

Effecten bodem- en structuurverbeteraars

Onderzoek op klei-, zand- en dalgrond 2010

Ing. J.G.M. Paauw, Ing. D. van Balen & Ir. J.J. de Haan (PPO-agy)
Ir. M.J.G. de Haas, Ing. H van der Draai & Dr. Ir. D.W. Bussink (NMI)

© 2011 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO)

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

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Businessunit, Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten.

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

Financiers:

Prductschap Akkerbouw

Provincie Flevoland

Provincie Groningen ism Kiemkracht

Europese Unie

Arcadis

Pype BVBA

PRP Benelux

Triferto

IRS

Projectnummer: 3250159600

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroente

Adres : Post bus 4 30, 8200 AK Lelystad
: Edelhertweg 1, 8219 PH Lelystad
Tel. : 0320-291111

Fax : 0320-230479
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	6
1 INLEIDING.....	7
1.1 Aanleiding.....	7
1.2 Doel van onderzoek.....	7
1.3 Uitvoering en financiering.....	8
1.4 Leeswijzer.....	8
2 MATERIAAL EN METHODEN.....	9
2.1 Beschrijving bodemverbeters.....	9
2.1.1 Calcium- en/of kalkmeststoffen.....	9
2.1.2 Op basis van micro-organismen.....	11
2.1.3 Overige producten.....	12
2.2 Onderzoek per locatie.....	13
2.2.1 Kollumerwaard.....	14
2.2.2 Lelystad.....	15
2.2.3 Westmaas.....	16
2.2.4 Valthermond.....	16
2.2.5 Vredepeel.....	17
2.3 Waarnemingen.....	18
2.3.1 Bodem (NMI).....	18
2.3.2 Teelt (PPO).....	19
3 UITVOERING EN RESULTATEN 2010.....	20
3.1 Kollumerwaard.....	20
3.1.1 Uitvoering.....	20
3.1.2 Bemesting.....	21
3.1.3 Waarnemingen.....	23
3.1.4 Opbrengst en kwaliteit.....	23
3.1.5 Na de oogst.....	24
3.2 Lelystad.....	25
3.2.1 Uitvoering.....	25
3.2.2 Bemesting.....	25
3.2.3 Waarnemingen.....	27
3.2.4 Opbrengst en kwaliteit.....	28
3.2.5 Na de oogst.....	29
3.3 Westmaas.....	30
3.3.1 Uitvoering.....	30
3.3.2 Bemesting.....	30
3.3.3 Waarnemingen.....	32
3.3.4 Opbrengst en kwaliteit.....	32
3.3.5 Na de oogst.....	33
3.4 Valthermond.....	34
3.4.1 Uitvoering.....	34
3.4.2 Bemesting.....	34
3.4.3 Waarnemingen.....	36
3.4.4 Opbrengst en kwaliteit.....	36

3.5	Vredepeel.....	37
3.5.1	Uitvoering.....	37
3.5.2	Bemesting.....	37
3.5.3	Waarnemingen.....	39
3.5.4	Opbrengst en kwaliteit.....	39
3.5.5	Na de oogst.....	40
4	RESULTATEN OVER ALLE LOCATIES.....	41
4.1	Bodem.....	41
4.2	Bodemfysische metingen.....	41
4.2.1	Granulaironderzoek.....	41
4.2.2	Bulkdichtheid & porievolume.....	43
4.2.3	Indringingsweerstand.....	45
4.2.4	Spademethode: visuele waarneming.....	47
4.3	Bodemchemische metingen.....	49
4.3.1	Algemeen grondonderzoek.....	49
4.3.2	CEC-bezetting.....	50
4.3.3	Calcium in bodemvocht.....	51
4.3.4	Hydrofobe organische stof in het bodemvocht.....	52
4.3.5	HWC.....	52
4.3.6	Nmineraal najaar 2010.....	53
4.4	Bodembioologische metingen.....	53
4.4.1	Aaltjeshoeveelheid.....	53
4.4.2	Schimmel- en bacteriehoeveelheid (BFI).....	54
4.5	Gewas.....	56
5	DISCUSSIE EN CONCLUSIES NA EERSTE JAAR.....	58
5.1	Resultaten teelt.....	58
5.2	Resultaten bodem.....	58
5.3	Resultaten opbrengsten 2010.....	59
5.4	Doorkijk 2011 en verder.....	60
6	COMMUNICATIE.....	61
7	LITERATUUR.....	62
	BIJLAGE 1.....	63
	BIJLAGE 2.....	64
	BIJLAGE 3.....	66
	BIJLAGE 4.....	70
	BIJLAGE 5.....	71
	BIJLAGE 6.....	74

