



Bodemkwaliteit Drenthe

*Sturen op
ecosysteemdiensten
in de akkerbouw
en veehouderij*

M. Zanen

Voorwoord

In 2005 deed het ministerie van VROM een oproep om te komen met ideeën voor *pilots* voor het testen van de Referenties Biologische Bodemkwaliteit (RBB). Dit resulteerde in 2006 in drie RBB *pilots*: Hoeksche Waard (Rutgers et al. 2007), Banisveld (Huijsmans et al. 2008) en Drenthe. De *pilot* in Drenthe werd uitgevoerd door het Louis Bolk Instituut. Resultaten staan beschreven in Smeding et al. 2008. De provincie Drenthe, vertegenwoordigd door André Smits en Arnout Venekamp, vond het een aansprekend idee om de RBB-systematiek verder uit te werken en er ook actieve maatregelen van grondgebruikers aan te koppelen.

In aansluiting op de RBB-*pilot* is daarom het project “Bodemkwaliteit Drenthe” gestart. Het project levert een bijdrage aan de verdere ontwikkeling van de benutting van ecosysteemdiensten door akkerbouwers en veehouders. Daarvoor zijn maatregelen getest in de praktijk, wordt de bodemkwaliteit vergeleken met de nationale referentie en wordt de koppeling gemaakt naar het functioneren van ecosysteemdiensten op perceelsniveau. Het veldonderzoek vond plaats in oktober 2007 en september 2008, op de negen akkerbouw- en melkveebedrijven uit de RBB-*pilot*. Terugkoppeling naar de deelnemers en communicatie richting een bredere doelgroep vond plaats gedurende het hele verloop van het project. Op 13 februari 2009 vond een afsluitende bijeenkomst plaats in Wezup, in aanwezigheid van de diverse doelgroepen vanuit de landbouw, overheden en het onderzoek.

Met de 1-jarige RBB *pilot* -Drenthe en het project “Bodemkwaliteit Drenthe” is voor het eerst de stap gemaakt van het meten van bodemparameters op perceelsniveau naar het doen van uitspraken over het functioneren van ecosysteemdiensten op perceelsniveau en de koppeling naar maatregelen waar akkerbouwers en veehouders daadwerkelijk mee aan de slag kunnen. Dat maakt deze projecten uniek en innovatief.

De resultaten van beide projecten waren niet tot stand gekomen zonder de belangstelling en medewerking van de deelnemers: akkerbouwers Ger Evenhuis, Hendrikus Houwing, Johan Bouwhuis en Jo Wolf; veehouders: Wieben Enting, Antoon Stokman, Wilco Hilhorst, Henk Meppelink en Jaap Boer. Voor het uitvoeren van de bodemanalyses bedank ik Jaap Bloem en An Vos (WUR-Alterra, onderzoek microflora) en Harm Keidel (Blgg, onderzoek nematoden). Ton Schouten heeft vanuit het RIVM meegekeken in het veld en leverde waardevol commentaar op tussentijdse resultaten. Vanuit het LBI werkten naast de auteur aan het project mee: Frans Smeding (algehele opzet), Nick van Eekeren (ontwerp grasland experiment), Pieterjans Jansonius (veldwerk 2008) Merijn Bos (veldwerk 2009), Jan de Wit (correctie rapportage), Coen ter Berg (bodembecoördeling) en Riekje Bruinenberg (laboratorium). Begeleiding vanuit de Provincie Drenthe werd op zeer betrokken wijze verzorgd door Arnout Venekamp.

Marleen Zanen

Januari 2011, Driebergen

Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	11
1.1 Probleemstelling	11
1.2 Achtergrond	11
1.3 Aanleiding	12
1.4 Projectdoelstelling	14
1.5 Aanpak Bodemkwaliteit Drenthe 2007-2009	14
1.6 Leeswijzer	15
2 Onderzoek op akkerbouwbedrijven	17
2.1 Onderzoeksvragen	17
2.2 Materiaal en methoden	17
2.2.1 Proefopzet en locatie	17
2.2.2 Parameterset	18
2.2.3 Bemonstering	19
2.2.4 Van bodemparemeters naar ecosysteemdiensten	19
2.2.5 Statistische analyse	20
2.3 Resultaten	21
2.3.1 Bodemkwaliteit op akkerbouwpercelen	21
2.3.1.1 Bodemkwaliteit op akkerbouwpercelen ten opzichte van de nationale referentie	21
2.3.1.2 Het functioneren van ecosysteemdiensten op bouwland	23
2.3.2 Effect van verhoging van organische stofinput op bodemkwaliteit	25
2.4 Discussie	27
3 Onderzoek op veehouderijbedrijven	31
3.1 Onderzoeksvragen	31
3.2 Materiaal en methoden	31
3.2.1 Proefopzet en locatie	31
3.2.2 Parameterset	32
3.2.3 Bemonstering	32
3.2.4 Van bodemparemeters naar ecosysteemdiensten	33
3.2.5 Statistische analyse	33
3.3 Resultaten	34
3.3.1 Bodemkwaliteit op graslandpercelen	34
3.3.1.1 Bodemkwaliteit op graslandpercelen ten opzichte van de nationale referentie	34
3.3.1.2 Het functioneren van ecosysteemdiensten op grasland	36
3.3.2 Effect van de maatregelen handhaven, doorzaaien en herinzaaien van grasland	38
3.4 Discussie	41

4	Toespitsing naar een regionale referentie voor Drenthe	43
4.1	Inleiding	43
4.2	Ontwikkeling van een regionale referentie	43
4.3	Mogelijkheden voor een vereenvoudigde meetset	44
5	Terugkoppeling naar de praktijk en kosteneffectiviteit	47
5.1	Communicatie activiteiten	47
5.2	Kosteneffectiviteit praktijkmaatregelen	48
6	Conclusies	51
6.1	Algemene projectdoelstellingen	51
6.2	Akkerbouw	51
6.3	Veehouderij	52
7	Aanbevelingen	53
7.1	Beleid	53
7.2	Bouwlandbeheer in Drenthe	54
7.3	Graslandbeheer in Drenthe	54
	Literatuur	55
	Bijlage 1: Analyse GFT compost	57
	Bijlage 2: Bemesting per variant	59
	Bijlage 3: Gemiddelde neerslag en temperatuur 2006-2008	61
	Bijlage 4: Parameters voor de berekening van ecosysteemdiensten	63
	Bijlage 5: Resultaten bodemkwaliteit akkerbouw - 4 akkerbouw percelen in Drenthe	65
	Bijlage 6a: Resultaten bodemkwaliteit grasland – vergelijking OUD en JONG grasland op 5 bedrijven	67
	Bijlage 6b: Resultaten bodemkwaliteit grasland – maatregel oud versus herinzaaien	69
	Bijlage 7: Opbrengst en droge stofanalyse van de 1 ^e snede gras per variant	71

Samenvatting

Probleemstelling Aanhakend bij het Nationale en Europese beleid wil de provincie Drenthe met haar bodembeleid meer aandacht en sturing geven aan een duurzaam bodembeheer. Een duurzaam bodembeheer richt zich op het behoud en mogelijk een verbetering van de bodemkwaliteit en een optimalere benutting van de ecosysteemdiensten die de bodem biedt. Dit geeft de gebruiker mogelijkheden om met minder input en tegen lagere kosten de gebruiksdoelen te realiseren. Bij het beoordelen van bodemkwaliteit neemt het concept ecosysteemdiensten (functionele eigenschappen voor landbouw en natuur) en de daaruit voortgevloeide 'referenties voor biologische bodemkwaliteit' (Rutgers et al., 2007) in Nederland inmiddels een belangrijke positie in. De vraag is hoe grondgebruikers op verschillende grondsoorten deze streefbeelden kunnen toepassen om met behulp van beschikbare maatregelen tot een duurzamer bodemgebruik te komen.

Projectdoelstelling Het project "Bodemkwaliteit Drenthe" moet bijdragen aan een breder draagvlak voor duurzaam bodemgebruik in Drenthe. Verdieping (meerjarige metingen) van de resultaten uit de RBB *pilot* moet het inzicht vergroten in de stuurmogelijkheden van grondgebruikers in de eigen praktijk. Concreet zijn er een aantal subdoelen benoemd:

- Toetsing van het korte termijn effect op (biologische) bodemkwaliteit van de maatregelen 'compost' (akkerbouw) en 'zo lang mogelijk handhaven van de graszode' (veehouderij).
- Toespitsing van de nationale referentie voor duurzaam bodembeheer in akkerbouw en veehouderij op zandgrond naar de situatie in Drenthe, mogelijk met een vereenvoudiging van de meetset.
- Het vergroten van de interesse van Drentse akkerbouwers en veehouders in de eigen bodem, het opdoen van kennis en inzicht in Drentse bodems en het verkrijgen van praktische adviezen voor het sturen op bodemkwaliteit, al dan niet via uitwisseling met collega's.

Werkwijze Het onderzoek vond plaats op 9 praktijkbedrijven op zandgrond op de lijn Beilen-Emmen, Midden-Drenthe. Speciale aandacht ging uit naar de vertaling van (a)biotische bodemparameters naar ecosysteemdiensten. De metingen zijn per sector (akkerbouw en veehouderij) verdeeld in twee onderdelen, te weten:

1. Metingen op bouw- of graslandpercelen, met als voornaamste doel het verkrijgen van een meerjarige meetreeks, het vergelijken met de Nationale referentie en de vertaling naar ecosysteemdiensten;
2. Meting van het effect van een maatregel ten behoeve van een betere bodemkwaliteit (inzet van compost op bouwland en handhaven versus herinzaaien van de graszode op grasland).

Op de locaties werd de bodem bemonsterd met een selectie van parameters uit de RBB-*pilot* studie. Gedurende de looptijd van het project zijn de deelnemende akkerbouwers en veehouders actief bij de uitvoering betrokken en zijn resultaten regelmatig teruggekoppeld.

Conclusies algemeen Door het maken van een verdiepingsslag in aansluiting op de RBB *pilot* heeft het project bijgedragen aan het creëren van een breder draagvlak voor duurzaam bodemgebruik onder minimaal 9 akkerbouwers en veehouders in Drenthe. Door onderzoek en demonstratie op eigen percelen is de interesse in de (eigen) bodem vergroot. Dankzij regelmatige veldbezoeken en studiebijeenkomsten hebben bodemgebruikers van elkaar kunnen leren. Tijdens deze bijeenkomsten is ook kennis vanuit andere lopende projecten in Drenthe zoals

Bedreven Bedrijven/Duurzaam boer blijven in Drenthe door de deelnemers ingebracht. Via diverse communicatie activiteiten is het onderwerp onder de aandacht gebracht bij een zeer brede groep locale grondgebruikers, beleidsmakers, belangenbehartigers, collega onderzoekers en voorlichters.

Toetsing van het korte termijn (1-jaar) effect van praktijkmaatregelen op biologische bodemkwaliteit is met name in de akkerbouw minder eenvoudig gebleken dan verwacht, zelfs bij extreem hoge doseringen. Indien meetgegevens worden afgezet tegen een regionale referentie scoren veel ecosysteemdiensten beter dan bij vergelijking met de nationale referentie. Net als bij de nationale referentie blijft de afweging over wat goede referentie percelen zijn lastig. Voor een goede regionale referentie zou een breed gedragen set met goede percelen met min of meer gelijke potentie geselecteerd moeten worden m.b.v. locale experts. Wat betreft vereenvoudiging van de meetset geldt dat het onderwerp bodembiodiversiteit en biologische bodemkwaliteit nog maar heel kort in de belangstelling staat, zeker als het gaat om de opbouw van kennis omtrent bodembiodiversiteit en de relatie met het functioneren van concrete ecosysteemdiensten. Relaties zijn vaak zeer complex. Indien mogelijk verdient een ruim budget voor bemonsteringen en data-analyse dus altijd de voorkeur, maar voor praktijkdoelen kan ook een vereenvoudigde meetset dienen als indicator voor (biologische) bodemkwaliteit.

Conclusies akkerbouw Uit de metingen in 2006, 2007 en 2008 blijkt dat de waarden van de meeste chemische bodemparameters in Drenthe dichtbij de nationale referentie voor akkerbouw op zandgrond liggen en wat dat betreft voldoen aan de richtlijnen voor een duurzaam functioneren van ecosysteemdiensten. Er lijkt geen effect van de timing van de monsternamen (de nationale referentie is gebaseerd op bemonstering in het voorjaar, de bemonstering vanuit LBI vond plaats in het najaar). De waarden voor biologische bodemparameters op bouwland percelen liggen in Drenthe systematisch lager dan de nationale referentie. Vooral de bacteriebiomassa is laag. Het lab dat de analyses uitvoert zegt echter geen aanwijzingen te hebben dat de bacteriebiomassa in het najaar in het algemeen lager is dan in het voorjaar. De oorzaak van de lage aantallen is onduidelijk en heeft mogelijk te maken met het voedselaanbod (o.a. de kwaliteit van organische stof). Ook de regenwormendichtheid en –diversiteit zijn laag. Het functioneren van ecosysteemdiensten op bouwlandpercelen in Drenthe, op basis van de gekozen parameterset, varieert afhankelijk van het jaar, de perceelskeuze en de referentiewaarden.

De inzet van GFT compost leidt na één teeltseizoen tot significante verschillen in bodemstructuur, maar heeft na één seizoen weinig tot geen meetbaar effect op bodemchemische of bodembioologische parameters en het functioneren van ecosysteemdiensten, ook niet bij toediening van extreem hoge doseringen.

Conclusies veehouderij Uit de metingen in 2006, 2007 en 2008 blijkt dat de waarden van de meeste chemische bodemparameters in Drenthe dichtbij de nationale referentie voor grasland op zandgrond liggen en dat de bodem onder OUD grasland gunstiger scoort dan onder JONG grasland: organische stofgehalte, N-totaal, C-totaal, potentieel mineraliseerbare N (labiele N pool) en bodemrespiratie zijn hoger op OUD grasland dan op JONG grasland. De waarden voor biologische bodemparameters op graslandpercelen liggen in Drenthe systematisch lager dan de nationale referentie. Regenwormen dichtheid vormt hierop een positieve uitzondering. Net als op bouwland is vooral de bacteriebiomassa laag. De oorzaak van de lage aantallen is onduidelijk en heeft mogelijk te maken met het voedselaanbod (o.a. de kwaliteit van organische stof). Op basis van de gekozen parameterset heeft OUD grasland een gunstiger effect op de ecosysteemdiensten dan JONG grasland. Ten opzichte van HERINZAAI en DOORZAAI lijkt het handhaven van grasland (OUD grasland) gunstiger voor bodemchemische en bodembioologische indicatoren. Het verwachte (en in de praktijk vaak ervaren) negatieve effect van spitten en herinzaaien op de opbrengst van de 1^e

snede kon niet worden aangetoond. De waarden van bodembologische parameters op grasland zijn over het algemeen hoger (beter) dan op bouwland. Op basis van de gekozen parameterset en de nationale referenties is de score van de ecosysteemdiensten onder grasland in Drenthe stelselmatig lager.

Aanbevelingen beleid Het werken met ecosysteemdiensten en de RBB-systematiek is een goede methode om met verschillende grondgebruikers in een gebied het onderwerp bodemkwaliteit te definiëren en te evalueren. De methode helpt bij de transitie in het denken over grondgebruik en het invulling geven aan duurzaam bodembeheer.

- Om de systematiek ook daadwerkelijk voor de praktijk bruikbaar te maken, dus op perceelsniveau, zijn methodische verbeteringen nodig. Een discutabel punt in de methodiek is bijvoorbeeld de keuze voor parameters. De wens vanuit de gebruikers is een eenvoudige en relatief goedkope en robuuste set. De kennis over relaties en interacties in de bodem is echter nog zeer beperkt, dus de kans op verkeerde conclusies ook groot. Belangrijk is het daarom om bij gebruik van de methode (inzet in projecten) steeds zo veel mogelijk voeling met de betreffende percelen, de historie, het bedrijfsmanagement en de ervaringen van de eigenaar op het perceel te hebben en de referenties nadrukkelijk als richting te beschouwen, niet als norm. Behalve het verder ontwikkelen van de systematiek, wat meer een fundamenteel theoretisch karakter heeft, kan de praktijk op basis van een vereenvoudigde methode waarin een aantal sleutelfactoren aan bod komen (zicht op structuur, organische stofbalans en b.v. regenwormendichtheid) zeker nog stappen maken in de richting van een duurzamer bodembeheer.
- Over de betekenis van agrobiodiversiteit voor regulatie van organische stof, nutriënten, water(retentie) en overige bodemdiensten zijn inmiddels de eerste literatuurstudies beschikbaar (Faber et al., 2009), maar het ontbreekt nog aan concrete (regionale) kennis. Het zou goed zijn om met betrekking tot het functioneren van bodemdiensten in Nederland meer (*pilot*) onderzoek te initiëren. Een onderzoeksopzet waarbij bodemgebruikers (akkerbouwers, veehouders, beheerders) actief betrokken worden vergroot de kans dat de nieuwe begrippen ook in de praktijk betekenis gaan krijgen en bodemgebruikers er daadwerkelijk mee aan de slag gaan. De provincie (o.a. ILG) kan hier een centrale rol in spelen.
- Naast onderzoek verdient ook de verspreiding van kennis over duurzaam bodembeheer en agrobiodiversiteit en de vertaalslag van wetenschappelijke kennis naar de praktijk meer aandacht. Het initiatief SPADE (Stimuleringsprogramma Agrobiodiversiteit en Duurzaam Bodembeheer), heeft hier de afgelopen jaren via kennismakelaars invulling aan gegeven. SPADE wordt echter afgebouwd. Aanbevolen wordt om meer mogelijkheden te creëren voor financiële ondersteuning van boeren-netwerken/studiegroepen. Dit nadrukkelijk in combinatie met de mogelijkheid tot demonstratie en het aanleggen van *pilots* zodat ook de inhoudelijke input voor de groepsdiscussie gewaarborgd wordt en deelnemers daadwerkelijk met innovaties aan de slag kunnen gaan.

Aanbevelingen praktijk Voor een duurzaam beheer van Drentse bouw- en graslandpercelen is maatwerk noodzakelijk. In de akkerbouw zijn de mogelijkheden wat betreft gewaskeuze en vruchtopvolgning beperkt. Aanscherping van de gebruiksnormen voor meststoffen biedt telers steeds minder mogelijkheden voor de aanvoer van organische meststoffen en toepassing van bodemverzorgende maatregelen zoals compost. Op de meeste bedrijven is de vruchtbare bouwvoor slechts 30 cm diep en stopt de gewasgroei daarna op het (gele) zand. Bewust en zuinig omgaan met de bodem is in deze situatie de belangrijkste sleutel naar een duurzaam beheer.

- Gebruik de standaard chemische bodemanalyse dus niet alleen om tekorten aan te vullen, maar leg bij de interpretatie meer nadruk op de uitkomsten van het gehalte aan organische stof, C-totaal, N-totaal en de C/N verhouding. Het graven van een profielkuil is een eenvoudige en goedkope methode die veel inzicht geeft in de mogelijkheden en aandachtspunten van de eigen bodem. Grondgebruikers zouden er een gewoonte van moeten maken om dit, eventueel samen met hun adviseurs, regelmatig te doen.
- Op veel akkerbouwbedrijven is de organische stofbalans negatief (er wordt minder aangevoerd dan er wordt afgebroken). Het berekenen (via <http://psgapp.wur.nl/organischestof>) en op peil houden van de organische stofbalans geeft inzicht in de noodzaak voor het nemen van gerichte maatregelen zoals de aanvoer via granen in het bouwplan (incl. stro), compost of het opnemen van gras(klaver) in de rotatie door samenwerking met een veehouder.
- Aanvoer van (labiele) organische stof stimuleert het bodemleven, maar aandacht is nodig voor de kwaliteit van het materiaal en inpassing in het bouwplan (o.a. in relatie tot de gebruiksnormen voor fosfaat).
- Op grasland heeft, vanuit bodembologisch oogpunt gezien, handhaving van de oude graszode de voorkeur. Weeg de voor en nadelen van graslandvernieuwing goed tegen elkaar af en gebruik bij twijfel doorzaaien als tussenoplossing.
- Bij het uitvoeren van grondbewerking (ploegen, woelen) moet altijd rekening worden gehouden met de bodem. Vermijdt (te) zware machines en zoek naar het meest optimale type grondbewerking. Woelen is vaak een korte termijn actie en kan ook negatief uitwerken doordat bestaande poriën en gangen die de verbinding met de ondergrond in stand houden worden vernietigd. Zaaian van een diepwortelend gewas direct na woelen zorgt dat de verbindingen naar de ondergrond gemaakt kan worden en de bodem niet kort na de ingreep weer dicht zakt.
- Investeer (tijd) in kennisontwikkeling via studiegroepen en/of deelname aan projecten.

1 Inleiding

1.1 Probleemstelling

Aanhakend bij het Nationale en Europese beleid wil de provincie Drenthe met haar bodembeleid meer aandacht en sturing geven aan een duurzaam bodembeheer. Een duurzaam bodembeheer richt zich op het behoud en mogelijk een verbetering van de bodemkwaliteit en een optimalere benutting van de ecosysteemdiensten die de bodem biedt. Dit geeft de gebruiker mogelijkheden om met minder input en tegen lagere kosten de gebruiksdoelen te realiseren. Bij het beoordelen van bodemkwaliteit neemt het concept ecosysteemdiensten (functionele eigenschappen voor landbouw en natuur) en de daaruit voortgevloeide 'referenties voor biologische bodemkwaliteit' (Rutgers et al., 2007a) in Nederland inmiddels een belangrijke positie in. De vraag is hoe grondgebruikers op verschillende grondsoorten deze streefbeelden kunnen toepassen om met behulp van beschikbare maatregelen tot een duurzamer bodemgebruik te komen.

1.2 Achtergrond

Internationaal kader Op Europees niveau is het bodembeleid snel aan het veranderen. De Europese Unie (EU) werkt aan een Kaderrichtlijn Bodem. De bodem wordt daarbij gezien als een dynamisch ecologisch systeem. Als belangrijke bodembedreigingen ziet de EU o.a. afname van de hoeveelheid organische stof, bodemverdichting en afname van biodiversiteit (EC 2006). Wat betreft de diensten die de bodem levert (ecosysteemdiensten) is het 'Millennium Ecosystem Assessment' (MA 2005) mede bepalend geweest voor de beleidsagendering van '*ecosystem services*'.

