. van Geel (2010). Nutriënten Waterproof. Nitraatnorm op zand verdraagt geen intensieve landbouw. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, 23 p.
- Haan, J. de, W. van Geel, H. Verstegen & B. Kroonen-Backbier (2009). Nutriënten Waterproof. Slotbijeenkomst Vredepeel, 1 september 2009. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, 19 p.
- Haney, R.L., 2008. Estimating soil carbon, nitrogen and phosphorus mineralization from short-term carbon dioxide respiration. *Communications in Soil Science and Plant Analyses*, 39, pp. 2706-2720.
- Haynes, R.J., 2005. Labile Organic Matter Fractions as Central Components of the Quality of Agricultural Soils: An Overview. *Advances in Agronomy* 85, pp. 221-268.

- Janssen, B., 1984. A simple method for calculating decomposition and accumulation of 'young' soil organic matter. *Plant and Soil*. 76, 297-304.
- Janssen, B.H., 2002. *Organic Matter and Soil Fertility*. Colledictaat J 100-225, editie 2002, Landbouwniversiteit Wageningen, 247 p.
- Kehres, B., 1998. *Methodenbuch zur Analyse von Kompost*. Kompost-Information Nr. 222. Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V., Köln.
- Payne, R.W., Harding, S.A., Murray, D.A., Soutar, D.M., Baird, D.B., Glaser, A.I., Channing, I.C., Welham, S.J., Gilmour, A.R., Thompson, R., Webster, R., 2009. *The Guide to GenStat Release 12, Part 2: Statistics*. VSN International, Hemel Hempstead.
- Simon, T., 2008. The influence of log-term organic and mineral fertilization on soil organic matter. *Soil and Water Res.* 3, pp 41-51.
- Sparling, G.P., 1992. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. *Aust. J. Soil res.* 1992, 30, pp 195-207.
- Tejada, M., J.L. Gonzalez, A.M. Garcia-Martinez and J. Parrado, 2008. Application of an green manure and green manure composted with beet vinasse on soil restoration: Effects on soil properties. *Bioresource Technology* 99, pp 4949-4957.
- Veeken, A.H.M., V. de Wilde en S.W. Moolenaar, 2005. Het OxiTop®; meetsysteem ten behoeve van gestandaardiseerde bepaling van de respiratiesnelheid (stabiliteit) en N-mineralisatiesnelheid van organische stof in reststoffen, composten en bodem. *Gewasbescherming*, 36 pp. 53.
- Veeken, A.H.M., V. de Wilde, H.V.M. Hamelers, S.W. Molenaar en R. Postma, 2003. Oxitop measuring system for standardised determination of the respiration rate and N-mineralisation rate of organic matter in waste material, compost and soil. In: www.nmi-agro.nl. Nutrienten management Instituut, Wageningen.
- Velthof G.L. et al.. Indicator voor stikstofmineralisatie in gescheurd grasland; synthese. *Alterra-rapport 1768*, 2008.
- Walkley, A. en I. Black, 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37 (1) pp. 29-38.
- Yang, H.S., 1996. *Modelling organic matter mineralization and exploring options for organic matter management in arable farming in China*. Phd Wageningen University.
- Yang, H.S. & B.H. Janssen, 2000. A mono-component model of carbon mineralization with a dynamic rate constant. *European Journal of Soil Science* 51, pp 571-529.
- Zanen, M., J.G. Bokhorst, C. ter Berg en C.J. Koopmans (2008). Investeren tot in de bodem. Evaluatie van het proefveld Mest Als Kans. Louis Bolk Instituut, Driebergen.
- Zanen, M., J.G. Bokhorst, C. ter Berg en C.J. Koopmans (2008). Investeren tot in de bodem. Evaluatie van het proefveld Mest Als Kans. Louis Bolk Instituut, Driebergen, bestelnummer LD11, 39 pp.
- Zhijian, Mu, A. Huang, S.D. Kimura, T. Jin, S. Wei and R. Hatano. Linking N₂O emission tot soil mineral N as estimated by CO₂ emission and soil C/N ratio. *Soil Biology and Chemistry*, 41, pp. 2593-2597.
- Zibilske, L.M., 1994. Carbon mineralization. In R.W. Weaver, Editor, *Methods in soil analyses. Part 2. Microbiological and biochemical properties*, SSSA Book Ser vol. 5. SSSA, Madison, WI (1994), pp. 835-863.
- Zmora-Nahum, S., O. Markovitch, J. Tarchitzky and Y. Chen., 2005. Dissolved organic carbon (DOC) as a parameter of compost maturity. *Soil Biology and Biochemistry* 37 (11), pp. 2109-2116.
- Zwart, K.B., A.P. Whitmore en J.G. Bokhorst, 1999. *Beheer van organische stof in open biologische, ecologische en geïntegreerde teeltsystemen*. DLO Instituut voor Agrobiologisch en bodemvruchtbaarheidsonderzoek, Rapport 102, Wageningen.

Bijlage 1. Analysemethoden

1. Humificatiecoëfficiënt

De humificatiecoëfficiënt is berekend uit de CO₂-respiratie. De respiratiemetingen zijn uitgevoerd door WUR-CBLB in flessen van ongeveer 0,6 liter inhoud gevuld met 200 gram grond waaraan de meststof is toegediend. De respiratiemeting is uitgevoerd, zowel in een serie met zandgrond van proefveld Nutriënten Waterproof (object NWP-H/L) als in een serie met zavelgrond van het proefveld Mest als Kans van het kunstmestobject (object MAK-K). In beide series is het onderzoek uitgevoerd in enkelvoud (één fles per meststof).

Van de vaste meststoffen is 6,7 gram meststof aan de flessen toegevoegd en van de verpompbare meststoffen 20 gram meststof. Op deze wijze is de respiratiemeting steeds met ongeveer eenzelfde hoeveelheid organische stof per fles uitgevoerd (omgerekend naar koolstof varieerde dit van 0,6 tot 1,3 gram C-totaal per fles). Uitgaande van een bouwvoorgewicht van 4000 ton komt de dosering van 20 gram verpompbare mest per 200 gram grond overeen met een dosering van 400 ton/ha en een dosering van 6,7 gram vaste mestsoort per 200 gram grond overeen met een dosering van 133 ton/ha. Er is bewust een hoge dosering aangehouden om de afbraaksnelheid goed te kunnen vaststellen.

Het onderzoek is uitgevoerd bij 20 °C en bij een constant vochtgehalte van de grond. Per fles is in de serie grond van NWP-H/L 32 ml vocht toegediend per 200 gram droge grond en in de serie met grond MAK-K 33 ml. Het vochtgehalte van de flessen met verpompbare meststoffen is gecorrigeerd op de hoeveelheid vocht die met deze meststoffen meer is gegeven dan bij de vaste mestsoorten, zodat het vochtgehalte van de grond van alle flessen aan elkaar gelijk was (60% van de vloeigrens). Voor de zandgrond van NWP kwam dit overeen met 17 volumeprocent vocht en voor de kleigrond van MAK met 17 volumeprocent vocht en met een pF-waarde van naar schatting 2,3 voor de zandgrond en 3,2 voor de kleigrond. De schatting is gemaakt aan de hand van gemiddelde pF-curven voor humeus zand en lichte zavel die zijn weergegeven in Bosch en de Jonge (1989). De flessen zijn afgesloten met een wattenprop en regelmatig op gewicht gecontroleerd en zo nodig met water aangevuld tot een constant gewicht.

De eerste respiratiemeting is uitgevoerd twee weken na het inzetten van de proef. Een meting direct na inzetten van de proef is minder zinvol, omdat er dan een explosieve bacteriegroei plaatsvindt en de meetwaarden onbetrouwbaar zijn.

In beide series is ook een fles opgenomen waaraan aan de 200 mg grond geen meststof is toegediend en tevens een fles waaraan geen grond en meststof is toegediend en waarvan wel het CO₂-gehalte in de fles is gemeten. Het totaal aantal flessen voor de metingen is 21. Het verschil in CO₂-productie gemeten in de fles met grond met die van de lege fles geeft de CO₂-productie van de betreffende grond weer. Het betreft de CO₂ die vrijkomt uit afgebroken bodem organische stof. Het verschil in CO₂-productie tussen de flessen waaraan meststof aan de grond is toegediend en de fles met grond waaraan geen meststof is toegediend, geeft de CO₂-productie weer van de betreffende meststof.

Meetmomenten

De CO₂-flux is in 2009 gemeten op 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 18 en 22 weken na inzet en in 2010 op 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20 en 24 weken na inzet.

Temperatuurcorrectie

De monsters stonden bij een constante temperatuur van 20 °C. De tijdsperiode is omgerekend naar een standaardtemperatuur van 9 °C volgens de Janssen/Jenkinson-methode (Janssen, 2002). Deze standaardtemperatuur geldt voor de Noordwest-Europese klimaatomstandigheden alsook voor de organische-stofafbraakmodellen van Janssen en Yang (de temperatuurcorrectiefactor is dan 1).

De temperatuurcorrectie (f_{temp}) wordt hierbij als volgt berekend (T = temperatuur in °C):

- $T \leq -1$: $f_{temp} = 0$
- $-1 < T \leq 9$: $f_{temp} = 0,1 (T+1)$
- $9 < T \leq 27$: $f_{temp} = 2^{(T-9)/9}$
- $T > 27$: $f_{temp} = 4$

Één week bij 20 °C komt dan overeen met 2,33 weken bij 9 °C.

Berekening van de C-afbraak

De respiratiesnelheid van de mest is berekend door de gemeten respiratie van het blanco grondmonsters af te trekken van de gemeten respiratie van het met grond vermengde mestmonster. De hoeveelheid gemeten CO₂ in het flesvolume is omgerekend naar mg C per dag.

Vervolgens is de cumulatieve C-productie berekend door lineaire interpolatie tussen elke twee opeenvolgende meettijdstippen. De afbraak in de eerste twee weken na inzet is berekend op basis van de gemeten respiratie op T = 2 weken. Impliciet wordt hiermee aangenomen dat de gemiddelde CO₂-flux in deze twee weken gelijk is aan de meting op T= 2 weken. Uit eerder respiratieonderzoek is bekend dat er kort na inzet een explosieve microbiële activiteit plaatsvindt en er ergens in de eerste twee weken een hoge piek in CO₂-productie optreedt. Vervolgens neemt de CO₂-productie weer snel af en na twee weken ontwikkelt het CO₂-productiepatroon zich redelijk stabiel. Om de C-productie in de eerste twee weken te bepalen zou er intensief moeten worden gemeten (bijvoorbeeld dagelijks) en dat is zeer kostbaar. Dit is daarom niet uitgevoerd.

Door de cumulatieve C-productie af te trekken van de hoeveelheid ingezette C is berekend hoeveel C er nog over bleef na verloop van tijd. Deze resthoeveelheid is uitgedrukt als fractie van de ingezette hoeveelheid. In het rapport van 2009 zijn meer verschillende mogelijkheden om de C-afbraak te modelleren met elkaar vergeleken (Dekker et al, 2010). Op basis hiervan is gekozen voor de hierboven beschreven aanpak.

Van Dijk et al. (2005) stelden een advies op voor de bepalingmethode van de humificatiecoëfficiënt van een meststof. De humificatiecoëfficiënt van een meststof wordt berekend uit de afbraaksnelheid van de organische stof in deze meststof tijdens incubatie van de meststof gemengd met vochtige grond, gedurende 12 weken. De afbraaksnelheid wordt afgeleid uit de CO₂-productie tijdens de incubatie. Hieronder staat het principe beschreven.

De grond wordt op een vochtgehalte gebracht dat 60% is van het vochtgehalte van de vloiegrens. De meststof wordt gemengd met de grond in een verhouding die overeenkomt met de meststof/grondverhouding bij een normale mestgift gemengd door de bouwvoor. Het mengsel van meststof en grond wordt in een container (b.v. Erlenmeijer-kolf) gebracht zodat er gasuitwisseling plaatsvindt, maar niet of nauwelijks vocht verloren gaat. Deze container wordt gedurende 12 weken bewaard bij 20°C. Er wordt ook een container met alleen vochtige grond geïncubeerd om onderscheid te maken tussen C vrijgekomen uit de meststof en uit de grond.

C-totaal (C₀) wordt in de meststof gemeten. De CO₂-productie gedurende een dag wordt op een aantal tijdstippen (bijv. na 2, 5, 8 en 12 weken) tijdens de incubatie gemeten. Door integratie over de hele incubatieperiode (t, in jaar) wordt berekend hoeveel C uit de organische stof is vrijgekomen tijdens de incubatie (C_t). Met C_t en C₀ kan vervolgens de humificatiecoëfficiënt (h) berekend worden, waarbij volgens Janssen (1994) gecorrigeerd wordt voor het temperatuurverschil tussen de proef (20°C) en de gemiddelde jaartemperatuur (9°C).

2. Regressie-analyse

De afbraak is beschreven met de modellen van Janssen (Janssen, 1984), Yang (Yang & Janssen, 2000), een exponentieel model, een dubbel exponentieel model en een exponentieel-lineair model. Hiervoor is het statistisch softwarepakket Genstat gebruikt.

Gemiddeld over alle monsters (2009 en 2010, klei en zand) gaf het dubbel exponentieel model de beste fit, hoewel het exponentieel-lineair model nagenoeg even goed presteerde. Vervolgens gaf het exponentieel model de beste fit en daarna het model van Yang. Het model van Janssen gaf de slechtste fit. De fit is beoordeeld op basis van het percentage verklaarde variantie (R²) en het zogenoemde Akaike's information criterion (Aic).

3. Analysemethode DOC

2 gram droge stof wordt 60 minuten in 100 ml 0,01 M CaCl₂ geschud. Geëxtraheerd wordt bij 20°C. Alleen de makkelijk oplosbare koolstof lost op.

4. Analysemethode DON

2 gram droge stof wordt 60 minuten in 100 ml 0,01 M CaCl₂ geschud. Totaal en mineraal stikstof wordt bepaald in de oplossing. Totaal minus mineraal stikstof wordt DON genoemd.