Samenvatting

In de praktijk loopt men steeds vaker tegen problemen aan van een slechte bodemkwaliteit. Intensieve bouwplannen, steeds zwaardere mechanisatie, uitloging (Ca-uitspoeling), piekneerslagen en de schaalvergroting in de landbouw leiden tot vermindering van de fysische bodemvruchtbaarheid en de structuur van de bodem. Dit veroorzaakt:

- Toenemende problemen bij de bewerkbaarheid van de bodem
- Minder efficiënt gebruik van meststoffen
- Verhoogd risico van uit- en afspoeling van nutriënten
- Wateroverlast
- Verlaging van de opbrengst.

Om de bodemstructuur te verbeteren worden door industrie en handel zogeheten bodemverbeteraars en kalkmeststoffen aangeboden. Er is een grote variatie in type producten, de wijze waarop ze werken en de mate waarin ze een directe dan wel indirecte invloed op de bodemvruchtbaarheid hebben. Objectieve informatie over het effect van de aanbevolen producten op gewasopbrengsten en fysische, chemische en biologische bodemvruchtbaarheid ontbreekt. Ook is onbekend wat de effecten op langere termijn zijn. Bij gebruik van kalkmeststoffen is ook informatie nodig over het effect op het gehalte aan calcium in het bodemvocht van de grond. Een bijkomende vraag is hoe het resultaat van deze producten uitvalt ten opzichte van het resultaat dat met compost of met dierlijke mest bereikt wordt.

Om de invloed van bodemverbeteraars op verschillende grondsoorten te toetsen zijn proeven aangelegd op drie kleilocaties (Westmaas, Kollumerwaard en Lelystad), één dalgrond (Valthermond) en één zandlocatie (Vredepeel). In deze proeven wordt een bouwplan toegepast dat gangbaar is voor de betreffende regio. Omdat de verwachte effecten vooral na langere tijd duidelijk worden, vindt het onderzoek over een periode van zes jaar plaats (2010-2015). In deze proeven wordt de ontwikkeling van de gewasopbrengst, de gewaskwaliteit en de bodemeigenschappen gevolgd.

In 2010 is de uitgangssituatie van de bodem in de diverse testlocaties bepaald (nulmeting). Er waren in 2010 geen of nauwelijks betrouwbare verschillen in opbrengst tussen de diverse behandelingen. Per locatie lijken er wel verschillen in effecten te zijn van bodemverbeteraars. Het onderzoek van de komende jaren zal moeten uitwijzen of er significante verschillen zijn tussen bodemverbeteraars en of bodemverbeteraars significante toegevoegde waarde hebben voor het verbeteren van de bodemstructuur.

De komende jaren worden de locaties verder gevolgd.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Intensieve bouwplannen, steeds zwaardere mechanisatie, uitloging (calciumuitspoeling), piekneerslagen en de schaalvergroting in de landbouw leiden tot vermindering van de fysieke bodemvruchtbaarheid en de structuur van de bodem. Dit veroorzaakt toenemende problemen bij de bewerkbaarheid van de bodem, een minder efficiënt gebruik van meststoffen, een verhoogd risico op uit- en afspoeling van nutriënten, wateroverlast en uiteindelijk een verlaging van de (financiële) opbrengst.