Nationaal kader Op nationaal niveau heeft het bodembeleid gestalte gekregen in de Beleidsbrief Bodem (VROM 2003). Er heeft een accentverschuiving plaats gevonden van 'bescherming van bodemkwaliteit' met de nadruk op chemische aspecten, naar 'duurzaam gebruik van de bodem' in de volle breedte. Dit gaat onder meer gepaard met meer aandacht voor de rol en betekenis van bodemleven, bodemecosystemen en een duurzamer gebruik van ecosysteemdiensten van de bodem (TCB 2003). Voorlopige richtingwijzers van bodems met optimale ecosysteemdiensten zijn door Rutgers et al. (2007a) opgesteld op basis van het Landelijk Meetnet Bodem (LMB) en de Bodembioologische Indicator (Bobi).

Provincie Drenthe De belangrijkste beleidsdoelstellingen van de provincie Drenthe staan beschreven in de nota 'Werk maken van eigen bodem' (2008). De provincie Drenthe streeft naar duurzame ontwikkeling en staat landelijk bekend als voorloper op het gebied van visie en beleid ten aanzien van duurzaam bodemgebruik. Met het project "Bodemkwaliteit Drenthe" geeft de provincie invulling aan het thema 'duurzaam bodemgebruik voor natuur en landbouw'. Ook vanuit de dagelijkse landbouwpraktijk in Drenthe worden steeds vaker vragen gesteld en relaties gelegd tussen de aanwezigheid van organisch materiaal en de bodemstructuur of het versterken van het bodemleven en het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. Deze inzichten zijn echter nog geen gemeengoed, ook door lacunes in de beschikbare kennis.

1.3 Aanleiding

In 2006 heeft het ministerie van VROM samen met het RIVM een project opgezet getiteld “Referenties voor Biologische Bodemkwaliteit (RBB)”. De Nationale referenties kunnen worden gezien als richtingwijzers voor een eindsituatie die het resultaat is van een duurzamer gebruik van de bodem. Een overzicht van de referentiewaarden verscheen in 2007 in het rapport ‘Typering van bodemecosystemen in Nederland met tien referenties voor biologische bodemkwaliteit’ (Rutgers et al., 2007a). De Nationale referenties zijn tot stand gekomen op basis van *expert judgement* en vormen een voorlopige richtlijn. In 2006 is de RBB benadering getest met drie regionale *pilots*. Naast een *pilot* in de Hoeksche Waard (Rutgers et al., 2007b) en één in Banisveld (Huijsmans et al., 2008) is door het Louis Bolk Instituut een *pilot* uitgevoerd in de provincie Drenthe (Smeding et al., 2008). De *pilot* in Drenthe was gericht op de drie belangrijkste groepen bodemgebruikers in de provincie: akkerbouwers (bouwland), veehouders (grasland) en natuurbeheerders. In een zogenaamde RBB-workshop werd door verschillende grondgebruikers een set van voor hen belangrijke ecosysteemdiensten geselecteerd (Tabel 1) en via de in Rutgers et al. (2005) beschreven koppeling tussen ecosysteemdiensten en parameters werd een keuze gemaakt voor een meetset van de meest indicatieve parameters.

Tabel 1: De vijf belangrijkste ecosysteemdiensten geselecteerd voor agrarisch grondgebruik in Drenthe tijdens de RBB-workshop in Balingen, oktober 2006.

1	Waterretentie, opnemen en doorlaten
2	Nutriëntenretentie en levering
3	Weerstand tegen stress, herstelvermogen
4	Zelfreinigend vermogen, schoon grondwater
5	Bodemstructuur, stabiele aggregaten en profielontsluiting

Eén van de conclusies van Smeding et al. (2008) was dat de RBB-systematiek een veelbelovend bruikbaar instrument kan zijn om met verschillende grondgebruikers in een gebied het onderwerp bodemkwaliteit te definiëren en te evalueren. Dit geeft aanknopingspunten voor de grondgebruikers om op de eigen gronden of terreinen keuzes te maken voor inrichting en beheer. Eén van de aanbevelingen was echter dat de relatie tussen (biologische) bodemkwaliteit en het effect van praktische, door grondgebruikers toe te passen maatregelen verder onderbouwd moest worden. Uit de koppeling van parameters naar het functioneren van gewenste ecosysteemdiensten in de akkerbouw bleek dat vooral de diensten waterretentie en weerstand tegen stress verbeterd zouden kunnen worden. De parameters organische stof, regenwormen en nematodendiversiteit spelen een rol bij de beoordeling van deze diensten. Verhoging van organische stof leek de meest voor de hand liggende maatregel ten behoeve van een betere bodemkwaliteit in de akkerbouw. In de veehouderij bleek dat vooral de diensten mineralisatie van organische stof, waterretentie en bodemstructuur verbeterd zouden kunnen worden. Het ‘zo lang mogelijk handhaven van de graszode’ leek een veelbelovende maatregel ten behoeve van een betere bodemkwaliteit in de veehouderij (Kader 1: Maatregelen ten behoeve van een betere bodemkwaliteit

Kader 1: Maatregelen ten behoeve van een betere bodemkwaliteit

Aanvoer van compost Eén van de belangrijkste en relatief makkelijk stuurbare maatregelen in de akkerbouw is mesttype. De meeste akkerbouwers in Drenthe gebruiken vooral kunstmest. Compost is in opkomst en wordt steeds vaker toegepast indien de mineralenboekhouding dat toelaat. Minerale meststoffen voeden vooral de plant en de micro-organismen in de bodem. Organische meststoffen voeden het hele bodemvoedselweb direct en het gewas zowel direct als indirect (na mineralisatie door het bodemleven).

Werking in de bodem GFT-compost bevat per ton product circa 200 kg organische stof, 8 kg stikstof (N-totaal) waarvan het grootste deel organisch gebonden en 3,5 kg fosfaat (P_2O_5). De waarde van compost als bodemverbeteraar is groot, doordat via het gebruik relatief veel stabiele organische stof en relatief weinig voedingsstoffen worden aangevoerd. Stabiele organische stof draagt bij aan de opbouw van organische stof in de bodem. Compost verbetert de uitwisseling van kationen in de bodem waardoor nutriënten beter kunnen worden vastgehouden en de kans op uitspoeling vermindert. In akkerbouwgronden wordt jaarlijks 1000-2500 kg organische stof per hectare afgebroken (gemineraliseerd) door het bodemleven. Deze hoeveelheid moet minimaal worden aangevuld om het organische stofgehalte op peil te houden. Gebruikmaken van compost is een van de maatregelen waarmee dit kan.

Compost en regelgeving Bij het gebruik van compost dient men zich te houden aan de gebruiksnormen binnen de mestwetgeving. Voor bouwland met een hoog Pw getal (>55) geldt in 2010 een gebruiksnorm van 75 kg P_2O_5 ha⁻¹ jaar⁻¹. Fosfaat uit compost telt daarbij voor 50% mee, stikstof voor 10%: bij een aanvoer van 20 ton GFT compost/ha met 7 kg N en 3,3 kg P_2O_5 mag gerekend worden met een aanvoer van $20 \cdot 7 \cdot 0,1 = 14$ kg N/ha en $20 \cdot 3,3 \cdot 0,5 = 33$ kg P_2O_5 /ha. Veel akkerbouwers in Drenthe ervaren de gebruiksnorm voor fosfaat als beperkend voor het inzetten van compost.

Grasland doorzaaien of spitten en herinzaaien Graslandvernieuwing brengt milieutechnische en bedrijfseconomische risico's met zich mee. Door mineralisatie van organische stof uit de ondergeploegde zode kan een grote hoeveelheid stikstof vrijkomen. Ophoping van minerale N in de bodem kan leiden tot nitraatuitspoeling naar het grondwater. Scheuren en herinzaaien kunnen ook veel invloed hebben op de bodemkwaliteit en het bodemleven. In het algemeen is het verstoren van de zode nadelig voor de stabiliteit en ontwikkeling van het bodemleven.

Graslandscheuren en regelgeving Sinds 2006 is scheuren en herinzaaien van grasland in het najaar verboden vanwege de extreme verliezen aan nutriënten naar het grond- en oppervlakte water. Voor de praktijk betekent dit dat de maatregel nu in het voorjaar (1 februari t/m 10 mei) moet worden uitgevoerd. Gevreesd wordt echter voor de risico's van droogte, opbrengstderving van de 1e snede en de onkruiddruk (o.a. kweek) bij herinzaai in het voorjaar.

1.4 Projectdoelstelling

Het project "Bodemkwaliteit Drenthe" moet bijdragen aan een breder draagvlak voor duurzaam bodemgebruik in Drenthe. Verdieping (meerjarige metingen) van de resultaten uit de RBB *pilot* moet het inzicht vergroten in de stuurmogelijkheden van grondgebruikers in de eigen praktijk. Concreet zijn er een aantal subdoelen benoemd:

- Toetsing van het korte termijn effect op (biologische) bodemkwaliteit van de maatregelen 'compost' (akkerbouw) en 'zo lang mogelijk handhaven van de graszode' (veehouderij).
- Toespitsing van de nationale referentie voor duurzaam bodembeheer in akkerbouw en veehouderij op zandgrond naar de situatie in Drenthe, mogelijk met een vereenvoudiging van de meetset.
- Het vergroten van de interesse van Drentse akkerbouwers en veehouders in de eigen bodem, het opdoen van kennis en inzicht in Drentse bodems en het verkrijgen van praktische adviezen voor het sturen op bodemkwaliteit, al dan niet via uitwisseling met collega's.

1.5 Aanpak Bodemkwaliteit Drenthe 2007-2009

Het onderzoek vond plaats op praktijkbedrijven. In totaal werd er gemeten op 9 onderzoekslocaties (4 akkerbouw-bedrijven, 5 veehouderijbedrijven, waarvan 1 biologisch) op zandgrond op de lijn Beilen-Emmen, Midden-Drenthe (Figuur 1). Speciale aandacht gaat uit naar de vertaling van (a)biotische bodemparameters naar ecosysteemdiensten. De metingen zijn per sector (akkerbouw en veehouderij) verdeeld in twee onderdelen, te weten:

1. Metingen op bouw- of graslandpercelen, met als voornaamste doel het verkrijgen van een meerjarige meetreeks, het vergelijken met de Nationale referentie en de vertaling naar ecosysteemdiensten;
2. Meting van het effect van een maatregel ten behoeve van een betere bodemkwaliteit (inzet van compost op bouwland en handhaven versus herinzaaien van de graszode op grasland).

Op de locaties werd de bodem bemonsterd met een selectie van parameters uit de RBB-*pilot* studie. Gedurende de looptijd van het project zijn de deelnemende akkerbouwers en veehouders actief bij de uitvoering betrokken en zijn resultaten regelmatig teruggekoppeld.



Figuur 1: De vier akkerbouwbedrijven (cirkel; A, B, C en D) en de vijf veehouderijbedrijven (vierkant; E, F, G, H en I), gelegen op de lijn Beilen-Emmen (Google Earth).

1.6 Leeswijzer

De activiteiten binnen dit project bestaan enerzijds uit metingen op meerdere praktijkpercelen, anderzijds uit metingen gericht op toetsing van het effect van maatregelen ten behoeve van een betere bodemkwaliteit. Uiteindelijk gaat het in beide gevallen om het functioneren van ecosysteemdiensten. Beide onderdelen werden uitgevoerd op bouwlandpercelen van Drentse akkerbouwers en op graslandpercelen van Drentse veehouders. Daarnaast is vanuit het project gewerkt aan vergroting van het draagvlak voor duurzaam bodembeheer in Drenthe via diverse communicatie activiteiten.

In hoofdstuk 2 worden de onderzoeksvragen, materiaal en methoden, resultaten en discussie op akkerbouw-bedrijven beschreven. In hoofdstuk 3 worden onderzoeksvragen, materiaal en methoden, resultaten en discussie op veehouderijbedrijven beschreven. In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de kansen en knelpunten omtrent de toespitsing van de nationale referentie naar de regionale situatie in Drenthe en vereenvoudiging van de meetset. In hoofdstuk 5 wordt verslag gedaan van de communicatie activiteiten vanuit het project en is aandacht voor de praktische bruikbaarheid en kosteneffectiviteit (kosten-batenanalyse) van de toegepaste praktijkmaatregelen 'compost' en 'zo lang mogelijk handhaven van de graszode versus scheuren'. In hoofdstuk 6 staan de conclusies en in hoofdstuk 7 de aanbevelingen voor beleid en praktijk.

2 Onderzoek op akkerbouwbedrijven

2.1 Onderzoeksvragen

Bodemleven speelt een belangrijke rol bij de biologische processen in de bodem en bij de ecosysteemdiensten die de bodem levert zoals nutriëntenretentie en -levering, waterregulatie en behoud van bodemstructuur. Bij het zoeken naar duurzame landbouwsystemen wordt het gebruik van deze processen en diensten steeds belangrijker. De RBB-systematiek koppelt ecosysteemdiensten aan meetbare parameters in de bodem. De nationale referentie geeft streefwaarden voor die parameters, gericht op een duurzame situatie voor bijvoorbeeld akkerbouw op zandgrond. De vraag is in hoeverre de bodems op akkerbouwbedrijven in Drenthe voldoen aan de streefwaarden van de nationale referentie. Tijdens de RBB *pilot* in 2006 werd voor een aantal biologische parameters (o.a. bacteriebiomassa en nematodendiversiteit) een veel lagere waarde gemeten dan de streefwaarde van de nationale referentie. Meerjarig onderzoek werd wenselijk geacht voor een beter gefundeerde uitspraak. Tevens kwam uit de *pilot* de input van organische stof (via mesttype of compost) naar voren als veelbelovende maatregel. De onderzoeksvragen vanuit de akkerbouw zijn als volgt geformuleerd:

1. Hoe scoort de (biologische) bodemkwaliteit van Drentse akkerbouwpercelen ten opzichte van de nationale referentie voor akkerbouw op zand?
2. Hoe scoren de verschillende ecosysteemdiensten?
3. Wat is het korte termijn effect van verhoging van de organische stofinput op de bodemkwaliteit en het functioneren van de ecosysteemdiensten?

2.2 Materiaal en methoden

2.2.1 Proefopzet en locatie

1. Bodemkwaliteit op akkerbouwpercelen Tijdens de RBB *pilot* in 2006 (Smeding et al., 2008) werd reeds een zorgvuldige keuze gemaakt voor 4 akkerbouwbedrijven op de lijn Beilen-Emmen (Figuur 1). Belangrijke criteria voor selectie waren de vergelijkbaarheid tussen bedrijven (o.a. bouwplan) en het bodemtype. Percelen in 2007 werden gekozen op basis van hetzelfde gewas en in beide jaren (suikerbieten in 2007 en aardappels in 2008) en op basis van een organische stofgehalte tussen 5 en 7%. Per akkerbouwbedrijf werd binnen één perceel een plot van 20 m² uitgezet en bemonsterd in het najaar van 2007 en 2008.

2. Effect van verhoging van organische stofinput op bodemkwaliteit Voor het beantwoorden van onderzoeksvraag drie werd binnen één praktijkperceel een experiment aangelegd met de maatregel 'verhoging van de organische stofinput'. Vanwege de lokale beschikbaarheid werd gekozen voor de inzet van GFT-compost (Bijlage 1). Het experiment werd aangelegd in viervoud op zandgrond (1% lutum, 3,2% OS, pH 5,5) in Wezup, Drenthe. Plotgrootte was 20 m². De voorvrucht was suikerbiet. Op 25 februari 2008 werd GFT-compost toegediend op drie niveaus: géén compost (C0), 30 ton compost/ha (C30) en 90 ton compost/ha (C90). De extreme variant werd aangelegd om de effectrichting beter te traceren omdat het effect van een normale dosering compost na 1 jaar waarschijnlijk beperkt zou zijn. De compost werd

ingewerkt in ruggen en er werden aardappels gepoot. De praktijkgift voor aardappel is 200 kg N/ha. Met de compostgift van 30 ton/ha werd 99 kg P₂O₅ en 186 kg K₂O aangevoerd. Om de hoeveelheid NPK in de varianten zo veel mogelijk gelijk te trekken werd in april bijbemest met kunstmest. De bemesting per variant is weergegeven in Bijlage 2. Eind oktober 2007, kort na de oogst van de suikerbieten, vond de nulmeting plaats per plot. Op 1 september 2008 werden de plots in het proefveld bemonsterd en visueel beoordeeld. De maandelijkse gemiddelden voor neerslag en temperatuur zijn gegeven in Bijlage 3.

2.2.2 Parameterset

In het onderzoek is een keuze gemaakt voor een aantal parameters. Uitgangspunt was de parameterset op basis van de vijf belangrijkste ecosysteemdiensten zoals die werd toegepast door Smeding et al. (2008) en de set van 25 indicatoren voor de nationale referenties door Rutgers et al. (2007a). Op basis van indicatorwaarde, praktische bruikbaarheid en beschikbaar budget is gekozen voor 11 indicatoren uit de referentieset, aangevuld met 7 indicatoren, o.a. uit de LBI-toolkit¹ voor duurzaam bodembeheer (Tabel 2).

Tabel 2: Parameters in het project Bodemkwaliteit Drenthe.

Parameter	Eenheid
Bacteriële biomassa	µg C/g droge grond
Potentiële N-mineralisatie	mg N/kg.week
Mineraliseerbare N	mg N/kg grond
Respiratie	mg CO ₂ /100 g grond.week
Nematoden dichtheid	aantal/100 g grond
Nematoden diversiteit	aantal taxa
Regenwormen dichtheid	aantal/m ²
Regenwormen diversiteit	aantal adulte taxa
Zuurgraad (pH)	-log H ⁺
Organische stof	% droge stof
C-totaal	g C/kg grond
N-totaal	g N/kg grond
Wateroplosbaar P (P _w)	mg P ₂ O ₅ /l
Extraheerbaar P (P-AI)	mg P ₂ O ₅ /100 g
Lutum	%
Bulkdichtheid	g/cm ³
Scherpblokkige structuren	%
Beworteling	aantal/m ²

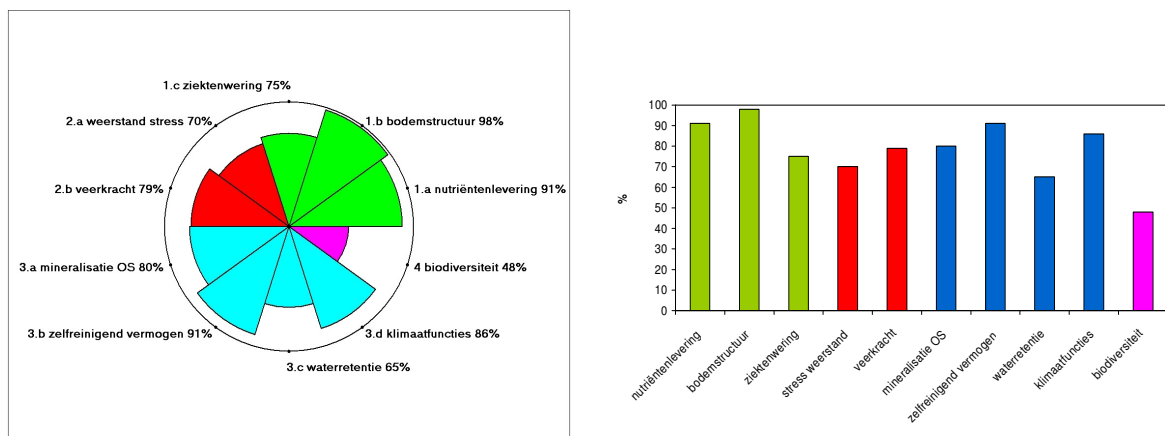
¹ De LBI toolkit voor duurzaam bodembeheer bevat een aantal instrumenten die inzicht geven in bodemchemische-, bodemfysische- en bodembioologische aspecten van bodemkwaliteit. De toolkit bevat o.a. een handleidingen voor bodemprofielbeoordeling en bepaling van regenwormendichtheid, instrumenten voor het meten van bulkdichtheid en bodemweerstand en een veld- of laboratoriummethode voor het meten van de bodemrespiratie.

2.2.3 Bemonstering

Eind oktober 2007 werden bodemonsters genomen voor analyse op chemische, fysische en biologische bodemeigenschappen (nulmeting), zowel op de 4 bouwlandpercelen (onderdeel 1) als in het experiment (onderdeel 2). Per plot van 20 m² werd met een graslandboor een bulkmonster gestoken van ca. 1 kg (0-10 cm diep, ø 2,3 cm). In 2008 werd bemonsterd in de eerste week van september en werd het monster halverwege de aardappelruggen gestoken. Het monster werd gezeefd en verdeeld over submonsters voor chemische analyse (BLGG Oosterbeek), analyse van vrijlevende nematoden en indeling in trofische groepen en cp-groepen (BLGG Wageningen) en microbiologische analyse (ALTERRA en Lab LBI). De bulkdichtheid werd in 2007 gemeten in de laag 2-7 cm en in 2008 net onder de aardappelrug. Per plot werden 5 ongestoorde ringmonsters gestoken van 100 cc. In 2008 werd de bodemstructuur visueel bepaald door een schatting van het percentage kruimelige, afgeronde en scherpe structuurelementen in de laag 10-30 cm (gerekend vanaf bovenkant rug). Van het aantal aardappelwortels werd een schatting gemaakt door tellen van het aantal wortels op een oppervlak van 10 cm² op 30 cm diepte (gerekend vanaf bovenkant rug). Per plot werd het aantal wormen in twee kluiten (20x20x20 cm) geteld en op het lab gedetermineerd tot op soort. In 2008 werden per plot 24 aardappelplanten geoogst en werd de opbrengst van 24 planten bepaald. Op 29 juni en 1 juli 2009 werden de akkerbouwbedrijven nogmaals bezocht en werd per locatie een visuele bodembeoordeling uitgevoerd.

2.2.4 Van bodemparameters naar ecosysteemdiensten

De ecosysteemdiensten worden beoordeeld door te veronderstellen dat een dienst optimaal is (100% of 1) indien de waarde gelijk is aan de Nationale referentiewaarde (Rutgers et al., 2007a). Op basis van *expert judgement* is een selectie gemaakt van parameters die meetellen bij het bepalen van de score voor een ecosysteemdienst (Bijlage 4). Alle parameters die relateren aan een bepaalde ecosysteemdienst, doen ongewogen mee bij de bepaling of een dienst optimaal wordt geleverd. De uitslagen van de verschillende ecosysteemdiensten kunnen worden weergegeven via een histogram of 'amoebe'. In het rapport van Smeding et al. (2008) werd gebruik gemaakt van de weergave via een 'amoebe' (Figuur 2, links). In dit rapport wordt gebruik gemaakt van de weergave via een histogram (Figuur 2, rechts). Voordeel van de weergave via een histogram is dat de resultaten van meerdere jaren in één grafiek weergegeven kunnen worden. Hoewel de parameterset in Drenthe werd toegespitst op de door bodemgebruikers genoemde vijf belangrijkste ecosysteemdiensten (waterretentie, nutriëntenlevering, weerstand tegen stress, zelfreinigend vermogen en bodemstructuur), lijkt het op basis van de *pilot* methodisch verantwoord om ook uitspraken te doen voor de overige vijf ecosysteemdiensten.