5. Oxitop

De Oxitop-methode voor gebruik bij compost is beschreven in Veeken et al., 2003. De methode waarbij in afgesloten vaten de koolzuur opgevangen in loog gevolgd door een titratie is beschreven in Zibilske, 1994.

5. Analysemethode bacteriële- en schimmelbiomassa

De bacteriële biomassa wordt berekend uit metingen aan de aantallen en afmetingen van bacteriecellen onder de microscoop. De eenheid is $\mu\text{g C}$ per gram droge grond.

De schimmelbiomassa wordt berekend op basis van metingen aan de lengte van hyfen met de microscoop. De eenheid is $\mu\text{g C}$ per gram droge grond.

De eerste metingen zijn uitgevoerd met een interval van twee weken en vervolgens met een interval van vier weken. De tijdsduur van de meting was bij de eerste meting 2 uur, latere metingen 4 uur en bij de laatste metingen 6 uur.

5. Kwaliteitsbepaling organische stof met de NIRS

Door prof. Lechner (University of Natural Resources and Applied Life Sciences in Wenen, Oostenrijk) is een test ontwikkeld om de kwaliteit van organische stof in meststoffen te meten met de NIRS (near infrared spectroscopy). Hierover is contact geweest met mw. Dr. Schmidt van dit instituut. Met de NIRS wordt op een indirecte manier het gehalte aan huminezuur gemeten. Het is ontwikkeld en geijkt om het huminzuurgehalte van GFT-compost te meten. Het is niet geschikt voor andere meststoffen, bovendien kon de chemische analyse van huminezuur in compost niet bij Nederlandse laboratoria uitgevoerd worden. Ook was de apparatuur in Wenen in 2009 niet operationeel. Deze analysetechniek kon daardoor niet in het onderzoek worden betrokken.

Bijlage 2. Analyseresultaten mest en grond

Analyseresultaten mest

In tabel B2.1 zijn de resultaten weergegeven van de door Blgg uitgevoerde analyses. Bepaald zijn het droge-stofgehalte van de meststof, het organische-stofgehalte van de droge stof en het zuurstofgebruik in de Oxitop-meting.

Potstalmest, natuurcompost, GFT-compost en de dikke fracties van gescheiden digestaat zijn vaste mestsoorten en drijfmest en digestaat zijn verpompbare mestsoorten. Het droge-stofgehalte van de varkensdrijfmest (V) is opvallend hoog voor deze mestsoort. Uitgedrukt per kg organische stof hebben de runder- en varkensdrijfmest verreweg het hoogste zuurstofgebruik. Ook het digestaat van co-vergiste varkensdrijfmest heeft een relatief hoog zuurstofgebruik. De natuurcompost heeft een zeer laag zuurstofgebruik.

Tabel B2-1. Resultaten Blgg-analyses (aanduiding: 2009 / 2010)

Code	Mestsoort	Droge stof g/kg	Organische stof % in droge stof	Organische stof g/kg product	mmol O ₂ kg o.s./uur
P	Potstalmest	313 / 257	69,2 / 74,0	217 / 190	47 / 30
NC	Natuurcompost	566 / 579	25,9 / 27,9	147 / 162	3 / 6
GC	GFT-compost	626 / 807	39,6 / 29,8	248 / 240	13 / 16
RD	Rundveedrijfmest digestaat	132 / 61	67,9 / 97,4	90 / 59	40 / 24
R	Rundveedrijfmest	93 / 106	74,1 / 96,6	69 / 102	1304 / 217
RDV	Rundveedrijfmest digestaat dikke fractie	278 / 233	77,0 / 82,2	214 / 192	11 / 16
VD	Varkensdrijfmest digestaat	162 / 87	48,8 / 97,6	79 / 85	333 / 32
V	Varkensdrijfmest	140 / 104	78,7 / 97,2	110 / 101	1052 / 57
VDD	Varkensdrijfmest digestaat dikke fractie	314 / 227	54,8 / 59,6	172 / 135	40 / 34

P	Potstalmest
NC	Natuurcompost
GC	GFT-compost
RD	Rundveedrijfmest digestaat
R	Rundveedrijfmest
RDV	Rundveedrijfmest digestaat dikke fractie
VD	Varkensdrijfmest digestaat
V	Varkensdrijfmest
VDD	Varkensdrijfmest digestaat dikke fractie

In tabel B2-2 zijn de resultaten van de chemische analyses van het lab van WUR-CBLB weergegeven. De codering van de meststoffen komt overeen met die in tabel B2-1. De analyses zijn uitgevoerd in de droge stof, waarbij de beide compostobjecten gedroogd zijn bij 40 °C en de overige meststofobjecten bij 70 °C. Om de meststoffen ook onderling te kunnen vergelijken, is in tabel B2-2 ook het drogestofgehalte bij gelijke droogtemperatuur weergegeven (105 °C). De DON (dissolved organic nitrogen) is berekend door de totale opgeloste hoeveelheid N (N-total soluble) te verminderen met de hoeveelheid N-NH₄ + N-NO₃ in de meststof. Het gehalte aan N-NO₃ was overigens verwaarloosbaar klein.

Tabel B2-2. Resultaten analyses CBLB van de meststofmonsters (aanduiding: 2009 / 2010)

Code	Drogestofgehalte (%)			Stikstof (gram N/kg d.s.)			
	105°C	70°C	40°C	N-totaal	N-mineraal	N-org	DON
P	33,4 / 25,3	36,0 / 23,6		22,0 / 25,5	2,7 / 1,5	19,3 / 24,0	1,59 / 1,21
NC	58,6 / 58,9		60,1 / 61,4	8,3 / 7,8	0,1 / <0,1	8,2 / 7,8	0,09 / 0,12
GC	67,0 / 77,6		69,5 / 77,7	12,7 / 8,1	0,2 / 0,2	12,5 / 7,9	0,38 / 0,32
RD	13,1 / 8,6	14,6 / 9,6		36,0 / 49,7	13,0 / 17,2	23,0 / 32,5	2,85 / 2,39
R	9,7 / 11,0	10,9 / 11,7		37,2 / 36,5	16,4 / 10,5	20,8 / 26,1	2,26 / 3,40
RDV	28,5 / 23,1	31,6 / 23,8		20,0 / 24,3	6,3 / 3,9	13,7 / 20,4	2,47 / 0,97
VD	17,1 / 9,1	18,6 / 7,7		42,8 / 40,5	24,1 / 15,5	18,7 / 25,0	2,84 / 2,09
V	14,4 / 10,7	17,3 / 11,5		52,2 / 43,5	32,8 / 20,0	19,4 / 23,5	3,48 / 2,40
VDD	30,8 / 22,6	32,9 / 23,6		23,2 / 18,7	10,9 / 5,8	12,3 / 12,9	1,04 / 1,42

Code	Koolstof (gram C/kg d.s.)		
	C-totaal	HWC	DOC
P	369 / 399	69 / 46	33 / 12
NC	152 / 122	4 / 3	1 / 2
GC	206 / 126	15 / 7	5 / 3
RD	403 / 385	35 / 24	22 / 27
R	420 / 360	32 / 19	31 / 53
RDV	431 / 425	29 / 15	45 / 9
VD	269 / 315	34 / 26	33 / 24
V	386 / 389	27 / 21	27 / 30
VDD	297 / 307	47 / 22	15 / 8

Analyseresultaten grond

Van het MAK-proefveld zijn grondmonsters genomen van 6 objecten. Tevens zijn monsters genomen van het NWP-proefveld. Omdat bij de respiratiemeting gebruik is gemaakt van een 50/50-mengsel van twee van de objecten uit Vredepeel is ook in de analyses dit gemengde grondmonster meegenomen. De grondmonsters zijn zorgvuldig gesplitst in een aantal identieke submonsters.

Deze submonsters zijn geanalyseerd door WUR-CBLB (tabel B2-3), Blgg (tabellen B2-4 en B2-5), LBI (tabel B2-6) en Hortinova (tabel B2-7). In tabel B2-8 worden de analyse-uitslagen van het organische stofgehalte van de grond van WUR-CBLB, Blgg en LBI met elkaar vergeleken.

Tabel B2-3. Analyse-uitslagen grondmonsters WUR-CBLB 2009 en 2010 (aanduiding: 2009 / 2010)

Grond	Stikstof			Org. stof % gloeiverlies	Koolstof		
	N-totaal g/kg	Nmin mg/kg	DON mg/kg		C-totaal g/kg	HWC mg/kg	DOC mg/kg
MAK-P	0,90 / 1,10	13,2 / -	2,8 / 3,7	2,70 / -	14,9 / 13,0	314 / 143	50,5 / 43,1
MAK-K	0,78 / 0,87	10,6 / -	2,4 / 3,3	2,51 / -	12,9 / 10,2	240 / 88	37,2 / 34,7
MAK-GRC	0,86 / 0,92	9,6 / -	2,4 / 3,0	2,46 / -	13,7 / 11,4	240 / 37	35,3 / 34,4
MAK-GC	0,83 / 0,94	10,6 / -	2,4 / 2,7	2,47 / -	14,6 / 12,0	250 / 112	35,1 / 34,0
MAK-R	0,80 / 0,98	10,5 / -	2,5 / 3,4	2,44 / -	17,6 / 11,4	269 / 118	36,1 / 36,1
MAK-NC	0,91 / 1,07	11,1 / -	2,9 / 3,6	2,80 / -	15,5 / 13,0	293 / 144	40,3 / 41,7
NWP-H	1,06 / 1,08	14,3 / -	1,7 / 2,7	4,51 / -	30,5 / 23,5	598 / 431	31,3 / 36,9
NWP-L	0,78 / 1,26	12,0 / -	1,0 / 2,9	3,52 / -	24,8 / 23,3	581 / 431	26,7 / 35,6
NWP-B	1,12 / 1,39	12,2 / -	3,8 / 3,7	4,40 / -	29,7 / 26,2	676 / 499	52,5 / 48,5

Het C-gehalte van de objecten van MAK was gemiddeld 58% en dat van de monsters van NWP 68%. Het C-gehalte in de organische stof van het proefveld NWP is opvallend hoog.

Tabel B2-4. Analyse-uitslagen grondmonsters Blgg: org.-stofgehalte en zuurstofgebruik (Oxitop-meting) 2009 en 2010 (aanduiding: 2009 / 2010)

Grond	Object	Organische stof % in droge grond bepaald met Leco	mmol O ₂ /kg organische stof/uur
MAK-P	MAK Potstalmest	2,3 / 2,7	3,8 / 3,3
MAK-K	MAK kunstmest	2,1 / 2,4	5,5 / 2,5
MAK-GRC	MAK Groencompost	2,1 / 2,5	2,5 / 3,3
MAK-GC	MAK GFT-compost	2,4 / 2,7	2,4 / 3,2
MAK-R	MAK Runderdrijfmest	2,0 / 2,5	2,8 / 4,0
MAK-NC	MAK VAM Natuurcompost	2,6 / 2,7	3,3 / 3,4
NWP-H	VP GG-H	3,1 / 3,1	2,9 / 3,4
NWP-L	VP GG-L	3,1 / 2,8	1,9 / 3,9
NWP-B	VP BIO	3,2 / 3,5	2,7 / 2,9

Tabel B2-5. Analyse-uitslagen grondmonsters Blgg: schimmels en bacteriën 2009 en 2010 (aanduiding: 2009 / 2010)

Grond	Object	Totale bacteriële biomassa microg/g	Totale schimmel biomassa microg/g	Hyfediameter microm	Totale schimmel- t.o.v. totale bacteriëlebiomassa
MAK-P	MAK Potstalmest	758 / 594	199 / 199	2,2 / 2,1	0,26 / 0,33
MAK-K	MAK kunstmest	542 / 756	127 / 228	2,3 / 2,0	0,23 / 0,30
MAK-GRC	MAK Groencompost	414 / 780	147 / 205	2,35 / 2,0	0,35 / 0,26
MAK-GC	MAK GFT-compost	325 / 1225	158 / 127	2,35 / 1,8	0,49 / 0,10
MAK-R	MAK RDM	416 / 894	239 / 289	2,3 / 2,0	0,57 / 0,32
MAK-NC	MAK VAM Natuurcompost	343 / 1061	154 / 206	2,3 / 2,2	0,45 / 0,19
NWP-H	NWP GG-H	1430 / 2074	78 / 133	2,4 / 1,9	0,05 / 0,06
NWP-L	NWP GG-L	2509 / 2267	96 / 130	2,3 / 2,0	0,04 / 0,06
NWP-B	NWP BIO	2428 / 1946	114 / 295	2,4 / 2,1	0,05 / 0,15
	streefwaarden	175-300	175-300		0,8 - 1,2

Tabel B2-6. Analyse-uitslagen bodemmonsters LBI. Bepaling organisch stofpercentage en POM-waarde van de organische stof (fractie 53-2000µm) 2009 en 2010 (aanduiding: 2009 / 2010)

Grond	Organische stof %	% 53-2000µm van totaal o.s.
MAK-P	1,8 / 2,8	23 / 21
MAK-K	1,7 / 2,7	20 / 20
MAK-GRC	1,7 / 2,5	24 / 21
MAK-GC	1,9 / 2,8	25 / 19
MAK-R	1,8 / 2,7	26 / 20
MAK-NC	2,2 / 2,9	29 / 22
NWP-H	4,1 / 4,3	15 / 13
NWP-L	2,9 / 4,0	17 / 112
NWP-B	4,8 / 4,9	12 / 14

Tabel B2-7. Analyse-uitslagen grondmonsters Hortinova (2009)

Rapportcijfers per beoordelingscriterium (1 = slecht, 10 is uitmuntend)

Grond	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Som A t/m I
MAK-P	1	1	3	3	0	3	1	1	5	18
MAK-K	1	1	1	1	0	1	1	1	5	12
MAK-GRC	1	1	3	3	0	3	1	1	5	18
MAK-GC	1	1	1	1	0	1	1	1	5	12
MAK-R	1	1	1	1	0	1	1	1	5	12
MAK-NC	1	1	3	3	6	3	1	1	5	24
NWP-H	7	7	6	6	4	3	2	6	6	47
NWP-L	7	7	5	6	4	3	2	6	6	46
NWP-B	7	5	6	6	4	3	2	6	6	45

Betekenis van de kolommen:

- A Kleur centrale zone, witte kleur is goede bodemgesteldheid.
- B Grootte centrale zone, te klein of te grote centrale zone wijst op slechte bodemgesteldheid.
- C Doorluchting binnenste zone, radiaallijnen wijzen op goede doorluchting en goed vasthoudendvermogen.
- D Tandem middelste zone, de tanden dienen spits en gelijk verdeeld te zijn voor een goed bodemleven.
- E Leeftijd organische stof buitenste zone, verse of verbrande organische stof uit zich in donkere rand.
- F Humuswolkjes buitenste zone, aanwezigheid wijst op goede humustoestand.
- G Kleur buitenste zone, geeft beeld van humustoestand.
- H Onderlinge verhouding zones, geeft aan of de bodem in balans is.
- I Overgang tussen de zones, bij een bodem die in balans is, lopen de zones vloeiend in elkaar over.