Om deze problemen aan te pakken, biedt de handel bodemverbeteraars en kalkmeststoffen aan. Objectieve informatie over het effect van de aanbevolen producten op fysieke, chemische en biologische bodemvruchtbaarheid en gewasopbrengsten ontbreekt. Ook is niet bekend wat de effecten van deze producten zijn op de langere termijn en hoe de werking is ten opzichte van kunstmest, dierlijke mest en compost.

Knelpunten op het gebied van bodemstructuur verschillen per grondsoort: slempgevoeligheid speelt vooral op lichte zavelgronden, een slechte bewerkbaarheid vooral op de zwaardere gronden, terwijl stuifschade op de zand- en dalgrond voorkomt. Bodemverdichting en een slechte waterdoorlatendheid kunnen op alle gronden voorkomen. De bodemverbeteraars worden daarom getoetst op drie kleilocaties, één dal- en één zandlocatie. Door de specifieke problemen per grondsoort en het te verwachten effect van een bodemverbeteraar is er per locatie bekeken welke objecten er aangelegd worden.

Zo zijn het organische stofgehalte, gehalte aan koolzure kalk en het gehalte aan calcium in het bodemvocht factoren die invloed hebben op de bodemstructuur van kleigronden. Vandaar dat de kalkhoudende bodemverbeteraars niet op de zandlocaties te vinden zijn. Steenmeel is daarentegen wel te vinden op de zandlocaties.

Om de effecten te kunnen beoordelen heeft het Productschap Akkerbouw langjarig onderzoek geïnitieerd naar de effecten van bodem- en structuurverbeteraars. Naast Productschap Akkerbouw zijn er nog meer partijen die meewerken en –financieren aan dit langjarig onderzoek (zie 1.3)

1.2 Doel van onderzoek

Doel van het onderzoek is het vaststellen of bodem- en structuurverbeteraars een positief effect hebben op de bodemstructuur, de gewasopbrengst en het risico van af- en uitspoeling van mineralen. Daarvoor worden in een 6-jarig onderzoek 7 producten onderzocht op 3 kleilocaties (Lelystad, Westmaas en Kollumerwaard), een zandlocatie (Vredepeel) en een zanddalgrond locatie (Valthermond). De volgende producten zijn getest:

1. Xurian Optimum (micro-organismen die bodemleven stimuleren).
2. PRP-SOL (met sporenelementen verrijkte calciummeststof)
3. Condit 5%N (gehydroliseerde eiwitten en zeolieten die bodemleven stimuleren)
4. Brandkalk (calciummeststof)
5. Agrigyps (calciummeststof)
6. Betacal Carbo (kalkmeststof)
7. Biochar (verkoelde organische stof)

Alle producten claimen de fysieke en chemische bodemvruchtbaarheid te verbeteren. De producten worden allen toegepast in een vruchtwisseling met gebruik van varkensdrijfmest (behalve de Biochar). Ze worden vergeleken met drie “gangbare” bemestingsstrategieën:

8. alleen kunstmest
9. varkensdrijfmest + kunstmest
10. groencompost + kunstmest

1.3 Uitvoering en financiering

Het project bodem- en structuurverbeteraars wordt uitgevoerd door PPO-AGV en NMI met medewerking van SPNA en IRS. Dit in opdracht van Productschap Akkerbouw en leveranciers van bodemverbeteraars (IRS, Pype BVBA, PRP Benelux en Triferto).

De veldproeven worden uitgevoerd door regionale proefbedrijven onder begeleiding van PPO en NMI.

Metingen aan het veldgewas vallen onder de verantwoordelijkheid van PPO terwijl bodemmetingen door NMI worden gecoördineerd en uitgevoerd.

Hoofdfinancier is Productschap Akkerbouw. Daarnaast financieren toeleveranciers op verschillende locaties het onderzoek naar een aantal bodem- en structuurverbeteraars. Er wordt in dit project ook aanvullend onderzoek uitgevoerd op een aantal lokaties. Deze hebben een aparte financiering.

- Het onderzoek naar Biochar in locatie Lelystad, alsmede nutriëntenverliezen en communicatie rondom het project, wordt gefinancierd door provincie Flevoland.
- Het onderzoek naar de effecten van Biochar in Valthermond en Kollumerwaard wordt gefinancierd door provincie Groningen en Kiemkracht.
- Het onderzoek naar de effecten van steenmeel wordt mogelijk gemaakt door Arcadis.