Figuur 2: Amoebegrafiek van de vijf 'goede' bouwlandpercelen in Drenthe RBB pilot-2006 (links) en histogram van dezelfde data (rechts). De prestatie van ecosystemendiensten is afgezet tegen de nationale referentie akkerbouw op zand (= 100%, links weergegeven door de cirkel, rechts door het maximum van het histogram). De kleur van de taartpunt of staaf correspondeert met een ecologische basisdienst: groen = productie, rood = weerstand en herstel, blauw = milieu en paars = habitatfunctie.

2.2.5 Statistische analyse

Data werden geanalyseerd m.b.v. GENSTAT (11th edition). Data van de vier bouwlandpercelen werden geanalyseerd m.b.v. een one-way variantieanalyse (ANOVA) met jaar van bemonstering als factor. Effect van de behandeling werd toegekend op basis van de least significant difference (LSD).

Data uit het experiment met compost werden geanalyseerd m.b.v. een two-way variantieanalyse (ANOVA) met gerandomiseerde blokken, met compostbehandeling (C0, C30, C90) en jaar van bemonstering als factor. Effecten van de factoren werden toegekend op basis van de least significant difference (LSD).

2.3 Resultaten

2.3.1 Bodemkwaliteit op akkerbouwpercelen

Het bodemprofiel op de vier bemonsterde percelen was vergelijkbaar; een donkere laag van 35 tot 45 cm met humeuze zandgrond en daaronder (geel) zand. Op sommige percelen zaten veenresten, keileem of loodzand in de ondergrond. De structuur in de toplaag (0-20 cm) was op de meeste percelen redelijk tot goed, daaronder was de bodem echter vaak verdicht en waren er weinig sporen van bodemleven zichtbaar.

Een overzicht van de resultaten van de bodemanalyses per bedrijf is gegeven in Bijlage 5. Hieronder wordt in drie subparagrafen achtereenvolgens ingegaan op de drie onderzoeksvragen zoals geformuleerd in paragraaf 2.1. Om het beeld zo volledig mogelijk te maken zijn in de tabellen in paragraaf 2.3.1.1. ook de waarden uit de RBB *pilot* van 2006 opgenomen.



Figuur 3: Veel voorkomend profiel in Drenthe: vruchtbare laag van ca. 30 cm, daaronder zand of keileem.

2.3.1.1 Bodemkwaliteit op akkerbouwpercelen ten opzichte van de nationale referentie

Bodemchemisch De gemiddelden van de gemeten waarden voor de belangrijkste chemische parameters liggen allemaal rondom de Nationale referentie en het landelijk gemiddelde voor akkerbouw op zand. De metingen in 2007 en 2008 bevestigen de waarden uit 2006. De verschillen tussen 2007 en 2008 zijn statistisch niet significant ($p > 0,05$). Opvallend is het relatief hoge gemiddelde organische stofgehalte in 2006.

Tabel 3: Bodemchemische parameters. Gemiddelde van metingen op bouwlandpercelen in 2007 en 2008 ten opzichte van de nationale referentie, het landelijke gemiddelde en de metingen uit 2006.

Parameter	Referentie (n=6)	Gemiddelde (n=28)	2006* (n=10)	2007 (n=4)	2008 (n=4)
Zuurgraad (pH-KCl)	5,3	5,1	5,4	5,4	5,2
Organische stof (% droge stof)	6,9	7,6	8,3	5,6	6,9
C-totaal (g/kg)	n.v.t.	n.v.t.	*	32	40
N-totaal (g/kg)	n.v.t.	n.v.t.	2,0	1,6	1,9
C/N-ratio	n.v.t.	n.v.t.	*	22	20
Wateroplosbaar P (Pw, mg P ₂ O ₅ /l)	78	62	70	65	54
Extraheerbaar P (P-Al, mg P ₂ O ₅ /100g)	62	54	57	49	56
Lutum (% < 2µm)	4,5	2,3	2,4	1,3	1,5

**2006: gemiddelde van de 5 'goede' en 5 'slechte' locaties uit de RBB pilot van 2006 (Smeding et al., 2008).*

Metingen op andere percelen, maar op dezelfde bedrijven als in 2007 en 2008.

Bodembologisch De gemiddelden van de gemeten waarden voor bodembologische parameters lagen in 2006 grotendeels onder de nationale referentie. Ook in 2007 en 2008 was dit het geval. Ten opzichte van het landelijke gemiddelde voor akkerbouwpercelen op zandgrond is de afwijking in de meeste gevallen

kleiner (Tabel 4). Opvallend is de zeer lage bacteriebiomassa op bouwlandpercelen in Drenthe. Die ligt ca. 50-80% lager dan de nationale referentie. De oorzaak van de afname is onduidelijk.

Tabel 4: Bodembioologische parameters. Gemiddelde van metingen op bouwlandpercelen in 2007 en 2008 ten opzichte van de nationale referentie, het landelijke gemiddelde en de metingen uit 2006.

Parameter	Referentie (n=6)	Gemiddelde (n=28)	2006* (n=10)	2007 (n=4)	2008 (n=4)
Bacteriële biomassa ($\mu\text{g C/g}$ droge grond)	81	88	46	23	18
Potentiële N-mineralisatie (mg N/kg.wk)	5,6	4,3	3,6	4,3	4,3
Potentieel mineraliseerbare N (mg N/kg)	n.v.t.	n.v.t.	34	23	24
Nmin/minN	n.v.t.	n.v.t.	0,10	0,19	0,20
Respiratie ($\text{mg CO}_2/100\text{ g. wk}$)	n.v.t.	n.v.t.	65	*	54
Nematoden dichtheid ($\#/100\text{ g grond}$)	4240	3605	3459	2992	3502
Nematoden diversiteit (# taxa)	29	26	19	18 ^a	25 ^b
Regenwormen dichtheid (totaal $\#/m^2$)	77	30	118	46	17
Regenwormen dichtheid (# volwassen/ m^2)	n.v.t.	n.v.t.	35	10	13
Regenwormen diversiteit (volwassen, # taxa)	2,8	1,8	0,7	0,8	0,5

*2006: gemiddelde van de 5 'goede' en 5 'slechte' locaties uit de RBB pilot van 2006 (Smeding et al., 2008).

Metingen op andere percelen, maar op dezelfde bedrijven als in 2007 en 2008. Waarden met verschillende letters (a en b) binnen een rij zijn significant verschillend op basis van een one-way ANOVA en LSD post hoc test.

Ook de regenwormendichtheid en -diversiteit ligt lager dan de referentie. Er werden slechts vier soorten regenwormen gevonden: *Aporrectodea caliginosa* en *Allolobophora chlorotica*, grauwe wormen die zich door de grond heen eten en daardoor de bodemstructuur verbeteren. En *Dendrobaena tenuis* en *Lumbricus rubellus*, strooiselbewoners die dood organisch materiaal fragmenteren en sterk bijdragen aan de decompositie. In 2006 werden gemiddeld 118 regenwormen per m^2 gevonden (Tabel 4). Dit hoge aantal kan verklaard worden door de gewassen op de bemonsterde percelen in 2006: op 4 van de 8 percelen stond een graan of groenbemester en alleen op deze percelen werden regenwormen gevonden. Op de overige percelen werd bemonsterd na mais of suikerbieten en werden geen wormen gevonden. Op basis van deze informatie zijn de lage aantallen in 2007 en 2008 (allemaal gemeten na suikerbieten en in aardappel) niet verwonderlijk. Voor de nationale referentie werd bemonsterd op bedrijfsniveau en is de waarde gebaseerd op monsters van verschillende percelen. Dat verklaart de relatief hoge waarde voor de referentie.

Opmerkelijk is dat op één van de percelen in 2006 (na gerst) 238 wormen/ m^2 werden gevonden, in 2007 (na suikerbieten) 90 en in 2008 (in aardappel) nog slechts 19. Echter, vóór de gerst in 2006, had er ook twee jaar aardappel gestaan. Achteraf was het interessant geweest om ook in 2009 (opnieuw gerst) wormentellingen te doen om te zien hoe snel de populatie zich dankzij een graan kan herstellen. Ook op locatie C werd één perceel drie jaar achtereenvolgend. Dit perceel had in 2007 en 2008 een vruchtopvolgving van korrelmais (2006 en 2007) en gerst (2008). Verder werd het perceel niet meer geploegd. Toch werd in geen van de onderzoeksjaren een regenworm gevonden. Klaarblijkelijk spelen naast bouwplan en bodembewerking ook nog andere factoren een rol. Mogelijk gewasbescherming?

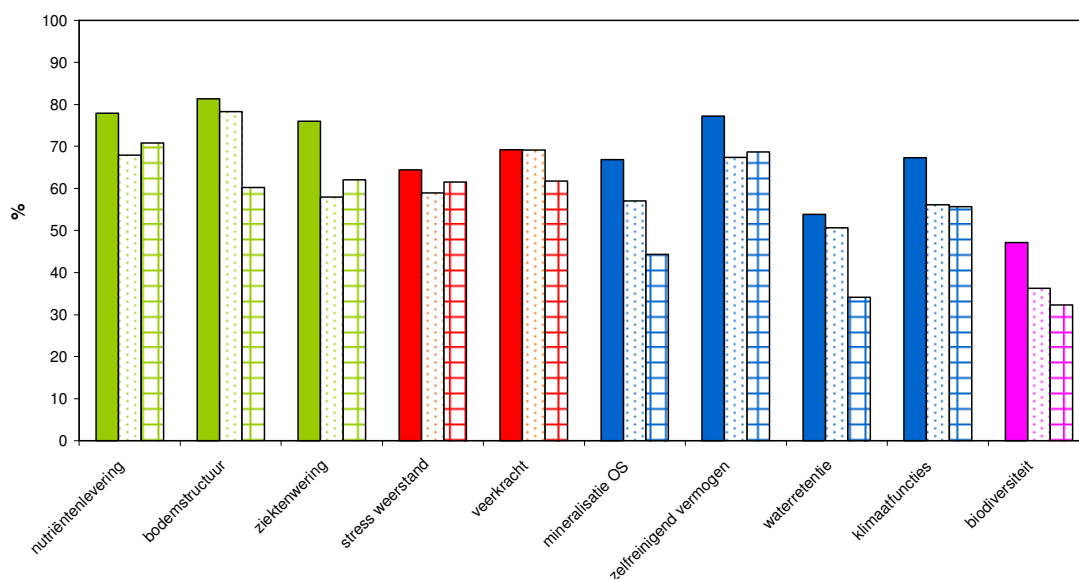
Nematodendiversiteit was in 2008 significant ($p > 0,05$) hoger dan in 2007. Er is geen verband met de nematodendichtheid. Mogelijk wordt de hogere dichtheid in 2008 verklaard door het gewas (suikerbieten in 2007, aardappel in 2008). Nematodendichtheid was in beide jaren lager dan de Nationale referentie.

2.3.1.2 *Het functioneren van ecosysteemdiensten op bouwland*

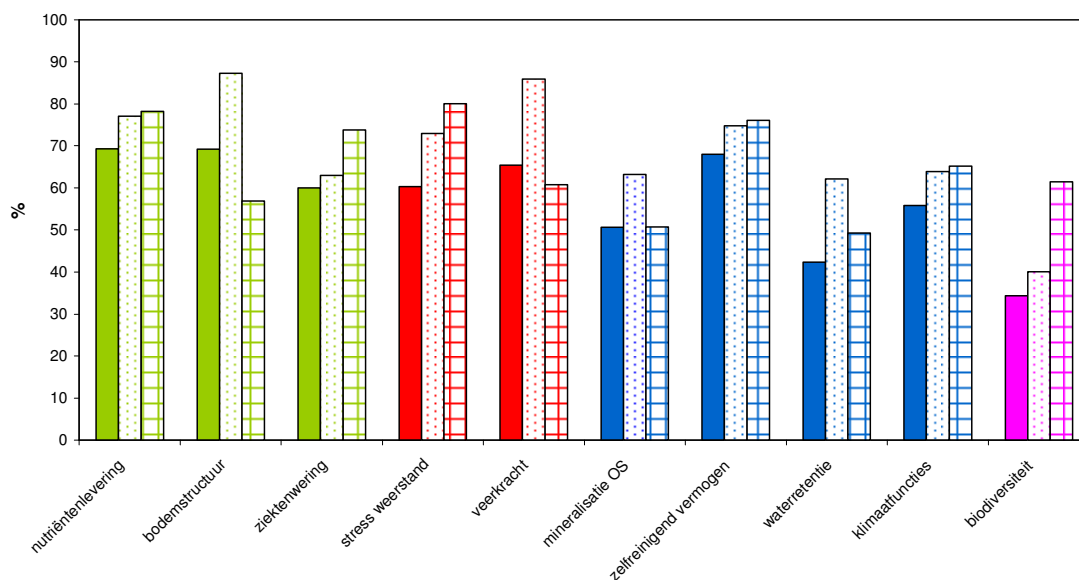
Agrarische grondgebruikers in Drenthe hechten het meeste belang aan de vijf ecosysteemdiensten waterretentie, nutriëntenlevering, weerstand tegen stress, zelfreinigend vermogen en bodemstructuur. Uit Figuur 4 blijkt dat tijdens de *pilot* in 2006 (Smeding et al., 2008) de ecosysteemdiensten bodemstructuur, nutriëntenlevering en zelfreinigend vermogen op basis van de gekozen parameterset het duurzaam veronderstelde niveau redelijk benaderden (afwijking $< 25\%$) en dat ook de dienst ziektevermindering relatief goed scoorde. Op basis van de metingen in 2007 behaalde alleen de dienst bodemstructuur een score $> 75\%$ en in 2008 kwam geen van de ecosysteemdiensten hoger dan een score van 71%. Dit wil echter niet zeggen dat de bodemkwaliteit van percelen achteruit is gegaan.

Eén van de oorzaken van de lagere scores in 2007 en 2008 ligt bij de keuze van de percelen. Figuur 6 geeft het functioneren van de ecosysteemdiensten in 2006 weer op basis van de gemiddelde parameterscore van de 10 percelen (Tabel 3 en Tabel 4). Een belangrijke oorzaak van de relatief hoge score van diensten is het relatief hoge organische stofgehalte op de toen bemonsterde percelen en het belang van deze parameter bij de bepaling van het functioneren van ecosysteemdiensten (Bijlage 4). In 2007 en 2008 werden percelen niet gekozen op basis van 'goed' of 'slecht' maar op basis van eenzelfde gewas (aardappel na suikerbiet) en op basis van een organische stofgehalte tussen 5 en 7%. De lagere totale score voor ecosysteemdiensten op deze percelen wordt vooral verklaard door relatief lage waarden voor de parameters organische stof, bacteriële biomassa, nematodendichtheid en regenwormendichtheid. De diensten waarbij deze parameters een rol spelen (bodemstructuur, mineralisatie organische stof en waterretentie) laten daarom relatief grote verschillen zien tussen 2007 en 2008 (Figuur 4).

Een andere oorzaak van de relatief lage scores wordt bepaald door de streefwaarden van de nationale referentie (de 100% waarde). Daarbij moet worden opgemerkt dat deze streefwaarden 'slechts' voorlopige richtingwijzers van bodems met optimale ecosysteemdiensten betreffen en dat de keuze is gebaseerd op *expert judgement*. Het RIVM geeft aan dat metingen en waarnemingen in de toekomst uit zullen moeten wijzen in hoeverre de juiste keuzes zijn gemaakt (Rutgers et al., 2007a). Indien de resultaten uit 2007 en 2008 worden vergeleken met het landelijke gemiddelde, i.p.v. met de nationale referentie, dat is gebaseerd op een groter aantal bedrijven ($n=28$), ziet het beeld er voor alle diensten gunstiger uit (Figuur 5): ten opzichte van het landelijke gemiddelde behalen vier van de vijf gewenste diensten op basis van de gekozen parameterset dan een score van 75% of meer. In de RBB-*pilot* van 2006 is door Smeding et al. (2008) geëxperimenteerd met de keuze van de referenties. De vijf 'goede' bouwlandpercelen werden daarbij als regionale referentie voor akkerbouw in Drenthe gebruikt. Vergelijking van de gemiddelde resultaten uit 2007 en 2008 met deze regionale referentie laat zien dat de ecosysteemdiensten nutriëntenretentie, ziektevermindering, weerstand tegen stress, zelfreinigend vermogen, klimaatfuncties en biodiversiteit dan beter scoren dan bij vergelijking met de nationale referentie.



Figuur 4: Prestatie van de ecologische diensten op bouwlandpercelen in 2006 (vet), 2007 (stip) en 2008 (ruit) afgezet tegen de nationale referentie akkerbouw op zand (100%). De kleur van de kolommen correspondeert met een ecologische basisdienst: groen = productie, rood = weerstand en herstel, blauw = milieu en paars = habitatfunctie.



Figuur 5: De prestatie van de ecologische diensten op bouwlandpercelen (gemiddelde van 2007 en 2008) afgezet tegen de nationale referentie (vet), tegen het landelijke gemiddelde voor bouwland op zand (stip) en tegen de regionale referentie (ruit). De kleur van de kolommen correspondeert met een ecologische basisdienst: groen = productie, rood = weerstand en herstel, blauw = milieu en paars = habitatfunctie.

2.3.2 Effect van verhoging van organische stofinput op bodemkwaliteit

Voor het bepalen van het effect van verhoging van de organische stofinput op bodemkwaliteit (zie paragraaf 2.2.1) werd een experiment aangelegd op een perceel met een bodemprofiel bestaande uit een donkere laag van 35 tot 45 cm met humusarme zandgrond en daaronder geel zand. De structuur in de bouwvoor (0-30 cm) was op de meeste plots matig (veel scherpblokkige structuurelementen vanaf 20 cm, matige beworteling via breukvlakken naar de ondergrond, weinig zichtbaar bodemleven). Ten opzichte van de vier bemonsterde akkerbouwpercelen was het organische stofgehalte op het perceel waar het experiment werd aangelegd laag (3,2%).

Hieronder volgt eerst de bespreking van de bodemchemische en -fysische parameters en de opbrengst, gevolgd door een bespreking van de bodembologische parameters, in relatie tot de nationale referentie en het landelijk gemiddelde voor bouwland op zandgrond. Daarna wordt de koppeling gemaakt van bodemparameters naar ecosysteemdiensten en wordt duidelijk of de maatregel compost op termijn van 1 jaar al leidt tot een meetbare verbetering van het functioneren van ecosysteemdiensten.

Bodemchemisch, bodemfysisch en opbrengst Na één teeltseizoen had compostniveau een significant effect ($p > 0,05$) op de zuurgraad (pH): hoe meer compost, hoe hoger de pH. Toevoeging van 90 ton GFT/ha lijkt het organische stofgehalte in de bodem te verhogen, maar als gevolg van grote spreiding in de metingen is het verschil tussen varianten niet significant. De inzet van GFT-compost in februari 2008 had in september 2008 een statistisch significant ($p > 0,05$) positief effect op de bodemstructuur op 20 cm diepte: hoe meer compost er werd ingezet, hoe minder scherpblokkige structuurelementen.

Tabel 5: Bodemchemische parameters. Gemiddelde van metingen in 2008 op vier plots per behandeling ten opzichte van het gemiddelde van alle 12 plots in 2007 in het najaar voordat de behandelingen werden toegepast.

Parameter	Referentie	Gemiddelde	2007	2008		
	(n=6)	(n=28)	(n=12)	C0 (n=4)	C30 (n=4)	C90 (n=4)
Zuurgraad (pH-KCl)	5,3	5,1	5,5	5,4 ^a	5,5 ^{ab}	5,6 ^b
Organische stof (% droge stof)	6,9	7,6	3,2	3,4	3,3	3,7
N totaal (g N/kg)	n.v.t.	n.v.t.	0,99	1,1	1,1	1,2
C totaal (g C/kg)	n.v.t.	n.v.t.	18	18	19	17
C/N ratio	n.v.t.	n.v.t.	18	16	17	14
Wateroplosbaar P (P _w , mg P ₂ O ₅ /l)	78	62	84	61	55	61
Extraheerbaar P (P-AI, mg P ₂ O ₅ /100g)	62	54	59	63	62	65
Lutum (% < 2µm)	4,5	2,3	1	<1	<1	<1
Bulkdichtheid (g/cm ³)	n.v.t.	n.v.t.	1,40	1,35	1,33	1,29
Scherpblokkige structuur op 20 cm (%)	n.v.t.	n.v.t.	*	90 ^b	78 ^{ab}	63 ^a
Beworteling op 20 cm (#/m ²)	n.v.t.	n.v.t.	*	1025	1200	1550
Opbrengst aardappels* 2008 (kg)	n.v.t.	n.v.t.	*	22	24	23

*Opbrengst van 24 planten. Waarden met verschillende letters (a en b) binnen een rij zijn significant verschillend op basis van een one-way ANOVA en LSD post hoc test.

Overeenkomstig was er in de beworteling van de aardappel op 20 cm diepte een trend zichtbaar van meer wortels bij inzet van een grotere hoeveelheid compost.

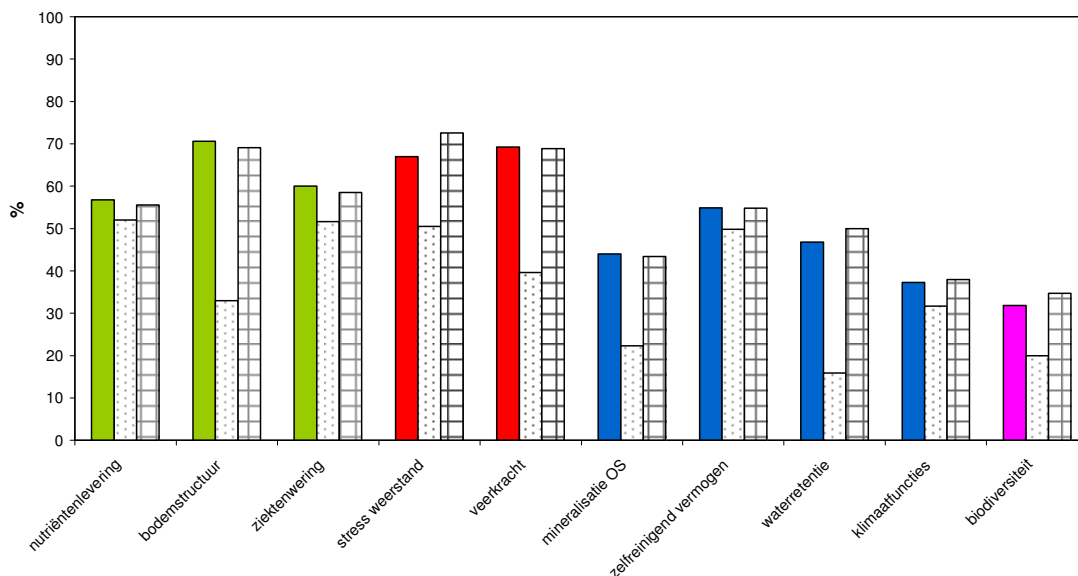
Compostniveau had geen significant effect op de bulkdichtheid in de bouwvoor, maar ook hier werd een trend zichtbaar: hoe meer compost, hoe lager de bulkdichtheid. Een logisch gevolg van het feit dat er bij een hoger organische stofgehalte ook meer organische stof met een relatief lage dichtheid in de monsters zit. Er was na 1 jaar nog geen verschil in opbrengst of sortering van de aardappels meetbaar.