De beoordeling van de chroma's is ter oriëntatie meegenomen in het onderzoek. De beoordeling is bij de NWP monsters aanzienlijk gunstiger dan bij de MAK monsters. Dit is strijdig met de resultaten van de meeste overige analyses zoals die in tabel 4.5. zijn weergegeven. Hier is de organische stofkwaliteit van de MAK monsters steeds gunstiger. Wat betreft de reden hiervan valt aan het volgende te denken:

- a. Bij het maken van de chroma's is van eenzelfde hoeveelheid grond uitgegaan en niet van eenzelfde hoeveelheid organische stof. De beelden worden sterk bepaald door de hoeveelheid organische stof en de beoordeling wordt ongunstiger wanneer minder organische stof wordt genomen.
- b. De grond van NWP is een Peel-ontginnings grond met een hoog gehalte aan koolstof (68%) in de organische stof. De oude organische stof (turffresten) die dit veroorzaakt, heeft ongunstige eigenschappen. Deze bindt zich slecht aan minerale delen wat de grond gevoelig maakt voor structuurbederf en de grond ook stuifgevoelig maakt.

De chromamethode is een perspectievolle methode, maar staat nog in de kinderschoenen. Een zinvolle toepassing vergt nog veel fundamenteel werk. Vanwege de concentratiegevoeligheid is werken met verschillende schudverhoudingen grond/extractievloeistof nodig; vanwege de dominerende invloed van zeer oude organische stof moeten per bodemtype verschillende 'ijkreeksen' beschikbaar zijn en dat is nu nog niet het geval.

Vergelijking analyseresultaten organische-stofgehalte 2009

Het organische-stofgehalte in de grondmonsters is in 2009 door drie laboratoria bepaald. De gebruikte analysemethode verschilt echter. De resultaten zijn weergegeven in tabel B2-8.

Door BLGG AgroXpertus is het organische-stofgehalte van de grondmonsters met de Leco bepaald. Er is tevens geëxperimenteerd om met de Leco informatie te verkrijgen over de samenstelling van de organische stof. Met de Leco wordt bij oplopende temperatuur continu de vrijkomende CO₂ bepaald. De analyse-uitslag betreft dus niet de uitslag van de standaard bepaling die door BLGG wordt uitgevoerd en de gebruikte methode wijkt ook af van die van de bepaling door CBLB en LBI.

De weergave in dit rapport van het gewichtsverlies uitgezet tegen de oplopende temperatuur heeft nog geen waarde, omdat het onderzoek nog in een experimentele fase verkeert en de resultaten nog niet bruikbaar zijn.

Tabel B2-8. Vergelijking bepaling organische-stofgehalte door drie laboratoria. Tussen haakjes de gebruikte methodiek (aanduiding: 2009 / 2010)

Grond	BLGG AgroXpertus (Leco)	LBI (gloeiverlies + correctie)	CBLB (gloeiverlies + correctie)
MAK-P	2,3 / 2,7	1,8 / 2,8	2,1 / -
MAK-K	2,1 / 2,4	1,7 / 2,7	1,9 / -
MAK-GRC	2,1 / 2,5	1,7 / 2,5	1,9 / -
MAK-GC	2,4 / 2,7	1,9 / 2,8	1,9 / -
MAK-R	2,0 / 2,5	1,8 / 2,7	1,8 / -
MAK-NC	2,6 / 2,7	2,2 / 2,9	2,2 / -
NWP-H	3,1 / 3,1	4,1 / 4,3	4,4 / -
NWP-L	3,1 / 2,8	2,9 / 4,0	3,4 / -
NWP-B	3,2 / 3,5	4,8 / 4,9	4,3 / -

De waarden van LBI en CBLB (gloeiverlies + correctie) zijn een gecorrigeerde berekening van de gloeiverliesbepaling. De correctie bedraagt $-0,07 \cdot \text{lutum\%}$. Voor het proefveld MAK is 9% lutum aangehouden, voor het proefveld NWP 2% lutum. De resultaten van de drie analyses zouden onderling vergelijkbare waarden op moeten leveren. Voor LBI en CBLB met de gloeiverliesmethode gecorrigeerd voor lutumgehalte is dat in 2009 grotendeels het geval. Het CBLB heeft in 2010 geen gloeiverlies bepaald. Voor BLGG AgroXpertus met de Leco is dat niet het geval (maar is correctie op lutumgehalte ook niet nodig).

Bijlage 3. Modelmatige beschrijving van de respiratie

In deze bijlage is het afbraakpatroon en de gefitte curve per monster met het dubbel exponentieel model en het afbraakmodel van Yang weergegeven. Langs de x-as van de figuren staat de tijd uitgedrukt in jaren na inzet bij 9 °C en langs de y-as de overgebleven fractie C. De titel boven elke grafiek betreft de code voor het monster:

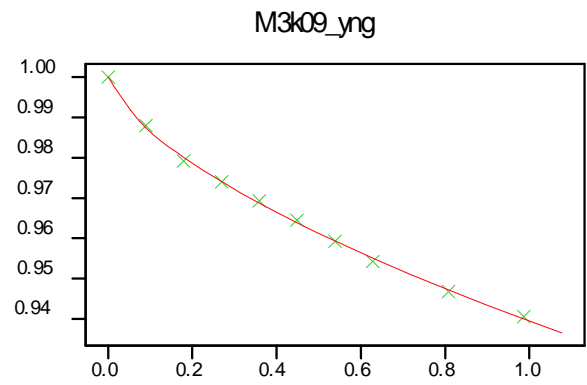
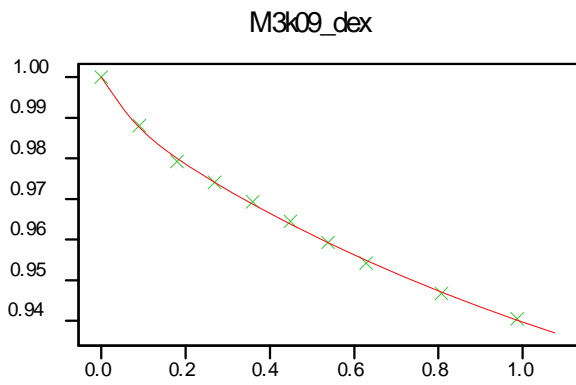
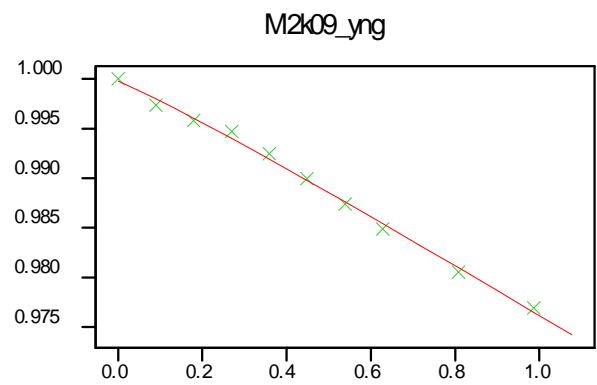
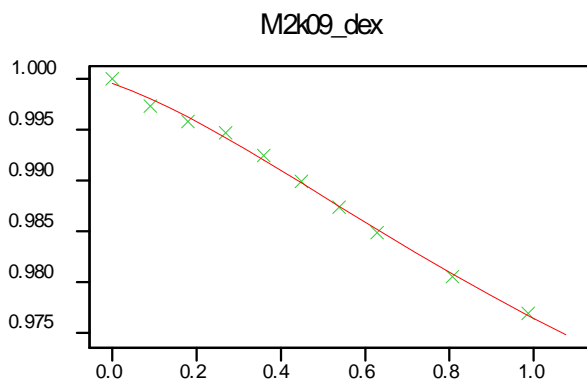
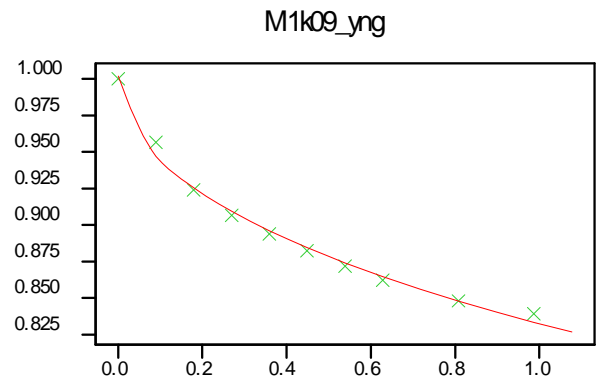
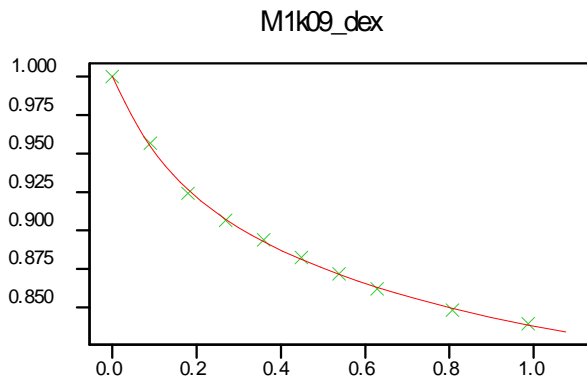
M1 = Potstalmest
M2 = Natuurcompost
M3 = GFT-compost
M4 = Rundvee digestaat
M5 = Rundveedrijfmest
M6 = Rundvee digestaat dikke fractie
M7 = Varkensmest digestaat
M8 = Varkensdrijfmest
M9 = Varkensdrijfmest digestaat dikke fractie

k = in klei
z = in zand

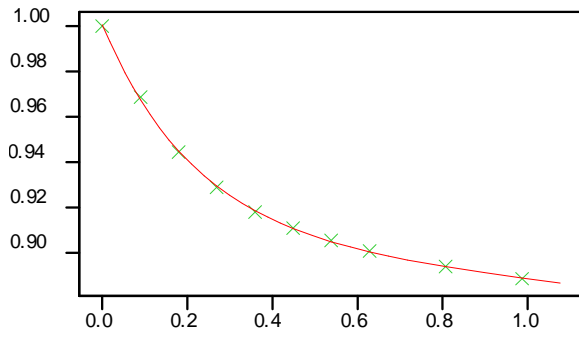
09 = respiratie-experiment 2009
10 = respiratie-experiment 2009

dex = dubbel exponentieel model
yng = afbraakmodel van Yang

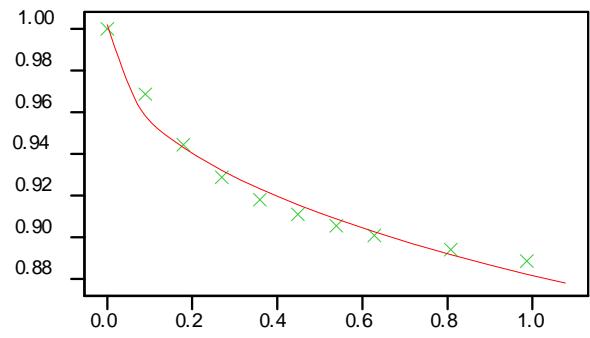
De groene kruisjes in de grafieken geven de berekende restfractie C aan zoals berekend uit de respirometingen en de rode lijn de gefitte afbraakcurve.



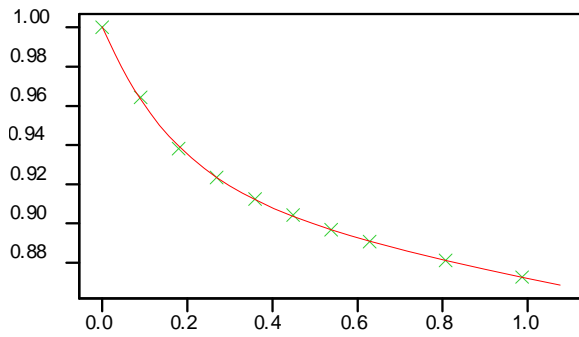
M4k09_dex



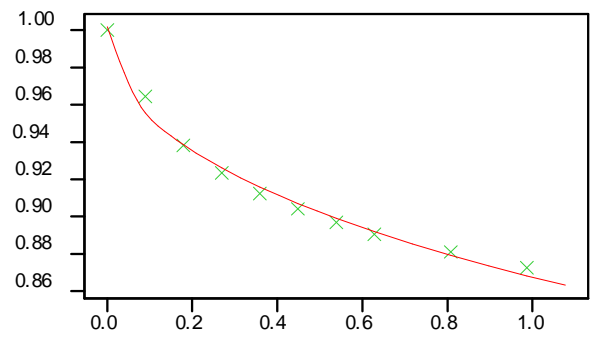
M4k09_yng



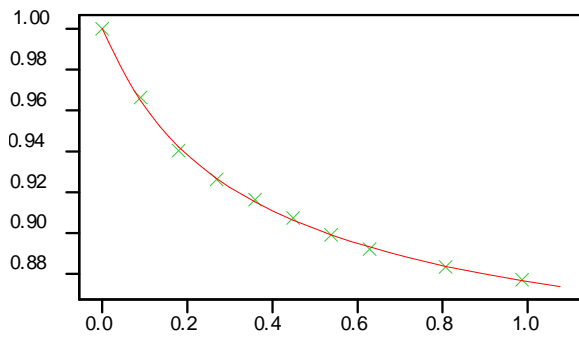
M5k09_dex



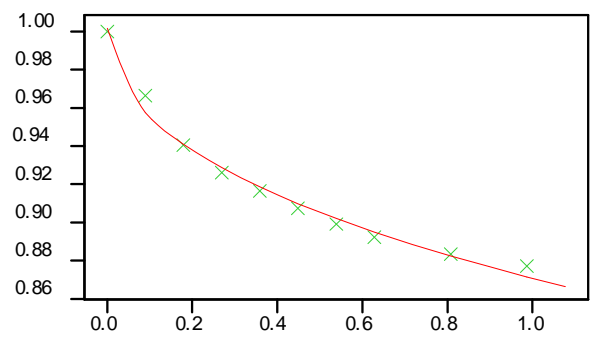
M5k09_yng

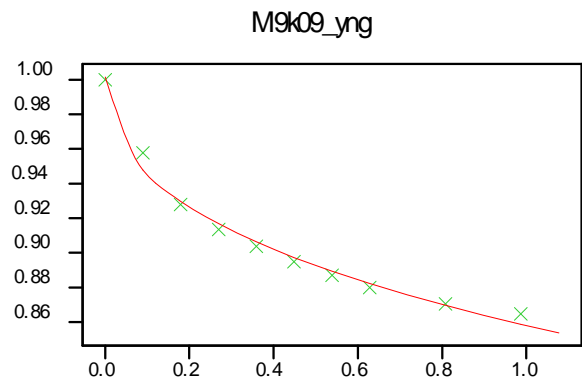
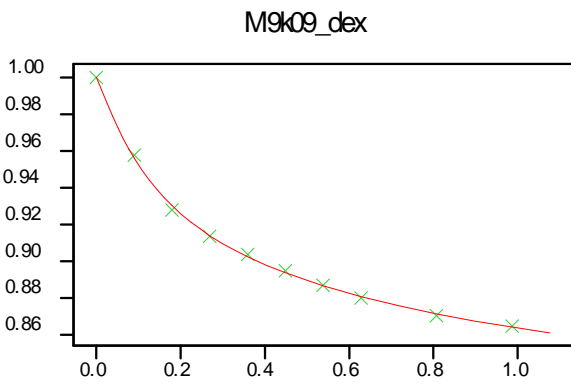
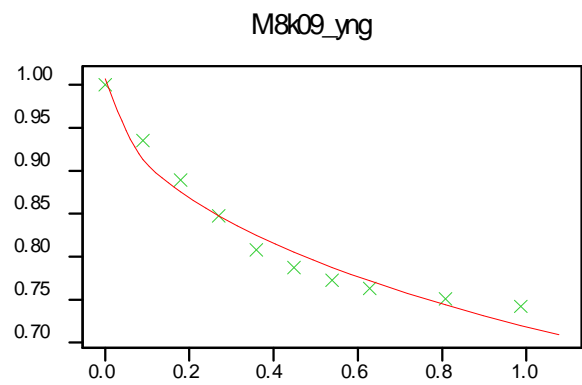
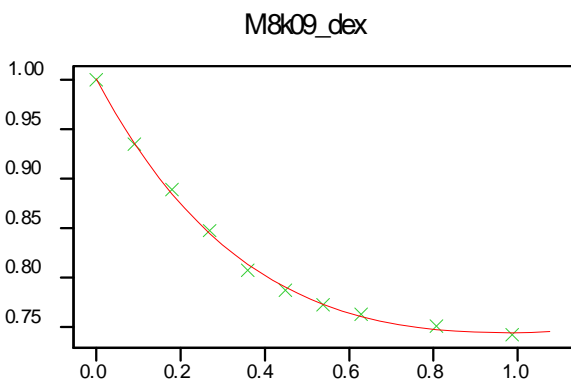
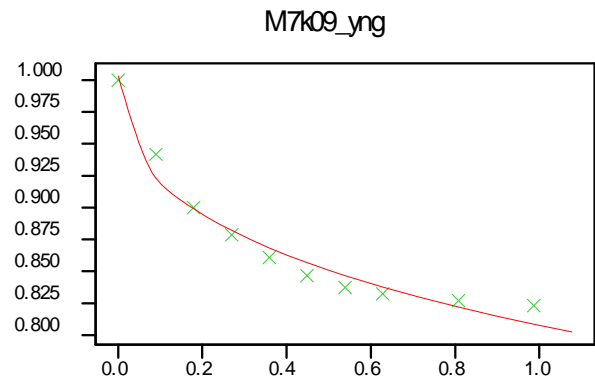
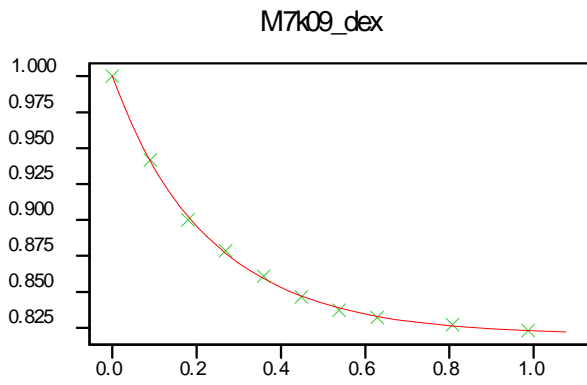


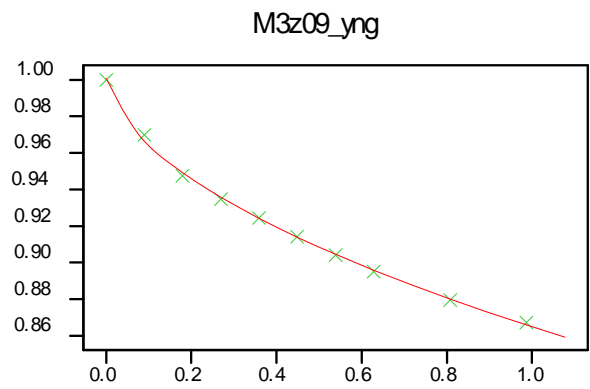
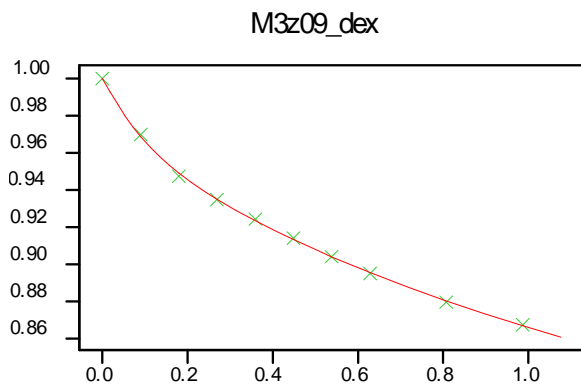
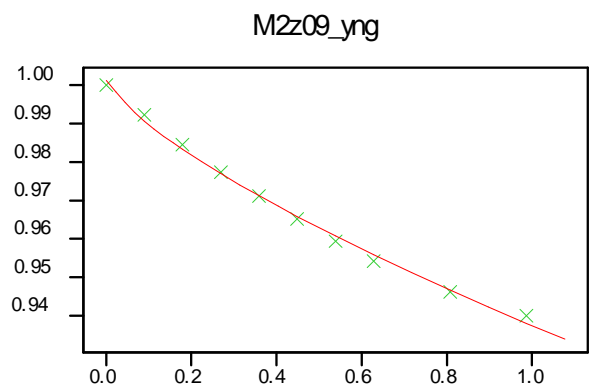
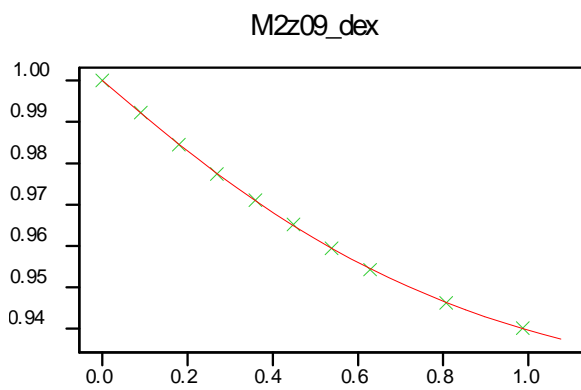
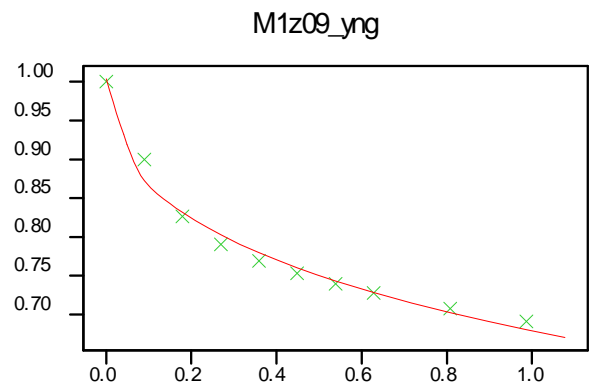
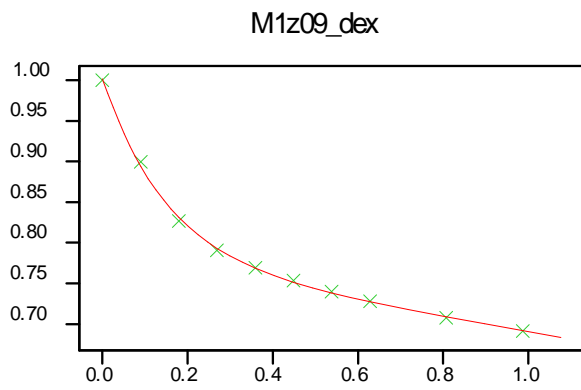
M6k09_dex

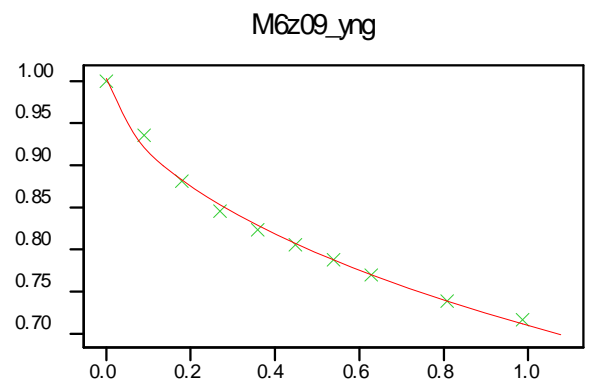
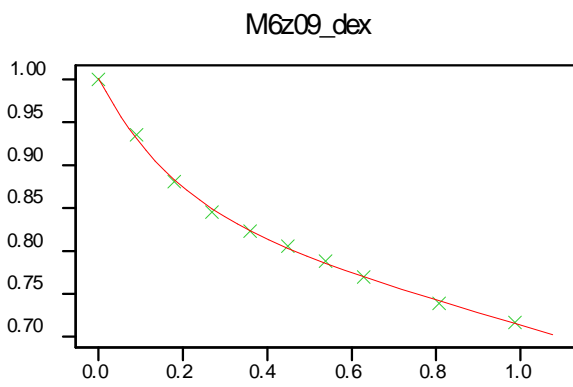
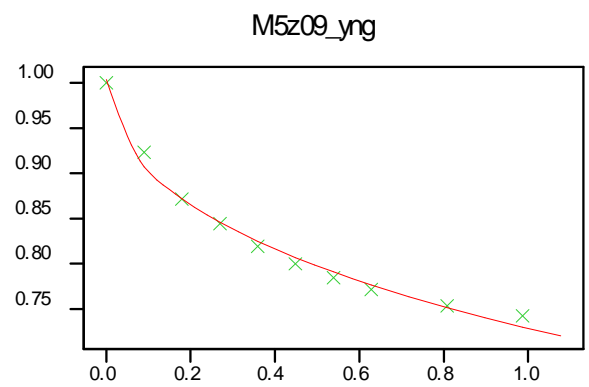
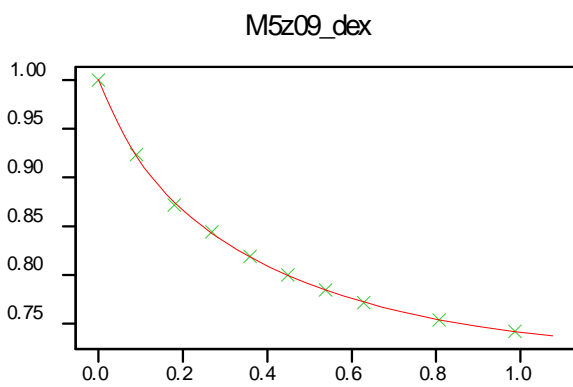
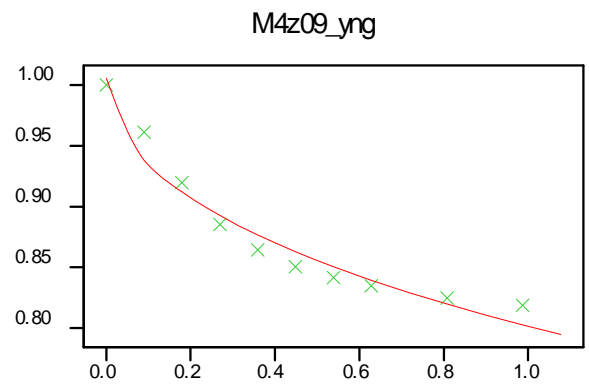
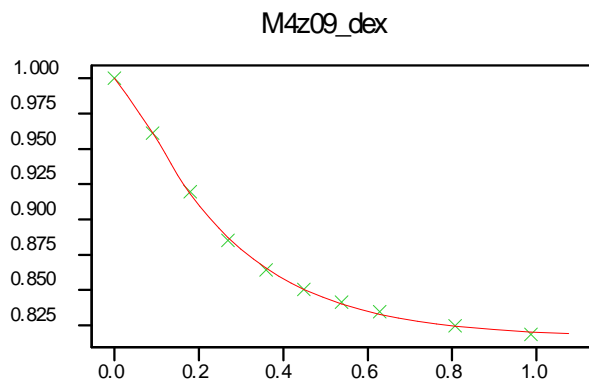