Bodembologisch Na één teeltseizoen had compostniveau geen significant effect op biologische bodem-parameters. Opvallend was ook hier, evenals in de vier bouwlandpercelen, de lage bacteriebiomassa in 2008. Het effect van compostniveau op regenwormendichtheid was niet statistisch significant. Dit werd veroorzaakt door de zeer lage aantallen regenwormen per vierkante meter. Tijdens de visuele bodembeoordeling (op dezelfde dag als de bepaling van regenwormendichtheid) werden in alle plots wel gangen van regenwormen waargenomen. Mogelijk hadden de wormen zich ten tijde van de bemonstering teruggetrokken in diepere bodemlagen. Waarom er in de variant C30 extreem weinig wormen zaten is onduidelijk.

Tabel 6: Bodembologische parameters. Gemiddelde van metingen in 2008 op vier plots per behandeling ten opzichte van het gemiddelde van alle 12 plots in 2007 in het najaar voordat de behandelingen werden toegepast.

Parameter	Referentie	Gemiddelde	2007	2008		
				C0	C30	C90
	(n=6)	(n=28)	(n=12)	(n=4)	(n=4)	(n=4)
Bacteriële biomassa ($\mu\text{g C/g}$ droge grond)	81	88	24	11	7	11
Potentiële N-mineralisatie (mg N/kg.wk)	5,6	4,3	6,5	4,3	4,3	4,2
Potentieel mineraliseerbare N (mg N/kg)	n.v.t.	n.v.t.	31	24	25	26
Nmin/minN	n.v.t.	n.v.t.	0,21	0,18	0,17	0,16
Respiratie ($\text{mg CO}_2/100\text{ g. wk}$)	n.v.t.	n.v.t.	58	57	61	64
Nematoden dichtheid ($\#/100\text{ g grond}$)	4240	3605	1650	2840	2750	2527
Nematoden diversiteit (# taxa)	29	26	20	24	25	25
Regenwormen dichtheid (totaal $\#/m^2$)	77	30	4	56	6	50
Regenwormen dichtheid (# volwassen/ m^2)	n.v.t.	n.v.t.	1	31	6	44
Regenwormen diversiteit (volwassen, # taxa)	2,8	1,8	0,1	0,8	0,3	1,0

Effect van de maatregel op het functioneren van de ecosysteemdiensten Het toevoegen van compost leidde na één seizoen niet tot significante verschillen in bodembologische parameters tussen de drie varianten (Tabel 6). Het enige effect op chemische RBB-parameters was een lichte stijging van de pH. De koppeling van parameters naar het functioneren van ecosysteemdiensten leidt dan ook niet tot relevante verschillen tussen varianten (Figuur 6). Het structurele verschil tussen de nulvariant en variant C30 wordt veroorzaakt door de zeer lage regenwormendichtheid. Ten opzichte van variant C30 komt C90 er in figuur 8 positief uit, maar ten opzichte van de nulvariant (C0) is er nauwelijks verschil en is er op termijn van 1 jaar geen effect van het toevoegen van 90 ton GFT compost/ha.



Figuur 6: Prestatie van de ecologische diensten op één bouwlandperceel zonder toevoeging van GFT compost (vet), na toevoeging van 30 ton GFT/ha (stip) en 90 ton GFT/ha (ruit) afgezet tegen de nationale referentie akkerbouw op zand (100%). De kleur van de kolommen correspondeert met een ecologische basisdienst: groen = productie, rood = weerstand en herstel, blauw = milieu en paars = habitatfunctie.

2.4 Discussie

Bodemkwaliteit op Drentse bouwlandpercelen Uit het onderzoek op bouwlandpercelen is gebleken dat de waarden van de meeste chemische bodemparameters in Drenthe dichtbij de nationale referentie voor akkerbouw op zandgrond liggen. De waarden voor biologische bodemparameters liggen systematisch lager dan op basis van de nationale referentie werd verwacht. Opvallend is de zeer lage bacteriebiomassa op bouwlandpercelen in Drenthe, die ligt in zowel de RBB-*pilot* als in 2007 en 2008 ca. 50-80% lager dan de nationale referentie en dit terwijl de nationale referentie voor akkerbouw op zand grotendeels (voor 66%) is bepaald op basis van bedrijven uit Drenthe. De hoge waarde voor bacteriebiomassa in de nationale referentie zou kunnen worden verklaard door het tijdstip van de monsternamen (voorjaar). Uit resultaten van onderzoek op vergelijkbare locaties op zandgrond in Nederland en België waarbij metingen ook in het najaar werden verricht blijkt de bacteriebiomassa niet hoger dan ca. 20 µg C per gram droge grond (Koopmans et al., 2006). Ook de potentiële N mineralisatie is dan veel lager dan in de nationale referentie, namelijk tussen de 2 en 3,5 mg C per kg per week. Tijdens onderzoek op lemige zandgrond in Gent (van Eekeren et al., 2008) werd in het najaar echter wel een bacteriebiomassa van 69 µg C per gram droge grond gemeten. Het lab dat de analyses uitvoert zegt geen aanwijzingen te hebben dat bacteriebiomassa in het najaar in het algemeen lager is dan in het voorjaar. Wel is bekend dat bacteriebiomassa sterker kan variëren in de tijd dan de labiele, mineraliseerbare N en de N mineralisatie (Bloem, pers. comm.). Dat is in Drenthe ook het geval. Schommelingen in het voedselaanbod, de weersomstandigheden en predatie door bacterivoren kunnen effect hebben op de bacteriebiomassa. In 2007 werd bemonsterd direct na de oogst van suikerbieten (maar voor het ploegen), in 2008 werd bemonsterd

tijdens de aardappelteelt. Over relaties tussen bacteriebiomassa en specifieke gewassen is weinig bekend. Daarnaast kan de aanvoer van labiele organische stof via organische mest, compost, stro en groenbemesters effect hebben op de microbiologische biomassa in de bodem. Om te onderzoeken of dat één van de oorzaken is van de lage bacteriebiomassa zou die aanvoer op de specifieke percelen kwantitatief in kaart moeten worden gebracht. Behalve dat het najaar van 2008 iets natter en warmer was dan dat van 2007 waren de weersomstandigheden goed vergelijkbaar. Het percentage bacterie-etende nematoden was in beide jaren vergelijkbaar en op bouwland gemiddeld 55% (data niet weergegeven). In Drenthe is de C/N verhouding van de organische stof relatief hoog (vaak >20). Dat betekent dat een groot deel van de organische stof inert en dus niet of nauwelijks beschikbaar is voor het bodemleven. Bacteriebiomassa is vaak sterk gecorreleerd aan bodemorganische stof (van Eekeren et al., 2008). In Drenthe behoorde het niet tot de doelstellingen om deze correlatie te maken en was het aantal meetpunten hiervoor te klein en de standaardafwijking van het organische stofgehalte te groot.

Van Eekeren et al. (2008) vond in het najaar op lemige zandgrond niet meer dan 30 regenwormen per m², vergelijkbaar met de aantallen in bouwlandpercelen in Drenthe. Op basis van de weergegevens (najaar 2008 was natter dan 2007) was de verwachting dat er in 2008 juist meer wormen gevonden zouden worden dan in 2007. De oorzaak van de lage aantallen in 2008 is onduidelijk. Leroy et al. (2008) en Zanen et al. (2008) concluderen beiden op basis van langere termijn proeven dat vooral organische, dierlijke mest regenwormendichtheid kan stimuleren. In Drenthe wordt dat weinig toegepast en is het mogelijk een van de oorzaken van de lage aantallen. Verder worden regenwormen (aantallen en taxa) in Bobi in 6 kluiten beoordeeld op bedrijfsniveau (dus van grond met verschillende gewassen erop). In Drenthe is juist gekozen voor bemonstering op perceelsniveau (en dus met één gewas) om telers meer handvatten te kunnen geven, en werden steeds 2 kluiten per perceel geteld. Dit kan verklaren waarom het aantal taxa structureel lager is dan in de nationale referentie.

Ecosysteemdiensten op Drentse bouwlandpercelen De RBB-systematiek heeft zich bewezen als bruikbaar instrument om met verschillende grondgebruikers in een gebied het onderwerp bodemkwaliteit te definiëren. Ten aanzien van de evaluatie van het functioneren van ecosysteemdiensten lijkt verdere ontwikkeling van het concept nodig, zeker als het gaat om evaluaties op perceelsniveau (i.p.v. op bedrijfsniveau) en bij een bepaald bodemgebruik (akkerbouw, grasland, etc). Eén van de ontwikkelingsrichtingen is het toewerken naar meer regionale, bodemspecifieke referenties (Hoofdstuk 4). Voor participerende grondgebruikers is een concrete bodem uit de eigen omgeving aansprekender als referentie dan een Nederlands gemiddelde. Tevens kan met een regionale referentie voorkomen worden dat bijvoorbeeld relatief armere podzolgronden worden vergeleken met vruchtbare enkeerdgronden. De vraag is echter wat dan de waarde voor die regionale referenties zou moeten zijn en hoe ver je moet gaan in de differentiatie. Hiervoor zou op regionaal niveau veel kennis van bodem(biologische)parameters aanwezig moeten zijn, zouden (regionale) experts geraadpleegd moeten worden en zou bij het werken met ecosysteemdiensten op regionaal niveau veel aandacht moeten zijn voor de ontstaansgeschiedenis van de betreffende bodem en de daarmee samenhangende kwaliteiten en mogelijkheden van de grond.

Effect van GFT compost op bodemkwaliteit en ecosysteemdiensten Volgens Faber et al. (2009) is organische stof de meest bepalende succesfactor voor het bevorderen van ecosysteemdiensten van de bodem. Alle ecosysteemdiensten hangen samen met organische stof. Aanvoer van GFT compost is

een van de maatregelen om het organische stofgehalte te verhogen. Uit de resultaten van het experiment (paragraaf 2.3.2) blijkt één teeltseizoen te kort voor het meten van een significante stijging van organische stof bij toediening van 30 en zelfs bij de extreme hoeveelheid van 90 ton GFT/ha. Toediening van compost leidde na één seizoen ook nog niet tot verschillen in bodembologische parameters. Volgens Koopmans et al. (2006) heeft compost vooral een stimulerend effect op de schimmeldichtheid en –activiteit. Uit de bepalingen van potentiële N-mineralisatie en bodemrespiratie kwam dit niet naar voren, al vertoonde de bodemrespiratie wel een lichte positieve trend bij de inzet van meer GFT compost. Langjarig onderzoek zou uit moeten wijzen of het om een betrouwbare verandering gaat. GFT compost heeft na één seizoen een positief en significant effect op bodemstructuur. In de huidige koppeling van bodemparameters naar ecosysteemdiensten is bodemstructuur echter niet opgenomen en daarom, hoewel zeker van grote invloed, niet bepalend voor de score van de ecosysteemdiensten. Na één seizoen was er nog geen verschil in opbrengst zichtbaar als gevolg van het toedienen van compost. Vanuit langjarig bemestingsonderzoek (Zanen et al., 2008) is wel bekend dat bemesting op basis van GFT i.p.v. kunstmest uiteindelijk resulteert in hogere gewasopbrengsten.

3 *Onderzoek op veehouderijbedrijven*

3.1 *Onderzoeksvragen*

Bodemleven speelt een belangrijke rol bij de biologische processen in de bodem en bij de ecosysteemdiensten die de bodem levert zoals nutriëntenretentie en -levering, waterregulatie en behoud van bodemstructuur. Bij het zoeken naar duurzame landbouwsystemen worden deze processen en diensten steeds belangrijker. De RBB-systematiek koppelt ecosysteemdiensten aan meetbare parameters in de bodem. De nationale referentie geeft voorlopige streefwaarden voor die parameters, gericht op een duurzame situatie voor bijvoorbeeld melkveehouderij op zandgrond. De vraag is in hoeverre de bodems op graslandpercelen in Drenthe voldoen aan de streefwaarden van de nationale referentie. Tijdens de *pilot* in 2006 werd voor sommige parameters een afwijking geconstateerd (o.a. bacteriële biomassa, potentiële N-mineralisatie en regenwormdichtheid). Vanuit de praktijk werd meerjarig onderzoek wenselijk geacht voor een beter gefundeerde uitspraak. Tevens kwam uit de *pilot* 'het handhaven van de bestaande zode' naar voren als veelbelovende maatregel. Is het zo dat het bodemleven bij handhaving de kans krijgt om op een langere termijn (10 jr) de structuuropbouw te verzorgen, of is dit zinloos, omdat het grasland na 5-7 jr 'inzakt' qua structuur en zich niet meer herstelt? In het laatste geval zou vernieuwen rendabeler zijn. De onderzoeksvragen vanuit de veehouderij zijn als volgt geformuleerd:

1. Hoe scoort de (biologische)bodemkwaliteit van Drentse graslandpercelen ten opzichte van de nationale referentie voor melkveehouderij op zand?
2. Hoe scoren de verschillende ecosysteemdiensten?
3. Wat is het korte termijn effect van het handhaven van grasland, grasland doorzaaien en grasland spitten en herinzaaien op de bodemkwaliteit en het functioneren van de ecosysteemdiensten?

3.2 *Materiaal en methoden*

3.2.1 *Proefopzet en locatie*

1. Bodemkwaliteit op graslandpercelen Tijdens de RBB *pilot* in 2006 (Smeding et al., 2008) werd reeds een zorgvuldige keuze gemaakt voor 5 veehouderijbedrijven op de lijn Beilen-Emmen (Figuur 1). Belangrijkste criteria voor selectie was de vergelijkbaarheid tussen bedrijven (o.a. het bodemtype). Eén van de bedrijven (locatie I) is een biologisch bedrijf. In 2007 werd per veehouderijbedrijf een JONG en een OUD perceel geselecteerd. Een OUD perceel is ouder dan 10 jaar (met uitzondering van het perceel op locatie H van slechts 4 jaar). Een JONG perceel werd ingezaaid in 2005 of 2006. Binnen elk perceel werd een plot van 20 m² bemonsterd in het najaar van 2007 en 2008.

2. Effect van de maatregelen handhaven, doorzaaien en herinzaaien van grasland

Voor het beantwoorden van onderzoeksvraag drie zou idealiter een experiment met meerdere herhalingen opgezet moeten worden op één bedrijf. Praktisch gezien bleek dit echter lastig te realiseren. Daarom is er voor gekozen om een zelfde proef op 4 gangbare veehouderijbedrijven aan te leggen (op biologisch grasland mag het gras niet worden doodgespoten met Roundup®) en de 4 locaties als herhalingen van de behandeling te beschouwen. Op een oud graslandperceel werden per locatie drie varianten aangelegd:

- oud grasland (OUD)
- doorzaaien (DOORZ)
- spitten + herinzaai (HER)

De plots waren 20m² groot en grensden aan elkaar. Half maart werd het grasland door de telers bemest met ca. 25 ton drijfmest. Op 27 maart 2008 zijn de plots DOORZ en HER doodgespoten met Roundup® (300 l/ha). Half april zijn de DOORZ plots doorgezaaid met BG4 (35 kg/ha) met een VREDO zaaimachine met schijven en zijn de HER plots gespit en heringezaaid met BG4 35 kg/ha.

3.2.2 Parameterset

In het onderzoek is een keuze gemaakt voor een aantal parameters. Uitgangspunt was de parameterset op basis van de vijf belangrijkste ecosysteemdiensten zoals die werd toegepast door Smeding et al. (2008) en de set van 25 indicatoren voor de Nationale referenties door Rutgers et al. (2007a). Op basis van indicatorwaarde, praktische bruikbaarheid en beschikbaar budget is gekozen voor 11 indicatoren uit de referentieset, aangevuld met 7 indicatoren, o.a. uit de LBI-toolkit² voor duurzaam bodembeheer (Tabel 2, hoofdstuk 2).

3.2.3 Bemonstering

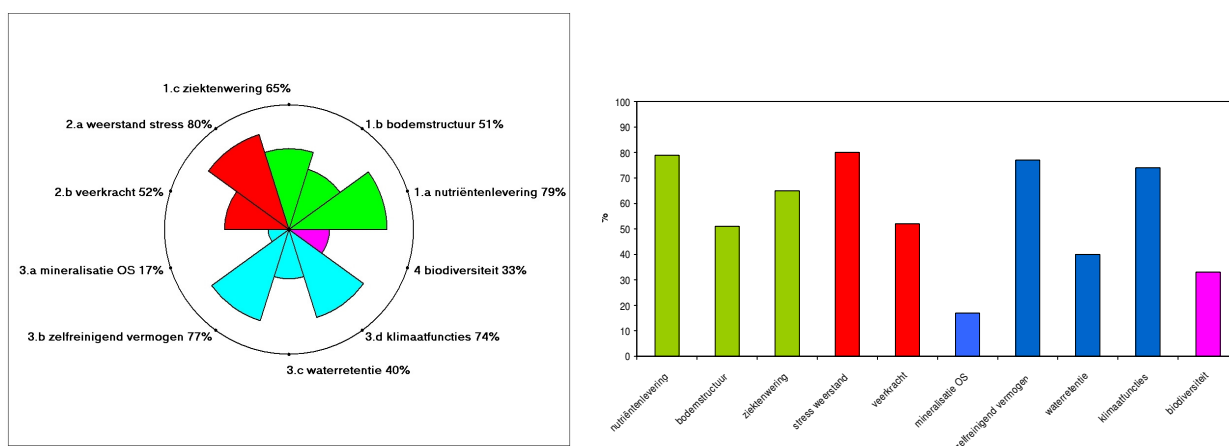
Eind oktober 2007 werden bodemonsters genomen voor analyse op chemische, fysische en biologische eigenschappen (nulmeting), zowel op de vijf percelen met JONG en OUD grasland (onderdeel 1), als op de plots binnen de aangelegde varianten op de vier gangbare veehouderij bedrijven (onderdeel 2). Per perceel of plot werd met een graslandboor een bulkmonster gestoken van ca. 1 kg (0-10 cm diep, ø 2,3 cm). Dit monster werd gezeefd en verdeeld over submonsters voor chemische analyse (BLGG Oosterbeek), analyse van vrijlevende nematoden en indeling in trofische groepen en cp-groepen (BLGG Wageningen) en microbiologische analyse (ALTERRA en Lab LBI). De bulkdichtheid werd gemeten in de laag 2-7 cm. Per plot werden 5 ongestoorde ringmonsters gestoken van 100 cc. In de eerste week van september 2008 werden alle locaties opnieuw bemonsterd. In 2008 werd ook de bodemstructuur visueel bepaald door een schatting van het percentage kruimelige, afgeronde en scherpe structuurelementen in de laag 0-20 cm. Van het aantal wortels werd een schatting gemaakt door tellen van het aantal wortels op een oppervlak van 10 cm² op 20 cm diepte. Per plot werd het aantal wormen in een kluit (20x20x20 cm) geteld en op het lab gedetermineerd tot op soort. Op 29 april 2009 is de opbrengst en voederwaarde van de eerste snede bepaald. M.b.v. een proefveldmaaimachine is een strook van 10 m lang en 1,5 m breed uit het midden van een veld gemaaid. De maaihoogte was 4 cm. De verse opbrengst is gewogen en de lengte van de strook is nagemeten. Vervolgens is met behulp van een gewasboor een monster van circa 1 kg gras verzameld voor voederwaarde analyse door BLGG Oosterbeek.

² De LBI toolkit voor duurzaam bodembeheer bevat een aantal instrumenten die inzicht geven in bodemchemische-, bodemfysische- en bodembioologische aspecten van bodemkwaliteit. De toolkit bevat o.a. een handleidingen voor bodemprofielbeoordeling en bepaling van regenwormendichtheid, instrumenten voor het meten van bulkdichtheid en bodemweerstand en een veld- of laboratoriummethode voor het meten van de bodemrespiratie.

3.2.4 Van bodemparameters naar ecosysteemdiensten

De ecosysteemdiensten worden beoordeeld door te veronderstellen dat een dienst optimaal is (100% of 1) indien de waarde gelijk is aan de nationale referentiewaarde (Rutgers et al., 2007a). Op basis van *expert judgement* is een selectie gemaakt van parameters die meetellen bij het bepalen van de score voor een ecosysteemdienst (Bijlage 4).

Alle parameters die relateren aan een bepaalde ecosysteemdienst, doen ongewogen mee bij de bepaling of een dienst optimaal wordt geleverd. De uitslagen van de verschillende ecosysteemdiensten kunnen worden weergegeven via een histogram of 'amoebe'. In het rapport van Smeding et al. (2008) werd gebruik gemaakt van de weergave via een 'amoebe' (Figuur 7, links). In dit rapport wordt gebruik gemaakt van de weergave via een histogram (Figuur 7, rechts). Voordeel van de weergave via een histogram is dat de resultaten van meerdere jaren in één grafiek weergegeven kunnen worden. Hoewel de parameterset in Drenthe werd toegespitst op de door bodemgebruikers genoemde vijf belangrijkste ecosysteemdiensten (waterretentie, nutriëntenlevering, weerstand tegen stress, zelfreinigend vermogen en bodemstructuur), lijkt het op basis van de *pilot* methodisch verantwoord om ook uitspraken te doen voor de overige vijf ecosysteemdiensten.



Figuur 7: Amoebegrafiek van de vijf 'goede' graslandpercelen in Drenthe RBB pilot-2006 (links) en histogram van dezelfde data (rechts). De prestatie van ecosysteemdiensten is afgezet tegen de nationale referentie veehouderij op zand (=100%, links weergegeven door de cirkel, rechts door het maximum van het histogram). De kleur van de taartpunt correspondeert met een ecologische basisdienst: groen = productie, rood = weerstand en herstel, blauw = milieu en paars = habitatfunctie.

3.2.5 Statistische analyse

Data werden geanalyseerd m.b.v. GENSTAT (11th edition). Data van de tien graslandpercelen werden geanalyseerd m.b.v. een one-way variantieanalyse (ANOVA) met jaar van bemonstering als factor. Het effect van de factor werd toegekend op basis van de least significant difference (LSD). Data uit het experiment met de drie varianten van graslandbeheer werden geanalyseerd m.b.v. een two-way variantieanalyse (ANOVA) met gerandomiseerde blokken, met behandeling (OUD, DOORZ, HER) en jaar van bemonstering als factor. Het effect van de factoren werd toegekend op basis van de least significant difference (LSD).