M6k09_yng

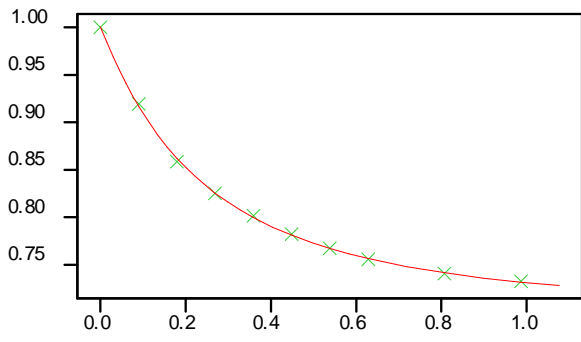




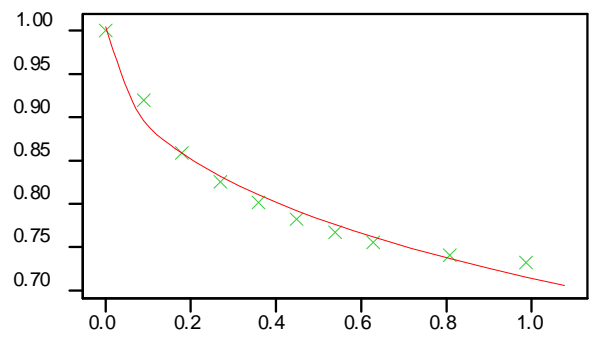




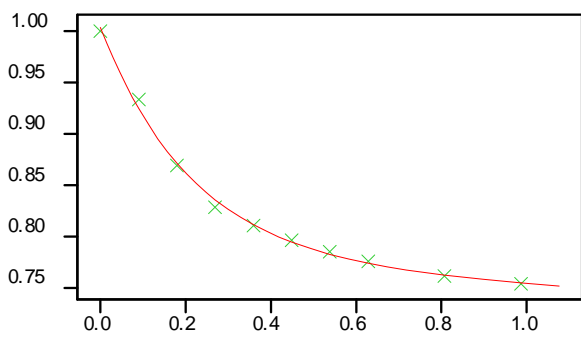
M7z09_dex



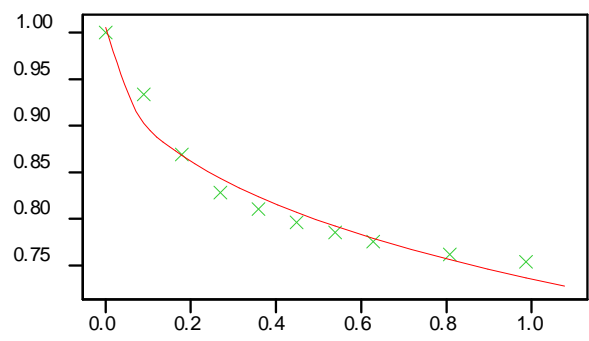
M7z09_yng



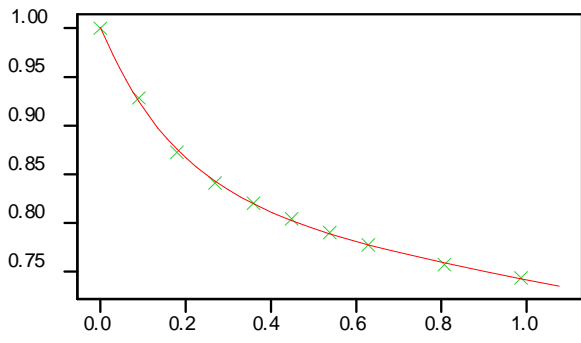
M8z09_dex



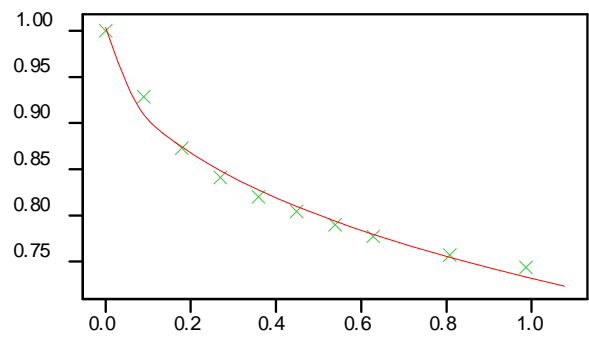
M8z09_yng

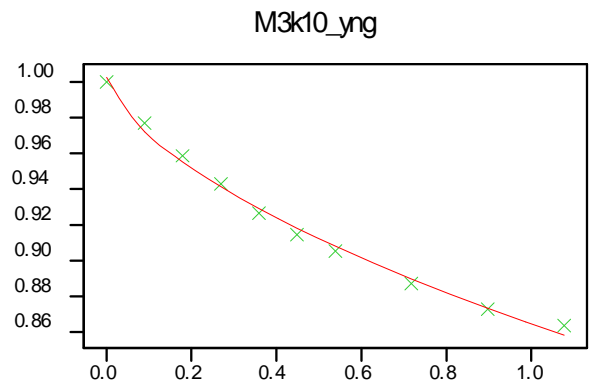
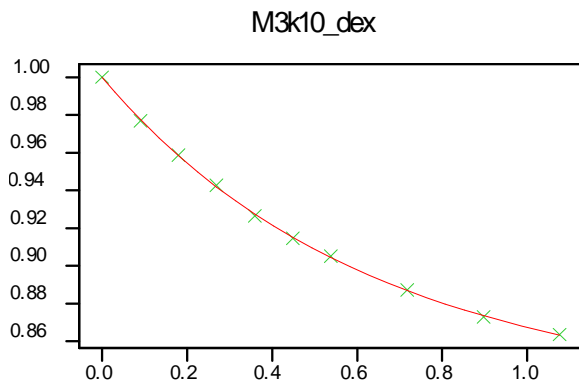
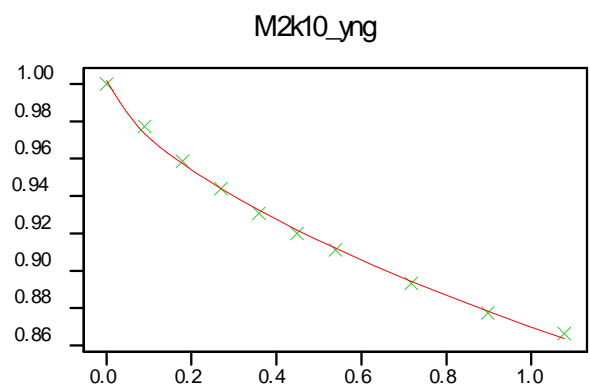
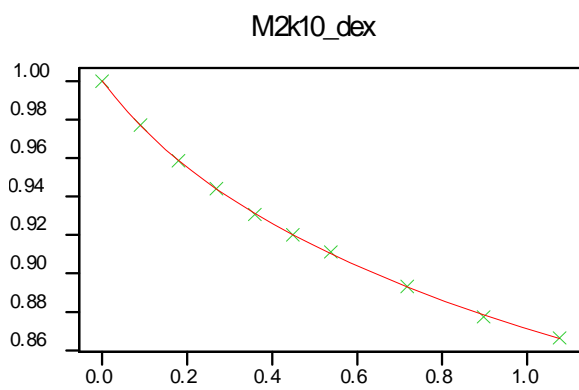
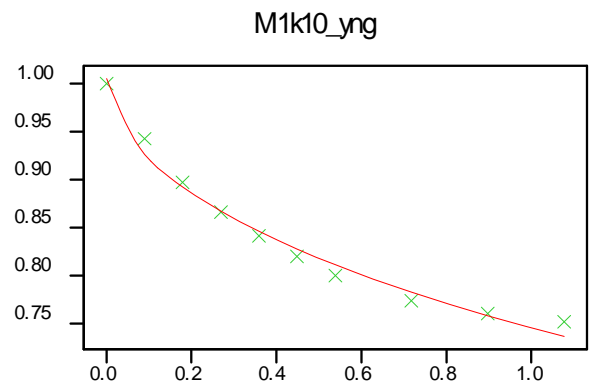
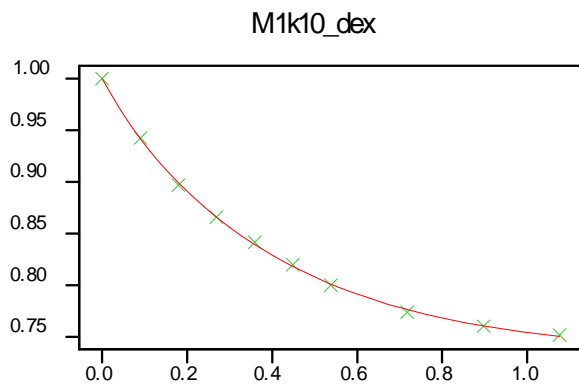


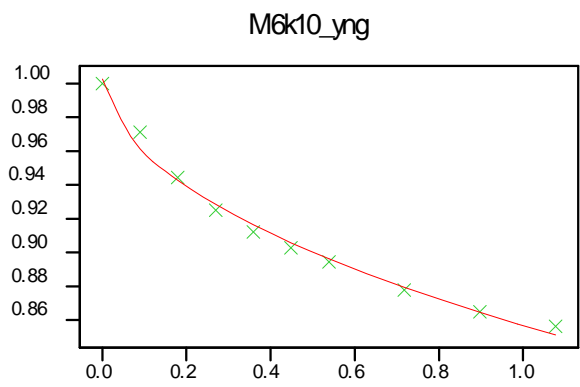
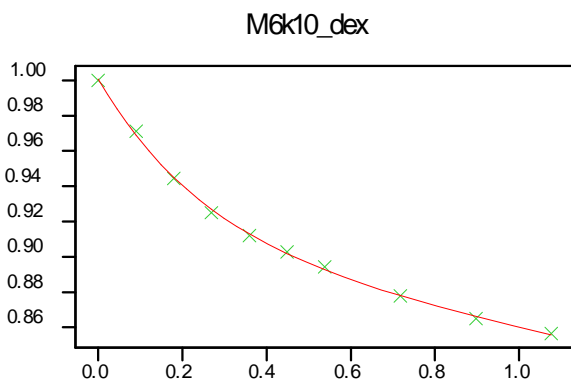
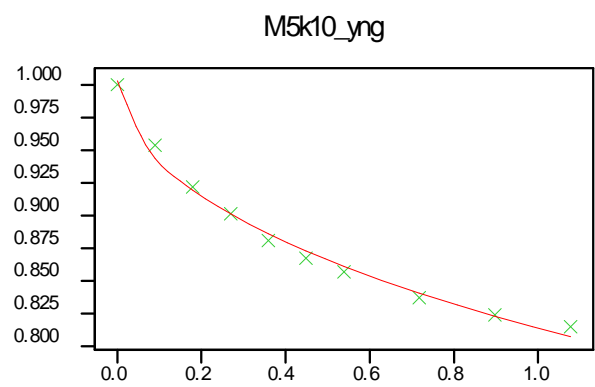
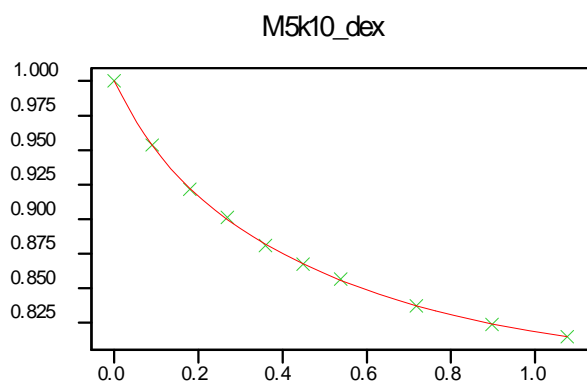
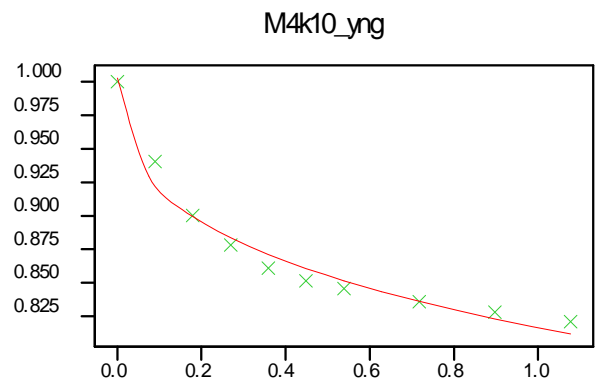
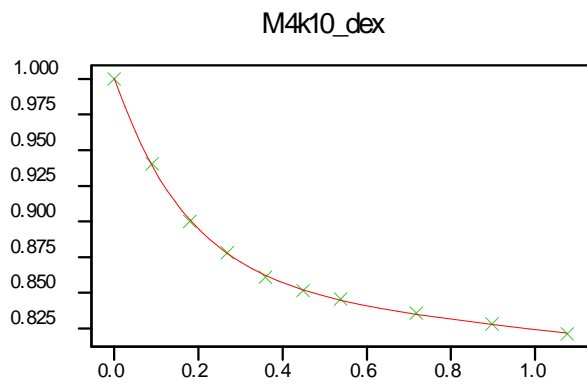
M9z09_dex

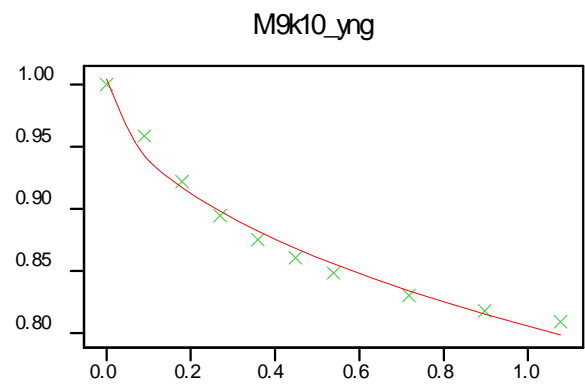
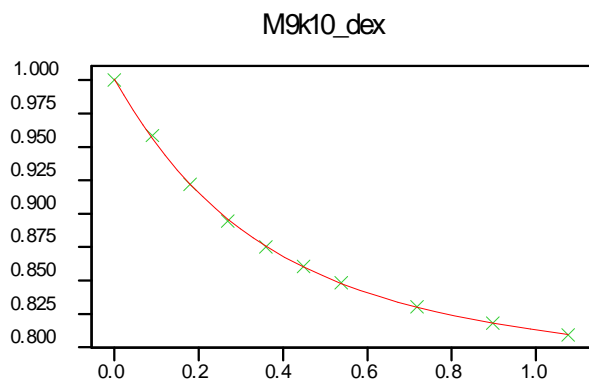
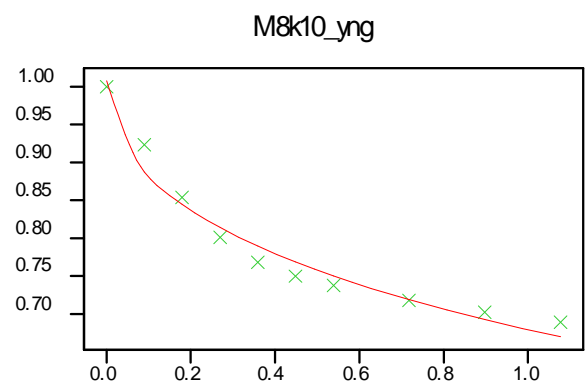
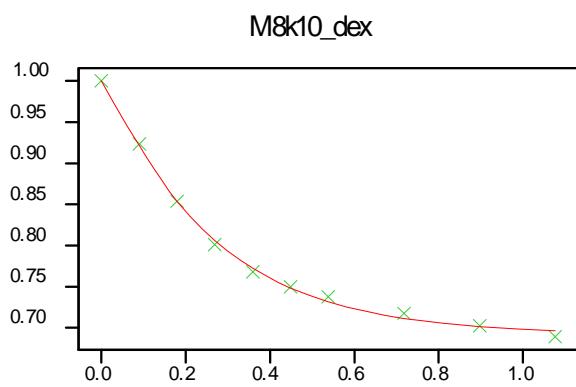
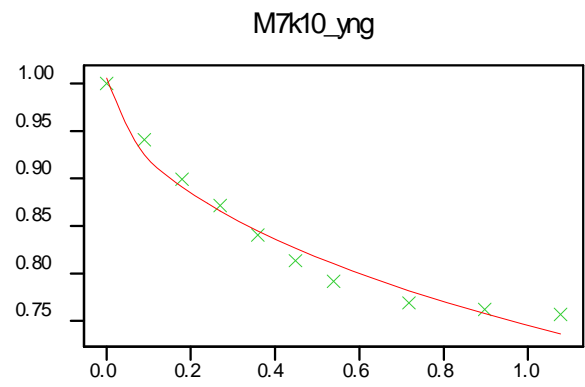
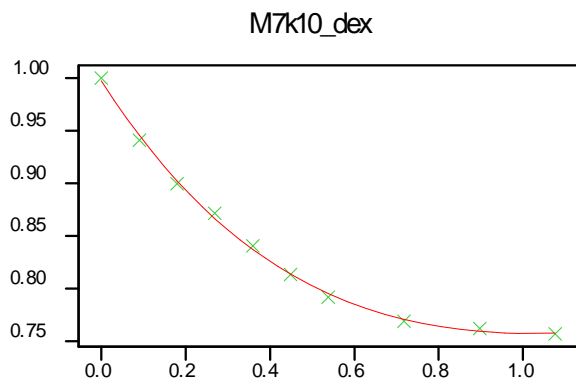


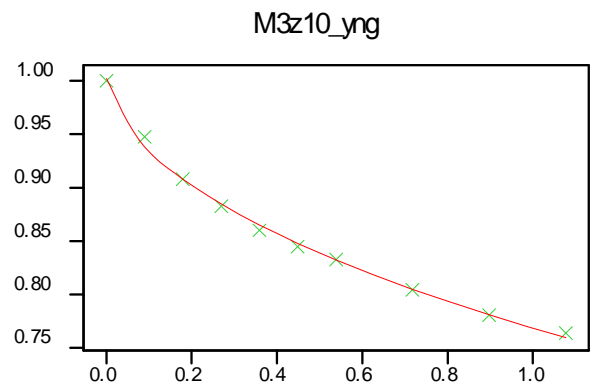
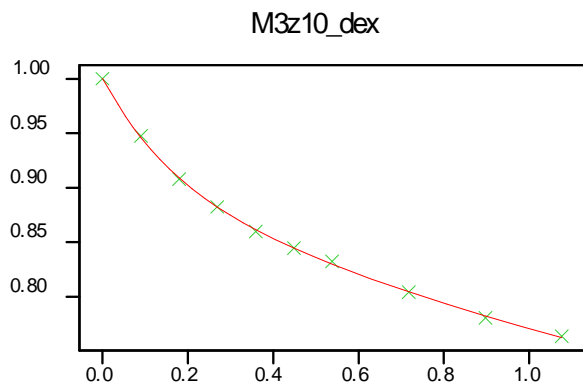
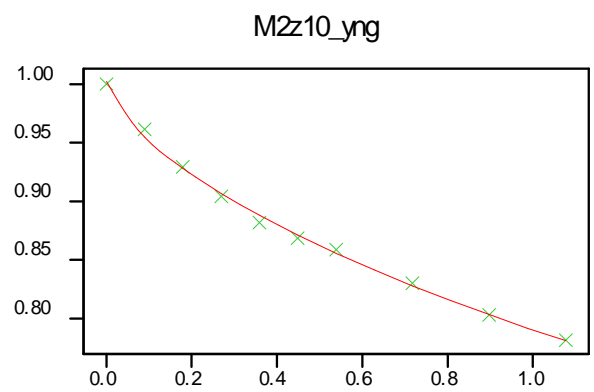
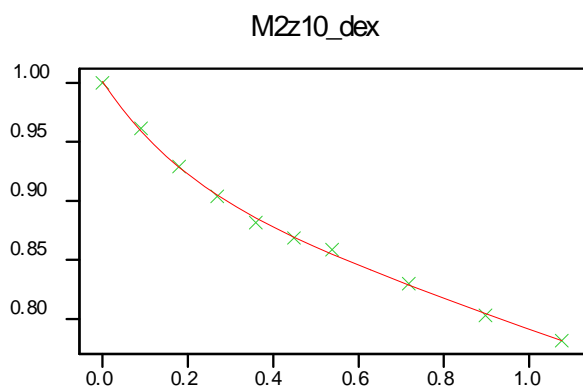
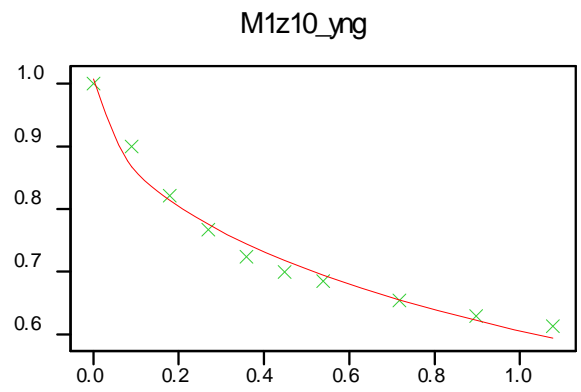
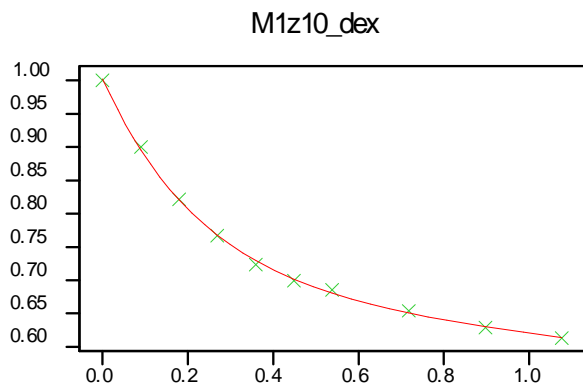
M9z09_yng