3.3 Resultaten

3.3.1 Bodemkwaliteit op graslandpercelen

Het bodemprofiel op de vier graslandpercelen waar het experiment met de maatregelen werd aangelegd was grotendeels vergelijkbaar; een donkere laag van 35 tot 45 cm met humeuze zandgrond en daaronder (geel) zand. De structuur in de toplaag (0-10 cm) bevatte weinig scherpblokkige elementen. De beworteling was intensief en er waren veel regenwormen en gangen van regenwormen zichtbaar.

Een overzicht van de resultaten van de bodemanalyses per bedrijf is gegeven in Bijlage 6a en 6b.

Hieronder wordt in drie subparagrafen achtereenvolgens ingegaan op de drie onderzoeksvragen zoals geformuleerd in paragraaf 3.1. Om het beeld zo volledig mogelijk te maken zijn in de tabellen in paragraaf 3.3.1.1. ook de waarden uit de RBB *pilot* van 2006 opgenomen.

3.3.1.1 Bodemkwaliteit op graslandpercelen ten opzichte van de nationale referentie

Bodemchemisch De gemiddelden van de gemeten waarden voor de belangrijkste chemische parameters liggen allemaal rondom de nationale referentie voor grasland op zand. De metingen in 2007 en 2008 komen grotendeels overeen met de waarden uit 2006. OUD grasland heeft een hoger organische stofgehalte en een hogere N-totaal dan JONG grasland: in 2008 was het verschil statistisch significant ($p > 0,05$), in 2007 was er sprake van een duidelijke trend. Ook C-totaal liet een duidelijke trend zien en was in beide jaren hoger op OUD grasland.

Opvallend is de relatief hoge C/N ratio van het grasland (normaal is 15), met name op de jonge percelen in 2007.

Het biologische bedrijf springt er qua bodemchemische parameters alleen uit wat betreft het percentage organische stof op het oude grasland (Bijlage 6a, bedrijf Boer). Dat ligt circa 2-3% hoger dan op de overige percelen OUD. Dit grasland was ook het oudste grasland uit de gemeten serie (> 15 jaar).

Bodembologisch De gemiddelden van de gemeten waarden voor bodembologische parameters lagen in 2006 grotendeels onder de nationale referentie. Regenwormendichtheid vormde hierop een positieve uitzondering. Ook in 2007 en 2008 was dit het geval (Tabel 8). Het beeld van een hogere bacteriebiomassa, hogere N-mineralisatie, mineraliseerbare N en hogere regenwormendichtheid op OUD grasland komt overeen met de hogere waarden voor de chemische parameters organische stof en N-totaal. Opvallend is, evenals op bouwland, de lage bacteriebiomassa op graslandpercelen in Drenthe. Die ligt ook hier ca. 50-80% lager dan de nationale referentie. In 2008 zijn de waarden ook nog eens 50% lager dan in 2007. Het verschil tussen 2007 en 2008 wordt vooral veroorzaakt door een sterke afname op locaties E (Stokman), G (Enting) en I (Boer) (Bijlage 6a). De oorzaak van de afname is onduidelijk.

Tabel 7: Bodemchemische parameters. Gemiddelde van metingen op jonge (JONG) en oude (OUD) graslandpercelen in 2007 en 2008 ten opzichte van de nationale referentie, het gemiddelde voor grasland op zand en de metingen uit 2006.

Parameter	Referentie	Gemiddelde	2006*	2007		2008	
				JONG	OUD	JONG	OUD
	(n=6)	(n=81)	(n=10)	(n=5)	(n=5)	(n=5)	(n=5)
Zuurgraad (pH-KCl)	5,2	5,2	5,5	5,2	5,2	5,4	5,4
Organische stof (% droge stof)	6,8	6,4	9,8	5,1	7,4	5,8 ^a	9,7 ^b
C-totaal (g/kg)	*	*	*	28	41	34	58
N-totaal (g/kg)	*	*	3,1	1,4 ^a	2,7 ^b	1,9	3,7
C/N-ratio	*	*	*	20	16	17	16
Wateroplosbaar P (Pw, mg P ₂ O ₅ /l)	41	44	87	47	37	41	39
Extraheerbaar P (P-AI, mg P ₂ O ₅ /100g)	43	54	60	45	44	48	49
Lutum (% < 2µm)	*	*	2,4	1,4	1,4	1,6	2,2

*2006: gemiddelde van de 5 'goede' en 5 'slechte' percelen uit de RBB pilot van 2006 (Smeding et al., 2008).

Waarden met verschillende letters (a en b) binnen een rij zijn significant verschillend op basis van een one-way ANOVA en LSD post hoc test.

Tabel 8: Bodembioologische parameters. Gemiddelde van metingen op jonge (JONG) en oude (OUD) graslandpercelen in 2007 en 2008 ten opzichte van de nationale referentie, het gemiddelde voor grasland op zand en de metingen uit 2006.

Parameter	Referentie	Gemiddelde	2006	2007		2008	
				JONG	OUD	JONG	OUD
	(n=6)	(n=81)	(n=10)	(n=5)	(n=5)	(n=5)	(n=5)
Bacteriële biomassa (µg C/g droge grond)	132	146	52	46	66	21	35
Potentiële N-mineralisatie (mg N/kg.wk)	12	9	8,5	7,6	11,1	8,5	10,9
Potentieel mineraliseerbare N (mg N/kg)	n.v.t.	n.v.t.	102	53 ^a	94 ^b	67 ^a	112 ^b
Nmin/minN	n.v.t.	n.v.t.	0,1	0,14	0,12	0,14	0,10
Respiratie (mg CO ₂ /100 g. wk)	n.v.t.	n.v.t.	151	*	*	93 ^a	161 ^b
Nematoden dichtheid (#/100 g grond)	5990	4850	5518	4770	4475	3847	3874
Nematoden diversiteit (# taxa)	31	34	17	26	25	33	28
Regenwormen dichtheid (totaal #/m ²)	285	163	668	184	283	300	420
Regenwormen dichtheid (# volwassen/m ²)	n.v.t.	n.v.t.	265	51	98	163	198
Regenwormen diversiteit (volwassen, # taxa)	4,8	4,6	1,6	1,2	1,6	2,0	1,8

*2006: gemiddelde van de 5 'goede' en 5 'slechte' percelen uit de RBB pilot van 2006 (Smeding et al., 2008).

Waarden met verschillende letters (a en b) binnen een rij zijn significant verschillend op basis van een one-way ANOVA en LSD post hoc test.

De gemiddelde potentiële N-mineralisatie lijkt hoger op OUD grasland, maar de verschillen tussen OUD en JONG grasland op de vijf bedrijven laten geen eenduidig beeld zien. Potentieel mineraliseerbare N (de labiele N pool) vertoont wel een eenduidig beeld: de mineraliseerbare N is hoger op OUD dan op JONG grasland, en is hoger in 2008 dan in 2007 (Tabel 8 en Bijlage 6a). Vooral oudere percelen lijken een grotere

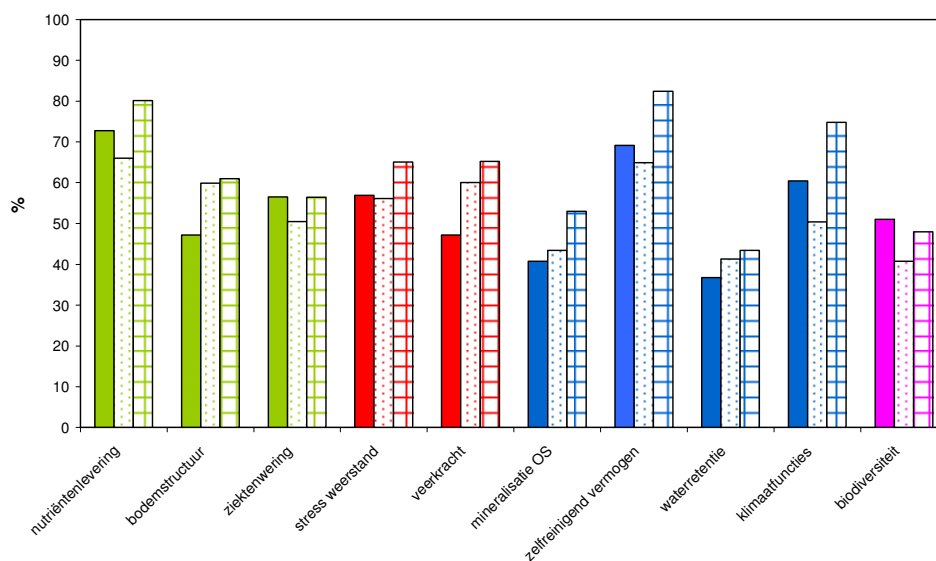
neiging tot immobilisatie te hebben (hoe lager N_{min}/minN hoe groter het gedeelte van de stikstof dat geïmmobiliseerd wordt). Bodemrespiratie was in 2008 significant ($p > 0,05$) hoger op OUD grasland. Evenals in 2006 ligt de regenwormendichtheid fors hoger dan de nationale referentie. De hogere regenwormendichtheid in 2008 t.o.v. 2007 komt overeen met de verwachting van grotere aantallen door een natter najaar (Bijlage 3). Opmerkelijk is echter dat dit verband op bouwlandpercelen juist niet werd bevestigd. De regenwormendiversiteit ligt lager dan de referentie. Er werden slechts vier soorten regenwormen gevonden: *Aporrectodea caliginosa* en *Allolobophora chlorotica*, grauwe wormen die zich door de grond heen eten en de bodemstructuur verbeteren. *Lumbricus castaneus* en *Lumbricus rubellus*, zijn beide strooiselbewoners die dood organisch materiaal fragmenteren en daardoor sterk bijdragen aan de decompositie.

3.3.1.2 Het functioneren van ecosysteemdiensten op grasland

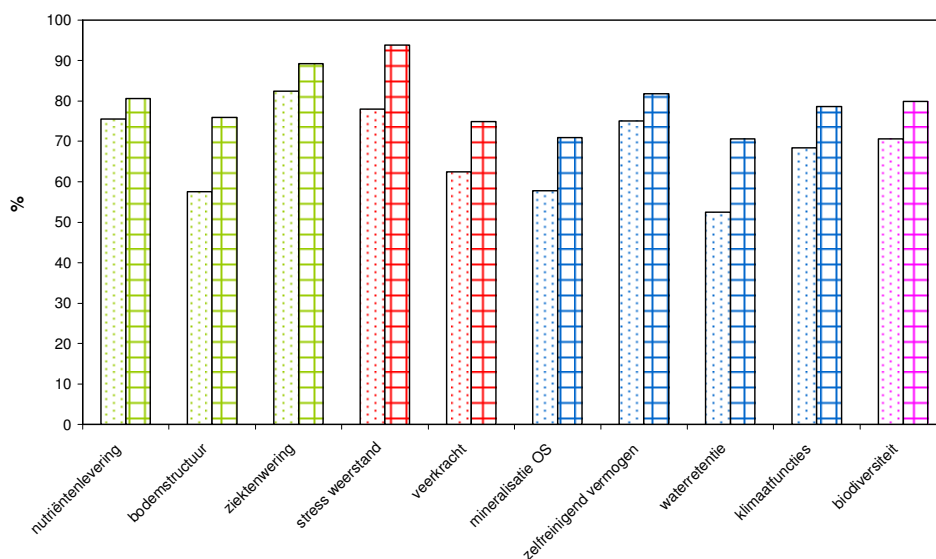
Agrarische grondgebruikers in Drenthe hechten het meeste belang aan de vijf ecosysteemdiensten waterretentie, nutriëntenlevering, weerstand tegen stress, zelfreinigend vermogen en bodemstructuur. Uit Figuur 8 blijkt dat tijdens de *pilot* in 2006 (Smeding et al., 2008) alleen de ecosysteemdienst nutriëntenlevering op basis van de gekozen parameterset het duurzaam veronderstelde niveau redelijk benaderden (afwijking <30%).

Op basis van de metingen in 2007 en 2008 op dezelfde vijf bedrijven, maar nu specifiek gericht op percelen met JONG en OUD grasland, bleken de prestaties van alle ecosysteemdiensten beter op percelen met OUD grasland. Dit werd vooral veroorzaakt door een significant hoger percentage organische stof onder OUD grasland. Ook het aantal bacteriën en de potentiële N-mineralisatie was hoger (niet significant) onder OUD grasland. Onder OUD grasland behaalden de diensten nutriëntenlevering, zelfreinigend vermogen en klimaatfuncties een score >75%. Onder JONG grasland kwam geen van de ecosysteemdiensten hoger dan een score van 66% (Figuur 8).

Een andere oorzaak van de relatief lage scores wordt veroorzaakt door de streefwaarden van de nationale referentie (de 100% waarde). Daarbij moet worden opgemerkt dat deze streefwaarden 'slechts' voorlopige richtingwijzers van bodems met optimale ecosysteemdiensten betreffen en dat de keuze is gebaseerd op *expert judgement*. Het RIVM geeft aan dat metingen en waarnemingen in de toekomst uit zullen moeten wijzen in hoeverre de juiste keuzes zijn gemaakt (Rutgers et al., 2007a). In de RBB-*pilot* van 2006 is door Smeding et al. (2008) geëxperimenteerd met de keuze van de referenties. De vijf 'goede' graslandpercelen werden daarbij als regionale referentie voor veehouderij in Drenthe gebruikt. Vergelijking van de gemiddelde resultaten uit 2007 en 2008 met deze regionale referentie laat zien dat alle ecosysteemdiensten dan beter scoren dan bij vergelijking met de nationale referentie. Onder OUD grasland behalen alle diensten een score van meer dan 71%. Onder JONG grasland geldt dit voor 5 van de 10 ecosysteemdiensten (Figuur 9).



Figuur 8: Prestatie van de ecologische diensten op 10 graslandpercelen in 2006 (vet), 5 JONGE percelen (stip) en op 5 OUDE percelen (ruit) afgezet tegen de nationale referentie veehouderij op zand (100%). De prestatie van JONG en OUD is gebaseerd op de gemiddelde waarde van de metingen in 2007 en 2008. De kleur van de kolommen correspondeert met een ecologische basisdienst: groen = productie, rood = weerstand en herstel, blauw = milieu en paars = habitatfunctie.



Figuur 9: Prestatie van de ecologische diensten op 5 JONGE percelen (stip) en op 5 OUDE percelen (ruit) afgezet tegen de regionale referentie veehouderij op zand (100%). De prestatie van JONG en OUD is gebaseerd op de gemiddelde waarde van de metingen in 2007 en 2008. De kleur van de kolommen correspondeert met een ecologische basisdienst: groen = productie, rood = weerstand en herstel, blauw = milieu en paars = habitatfunctie.

Opvallend is dat de ecosysteemdiensten bij graslandbeheer minder hoog scoren dan de ecosysteemdiensten bij bouwland. Dit bevestigt het beeld van de *pilot* in 2006. Eén van de oorzaken ligt bij de hogere nationale referentiewaarde voor veehouderij op zand. Hierdoor is de prestatie van diensten lager dan op bouwland, terwijl de gemeten waarden voor de afzonderlijke parameters in 2007 en 2008 op grasland bijna in alle gevallen hoger zijn dan op bouwland. Daarnaast gelden dezelfde argumenten als benoemd voor bouwland in paragraaf 2.3.1.2.

3.3.2 Effect van de maatregelen handhaven, doorzaaien en herinzaaien van grasland

Voor het bepalen van het effect van de maatregelen handhaven, doorzaaien en herinzaaien van grasland op bodemkwaliteit werd eenzelfde experiment aangelegd op een OUD perceel op 4 locaties (zie paragraaf 3.2.1). Variant DOORZ werd helaas op één van de locaties (F) niet aangelegd. Hieronder volgt eerst de bespreking van de bodemchemische en -fysische parameters en de opbrengst, gevolgd door een bespreking van de bodembioologische parameters, in relatie tot de nationale referentie en het landelijk gemiddelde voor grasland op zandgrond. Daarna wordt de koppeling gemaakt van bodemparameters naar ecosysteemdiensten en wordt duidelijk of de maatregelen op termijn van 1 jaar al leiden tot een meetbare verbetering van het functioneren van ecosysteemdiensten.

Bodemchemisch, bodemfysisch en opbrengst De gemeten waarden in het experiment met de vergelijking tussen oud grasland (OUD), doorgezaaid grasland (DOORZ) en gespit en heringezaaid grasland (HER) uit 2007 en 2008 liggen rondom de waarden van de nationale referentiewaarde. Ten opzichte van OUD, gehandhaafd grasland, lijkt het organische stofgehalte zowel in DOORZ als bij HER af te nemen, evenals de hoeveelheid C-totaal. Vanwege de grote spreiding zijn de verschillen niet statistisch significant. Hoewel niet significant, is het relatief hoge percentage scherpblokkige structuurelementen in de variant DOORZ opmerkelijk. Mogelijk is dit het gevolg van bodemverdichting door berijding met de doorzaaimachine, zonder dat de grond is losgemaakt. Op de overige chemische- en fysische parameters zijn geen eenduidige effecten gemeten.

De drie maatregelen hadden geen significant effect op de opbrengst van de 1^e snede en er waren geen statistisch significante verschillen in voederkwaliteit (Bijlage 7). Het lagere droge stofpercentage in OUD grasland komt overeen met de hoge waarde voor N-totaal in de bodem. Als gevolg van het lage droge stofpercentage heeft OUD grasland ook een relatief hoge waarde voor ruw eiwit (RE) en een laag suikergehalte.

Bodembioologisch De gemeten waarden voor de bodembioologische parameters bacteriebiomassa en regenwormendiversiteit liggen, net als bij de vergelijking tussen OUD en JONG grasland, onder de nationale referentie (Tabel 10). De gemiddelde bacteriebiomassa in 2007 van de 12 plots in het experiment komt overeen met de gemiddelde bacteriebiomassa in OUD grasland in de vergelijking tussen OUD en JONG grasland. Opvallend is dat de gemiddelde waarden voor bacteriebiomassa in 2008 tot 50% lager zijn, zowel in de drie varianten van het experiment als op de percelen OUD en JONG. De oorzaak is onduidelijk. OUD grasland heeft de hoogste gemiddelde waarden voor potentiële N mineralisatie, potentieel mineraliseerbare N en respiratie. Dit is in lijn met de hoge waarde voor N-totaal en het hogere organische stofgehalte op OUD

grasland. De nematoden dichtheid lag in 2007 rond de nationale referentie. In 2008 waren de aantallen lager. Spitten en HERINZAAI leidde tot statistisch significant ($p < 0,05$) minder nematoden. De nematodendiversiteit was juist in 2007 lager dan de nationale referentie.

Tabel 9: Bodemchemische en bodemfysische parameters. Gemiddelde van metingen in 2008 per behandeling ten opzichte van het gemiddelde van alle 12 plots in 2007 in het najaar voordat de behandelingen werden toegepast.

Parameter	Referentie	Gemiddelde	2007	2008		
	(n=6)	(n=81)	(n=12)	OULD (n=4)	DOORZ (n=3)	HER (n=4)
Zuurgraad (pH-KCl)	5,2	5,2	5,2	5,3	5,3	5,3
Organische stof (% droge stof)	6,8	6,4	7,0	8,7	7,1	7,7
C-totaal (g/kg)	*	*	42	52	40	46
N-totaal (g/kg)	*	*	2,29	3,14 ^a	2,67 ^b	2,92 ^{ab}
C/N-ratio	*	*	18	17	15	16
Wateroplosbaar P (Pw, mg P ₂ O ₅ /l)	41	44	46	43	70	47
Extraheerbaar P (P-Al, mg P ₂ O ₅ /100g)	43	54	42	44	40	47
Lutum (% < 2µm)	*	*	1,8	2,5	2,7	2,5
Bulkdichtheid (g/cm ³)	n.v.t.	n.v.t.	1,3	1,2	1,3	1,2
Scherpblokkige structuur op 20 cm (%)	n.v.t.	n.v.t.	*	18	38	20
Beworteling op 20 cm (#/m ²)	n.v.t.	n.v.t.	*	2400	2500	2400

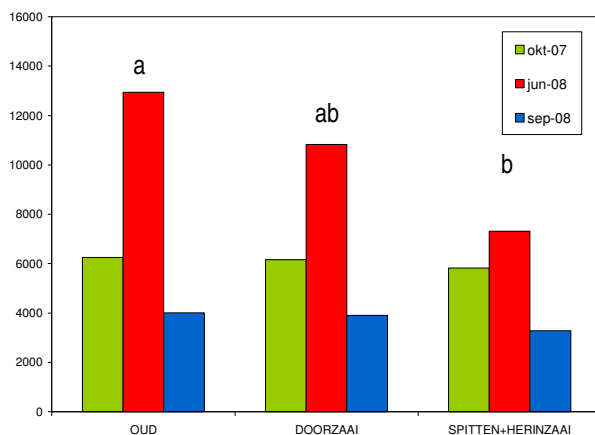
Waarden met verschillende letters (a en b) binnen een rij zijn significant verschillend op basis van een two-way ANOVA en LSD post hoc test.

Tabel 10: Bodembioologische parameters. Gemiddelde van metingen in 2008 per behandeling ten opzichte van het gemiddelde van alle 12 plots in 2007 in het najaar voordat de behandelingen werden toegepast.