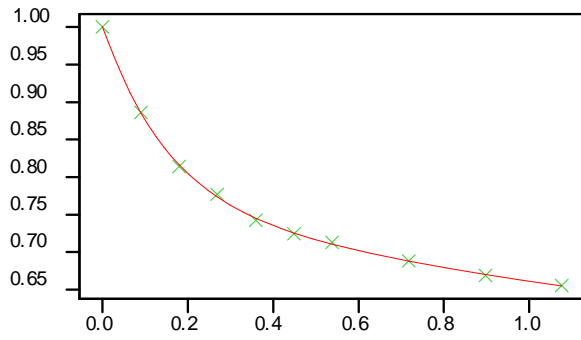




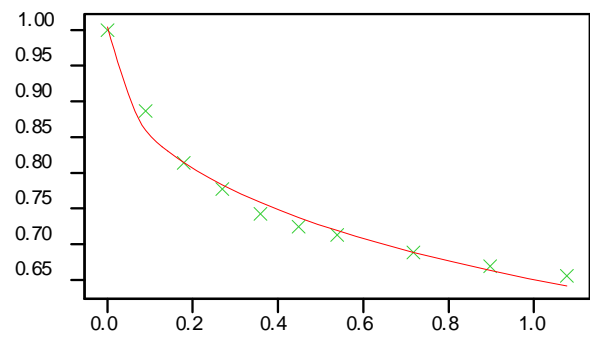




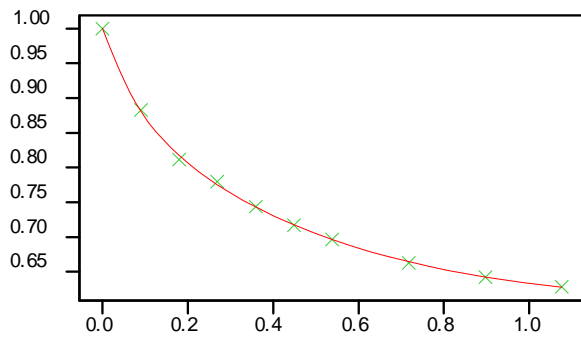
M4z10_dex



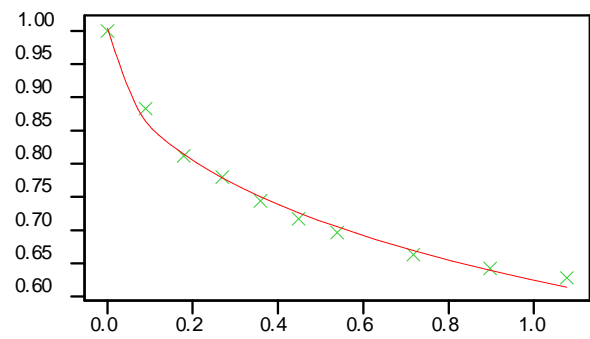
M4z10_yng



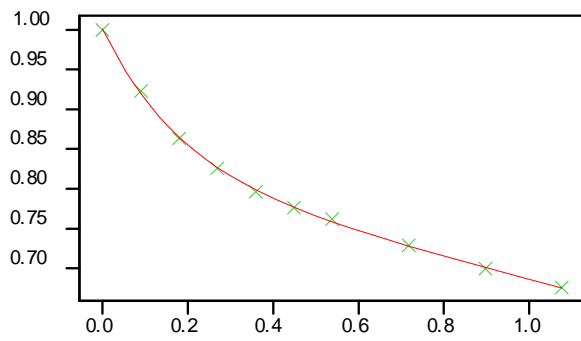
M5z10_dex



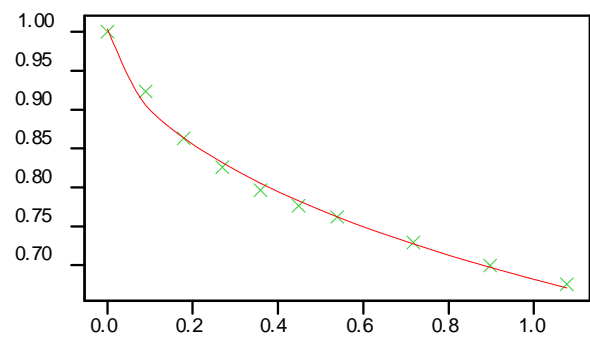
M5z10_yng

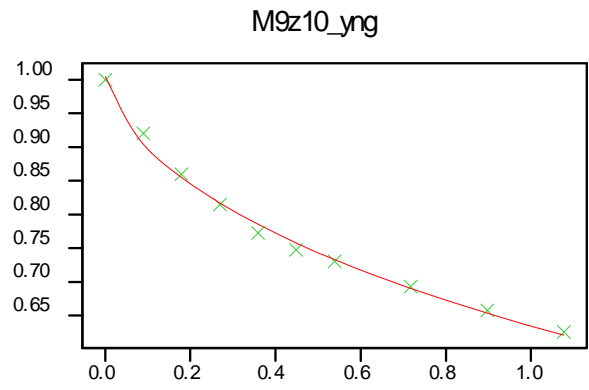
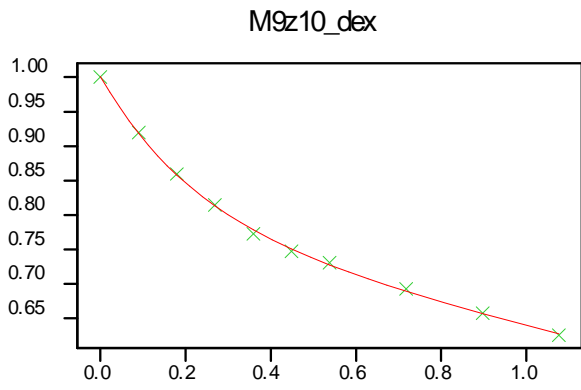
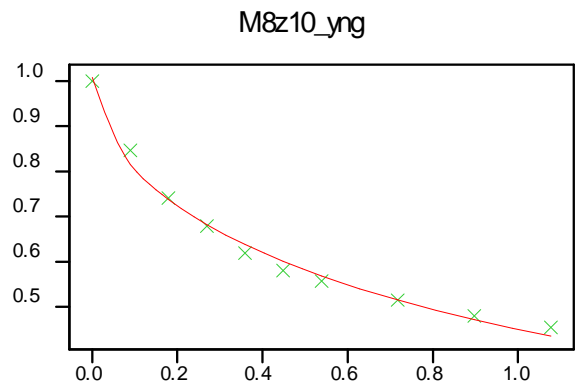
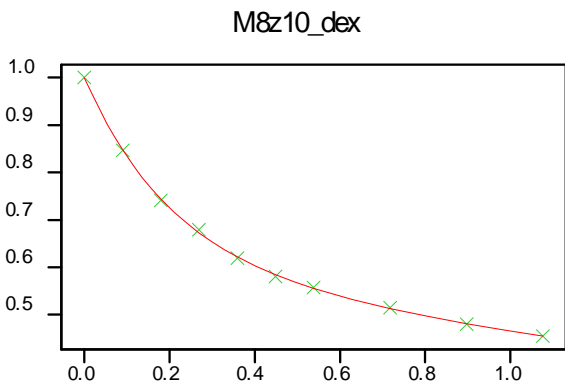
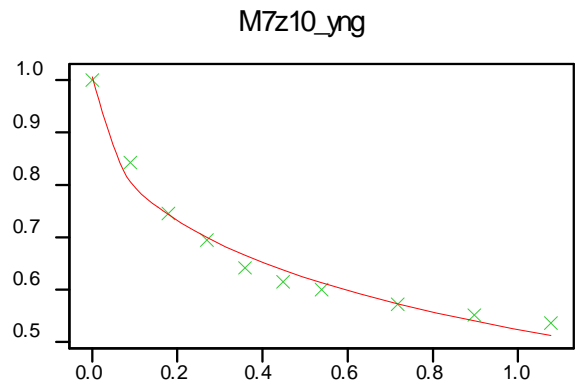
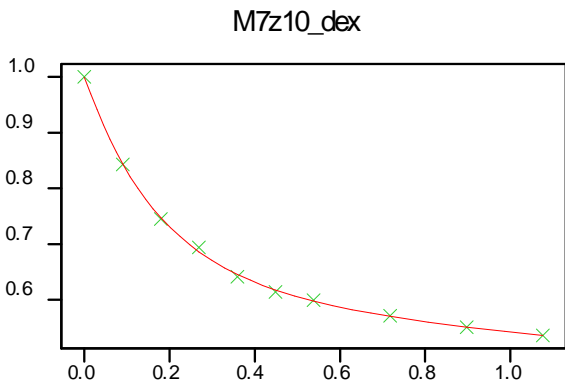


M6z10_dex



M6z10_yng





Bijlage 4. Correlatietabellen

In deze bijlage zijn correlatiematrixes weergegeven (berekend met de Genstat-procedure Bicorrelate) voor de mestmonsters en de grondmonsters op basis van de analysecijfers en op basis van de rangvolgordecijfers.

Voor de analyse-uitslagen van de grondmonsters is zijn correlatiematrixes gemaakt voor alle grondmonsters alsook matrixes voor alleen de MAK-monsters, aangezien er in een aantal gevallen een sterk verschil is tussen de zes MAK-monsters enerzijds en de drie NWP-monsters anderzijds: voor o.s.%, C-totaal, DOC%, C/Norg, HWC en chroma's. Ogenscheinlijk ontstaan daardoor een aantal correlaties, die echter een gevolg zijn van de herkomst van de grondmonsters en niet van de langjarige organische-mestobjecten of organische-stofregimes.

Tabel B-4.1. Correlatie mestanalyses op basis van meetwaarden

De eerste zes regels hebben betrekking op de parameters uit de twee gebruikte modelleringen.

Waarden ≥ 0.85 of ≤ -0.85 zijn rood weergegeven

Waarden ≥ 0.70 maar < 0.85 of waarden ≤ -0.70 maar > -0.85 zijn paars weergegeven.

hc_z_dex	0.95																
R_Yang_k	-0.87	-0.83															
R_Yang_z	-0.96	-0.99	0.85														
S_Yang_k	-0.54	-0.57	0.50	0.51													
S_Yang_z	-0.45	-0.48	0.51	0.42	0.81												
C_g_kg	-0.40	-0.53	0.44	0.49	0.66	0.60											
DOC_g_kgC	-0.34	-0.46	0.35	0.41	0.57	0.60	0.64										
Nt_g_kg	-0.49	-0.53	0.67	0.52	0.64	0.76	0.65	0.62									
C_Norg	0.27	0.14	-0.22	-0.18	0.05	-0.24	0.28	0.08	-0.30								
DON_g_kgN	-0.37	-0.45	0.54	0.41	0.65	0.69	0.70	0.85	0.87	-0.04							
OS%blgg	-0.64	-0.79	0.65	0.76	0.61	0.65	0.84	0.67	0.76	-0.09	0.72						
HWC	-0.29	-0.27	0.25	0.23	0.55	0.67	0.54	0.41	0.29	0.19	0.33	0.32					
WSC	-0.45	-0.61	0.43	0.56	0.64	0.68	0.54	0.99	0.79	-0.48	0.98	0.79	0.31				
Oxitop	0.09	0.06	0.19	-0.08	0.20	0.35	0.30	0.31	0.48	0.06	0.46	0.16	0.10	0.84			
	hc_k_dex	hc_z_dex	R_Yang_k	R_Yang_z	S_Yang_k	S_Yang_z	C_g_kg	DOC_g_kgC	Nt_g_kg	C/Norg	DON_g_kgN	OS%blgg	HWC	WSC			

Tabel B-4.2. Correlatie mestanalyses op basis van rangvolgorde

De eerste zes regels hebben betrekking op de parameters uit de twee gebruikte modelleringen.

Waarden ≥ 0.85 of ≤ -0.85 zijn rood weergegeven

Waarden ≥ 0.70 maar < 0.85 of waarden ≤ -0.70 maar > -0.85 zijn paars weergegeven.

hc_z_dex	0.85															
R_Yang_k	-0.91	-0.78														
R_Yang_z	-0.88	-0.99	0.79													
S_Yang_k	-0.63	-0.57	0.52	0.54												
S_Yang_z	-0.58	-0.56	0.64	0.55	0.47											
C_g_kg	-0.33	-0.46	0.33	0.48	0.34	0.39										
DOC_g_kgC	-0.62	-0.85	0.60	0.82	0.65	0.64	0.58									
Nt_g_kg	-0.61	-0.50	0.72	0.49	0.72	0.78	0.47	0.65								
C_Norg	-0.13	-0.17	0.13	0.19	-0.09	-0.28	0.42	-0.04	-0.22							
DON_g_kgN	-0.47	-0.56	0.63	0.52	0.68	0.57	0.48	0.76	0.82	-0.12						
OS%blgg	-0.42	-0.62	0.59	0.61	0.42	0.70	0.68	0.72	0.73	0.09	0.72					
HWC	-0.75	-0.63	0.61	0.68	0.62	0.62	0.37	0.43	0.48	-0.01	0.35	0.41				
WSC	-0.67	-0.83	0.68	0.77	0.88	0.68	0.43	0.98	0.87	-0.32	0.98	0.78	0.52			
Oxitop	-0.70	-0.62	0.76	0.59	0.57	0.57	0.33	0.59	0.72	0.03	0.74	0.53	0.42	0.85		
	hc_k_dex	hc_z_dex	R_Yang_k	R_Yang_z	S_Yang_k	S_Yang_z	C_g_kg	DOC_g_kgC	Nt_g_kg	C/Norg	DON_g_kgN	OS%blgg	HWC	WSC		

Tabel B-4.3. Correlatie alle bodemanalyses op basis van meetwaarden

Waarden ≥ 0.85 of ≤ -0.85 zijn rood weergegeven

Waarden ≥ 0.70 maar < 0.85 of waarden ≤ -0.70 maar > -0.85 zijn paars weergegeven.

C_g_kg	0.97														
C%os	0.55	0.73													
DOC_mg_kg	0.08	0.13	-0.26												
DOC/C	-0.74	-0.90	-0.83	0.26											
Nt_g_kg	0.81	0.50	0.23	0.47	-0.27										
DON_mg_kg	-0.02	-0.23	-0.27	0.72	0.52	0.55									
DON/N	-0.44	-0.66	-0.45	0.48	0.83	-0.07	0.78								
C/Norg	0.80	0.86	0.85	-0.15	-0.89	0.01	-0.60	-0.76							
OS%blgg	0.91	0.75	0.51	0.19	-0.59	0.72	0.10	-0.46	0.48						
OS%lbi	0.98	0.78	0.55	0.27	-0.59	0.83	0.27	-0.30	0.41	0.91					
pom_grond	0.66	0.35	0.44	0.22	-0.19	0.65	0.41	-0.02	0.05	0.74	0.66				
pom_om	-0.86	-0.70	-0.43	-0.12	0.56	-0.66	-0.09	0.39	-0.42	-0.75	-0.87	-0.27			
HWC	0.96	0.96	0.65	0.18	-0.86	0.36	-0.30	-0.65	0.90	0.66	0.65	0.20	-0.61		
Oxitop	-0.29	-0.29	-0.64	0.19	0.35	0.05	0.22	0.27	-0.39	-0.29	-0.16	-0.34	-0.05	-0.27	
bact_act	*	-0.26	*	0.18	0.30	-0.02	0.20	0.09	-0.33	-0.07	-0.24	0.26	0.35	-0.21	
bact_tot	0.81	0.78	0.61	0.06	-0.70	0.55	-0.08	-0.55	0.61	0.82	0.82	0.34	-0.87	0.74	
bact_act%	*	-0.48	*	0.22	0.57	-0.15	0.42	0.38	-0.57	-0.27	-0.47	0.14	0.56	-0.44	
schim_act	*	0.05	*	0.45	0.07	0.16	0.32	0.03	0.00	0.33	0.13	0.69	0.17	0.06	
schim_tot	-0.71	-0.41	-0.09	0.32	0.52	0.20	0.60	0.58	-0.56	-0.17	-0.11	0.21	0.25	-0.48	
sch_act%	*	0.12	*	-0.05	-0.21	-0.04	-0.41	-0.36	0.26	0.25	0.14	0.16	-0.10	0.12	
hyfe	0.60	0.33	0.37	0.11	-0.29	-0.28	-0.33	-0.21	0.53	-0.12	-0.18	-0.18	0.25	0.46	
S/B_tot	-0.81	-0.60	-0.25	0.00	0.49	-0.49	0.11	0.52	-0.41	-0.73	-0.73	-0.25	0.87	-0.55	
S/B_actief	*	0.19	*	0.10	-0.15	0.00	-0.01	0.02	0.24	0.25	0.23	0.25	-0.09	0.11	
Chr_alg	0.94	0.94	0.61	-0.09	-0.81	0.61	-0.23	-0.62	0.90	0.94	0.89	0.58	-0.83	0.98	
Chr_gem	0.93	0.93	0.57	-0.09	-0.80	0.63	-0.22	-0.61	0.87	0.95	0.88	0.67	-0.77	0.96	
	OS%cblb	C_g_kg	C%os	DOC_mg_kg	DOC/C	Nt_g_kg	DON_mg_kg	DON/N	C/Norg	OS%blgg	OS%lbi	pom_grond	pom_om	HWC	

Tabel B-4.3. (Vervolg) Correlatie alle bodemanalyses op basis van meetwaarden

bact_act	0.34											
bact_tot	-0.20	-0.19										
bact_act%	0.22	0.79	-0.56									
schim_act	0.16	0.66	0.02	0.30								
schim_tot	0.07	-0.13	-0.32	0.04	0.28							
sch_act%	0.16	0.61	0.28	0.17	0.62	-0.55						
hyfe	-0.21	0.12	-0.15	0.21	0.32	-0.31	-0.30					
S/B_tot	-0.04	-0.03	-0.86	0.45	-0.10	0.47	-0.60	0.24				
S/B_actief	-0.38	-0.73	0.06	-0.68	-0.03	0.38	-0.26	0.07	0.05			
Chr_alg	-0.44	*	0.92	*	*	-0.75	*	0.50	-0.87	*		
Chr_gem	-0.43	*	0.89	*	*	-0.75	*	0.48	-0.84	*	0.99	
	Oxitop	bact_act	bact_tot	bact_act%	schim_act	schim_tot	sch_act%	hyfe	S/B_tot	S/B_actief	Chr_alg	

Tabel B-4.4. Correlatie alle bodemanalyses op basis van rangvolgorde

Waarden ≥ 0.85 of ≤ -0.85 zijn rood weergegeven

Waarden ≥ 0.70 maar < 0.85 of waarden ≤ -0.70 maar > -0.85 zijn paars weergegeven.

C_g_kg	0.70																
C%os	0.10	0.72															
DOC_mg_kg	0.00	0.27	-0.50														
DOC/C	-0.47	-0.72	-0.87	0.30													
Nt_g_kg	0.59	0.72	-0.04	0.60	-0.36												
DON_mg_kg	-0.16	0.02	-0.39	0.85	0.50	0.42											
DON/N	-0.08	-0.36	-0.22	0.42	0.65	-0.13	0.66										
C/Norg	0.60	0.82	0.80	-0.13	-0.86	0.34	-0.38	-0.56									
OS%blgg	0.92	0.82	0.23	0.22	-0.63	0.70	-0.03	-0.44	0.74								
OS%lbi	0.87	0.88	0.42	0.28	-0.66	0.70	0.01	-0.31	0.79	0.92							
pom_grond	0.68	0.67	0.40	0.38	-0.23	0.54	0.36	0.09	0.41	0.64	0.67						
pom_om	-0.70	-0.46	-0.15	0.04	0.62	-0.37	0.36	0.48	-0.55	-0.57	-0.57	0.09					
HWC	0.85	0.91	0.42	0.42	-0.57	0.76	0.13	-0.24	0.69	0.83	0.93	0.58	-0.58				
Oxitop	0.05	-0.02	-0.63	0.34	0.15	0.20	0.09	0.12	-0.25	-0.09	-0.07	-0.11	0.06	0.09			
bact_act	*	0.19	*	0.22	0.13	0.17	0.10	0.10	-0.13	0.30	0.25	0.43	0.23	0.18			
bact_tot	0.67	0.64	0.33	0.00	-0.70	0.33	-0.39	-0.51	0.70	0.63	0.67	0.07	-0.80	0.72			
bact_act%	*	-0.13	*	0.16	0.47	-0.03	0.35	0.42	-0.52	-0.05	-0.18	0.37	0.52	-0.16			
schim_act	*	0.28	*	0.50	0.08	0.17	0.37	0.22	-0.05	0.28	0.32	0.80	0.33	0.27			
schim_tot	-0.77	-0.28	-0.17	0.42	0.50	-0.11	0.60	0.50	-0.42	-0.50	-0.33	0.03	0.55	-0.21			
sch_act%	*	0.62	*	0.25	-0.50	0.49	-0.19	-0.50	0.49	0.74	0.69	0.43	-0.33	0.54			
hyfe	0.33	0.26	0.41	0.19	-0.11	0.36	0.39	0.13	-0.02	0.21	0.19	0.39	0.06	0.22			
S/B_tot	-0.77	-0.47	-0.05	0.17	0.62	-0.22	0.53	0.61	-0.65	-0.66	-0.60	-0.02	0.78	-0.54			
S/B_actief	*	0.00	*	0.00	-0.18	-0.17	-0.05	-0.05	0.27	-0.11	-0.03	0.05	-0.02	-0.07			
Chr_alg	0.84	0.74	0.32	-0.11	-0.58	0.56	-0.22	-0.21	0.58	0.85	0.74	0.58	-0.69	0.79			
Chr_gem	0.88	0.77	0.35	-0.24	-0.63	0.53	-0.35	-0.31	0.63	0.84	0.75	0.67	-0.61	0.77			
	OS%clb	C_g_kg	C%os	DOC_mg_kg	DOC/C	Nt_g_kg	DON_mg_kg	DON/N	C/Norg	OS%blgg	OS%lbi	pom_grond	pom_om	HWC			

Tabel B-4.4. (Vervolg) Correlatie bodemanalyses; correlatie op basis van rangvolgorde

bact_act	0.35											
bact_tot	0.12	0.05										
bact_act%	0.24	0.84	-0.42									
schim_act	0.26	0.57	0.08	0.45								
schim_tot	0.00	-0.30	-0.47	-0.10	0.43							
sch_act%	0.37	0.74	0.59	0.39	0.50	-0.45						
hyfe	-0.17	-0.05	-0.15	0.13	0.17	0.04	-0.42					
S/B_tot	0.01	0.00	-0.90	0.49	0.07	0.68	-0.51	0.18				
S/B_actief	-0.18	-0.73	0.10	-0.73	0.08	0.52	-0.42	0.03	-0.12			
Chr_alg	-0.26	*	0.74	*	*	-0.74	*	0.35	-0.77	*		
Chr_gem	-0.20	*	0.67	*	*	-0.77	*	0.37	-0.73	*	0.97	
	Oxitop	bact_act	bact_tot	bact_act%	schim_act	schim_tot	sch_act%	hyfe	S/B_tot	S/B_actief	Chr_alg	

Tabel B-4.5. Correlatie bodemanalyses alléén MAK op basis van meetwaarden

Waarden ≥ 0.85 of ≤ -0.85 zijn rood weergegeven

Waarden ≥ 0.70 maar < 0.85 of waarden ≤ -0.70 maar > -0.85 zijn paars weergegeven.

C_g_kg	0.06														
C%os	-0.42	0.88													
DOC_mg_kg	0.70	0.32	-0.28												
DOC/C	0.53	-0.69	-0.73	0.45											
Nt_g_kg	0.80	-0.33	-0.31	0.37	0.59										
DON_mg_kg	0.95	-0.47	-0.14	0.29	0.72	0.87									
DON/N	0.62	-0.49	0.14	0.08	0.62	0.37	0.78								
C/Norg	-0.35	0.90	0.96	0.05	-0.80	-0.70	-0.75	-0.52							
OS%blgg	0.77	-0.43	-0.38	0.14	0.49	0.82	0.70	0.30	-0.71						
OS%lbi	0.73	-0.63	-0.03	-0.08	0.56	0.80	0.84	0.58	-0.83	0.86					
pom_grond	0.59	-0.19	0.17	0.01	0.21	0.73	0.71	0.43	-0.48	0.85	0.80				
pom_om	0.35	0.79	0.39	0.11	-0.67	-0.28	-0.38	-0.36	0.69	-0.22	-0.49	0.11			
HWC	0.80	0.84	0.04	0.46	-0.47	-0.45	-0.57	-0.51	0.82	-0.51	-0.78	-0.43	0.68		
Oxítóp	0.21	-0.13	-0.53	0.27	0.29	-0.03	0.00	0.04	-0.07	-0.09	-0.11	-0.33	-0.40	0.09	
bact_act	*	0.78	*	0.54	-0.24	0.71	0.22	-0.49	0.17	0.85	0.90	0.74	-0.01	0.86	
bact_tot	0.26	-0.60	-0.30	0.02	0.57	0.52	0.47	0.26	-0.68	0.55	0.72	0.33	-0.71	-0.63	
bact_act%	*	0.80	*	0.75	0.07	0.86	0.48	-0.30	-0.15	0.77	0.68	0.57	0.02	0.83	
schim_act	*	0.61	*	0.41	-0.21	0.56	0.25	-0.29	0.09	0.56	0.65	0.77	0.35	0.61	
schim_tot	-0.08	-0.13	0.85	0.07	0.28	0.29	0.57	0.70	-0.21	0.03	0.33	0.27	-0.14	-0.32	
sch_act%	*	0.60	*	0.16	-0.60	0.33	-0.26	-0.73	0.66	0.78	0.70	0.56	-0.02	0.47	
hyfe	-0.57	0.70	0.11	0.22	-0.52	-0.42	-0.46	-0.37	0.72	-0.57	-0.76	-0.38	0.69	0.79	
S/B_tot	-0.22	0.68	0.82	-0.10	-0.67	-0.39	-0.29	-0.08	0.70	-0.44	-0.49	-0.05	0.77	0.51	
S/B_actief	*	-0.55	*	-0.50	-0.04	-0.58	-0.27	0.26	0.06	-0.68	-0.89	-0.47	0.40	-0.91	
Chr_alg	0.66	-0.11	-0.41	0.55	0.49	0.90	0.65	-0.01	-0.54	0.40	0.28	0.32	0.31	0.52	
Chr_gem	0.83	0.02	-0.37	0.42	0.30	0.90	0.80	0.24	-0.43	0.65	0.64	0.65	0.55	0.55	
	OS%cllb	C_g_kg	C%os	DOC_mg_kg	DOC/C	Nt_g_kg	DON_mg_kg	DON/N	C/Norg	OS%blgg	OS%lbi	pom_grond	pom_om	HWC	

Tabel B-4.5. (Vervolg) Correlatie bodemanalyses alléén MAK op basis van meetwaarden

bact_act	0.47											
bact_tot	0.18	0.56										
bact_act%	0.43	0.76	-0.07									
schim_act	0.61	0.81	0.62	0.37								
schim_tot	-0.11	-0.27	0.18	-0.13	0.05							
sch_act%	0.21	0.81	0.87	0.33	0.73	-0.62						
hyfe	-0.01	0.14	-0.81	0.23	0.36	-0.24	-0.12					
S/B_tot	-0.41	-0.46	-0.83	0.06	-0.41	0.23	-0.88	0.63				
S/B_actief	-0.18	-0.83	-0.27	-0.84	-0.41	0.25	-0.51	0.02	0.21			
Chr_alg	-0.17	*	0.26	*	*	-0.11	*	-0.33	-0.31	*		
Chr_gem	-0.13	*	-0.01	*	*	-0.17	*	-0.22	-0.10	*	0.89	
	Oxitop	bact_act	bact_tot	bact_act%	schim_act	schim_tot	sch_act%	hyfe	S/B_tot	S/B_actief	Chr_alg	

Tabel B-4.6. Correlatie bodemanalyses alléén MAK op basis van rangvolgorde

Waarden ≥ 0.85 of ≤ -0.85 zijn rood weergegeven

Waarden ≥ 0.70 maar < 0.85 of waarden ≤ -0.70 maar > -0.85 zijn paars weergegeven.

C_g_kg	0.70																
C%os	0.10	0.72															
DOC_mg_kg	0.00	0.10	-0.50														
DOC/C	-0.47	-0.73	-0.87	0.44													
Nt_g_kg	0.59	0.64	-0.04	0.58	-0.22												
DON_mg_kg	-0.16	-0.01	-0.39	0.92	0.50	0.51											
DON/N	-0.08	-0.15	-0.22	0.64	0.49	0.14	0.77										
C/Norg	0.60	0.81	0.80	-0.33	-0.89	0.19	-0.41	-0.33									
OS%blgg	0.92	0.76	0.23	0.13	-0.57	0.67	-0.01	-0.27	0.65								
OS%lbi	0.87	0.84	0.42	0.16	-0.61	0.65	0.03	-0.06	0.75	0.89							
pom_grond	0.68	0.81	0.40	0.17	-0.47	0.70	0.19	0.00	0.59	0.78	0.82						
pom_om	-0.70	-0.40	-0.15	0.01	0.42	-0.26	0.26	0.20	-0.41	-0.55	-0.56	-0.08					
HWC	0.85	0.89	0.42	0.29	-0.52	0.68	0.10	-0.01	0.70	0.82	0.93	0.73	-0.61				
Oxitop	0.05	0.00	-0.63	0.53	0.29	0.30	0.32	0.14	-0.23	-0.04	-0.06	0.00	0.09	0.07			
bact_act	*	0.84	*	1.00	0.42	0.95	1.00	-0.12	-0.34	0.84	0.98	0.94	0.03	1.00			
bact_tot	0.67	0.56	0.33	-0.05	-0.59	0.17	-0.37	-0.31	0.64	0.54	0.58	0.15	-0.80	0.68			
bact_act%	*	0.92	*	0.99	0.28	0.99	0.98	-0.28	-0.19	0.92	0.94	0.98	0.19	0.97			
schim_act	*	0.99	*	0.78	-0.24	0.93	0.76	-0.72	0.33	0.99	0.65	0.94	0.65	0.72			
schim_tot	-0.77	-0.50	-0.17	0.21	0.56	-0.31	0.37	0.50	-0.47	-0.74	-0.52	-0.41	0.66	-0.46			
sch_act%	*	0.98	*	0.94	0.09	1.00	0.93	-0.45	0.00	0.98	0.87	1.00	0.37	0.91			
hyfe	0.33	0.38	0.41	-0.12	-0.50	0.39	0.01	-0.07	0.27	0.43	0.35	0.41	-0.30	0.19			
S/B_tot	-0.77	-0.34	-0.05	0.22	0.49	-0.08	0.50	0.44	-0.50	-0.58	-0.50	-0.10	0.81	-0.51			
S/B_actief	*	-0.70	*	-0.98	-0.61	-0.86	-0.98	-0.10	0.54	-0.70	-1.00	-0.84	0.19	-0.99			
Chr_alg	0.84	0.74	0.32	-0.11	-0.58	0.56	-0.22	-0.21	0.58	0.85	0.74	0.58	-0.69	0.79			
Chr_gem	0.88	0.77	0.35	-0.24	-0.63	0.53	-0.35	-0.31	0.63	0.84	0.75	0.67	-0.61	0.77			
	OS%cbllb	C_g_kg	C%os	DOC_mg_kg	DOC/C	Nt_g_kg	DON_mg_kg	DON/N	C/Norg	OS%blgg	OS%lbi	pom_grond	pom_om	HWC			

Tabel B-4.6. (Vervolg) Correlatie bodemanalyses alléén MAK op basis van rangvolgorde

bact_act	0.36											
bact_tot	0.06	-0.93										
bact_act%	0.50	0.99	-0.87									
schim_act	0.87	0.78	-0.50	0.87								
schim_tot	0.05	-0.64	-0.54	-0.76	-0.98							
sch_act%	0.65	0.94	-0.76	0.98	0.94	-0.87						
hyfe	-0.34	0.99	-0.05	1.00	0.87	-0.58	0.98					
S/B_tot	0.00	0.98	-0.89	0.94	0.65	0.71	0.87	-0.03				
S/B_actief	-0.14	-0.98	0.99	-0.93	-0.62	0.46	-0.84	-0.93	-1.00			
Chr_alg	-0.26	*	0.74	*	*	-0.74	*	0.35	-0.77	*		
Chr_gem	-0.20	*	0.67	*	*	-0.77	*	0.37	-0.73	*		0.97
	Oxitop	bact_act	bact_tot	bact_act%	schim_act	schim_tot	sch_act%	hyfe	S/B_tot	S/B_actief	Chr_alg	

Het doel van Bioconnect is het verder ontwikkelen en versterken van de biologische landbouwsector door het initiëren en uitvoeren van onderzoeksprojecten. In Bioconnect werken ondernemers (van boer tot winkelvloer) samen met onderwijs- en onderzoeksinstellingen en adviesorganisaties. Dit leidt tot een vraaggestuurde aanpak die uniek is in Europa.



Het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie is financier van de onderzoeksprojecten



Wageningen UR (University & Research centre) en het Louis Bolk Instituut zijn de uitvoerders van het onderzoek. Op dit moment zijn dit voor de biologische landbouwsector ongeveer 140 onderzoeksprojecten.



www.biokennis.nl

Bodemvruchtbaarheid