Parameter	Referentie	Gemiddelde	2007	2008		
	(n=6)	(n=81)	(n=12)	OULD (n=4)	DOORZ (n=3)	HER (n=4)
Bacteriële biomassa (µg C/g droge grond)	132	146	60	37	27	28
Potentiële N-mineralisatie (mg N/kg.wk)	12	9	9,7	14,2	9,3	8,2
Potentieel mineraliseerbare N (mg N/kg)	n.v.t.	n.v.t.	93	99	85	69
Nmin/minN	n.v.t.	n.v.t.	0,12	0,14	0,11	0,12
Respiratie (mg CO ₂ /100 g. week)	n.v.t.	n.v.t.	164*	129	109	109
Nematoden dichtheid (#/100 g grond)	5990	4850	6079	4008 ^b	3998 ^b	3290 ^a
Nematoden diversiteit (# taxa)	31	34	24	31	31	31
Regenwormen dichtheid (totaal #/m ²)	285	163	359	303	376	244
Regenwormen dichtheid (# volwassen/m ²)	n.v.t.	n.v.t.	103	162	188	112
Regenwormen diversiteit (volwassen, # taxa)	4,8	4,6	1,7	1,6	1,5	1,6

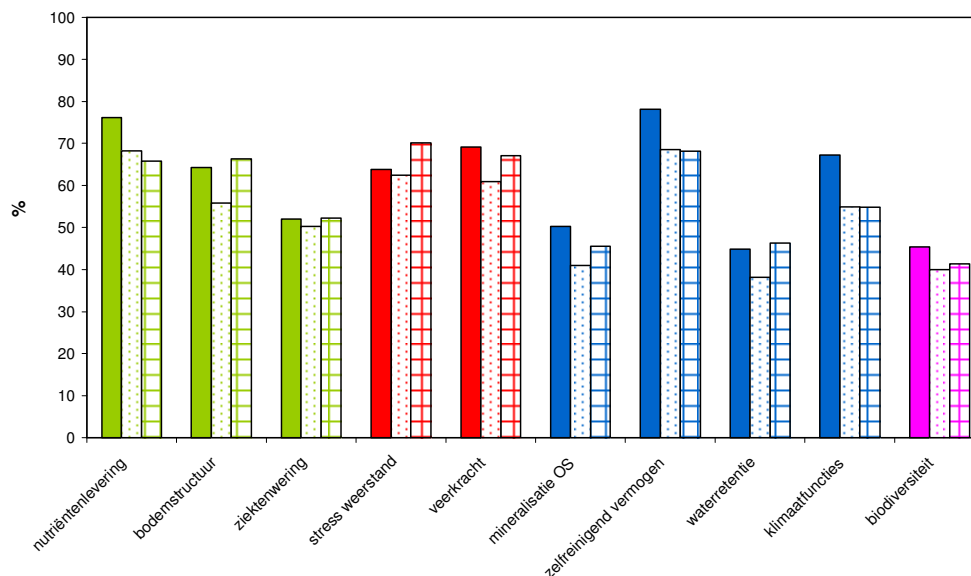
*Meting uitgevoerd op 16 april 2008. Waarden met verschillende letters (a en b) binnen een rij zijn significant verschillend op basis van een one-way ANOVA en LSD post hoc test.

In juni 2008 werd een extra monster voor nematodenanalyse gestoken, om meer inzicht te krijgen in het korte termijn effect van de verschillende behandelingen. Opvallend is de enorme toename in het totaal aantal nematoden in het voorjaar (Figuur 10). Spitten en HERINZAAI leidt in juni, ca. 2 maanden na de ingreep, tot significant minder nematoden. In september is de nematodendichtheid sterk afgenomen, maar is het verschil nog steeds significant. HERINZAAI had een negatief effect op de regenwormendichtheid, maar verschillen waren niet significant. De regenwormendiversiteit ligt lager dan de nationale referentie. Er werden slechts vier soorten regenwormen gevonden: bodembewoners *Aporrectodea caliginosa* en *Allolobophora chlorotica* en de strooiselbewoners *Lumbricus castaneus* en *L. rubellus*.



Figuur 10: Nematoden dichtheid (totaal aantal nematoden/100 g grond) in de drie behandelingen op grasland in oktober 2007, juni 2008 en september 2008. Waarden met verschillende letters zijn significant verschillend.

Effect van de maatregelen op het functioneren van de ecosysteemdiensten Ten opzichte van het handhaven van de graszode (OUD) hebben de maatregelen DOORZAAI en spitten en HERINZAAI van grasland vooral een negatief effect op de milieugerelateerde ecosysteemdiensten (mineralisatie OS, zelfreinigend vermogen en klimaatfuncties). Ook de productiedienst nutriëntenlevering gaat achteruit (Figuur 11). Spitten en HERINZAAI lijkt gunstiger dan DOORZAAI voor verbetering van de diensten bodemstructuur, weerstand en herstel en waterretentie.



Figuur 11: Prestatie van de ecologische diensten op graslandpercelen OUD (vet), DOORZ (stip) en SPIT+HER (ruit) afgezet tegen de nationale referentie veehouderij op zand (100%). De kleur van de kolommen correspondeert met een ecologische basisdienst: groen = productie, rood = weerstand en herstel, blauw = milieu en paars = habitatfunctie.

3.4 Discussie

Bodemkwaliteit op Drentse graslandpercelen Uit het onderzoek is gebleken dat de waarden van de chemische bodemparameters in Drenthe rondom de nationale referentie voor veehouderij op zandgrond liggen. De conclusie dat OUD grasland een hoger organische stofgehalte en een hoger N-totaal en C-totaal gehalte heeft dan JONG grasland komt overeen met de resultaten van van Eekeren et al. (2008). De waarden voor biologische bodemparameters liggen systematisch lager dan op basis van de Nationale referentie werd verwacht. Het beeld van enerzijds een hogere bacteriebiomassa, hogere N-mineralisatie, mineraliseerbare N en hogere regenwormendichtheid op OUD grasland en anderzijds de hogere waarden voor de chemische parameters organische stof en N-totaal, komt overeen met eerdere resultaten van van Eekeren et al. (2008). Opvallend is, evenals op bouwland, de lage bacteriebiomassa op graslandpercelen in Drenthe. Ook voor veehouderij op zand is de Nationale referentie voor een groot deel (50%) bepaald op basis van bedrijven uit Drenthe (Schouten, pers. comm.).

Ecosysteemdiensten op Drentse graslandpercelen De RBB-systematiek heeft zich bewezen als bruikbaar instrument om met verschillende grondgebruikers in een gebied het onderwerp bodemkwaliteit te definiëren. Ten aanzien van de evaluatie van het functioneren van ecosysteemdiensten lijkt verdere ontwikkeling van het concept nodig, zeker als het gaat om evaluaties op perceelsniveau en bij een bepaald bodemgebruik (akkerbouw, grasland, etc). Eén van de ontwikkelingsrichtingen is het toewerken naar meer regionale, bodemspecifieke referenties. Voor participerende grondgebruikers is een concrete bodem uit de eigen omgeving aansprekender als referentie dan een Nederlands gemiddelde. Tevens kan met een

regionale referentie voorkomen worden dat bijvoorbeeld relatief armere podzolgronden worden vergeleken met vruchtbare enkeerdgronden. De vraag is echter wat dan de waarde voor die regionale referenties zou moeten zijn en hoe ver je moet gaan in de differentiatie. Hiervoor zou op regionaal niveau veel kennis van bodem(biologische)parameters aanwezig moeten zijn, zouden (regionale) experts geraadpleegd moeten worden en zou bij het werken met ecosysteemdiensten op regionaal niveau veel aandacht moeten zijn voor de ontstaansgeschiedenis van de betreffende bodem en de daarmee samenhangende kwaliteiten en mogelijkheden van de grond.

Effect van graslandvernieuwing op bodemkwaliteit en ecosysteemdiensten Het verwachte negatieve effect van spitten en HERINZAAI lijkt op basis van dit onderzoek mee te vallen, mits snel genoeg wordt ingezaaid na het scheuren. In de praktijk wordt bij graslandvernieuwing vaak geploegd in plaats van gespit. Bij ploegen wordt het organisch materiaal ondergewerkt, naar een diepte van ca. 10-20 cm. De waarden voor N-totaal en organische stof die dan in de laag 0-10 cm diepte gemeten worden zullen lager zijn. Belangrijke vraag is dan of het gras de nutriënten uit de laag 10-20 cm voldoende kan benutten. Vooral bij een slechte bodemstructuur en matige beworteling is er een verhoogde kans op uitspoeling van nutriënten. Verder leert de praktijk dat inzaai in het voorjaar ten koste gaat van de productie van de 1^e snede. Dat kon niet worden aangetoond met het hier beschreven experiment. Gevolg van deze praktijkervaring is wel dat veel veehouders het eerste jaar na scheuren maïs telen, om opbrengstderving in het gras te voorkomen. De vraag is wat het effect hiervan (inclusief de bijbehorende grondbewerkingen, bemesting en bespuitingen) is op het bodemleven. Volgens van Eekeren et al. (2008) wordt het aantal regenwormen bij de overgang van grasland naar bouwland (mais) bijvoorbeeld drastisch gereduceerd met als gevolg negatieve effecten op het functioneren van ecosysteemdiensten.

4 *Toespitsing naar een regionale referentie voor Drenthe*

4.1 *Inleiding*

De provincie Drenthe onderschrijft de waarde van de RBB-systematiek. Een van de onderdelen van deze systematiek is echter een uitgebreide en relatief dure meetset met bodembepalingen zoals toegepast binnen dit project en waarbij de inzet van geavanceerde laboratoria nodig is. Daarnaast zijn de nationale referenties voor bodemkwaliteit onder bouwland en grasland in het huidige systeem gebaseerd op bodemanalyses op zandgronden vanuit heel Nederland. Voor lokale grondgebruikers is een concrete bodem uit eigen omgeving aansprekender als referentie dan een Nederlands gemiddelde. De provincie Drenthe zou graag een toespitsing zien van de referenties naar de regionale situatie en heeft gevraagd om een verkenning van de mogelijkheden om de parameterset aan te passen aan de mogelijkheden van grondgebruikers.

4.2 *Ontwikkeling van een regionale referentie*

Uit de resultaten en discussie in hoofdstuk 2 en 3 blijkt de keuze van de referentie van doorslaggevend belang voor de score van het functioneren van ecosysteemdiensten: indien meetgegevens worden afgezet tegen een regionale referentie (op basis van 5 percelen in Drenthe die door grondgebruikers als 'goed' werden betiteld) scoren veel ecosysteemdiensten beter dan bij vergelijking met de nationale referentie (Figuur 5 en Figuur 9). Vooral in de discussie en met betrekking tot het handelingsperspectief voor akkerbouwers en veehouders in Drenthe kan dit een meer stimulerend effect hebben dan de vergelijking met een (anonieme) nationale referentie. Net als bij de nationale referentie blijft de afweging over wat goede referentie percelen zijn lastig. Idealiter zouden daarvoor voor veehouderij en akkerbouw afzonderlijk lokale experts (b.v. uit de voorlichting) met een breed beeld van de perceelskwaliteit in de regio geraadpleegd moeten worden. Vervolgens zouden potentiële percelen visueel beoordeeld moeten worden en zou een goed beeld van de ontstaansgeschiedenis en de daaraan gekoppelde potentiële mogelijkheden van de percelen gemaakt moeten worden. Mits hieruit een breder gedragen set met goede percelen met min of meer gelijke potentie naar voren komt kunnen bodemanalyses worden uitgevoerd en kunnen de resultaten daarvan dienen als regionale referentie.

Naast de stap van nationaal naar regionaal is ook de stap van bedrijfsniveau naar perceelsniveau een belangrijke ontwikkelingsstap bij het voor de praktijk hanteerbaar maken van ecosysteemdiensten. Vooralsnog worden de meeste bodemanalyses in het kader van Bobi en RBB uitgevoerd op bedrijfsniveau. Dat wil zeggen dat er een mengmonster van meerdere percelen (met dus meerdere gewassen of grasland van verschillende leeftijden) worden geanalyseerd. De resultaten hiervan maken het mogelijk om verschillen tussen b.v. veehouderij, akkerbouw en natuur aan te tonen, maar zijn minder geschikt als handvat voor de akkerbouwer of veehouder om concrete maatregelen aan te koppelen. Door Smeding et al. (2008) en in het project 'Bodemkwaliteit Drenthe' is voor het eerst een poging gedaan om deze belangrijke stap te maken. In de veehouderij leidt dat tot interessante aanknopingspunten voor duurzaam graslandbeheer, mede omdat er in Nederland op zandgrond al relatief veel kennis beschikbaar is op dit gebied. Voor de akkerbouw is de beschikbare dataset en de kennis over onderlinge relaties nog zeer beperkt. Daarnaast is het systeem veel dynamischer dan in de veehouderij. Verdere ontwikkeling van kennis is daarom noodzakelijk om telers

Toespitsing naar een regionale referentie voor Drenthe

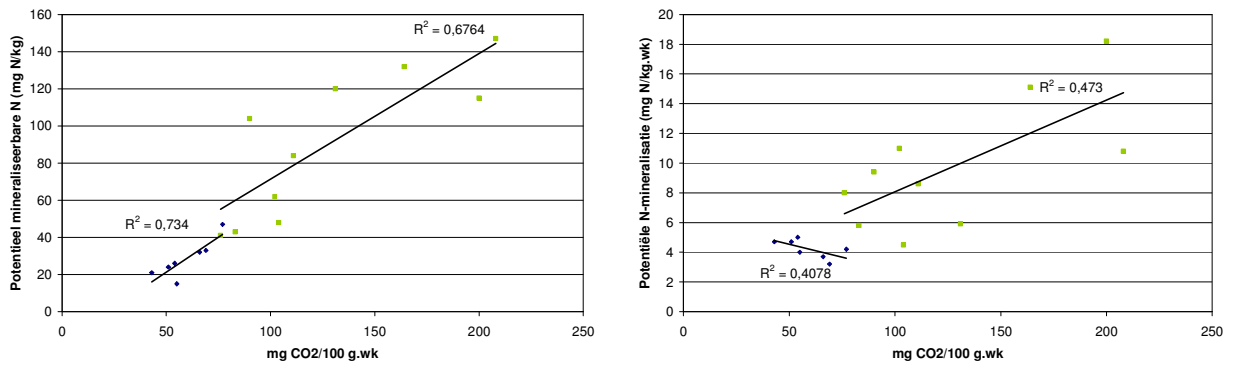
gerichter te kunnen adviseren ten aanzien van duurzaam bodembeheer op bouwland in het algemeen en bodembiodiversiteit in het bijzonder.

4.3 Mogelijkheden voor een vereenvoudigde meetset

Ten eerste moet gezegd worden dat het onderwerp bodembiodiversiteit en biologische bodemkwaliteit nog maar heel kort in de belangstelling staat, zeker als het gaat om de relatie met het functioneren van concrete ecosysteemdiensten. De opbouw van kennis hieromtrent staat dan ook nog in de kinderschoenen en de relaties zijn zeer complex. Indien mogelijk verdient een ruim budget voor bemonsteringen en data-analyse dus altijd de voorkeur. De vraag naar vereenvoudiging vanuit beleid en praktijk is echter begrijpelijk. De huidige parameterset is reeds een versimpeling van de basisset die is toegepast voor het bepalen van de nationale referenties en bestaat uit 18 metingen, gericht op bodemchemische, -biologische en -fysische kwaliteit. De kosten daarvan per monsterpunt bedragen ca. € 1300,-.

De bodembioologische bepalingen vormen hierbij de grootste kostenpost en vragen om de meest geavanceerde meettechnieken. Door Smeding et al. (2008) werd reeds de relatief eenvoudige en goedkope meting van respiratie (koolzuur productie, ook wel potentieel mineraliseerbare C) voorgesteld als alternatief voor individuele metingen aan schimmels, bacteriën en (potentiële) mineralisatie. De koolzuur productie geeft een indicatie van de hoeveelheid makkelijk verteerbaar voedsel die er voor het bodemleven is en kan ook als maat voor de organische stofkwaliteit dienen. De meting is minder gevoelig dan afzonderlijke microbiologische metingen. In Drenthe werden in de periode 2006-2008 op bouwland in het najaar waarden gemeten tussen de 33 en 123 mg CO₂ per 100 g grond en voor grasland waarden tussen de 67 en 254 mg CO₂ per 100 g grond bij incubatie van 1 week. In de akkerbouw werden de hoogste waarden (>75) gemeten op percelen met granen of groenbemesters en in de veehouderij werden de hoogste waarden (>150) gemeten op 'goede' percelen met oud grasland. Op basis van de huidige meetgegevens in Drenthe (een kleine dataset voor het leggen van relaties!) lijkt er alleen een duidelijke relatie tussen de hoeveelheid CO₂ en de potentieel mineraliseerbare N (de labiele N pool), zowel op grasland als op bouwland (Figuur 12, links). Op grasland lijkt er ook een positieve relatie tussen de hoeveelheid CO₂ en de potentiële N-mineralisatie, maar op bouwland is die relatie juist omgekeerd (Figuur 12, rechts). Ook door van Eekeren en Bokhorst (2009) werd op grasland, op basis van een grote meetset (>250 plots), een positieve relatie gevonden tussen CO₂ en potentiële N-mineralisatie ($R^2=0,5$). Voor de akkerbouw zijn de beschikbare gegevens beperkt en is een grotere meetset nodig voor een beter begrip van de onderlinge relaties.

Behalve respiratie kan de relatief goedkope meting van Hot-water carbon (HWC) een ander alternatief zijn. HWC is het labiele deel van de Total Organic Carbon (TOC) waaronder microbieel C en makkelijk metaboliseerbare C en N bronnen. De afname van HWC is een indicator voor de afname van organisch gebonden labiele nutriënten, microbiële biomassa en mogelijke verslechtering van bodemstructuur (Ghani et al. 2003). Nadeel van deze methode is dat er in Nederland nog weinig referentiemateriaal is opgebouwd.



Figuur 12: Relaties tussen de respiratie (mg CO₂/100 g grond per week) en de potentieel mineraliseerbare stikstof (links) en de potentiële N-mineralisatie (rechts) voor bouwland (blauw) en grasland (groen), met R², op basis van 7 resp. 10 metingen.

Als indicatie voor regenwormen (als belangrijke parameter voor de ecosysteemdiensten waterretentie, mineralisatie en veerkracht, zou ook alleen de dichtheid bepaald kunnen worden. Door de ruimtelijke variatie moeten wel meerdere pluggen gestoken worden voor een betrouwbaar beeld. Daarnaast is de wormenpopulatie door het seizoen ook aan sterke schommelingen onderhevig. Voor een vergelijking van percelen op één moment is het aantal wormen echter goed als indicator te gebruiken. Wat betreft nematoden gaat de interesse van akkerbouwers vooral uit naar de plantparasitaire nematoden, maar vanuit het oogpunt van bodemweerbaarheid blijkt steeds vaker juist de samenstelling van de populatie belangrijk en dus zowel dichtheid als diversiteit. Daarnaast spelen nematoden een belangrijke rol bij nutriëntenlevering. Uit onderzoek op grasland (van Eekeren et al., 2010) blijkt het aantal nematoden taxa een positieve schatter te zijn van de ecosysteemdienst 'nutriënten levering', doordat het de potentieel mineraliseerbare C en N kan voorspellen. Momenteel wordt er door verschillende laboratoria gewerkt aan een analyse van nematodengemeenschappen door gebruik te maken van DNA-barcodes. Dit zou de kostprijs van een routinematige bepaling kunnen verlagen.

5 Terugkoppeling naar de praktijk en kosteneffectiviteit

5.1 Communicatie activiteiten

Deelnemende grondgebruikers Gedurende het onderzoek is er steeds contact geweest met de grondgebruikers. Kennisverspreiding via bijeenkomsten voor akkerbouwers heeft plaatsgevonden op 8 juli 2008, 27 november 2008 en 13 februari 2009. Naast de collectieve momenten is er regelmatig individueel contact geweest tussen de onderzoekers en de afzonderlijke grondgebruikers.



Figuur 13: Gezamenlijke beoordeling van de bodem (links), keukentafeldiscussie over de resultaten (midden) en advies en uitwisseling tijdens individuele bodembeoordeling (rechts).

Overige communicatie activiteiten Via bijdragen aan de nieuwsbrief 'Balans' van de Waterleiding-maatschappij Drenthe, de digitale nieuwsbrief van de Bodemacademie (www.bodemacademie.nl), een interview voor het boekje wat werd uitgegeven in het kader van de Drentse Bodemweek 2008, een bijdrage aan de poster 'Vruchtbare Drentse Bodem' en de organisatie van de Dag van de Bodemgebruiker tijdens de Nationale Week van de Bodem in 2008 is kennis uit het project verspreid naar een bredere doelgroep.



Figuur 14: Producten die (mede) tot stand kwamen vanuit het project Bodemkwaliteit Drenthe v.l.n.r.: poster 'Vruchtbare Drentse Bodem', 'Dag van bewust bodemgebruik in het landelijk gebied' in het kader van de landelijke week van de bodem en input voor het boekje 'Boven de grond rekening houden met onder de grond', uitgegeven in het kader van de Drentse bodemweek.

Omdat het werken aan bodembiodiversiteit en bodemdiensten nog maar beperkt 'geland' is in het werk van organisaties als provincies en waterschappen is, op initiatief van de provincie Drenthe, in oktober 2008 een

lezing georganiseerd voor de IPO Vakgroep Bodembescherming, het overlegorgaan van beleidsmedewerkers bodem van alle provincies.

5.2 *Kosteneffectiviteit praktijkmaatregelen*

Praktische toepassing en kosten-batenanalyse compostgebruik De aanvoer van compost is een populaire maatregel om een grote hoeveelheid organische stof in de bodem te brengen. Compost bevat gemiddeld zo'n 150 kg effectieve organische stof per ton. Effectief wil zeggen: de hoeveelheid organische stof die een jaar na toediening nog over is en die dus vrij stabiel is. Ter vergelijking: in varkensdrijfmest zit ca. 20 kg effectieve organische stof per ton. In de akkerbouw wordt meestal tussen de 15 en 25 ton per hectare uitgereden. Omgerekend wordt bij dergelijke hoeveelheden in één keer net zoveel organische stof in de bodem gebracht als de optelsom van drie teelten bladrammenas. Compost is er in veel varianten. In de akkerbouw wordt het meest gebruik gemaakt van GFT- en groencompost. Het grootste verschil tussen GFT- en groencompost is het zoutgehalte. GFT-compost is zouter, meestal ook wat rijker dan groencompost en bevat vaak ook meer verontreinigingen zoals plastic en glas. Door betere scheidingstechnieken en controle is GFT-compost tegenwoordig een stuk schoner dan in het verleden. Sinds 2011 zijn akkerbouwers die werken met voedselveiligheids certificaten verplicht om zogenaamde 'Keurcompost' te gebruiken. Vanuit de Drentse praktijk is een veelgehoorde klacht van akkerbouwers dat ze graag meer compost zouden willen toepassen, maar dat de regelgeving (Meststoffenwet en de gebruiksnormen voor fosfaat) daar te weinig ruimte toe geeft. Dit vraagt om aandacht bij beleidsmakers en in vervolgonderzoek.

Het opstellen van een kosten-batenanalyse van het gebruik van compost is niet eenvoudig. Aan de kostenkant zit er variatie in de kwaliteit en dus de prijs van de compost die wordt aangevoerd. De prijs van GFT-compost varieert momenteel van ca. € 0,- tot € 4,5,- per ton. De prijs van goede groencompost kan oplopen tot ca. € 12,-. Maar de echte moeilijkheid zit hem aan de batenkant. Veel telers die al langer met compost werken zijn overtuigd van de positieve werking op bodemvruchtbaarheid en –kwaliteit: de grond zeft beter bij het rooien van aardappel (vermindering van kosten door betere bodemstructuur), er zijn minder problemen met wateroverlast (vermindering piekafvoer en minder kans op schade in gewassen) en voedingsstoffen komen geleidelijk beschikbaar (vermindering van kosten voor nutriënten uit kunstmest) wat leidt tot een stabiele groei van gewassen. Maar al deze aspecten zijn niet eenvoudig te kwantificeren. Daarnaast is vanuit de teelt van aardappel, suikerbieten en mais het gunstige effect van compost op de opbrengst bekend, maar onderzoeksresultaten zijn niet altijd eenduidig. Een ander bijkomend voordeel van compost is dat het bodemziekten kan helpen voorkomen. De afgelopen jaren hebben meerdere studies een positief effect van compost aangetoond, maar lang niet altijd. Compost is wat dat betreft geen wondermiddel. Verhoging van ziekteverendheid vraagt vaak om toepassing van meerdere maatregelen waarvan compost er één kan zijn.

Praktische toepassing en kosten-batenanalyse graslandvernieuwing In de praktijk blijkt het in veel gevallen niet mogelijk om de kwaliteit van blijvend grasland op peil te houden. Door extreme weersomstandigheden (te droog, te nat), verkeerd management, of een combinatie van deze twee, daalt de kwaliteit van de grasmat. Als de kwaliteit van blijvend grasland, door de veehouders meestal afgemeten aan

het percentage gewenste grassen en/of de grasproductie, onder een bepaald niveau zakt besluit de veehouder tot herinzaai. Het grootste deel van het Nederlands blijvende grasland wordt eens in de 5 á 10 jaar opnieuw ingezaaid. Bij herinzaai wordt eerst de oude zode doodgespoten, kapotgemaakt en dan ondergeploegd. Daarbij wordt een grote hoeveelheid organisch materiaal aan de bodem toegevoegd, maar is ook de kans op uitspoeling van nutriënten groot. Vervolgens wordt opnieuw gezaaid. Idealiter gebeurde dit aan het eind van zomer of in het najaar. Sinds 1 januari 2010 mag grasland op zandgrond vanwege het risico van uitspoeling alleen gescheurd worden in de periode van 1 februari tot en met 31 mei en mits er direct na vernietiging herinzaai plaatsvindt. De kans van slagen van herinzaai in het voorjaar is kleiner, o.a. door kans op droogte of hoge onkruiddruk. Graslandvernieuwing is duur (Tabel 11), maar wanneer je minimaal vijf jaar van de herinzaai kunt profiteren, is het voor een slechte grasmak vaak wel rendabel. Bij twijfel is doorzaaien een optie en veel goedkoper dan herinzaai, maar dit zorgt bij een ongewenst grassenbestand niet direct voor verbetering omdat het nieuwe gras vaak weggeconcentreerd wordt door het oude.

Tabel 11: Kostenoverzicht graslandvernieuwing en doorzaaien (bron KWIN).

Graslandvernieuwing (herinzaaien)	Euro/ha	Doorzaaien	Euro/ha
Grondonderzoek (verplicht)	€ 75	n.v.t.	
Basisbemesting/bekalken	€ 300	n.v.t.	
Doodspuiten	€ 55	Doodspuiten	€ 55
Spitten	€ 132	n.v.t.	
Zaaizaad (35 kg)	€ 145	Zaaizaad (35 kg)	€ 145
Zaaien	€ 95	Zaaien	€ 95
Totale kosten	€ 802		€ 295
Jaarlijkse kosten over 10 jaar	€ 80		€ 30

6 Conclusies

6.1 Algemene projectdoelstellingen

- Door het maken van een verdiepingsslag in aansluiting op de RBB *pilot* heeft het project bijgedragen aan het creëren van een breder draagvlak voor duurzaam bodemgebruik onder minimaal 9 akkerbouwers en veehouders in Drenthe. Via de poster 'Vruchtbare Drentse Bodem' is het onderwerp onder de aandacht gebracht bij alle abonnees van de Balans, het infoblad van de Waterleidingmaatschappij Drenthe. Daarnaast is vanuit het project aandacht gevraagd voor het onderwerp bij een bredere doelgroep (beleidsmakers, belangenbehartigers, collega onderzoekers en voorlichters) via berichtgeving in de vakpers en o.a. het organiseren van de Landelijke Dag van de Bodemgebruiker tijdens de Nationale week van de bodem in november 2008 te Assen.
- Toetsing van het korte termijn (1-jaar) effect van praktijkmaatregelen op biologische bodemkwaliteit is met name in de akkerbouw minder eenvoudig gebleken dan verwacht, zelfs bij extreem hoge doseringen (zie ook paragraaf 5.2 en 5.3).
- Indien meetgegevens worden afgezet tegen een regionale referentie scoren veel ecosysteemdiensten beter dan bij vergelijking met de nationale referentie. Net als bij de nationale referentie blijft de afweging over wat goede referentie percelen zijn lastig. Voor een goede regionale referentie zou een breed gedragen set met goede percelen met min of meer gelijke potentie geselecteerd moeten worden m.b.v. locale experts. Wat betreft vereenvoudiging van de meetset geldt dat het onderwerp bodembiodiversiteit en biologische bodemkwaliteit nog maar heel kort in de belangstelling staat, zeker als het gaat om de opbouw van kennis omtrent bodembiodiversiteit en de relatie met het functioneren van concrete ecosysteemdiensten. Relaties zijn vaak zeer complex. Indien mogelijk verdient een ruim budget voor bemonsteringen en data-analyse dus altijd de voorkeur, maar voor praktijkdoelen kan ook een vereenvoudigde meetset dienen als indicator voor (biologische) bodemkwaliteit.
- Door onderzoek en demonstratie op eigen percelen is bij akkerbouwers en veehouders de interesse in de (eigen) bodem vergroot. Dankzij regelmatige veldbezoeken en studiebijeenkomsten hebben bodemgebruikers van elkaar kunnen leren. Tijdens deze bijeenkomsten is ook kennis vanuit andere lopende projecten in Drenthe zoals Bedreven Bedrijven/Duurzaam boer blijven in Drenthe door de deelnemers ingebracht.

6.2 Akkerbouw

- Uit de metingen in 2006, 2007 en 2008 blijkt dat de waarden van de meeste chemische bodemparameters in Drenthe dichtbij de nationale referentie voor akkerbouw op zandgrond liggen en dus voldoen aan de richtlijnen voor een duurzaam functioneren van ecosysteemdiensten. Er lijkt geen effect van de timing van de monsternamen (de nationale referentie is gebaseerd op bemonstering in het voorjaar, de bemonstering vanuit LBI vond plaats in het najaar).
- De waarden voor biologische bodemparameters op bouwland percelen liggen in Drenthe systematisch lager dan de nationale referentie. Vooral de bacteriebiomassa is laag. Het lab dat de analyses uitvoert zegt echter geen aanwijzingen te hebben dat de bacteriebiomassa in het najaar in het algemeen lager

is dan in het voorjaar. De oorzaak van de lage aantallen is onduidelijk en heeft mogelijk te maken met het voedselaanbod (o.a. de kwaliteit van organische stof). Ook de regenwormendichtheid en –diversiteit zijn laag. Dit kan enerzijds worden verklaard doordat de nationale referentie is gebaseerd op bedrijfsbemonstering waarbij het gemiddelde van meerdere percelen wordt genomen, anderzijds door de gewasrotatie: in 2006 stond er op de helft van de bemonsterde percelen graan of een groenbemester en werden regenwormen gestimuleerd, in 2007 en 2008 stond er op alle percelen suikerbiet en daarna aardappel, gewassen met een duidelijk negatief effect op de regenwormenpopulatie. Daarnaast is uit onderzoek bekend dat regenwormen vooral door organische meststoffen zoals vast (potstal)mest worden gestimuleerd. In Drenthe wordt dat nauwelijks toegepast. Nematodendiversiteit was in 2008 significant hoger dan in 2007, een aanwijzing dat gewaskeuze een rol speelt bij het al dan niet voorkomen van soorten.

- Het functioneren van ecosysteemdiensten op bouwlandpercelen in Drenthe, op basis van de gekozen parameterset, varieert afhankelijk van het jaar, de perceelskeuze en de referentiewaarden.
- De inzet van GFT compost leidt na één teeltseizoen tot significante verschillen in bodemstructuur, maar heeft na één seizoen weinig tot geen meetbaar effect op bodemchemische of bodembologische parameters en het functioneren van ecosysteemdiensten, ook niet bij toediening van extreem hoge doseringen.

6.3 Veehouderij

- Uit de metingen in 2006, 2007 en 2008 blijkt dat de waarden van de meeste chemische bodemparameters in Drenthe dichtbij de nationale referentie voor grasland op zandgrond liggen en dat de bodem onder OUD grasland gunstiger scoort dan onder JONG grasland: organische stofgehalte, N-totaal, C-totaal, potentieel mineraliseerbare N (labiele N pool) en bodemrespiratie zijn hoger op OUD grasland dan op JONG grasland.
- De waarden voor biologische bodemparameters op graslandpercelen liggen in Drenthe systematisch lager dan de nationale referentie. Regenwormen dichtheid vormt hierop een positieve uitzondering. Net als op bouwland is vooral de bacteriebiomassa laag. Het lab dat de analyses uitvoert zegt echter geen aanwijzingen te hebben dat de bacteriebiomassa in het najaar in het algemeen lager is dan in het voorjaar. De oorzaak van de lage aantallen is onduidelijk en heeft mogelijk te maken met het voedselaanbod (o.a. de kwaliteit van organische stof).
- Op basis van de gekozen parameterset heeft OUD grasland een gunstiger effect op de ecosysteemdiensten dan JONG grasland.
- Ten opzichte van HERINZAAI en DOORZAAI lijkt het handhaven van grasland (OUD grasland) gunstiger voor bodemchemische en bodembologische indicatoren. Het verwachte (en in de praktijk vaak ervaren) negatieve effect van spitten en herinzaaien op de opbrengst van de 1^e snede kon niet worden aangetoond. Mogelijk dankzij het snel inzaaien van de nieuwe zode.
- De waarden van bodembologische parameters op grasland zijn over het algemeen hoger (beter) dan op bouwland.
- Op basis van de gekozen parameterset en de nationale referenties is de score van de ecosysteemdiensten onder grasland in Drenthe stelselmatig lager.

7 Aanbevelingen

7.1 Beleid

De (regionale)overheid speelt een belangrijke rol bij het stimuleren en faciliteren van de transitie naar duurzaam bodemgebruik. In Drenthe speelt deze transitie een belangrijke rol in het beleid. Een nieuwe kijk op bodembeheer (van ‘de bodem als substraat’ naar ‘actief stimuleren en benutten van bodemdiensten, ook op de langere termijn’) ontstaat niet van de ene op de andere dag. De provincie Drenthe heeft op beleidsniveau een grote stap gezet door het formuleren van een bodemvisie. Oppakken door de praktijk vraagt om demonstratie van werkbare voorbeelden en verdere onderbouwing van mogelijkheden. Op basis van de ervaringen in “Bodemkwaliteit Drenthe” vragen de volgende punten om aandacht:

- Het werken met ecosysteemdiensten en de RBB-systematiek is een goede methode om met verschillende grondgebruikers in een gebied het onderwerp bodemkwaliteit te definiëren en te evalueren. De methode helpt bij de transitie in het denken over grondgebruik en het invulling geven aan duurzaam bodembeheer. Om de systematiek ook daadwerkelijk voor de praktijk bruikbaar te maken, dus op perceelsniveau, zijn methodische verbeteringen nodig. Een discutabel punt in de methodiek is bijvoorbeeld de keuze voor parameters. De wens vanuit de gebruikers is een eenvoudige en relatief goedkope en robuuste set. De kennis over relaties en interacties in de bodem is echter nog zeer beperkt, dus de kans op verkeerde conclusies ook groot. Belangrijk is het daarom om bij gebruik van de methode (inzet in projecten) steeds zo veel mogelijk voeling met de betreffende percelen, de historie, het bedrijfsmanagement en de ervaringen van de eigenaar op het perceel te hebben en de referenties nadrukkelijk als richting te beschouwen, niet als norm. Behalve het verder ontwikkelen van de systematiek, wat meer een fundamenteel theoretisch karakter heeft, kan de praktijk op basis van een vereenvoudigde methode waarin een aantal sleutelfactoren aan bod komen (zicht op structuur, organische stofbalans en b.v. regenwormendichtheid) zeker nog stappen maken in de richting van een duurzamer bodembeheer.
- Over de betekenis van agrobiodiversiteit voor regulatie van organische stof, nutriënten, water(retentie) en overige bodemdiensten zijn inmiddels de eerste literatuurstudies beschikbaar (Faber et al., 2009), maar het ontbreekt nog aan concrete (regionale) kennis. Het zou goed zijn om met betrekking tot het functioneren van bodemdiensten in Nederland meer (*pilot*) onderzoek te initiëren. Een onderzoekszopzet waarbij bodemgebruikers (akkerbouwers, veehouders, beheerders) actief betrokken worden vergroot de kans dat de nieuwe begrippen ook in de praktijk betekenis gaan krijgen en bodemgebruikers er daadwerkelijk mee aan de slag gaan. De provincie (o.a. ILG) kan hier een centrale rol in spelen.
- Naast onderzoek verdient ook de verspreiding van kennis over duurzaam bodembeheer en agrobiodiversiteit en de vertaalslag van wetenschappelijke kennis naar de praktijk meer aandacht. Het initiatief SPADE (Stimuleringsprogramma Agrobiodiversiteit en Duurzaam Bodembeheer), heeft hier de afgelopen jaren via kennismakelaars invulling aan gegeven. SPADE wordt echter afgebouwd. Aanbevolen wordt om meer mogelijkheden te creëren voor financiële ondersteuning van boeren-netwerken/studie-groepen. Dit nadrukkelijk in combinatie met de mogelijkheid tot demonstratie en het aanleggen van *pilots* zodat ook de inhoudelijke input voor de groepsdiscussie gewaarborgd wordt en deelnemers daadwerkelijk met innovaties aan de slag kunnen gaan.

7.2 *Bouwlandbeheer in Drenthe*

Voor een duurzaam beheer van Drentse bouwlandpercelen is maatwerk noodzakelijk. De mogelijkheden wat betreft gewaskeuze en vruchtopvolging zijn beperkt. Aanscherping van de gebruiksnormen voor meststoffen biedt voor telers steeds minder mogelijkheden voor aanvoer van organische meststoffen en toepassing van bodemverzorgende maatregelen zoals compost. Op de meeste bedrijven is de vruchtbare bouwvoor slechts 30 cm diep en stopt de gewasgroei daarna op het (gele) zand. Bewust en zuinig omgaan met de bodem is in deze situatie de belangrijkste sleutel naar een duurzaam beheer. Voor de dagelijkse praktijk betekent dit:

- Percelen op hetzelfde bedrijf kunnen grote verschillen in bodemkwaliteit laten zien. Duurzaam bodembeheer op bedrijfsniveau vraagt om maatwerk op perceelsniveau.
- Het graven van een profielkuil is een eenvoudige en goedkope methode die veel inzicht geeft in de mogelijkheden en aandachtspunten van de eigen bodem. Telers zouden er een gewoonte van moeten maken om dit, eventueel samen met hun adviseurs, regelmatig te doen.
- Op veel bedrijven is de organische stofbalans negatief (er wordt minder aangevoerd dan er wordt afgebroken). Het berekenen (via <http://psgapp.wur.nl/organischestof>) en op peil houden van de organische stofbalans geeft inzicht in de noodzaak voor het nemen van gerichte maatregelen zoals de aanvoer via granen in het bouwplan (incl. stro), compost of het opnemen van gras(klaver) in de rotatie door samenwerking met een veehouder.
- Aanvoer van (labiele) organische stof stimuleert het bodemleven, maar aandacht is nodig voor de kwaliteit van het materiaal.
- Bij het uitvoeren van grondbewerking (ploegen, woelen) moet altijd rekening worden gehouden met de bodem. Vermijdt (te) zware machines en zoek naar het meest optimale type grondbewerking. Woelen is vaak een korte termijn actie en kan ook negatief uitwerken doordat bestaande poriën en gangen die de verbinding met de ondergrond in stand houden worden vernietigd. Zaaïen van een diepwortelend gewas direct na woelen zorgt dat de verbindingen naar de ondergrond gemaakt kan worden en de bodem niet kort na de ingreep weer dicht zakt.
- Investeer (tijd) in kennisontwikkeling via studiegroepen en/of deelname aan projecten.

7.3 *Graslandbeheer in Drenthe*

Percelen op hetzelfde bedrijf kunnen grote verschillen in bodemkwaliteit laten zien. Duurzaam bodembeheer kan op hoofdlijnen worden geformuleerd, maar vraagt om maatwerk op bedrijfs- en perceelsniveau.

- Gebruik de bodemanalyse niet alleen om tekorten aan te vullen zoals b.v. natrium, maar leg bij de interpretatie meer nadruk op de uitkomsten van het gehalte aan organische stof, C-totaal, N-totaal en de C/N verhouding.
- Handhaaf de graszode zoveel mogelijk en weeg de voor en nadelen van graslandvernieuwing goed tegen elkaar af. Doorzaaien kan een tussenoplossing bieden.
- Het graven van een profielkuil is een eenvoudige en goedkope methode die veel inzicht geeft in de mogelijkheden en aandachtspunten van de eigen bodem. Veehouders zouden er een gewoonte van moeten maken om dit, eventueel samen met hun adviseurs, regelmatig te doen.
- Investeer (tijd) in kennisontwikkeling via studiegroepen en/of deelname aan projecten.

Literatuur

Faber, J.H., G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis, J. Bloem, J. Lahr, W.H. Diemont en L.C. Braat (2009).

Ecosysteemdiensten en transitie in bodemgebruik; Maatregelen ter verbetering van biologische bodemkwaliteit. Wageningen, Alterra-rapport 1813. 150 p.

EC (2006). **Soil Thematic Strategy (COM(2006)231) and Proposal for a Soil Framework Directive (COM(2006)232).**

Eekeren, N. van, Bommelé, L., Bloem, J., Rutgers, M., Goede, R. de, Reheul, D., Brussaard, L. (2008). **Soil biological quality after 36 years of ley-arable cropping, permanent grassland and permanent arable cropping.** Applied Soil Ecology 40, 432-446.

Eekeren, N. van, Boer, H. de, Hanegraaf, M., Bokhorst, J., Nierop, D., Bloem, J., Schouten, T., Goede, R. de, Brussaard, L. (2010). **Ecosystem services in grassland associated with biotic and abiotic soil parameters.** Soil Biology & Biochemistry 42, Issue 9, 1491-1504.

Eekeren, N. van, Bokhorst, J. (2009). **Beoordeling bodemkwaliteit zandgrond – een inventarisatie van bodemindicatoren voor de veehouderij.** Zorg voor zand rapport nr. 7. Louis Bolk Instituut, Driebergen, 59 p.

Ghani, A., Dexter, M., Perrott, K.W. (2003). **Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilisation, grazing and cultivation.** Soil Biology and Biochemistry 35: 1231-1243.

Hanegraaf, M.C. en M. de Visser (red) (2003). **Naar een betere bodemkwaliteit op zandgrond.** Praktijkrapport Rundvee 50. 90 p.

Huijsmans, K.G.A. en J. de Wit (2008). **Prestaties van de bodem in natuurontwikkelingsgebied Banisveld. Ontwikkeling bodembioologische referenties voor 'heide op voormalige landbouwkundige zandgrond'.** Rapport 13/99088990/KH, Grontmij, Houten.

Koopmans, C.J., Smeding, F.W., Zanen, M., Rutgers, M., Bloem, J., van Eekeren, N. (2006). **Biodiversiteit en bodembeheer in de landbouw.** LBI rapport LB14. Louis Bolk Instituut, Driebergen, 69 p.

KWIN (2009)

Leroy, B. (2008). **Soil food web, C and N transformations and soil structure: interactions and feedback mechanisms as a function of the quality of exogenous organic matter.** PhD thesis, Ghent University, Gent, 246 p.

MA 2005. Millennium Ecosystem Assessment, 2005. **Ecosystems and Human Well-being, Summary for decision makers.** Washington.

Rutgers, M., Mulder, C., Schouten, A.J., Bogte, J.J., Breure, A.M., Bloem, J., Jagers op Akkerhuis, G.A.J.M., Faber, J.H., van Eekeren, N., Smeding, F.W., Keidel, H., De Goede, R.G.M., Brussaard, L. (2005). **Typering**

van bodemecosystemen. Duurzaam bodemgebruik met referenties voor biologische bodemkwaliteit. RIVM rapport 607604007, Bilthoven.

Rutgers, M., Mulder, C. en A.J. Schouten (red) (2007a). **Typeringen van bodemecosystemen in Nederland met tien referenties voor biologische bodemkwaliteit.** RIVM rapport 607604008, Bilthoven, 96 p.

Rutgers, M., Kuiten, A.M.P. en L. Brussaard (2007b). **Prestaties van de bodem in de Hoeksche Waard. Nulmeting en toepassing van een referentie voor biologische bodemkwaliteit (RBB).** RIVM briefrapport 607020001, Bilthoven, 44 p.

Smeding, F., Zanen, M. en A.J. Schouten (2008). **Bodemkwaliteit Drenthe. 1 jarige pilot Referenties Biologische Bodemkwaliteit.** Louis Bolk Instituut, Driebergen, 80 p.

TCB 2003. **Advies duurzamer bodemgebruik op ecologische grondslag.** Technische Commissie Bodembescherming, TCB A33(2003), Den Haag, 94 p.

Vlaco (2009). **Ecologische en economische voordelen GFT- en groencompost.**

VROM (2003). **Beleidsbrief Bodem. Kenmerk BWL/2003 096250, Ministerie van VROM, Den Haag.**

Gedeputeerde staten van Drenthe (2008). **Werk maken van eigen bodem.** Provincie Drenthe.

Zanen, M., Bokhorst, J.G., ter Berg, C., Koopmans, C.J. (2008). **Investeren tot in de bodem – evaluatie van het proefveld mest als kans.** Louis Bolk Instituut, Driebergen, 38 p.

Bijlage 1: Analyse GFT compost

Mestonderzoek Bemestende waarde mest Drenthe C.		 Blgg	
Uw klantnummer: 8007144		Postbus 115 6860 AC Oosterbeek Meer informatie: T: 0900-2352544 F: 026-3346409 E: klantenservice@blgg.nl I: www.blgg.nl	
Louis Bolk Instituut M. Zanen LDV029 Hoofdstr 24 3972 LA DRIEBERGEN RYSENB			
Onderzoek	Onderzoek-/ordernummer: 615489/002140996	Datum verslag: 06-03-2008	
	Dierlijke mestsoort: Overig	Datum monsternamen: 25-02-2008	Monster genomen door: Derden
	Drenthe C	Contactpersoon monsternamen: Herman Dorresteyn: 0652002114	
Resultaat weergegeven in het product	Eenheid	Methode	Resultaat
Droge stof	g DS/kg		629
Ruw as	g RAS/kg	Gravimetrie	464
Organische stof	g OS/kg		165
Stikstof	g N/kg	CF	7,03
C/N-quotiënt			11
Stikstof-ammoniak	g N-NH ₃ /kg	Spectrofotometrie	1,5
Stikstof-organisch	g N-org/kg		5,5
Fosfaat	g P ₂ O ₅ /kg	CF	3,27
Kali	g K ₂ O/kg	CF	6,2
Magnesium	g MgO/kg	AES-ICP	2,0
Natrium	g Na ₂ O/kg	AES-ICP	1,1
Toelichting	C/N-quotiënt geeft de koolstof-stikstofverhouding weer. De werkingscijfers voor deze mestsoort zijn op de achterzijde vermeld. Indien er geen mestsoort is opgegeven, zijn er standaard werkingscijfers afgedrukt.		
Pagina: 1 Totaal aantal pagina's: 2			
			Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Blgg is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria onder nr. L122 voor gebieden zoals nader omschreven in de erkenning. Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoordelijkheid van ing. H. Hekman, manager operationele zaken a.l. Genoemde accreditatie is uitsluitend toegekend voor de analysemethoden. Op verzoek worden de Algemene Voorwaarden en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden.
			

Bijlage 2: Bemesting per variant

Tabel 12a: Stikstofbemesting per variant in 2007.

Variant	Compostgift (ton/ha)	N-NH ₃ (kg/ton)	N-org (kg/ton)	N-totaal (kg/ha)	N-werkzaam* (kg/ha)	Bijbemesting kunstmest-N** (kg/ha)	Aanvoer N (kg/ha)
Controle (C0)	0	n.v.t.	n.v.t.	0	0	200	200
C30	30	1,5	5,5	210	21	179	200
C90	90	1,5	5,5	630	63	137	200

*Voor compost geldt een werkingscoëfficiënt van 10%. **KAS.

Tabel 12b: Fosfaatbemesting per variant in 2007.

Variant	Compostgift (ton/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ton)	P ₂ O ₅ compost (kg/ha)	Bijbemesting kunstmest-P* (kg/ha)	Aanvoer P ₂ O ₅ (kg/ha)
Controle (C0)	0	n.v.t.	0	99	99
C30	30	3,27	99	0	99
C90	90	3,37	297	0	297

*Tripelsuperfosfaat

Tabel 12c: Kalibemesting per variant in 2007.

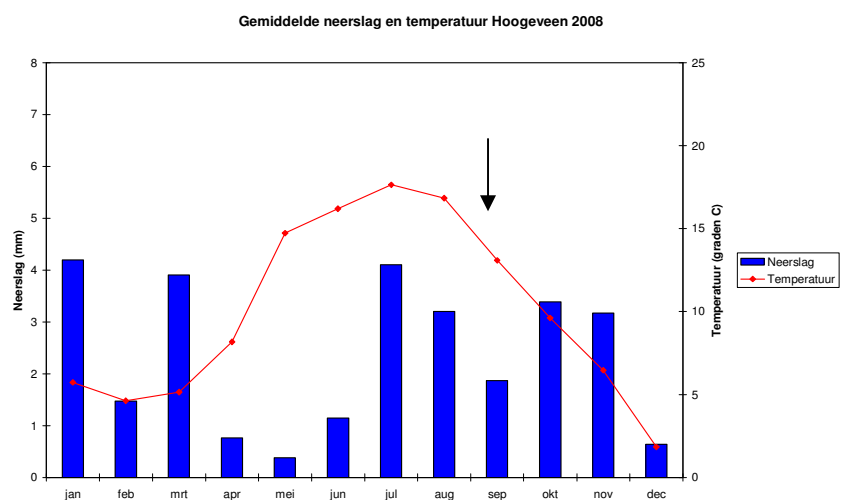
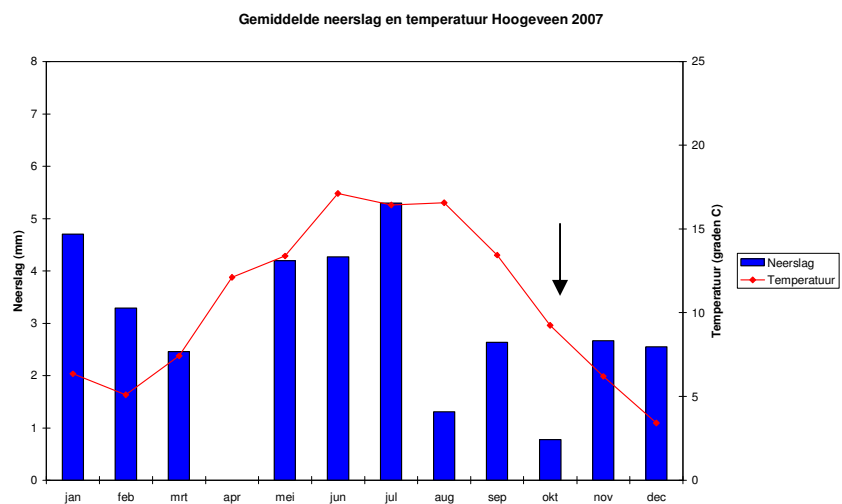
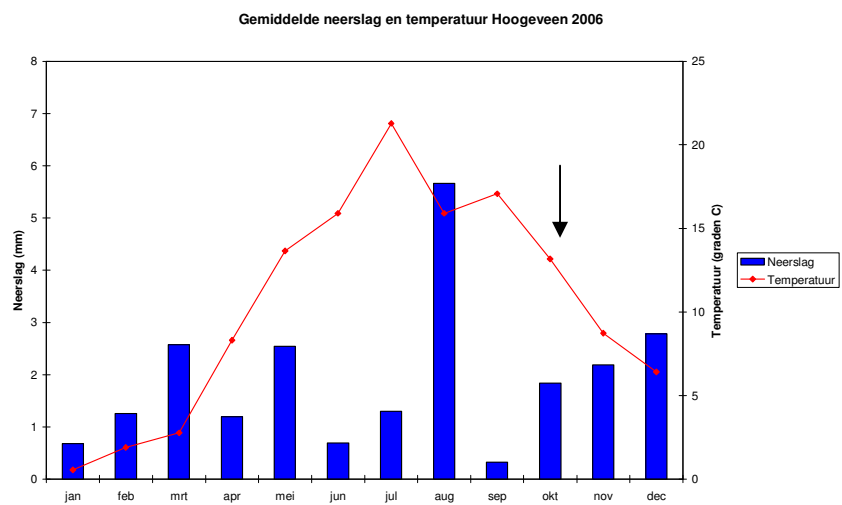
Variant	Compostgift (ton/ha)	K ₂ O (kg/ton)	K ₂ O compost (kg/ha)	Bijbemesting kunstmest-K* (kg/ha)	Aanvoer K ₂ O (kg/ha)
Controle (C0)	0	n.v.t.	0	186	186
C30	30	6,2	186	0	186
C90	90	6,2	558	0	558

*Kali-50

Effectieve organische stof

De hoeveelheid effectieve organische stof (EOS) was 0 kg/ha (C0), 3713 kg/ha (C30) en 11138 kg/ha (C90).

Bijlage 3: Gemiddelde neerslag en temperatuur 2006-2008



De pijl in de grafiek geeft het moment van de monstername aan.

Bijlage 4: Parameters voor de berekening van ecosysteemdiensten

Parameter	Referentieset Bodemkwaliteit Drenthe
1	Bacteriële biomassa
2	Potentiële N-mineralisatie
3	Nematoden dichtheid
4	Nematoden diversiteit
5	Plantparasitaire nematoden
6	Regenwormen dichtheid
7	Regenwormen diversiteit
8	Zuurgraad
9	Organische stof
10	Extraheerbaar P (P-AI)

Selectie van de parameters die meetellen bij het bepalen van een score voor een ecosysteemdienst is tot stand gekomen op basis van *expert judgement*.

Basisdiensten	Ecosysteemdiensten	Parameter							Totaal
1. Bodemvruchtbaarheid	a. nutriëntenlevering	1	2	3	8	9	10		6
	b. bodemstructuur	6	8	9					3
	c. ziektenwering	1	3	4	5				4
2. Adaptatie, veerkracht	a. stress weerstand	4	5	7	9				4
	b. veerkracht	2	4	6	9				4
3. Buffer	a. mineralisatie OS	1	2	6	9				4
	b. zelfreinigend vermogen	1	2	8	9	10			5
	c. waterretentie	6	7	9					3
	d. klimaatfuncties	1	2	9					3
4. Habitatfunctie	a. biodiversiteit	1	4	7					3

Grijs gearceerd: de vijf belangrijkste ecosysteemdiensten geselecteerd voor agrarisch grondgebruik in Drenthe tijdens de RBB-workshop in Balingen, oktober 2006.

Bijlage 5: Resultaten bodemkwaliteit akkerbouw - 4 akkerbouw percelen in Drenthe

Bodemchemisch

Locatie	Variant	N-Tot07	N-Tot08	C-Tot07	C-Tot08	P-Tot07	P-Tot08	P-PAE07	P-PAE08	Pw07	Pw08	P-AL07	P-AL08	KHCL07	KHCL08	pH07	pH08	OS07	OS08	Lutum07	Lutum08
evenhuis	GC	1,23	1,40	34	29	117	93	2,2	3	71	52	51	43	17	14	5,2	5,2	6,3	4,6	1	1
houwing	GC	2,54	2,28	41	50	156	139	1,7	4,7	57	42	50	56	10	8	4,9	5	6,7	7,4	1	1
bouwhuis	GC	1,22	1,57	25	30	93	104	3,5	3,1	69	55	45	52	19	28	5,2	5,3	4,5	6,5	1	1
wolf	GC	1,24	2,53	28	50	105	139	5,3	3,2	63	69	50	74	13	14	6,1	5,3	4,9	9,2	2	2
evenhuis	C	1,17	1,40	30	27	104	104	3	4,5	83	61	51	51	21	17	5,4	5,5	5,1	5,1	1	1
houwing	C	1,83	2,39	43	43	178	163	1,4	2,5	56	42	48	52	12	18	5	5,4	7,5	8,5	1	1
bouwhuis	C	1,95	1,65	27	34	106	113	3,8	4,9	64	63	50	48	26	27	5,2	5,4	4,9	5,3	1	1
wolf	C	1,60	2,15	32	56	131	152	2,9	2,8	86	74	69	80	16	15	6,2	5,7	5,8	9,2	2	2

Bodembologisch

Locatie	Variant	BacterieBM07	BacterieBM08	Pot. Nmin07	Pot. Nmin08	minN07	minN08	NminminN07	NminminN08	CO2sep08
evenhuis	GC	31	27	3,6	4,7	23	21	0,16	0,23	43
houwing	GC	21	20	3,3	5,0	27	26	0,13	0,19	54
bouwhuis	GC	21	13	4,9	3,7	23	32	0,22	0,12	66
wolf	GC	20	12	5,2	4,0	21	15	0,25	0,27	55
evenhuis	C	16	11	3,7	4,7	24	24	0,16	0,20	51
houwing	C	18	22	2,9	4,2	24	47	0,12	0,09	77
bouwhuis	C	28	14	5,4	3,2	27	33	0,20	0,10	69
wolf	C	40	26	6,0	-2,3	27	22	0,22	-0,11	68

Op de vier akkerbouwlocaties werd behalve de jaarlijkse meting op een vaste locatie (GC, geen compost) ook een aanliggend blok van 20m² bemest met 30 ton GFT compost/ha (variant C). Bemesting vond plaats in februari 2008. De meting in 2007 is de nulmeting. De meting in 2008 de effectmeting. Omdat er geen significante effecten werden gemeten is dit onderdeel van het onderzoek niet verder besproken in de rapportage. Deze bijlage geeft wel het resultaat van de metingen.

Nematoden

Locatie	Variant	Nem aantal07	Nem aantal08	Nem taxa07	Nem taxa08
evenhuis	GC	2940	4081	18	21
houwing	GC	1072	4861	17	23
bouwhuis	GC	4392	3586	17	29
wolf	GC	3565	1481	20	25
evenhuis	C	3187	2888	17	22
houwing	C	1204	3173	16	19
bouwhuis	C	5827	3408	21	26
wolf	C	1337	1578	16	25

Regenwormen

Locatie	Variant	Wormentot07	Wormentot08	Wormenad07	Wormenad08	Wormenjuv07	Wormenjuv08	Wormentaxa07	Wormentaxa08	WormenBM08
evenhuis	GC	24	13	0	13	24	0	0	1	9
houwing	GC	56	0	8	0	48	0	1	0	0
bouwhuis	GC	8	0	8	0	0	0	1	0	0
wolf	GC	96	50	24	38	72	13	1	1	34
evenhuis	C	8	13	8	13	0	0	1	1	11
houwing	C	88	38	16	38	72	0	1	2	20
bouwhuis	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0
wolf	C	176	62	24	62	152	0	1	1	40

Op de vier akkerbouwlocaties werd behalve de jaarlijkse meting op een vaste locatie (GC, geen compost) ook een aanliggend blok van 20m² bemest met 30 ton GFT compost/ha (variant C). Bemesting vond plaats in februari 2008. De meting in 2007 is de nulmeting. De meting in 2008 de effectmeting. Omdat er geen significante effecten werden gemeten is dit onderdeel van het onderzoek niet verder besproken in de rapportage. Deze bijlage geeft wel het resultaat van de metingen.

Bijlage 6a: Resultaten bodemkwaliteit grasland – vergelijking OUD en JONG grasland op 5 bedrijven

Bodemchemisch

Locatie	Variant	N-Tot07	N-Tot08	C-Tot07	C-Tot08	P-Tot07	P-Tot08	P-PAE07	P-PAE08	Pw07	Pw08	P-AL07	P-AL08	KHCL07	KHCL08	pH07	pH08	OS07	OS08	Lutum07	Lutum08
stokman	JONG	1,65	2,24	36	39	112	114	1,8	2,2	48	45	45	42	18	25	5,3	5,5	6,5	6,8	1	2
hilhorst	JONG	1,16	1,67	19	25	113	161	1,3	1,1	34	21	27	32	8	14	4,4	4,8	4,6	4,6	1	1
enting	JONG	1,63	2,38	33	45	100	105	2,6	2,5	47	37	34	33	19	18	4,9	5,1	5,7	6	2	3
meppelink	JONG	1,36	1,9	24	31	141	215	6,5	4,4	73	58	63	76	12	20	5,7	5,6	4,4	5,4	2	1
boer	JONG	1,08	1,6	27	31	100	125	1,6	2,6	35	44	55	56	21	35	5,9	5,8	4,5	6	1	1
stokman	OUD	2,57	5,52	38	87	141	228	0,2	0,9	12	22	23	31	13	18	5,4	5,4	7,3	10,8	1	3
hilhorst	OUD	2,53	3,15	39	43	172	224	1,1	1,8	33	25	44	44	24	29	4,9	5,2	7,3	10,3	1	2
enting	OUD	3,34	3,07	40	43	154	168	1,9	2,3	50	55	50	52	21	28	5	5,3	7,5	9	2	3
meppelink	OUD	1,38	1,77	28	31	103	147	3,4	2,2	38	42	48	61	15	22	5,5	5,6	4,7	5,6	1	1
boer	OUD	3,69	5,06	60	88	158	192	3,2	3,3	50	50	53	55	23	52	5,4	5,6	10,1	12,6	2	2

Bodembiologisch

Locatie	Variant	BacterieBM07	BacterieBM08	Pot. Nmin07	Pot. Nmin08	minN07	minN08	NminminN07	NminminN08	CO2sep08
stokman	JONG	73	33	10,6	11,0	57	62	0,19	0,18	102
hilhorst	JONG	19	18	6,4	9,4	74	104	0,09	0,09	90
enting	JONG	70	22	11,8	8,6	69	84	0,17	0,10	111
meppelink	JONG	20	18	3,7	5,8	29	43	0,13	0,13	83
boer	JONG	48	12	5,5	8,0	37	41	0,15	0,20	76
stokman	OUD	74	32	12,1	10,8	116	147	0,10	0,07	208
hilhorst	OUD	57	45	14,3	15,1	119	132	0,12	0,11	164
enting	OUD	65	21	10,9	5,9	98	120	0,11	0,05	131
meppelink	OUD	57	27	4,9	4,5	35	48	0,14	0,09	104
boer	OUD	78	49	13,5	18,2	101	115	0,13	0,16	200

Nematoden

Locatie	Variant	Nem aantal07	Nem aantal08	Nem taxa07	Nem taxa08
stokman	JONG	6444	3682	32	35
hilhorst	JONG	4387	4469	31	32
enting	JONG	4609	3425	21	29
meppelink	JONG	4445	4063	18	32
boer	JONG	3964	3597	26	35
stokman	oud	2045	3127	24	26
hilhorst	oud	7700	6160	31	29
enting	oud	3710	2853	19	27
meppelink	oud	4617	3527	23	34
boer	oud	4302	3705	27	22

Regenwormen

Locatie	Variant	Wormentot07	Wormentot08	Wormenad07	Wormenad08	Wormenjuv07	Wormenjuv08	Wormentaxa07	Wormentaxa08	WormenBM08
stokman	JONG	32	288	0	175	32	113	0	2	106
hilhorst	JONG	192	100	56	63	136	38	2	1	35
enting	JONG	288	425	48	275	240	150	1	2	259
meppelink	JONG	232	400	56	200	176	200	1	3	152
boer	JONG	176	288	96	100	80	188	2	2	121
stokman	oud	8	225	8	175	0	50	1	2	174
hilhorst	oud	216	250	56	175	160	75	2	3	85
enting	oud	184	263	48	175	136	88	1	1	156
meppelink	oud	464	488	112	113	352	375	2	1	176
boer	oud	544	875	264	350	280	525	2	2	160

Bijlage 6b: Resultaten bodemkwaliteit grasland – maatregel oud versus herinzaaien

Bodemchemisch

Locatie	Variant	N-Tot07	N-Tot08	P-Tot07	P-Tot08	P-PAE07	KHCL07	KHCL08	pH07	pH08	OS07	OS08
stokman	OUD	3,02	3,04	194	187	3,4	19	22	5,5	5,6	6,8	7,7
hilhorst	OUD	2,41	3,10	154	162	3,9	21	26	4,9	5,1	8,1	8,8
enting	OUD	2,52	3,18	158	168	2,1	25	31	5,1	5,2	7,9	8,7
meppelink	OUD	2,52	3,25	128	126	0,9	11	14	5,1	5,1	9,4	9,5
stokman	DOORZ	1,90	2,35	163	157	3,2	23	23	5,4	5,6	5,5	6,3
hilhorst	DOORZ	2,19	*	147	*	4,9	19	*	4,9	*	6,9	*
enting	DOORZ	2,27	2,88	150	170	2,9	30	24	5,1	5,3	6,1	6,9
meppelink	DOORZ	2,09	2,78	108	147	0,6	11	13	5,3	5,3	7,5	8,1
stokman	HER	2,01	2,81	149	183	3,2	20	28	5,4	5,6	5,1	6,8
hilhorst	HER	2,53	2,76	149	154	4,9	20	32	4,9	5	8,8	8,4
enting	HER	2,20	3,13	148	169	2,9	26	24	5	5,2	6,3	7,1
meppelink	HER	2,11	2,96	101	129	0,9	11	12	5,3	5,3	7,6	8,4

Bodembiologisch

Locatie	Variant	BacterieBM07	BacterieBM08	Pot. Nmin07	Pot. Nmin08	minN07	minN08	NminminN07	NminminN08	CO2apr08	CO2sep08
stokman	OUD	46,2	44,0	10,24	13,18	92,6	119,4	0,11	0,11	209	117
hilhorst	OUD	63,1	28,3	8,62	24,38	87,6	116,8	0,10	0,21	211	155
enting	OUD	43,0	50,8	11,84	11,54	105,9	104,7	0,11	0,11	180	120
meppelink	OUD	73,6	25,2	9,30	7,60	50,9	53,9	0,18	0,14	174	124
stokman	DOORZ	59,4	22,8	10,78	11,60	222,2	99,5	0,05	0,12	142	119
hilhorst	DOORZ	87,4	*	8,86	*	81,4	*	0,11	*	160	*
enting	DOORZ	76,3	34,6	10,80	8,64	99,5	96,1	0,11	0,09	133	113
meppelink	DOORZ	75,6	23,8	8,42	7,78	55,3	60,1	0,15	0,13	136	92
stokman	HER	26,5	28,2	13,28	8,78	92,4	59,2	0,14	0,15	156	85
hilhorst	HER	47,7	33,9	8,68	8,80	82,9	64,9	0,10	0,14	174	89
enting	HER	68,4	27,1	9,94	9,44	98,6	92,1	0,10	0,10	146	149
meppelink	HER	48,4	24,0	5,74	5,88	51,4	59,1	0,11	0,10	148	111

Nematoden

Locatie	Variant	Nem aantal07	Nem aantal08	Nem taxa07	Nem taxa08
stokman	OUD	6935	4033	31	34
hilhorst	OUD	8057	4466	26	30
enting	OUD	3958	3235	23	28
meppelink	OUD	6061	4300	22	30
stokman	DOORZ	7750	4463	28	30
hilhorst	DOORZ	8372	*	29	*
enting	DOORZ	3934	2747	16	30
meppelink	DOORZ	4578	4516	22	32
stokman	HER	7640	4141	30	34
hilhorst	HER	7944	3368	28	34
enting	HER	3061	2271	21	31
meppelink	HER	4657	3378	23	24

Regenwormen

Locatie	Variant	Wormentot07	Wormentot08	Wormenad07	Wormenad08	Wormenjuv07	Wormenjuv08	Wormentaxa07	Wormentaxa08
stokman	OUD	48	175	24	125	24	50	2	2
hilhorst	OUD	408	100	80	100	328	0	1	1
enting	OUD	160	363	80	225	80	138	2	2
meppelink	OUD	928	575	280	200	648	375	2	2
stokman	DOORZ	224	225	128	175	96	50	4	3
hilhorst	DOORZ	344	0	104	0	240	0	2	0
enting	DOORZ	184	375	32	150	152	225	2	2
meppelink	DOORZ	432	675	144	275	288	400	2	2
stokman	HER	192	175	80	75	112	100	4	3
hilhorst	HER	328	150	80	100	248	50	1	1
enting	HER	208	175	48	125	160	50	1	2
meppelink	HER	856	475	160	150	696	325	2	2

Bijlage 7: Opbrengst en droge stofanalyse van de 1^e snede gras per variant

Parameter	2008		
	OUD (n=3)	DOORZ (n=3)	HER (n=3)
Opbrengst 1 ^e snede (ton/ha)	2,6	2,6	2,5
Droge stof (%)	150	167	177
VEM	985	977	989
VOS (berekend)	747	743	746
FOS	644	644	644
VCOs	83	83	83
RE	228	209	210
Suiker (g/kg ds)	105	121	127