1.4 Leeswijzer

Dit rapport geeft de integrale resultaten weer van het onderzoek in 2010 van alle in de proeven opgenomen bodem- en structuurverbeteraars. In hoofdstuk 2 is uitgelegd hoe het onderzoek is vormgegeven: de bodem- en structuurverbeteraars zijn beschreven, evenals de locaties van de proeven met bouwplan, behandelingen en de uitgevoerde waarnemingen aan bodem en gewas. Hoofdstuk 3 behandelt de teeltresultaten van 2010 inclusief de bemesting en opbrengsten. In hoofdstuk 4 zijn de resultaten over alle locaties beschreven van de bodemmetingen en waarnemingen en de opbrengst en kwaliteit van de gewassen. Het rapport sluit af met een korte discussie en conclusie naar aanleiding van de activiteiten in 2010. In de bijlage zijn diverse resultaten in meer detail gepresenteerd en is een overzicht van de communicatie gegeven.

2 Materiaal en methoden

Dit hoofdstuk beschrijft de algemene informatie van het onderzoek, zoals

- de beschrijving van de bodemverbeteraars (paragraaf 2.1);
- het bouwplan en uitvoering per proeflocatie (paragraaf 2.2); en
- waarnemingen aan bodem en gewas (paragraaf 2.3)

2.1 Beschrijving bodemverbeteraars

Naast de bodemverbeteraars die in deze paragraaf zijn beschreven, zijn ook kunstmest, varkensdrijfmest (of rundveedrijfmest) en groencompost als bodemverbeteraar ingezet.

Van de onderzochte bodem- en structuurverbeteraars is in dit hoofdstuk een korte omschrijving gegeven. Zo wordt duidelijk wat voor type product het is en op welke manier het bijdraagt aan een goede bodemstructuur. Deze productinformatie is gebaseerd op informatie welke door de productleverancier aangeleverd. Aan de hand van uitgevoerde grondonderzoeken wordt later geanalyseerd hoe de bodemverbeteraars de bodemstructuur en/of de chemische samenstelling van de bodem hebben beïnvloed. De bodemverbeteraars zijn onder te verdelen in de volgende typen producten:

- calcium- en/of kalkmeststoffen
- micro-organismen
- overige producten (Biochar en steenmeel)

2.1.1 Calcium- en/of kalkmeststoffen

2.1.1.1 Agrigyps

Agrigyps (foto 1) is een **calciummeststof** met 29 procent CaO. De calcium is hierbij gebonden aan sulfaat. Deze calciummeststof heeft geen pH-verhogend effect. Het wordt jaarlijks toegediend in een dosering van 500 kg CaO per ha wat neer komt op 1700 kg Agrigyps per ha. Het product bevat veel zwavel. Met deze dosering wordt de grenswaarde van het zwavelgehalte in het oppervlaktewater vrijwel zeker overschreden. Deze grenswaarden zijn er nog niet, maar komen er waarschijnlijk wel. De dosering kan dan mede bepaald worden door de zwavelaanvoer.



Foto 1. Agrigyps.

2.1.1.2 Betacal Carbo

Betacal Carbo (foto 2) is een **kalkmeststof** die de bodemstructuur verbetert en de pH verhoogt. Het is een uiterst fijne neerslag van koolzure kalk gemengd met enige organische stof die is ontstaan bij de zuivering

van ruwsap uit bieten. Door de fijne neerslag en de gemakkelijke vertering van de organische stof heeft het een snelle werking. Betacal Carbo bevat tevens nutriënten, zoals stikstof, fosfaat en kalium. In de praktijk wordt een kalkmeststof één keer in de bouwplancyclus toegepast. In dit onderzoek is hiervan afgeweken om deze kalkmeststof vanaf de start zijn werking te laten doen. Om dit te bereiken is in het voorjaar 1000 kg CaO per ha toegepast en in het najaar 500 kg CaO per ha. De andere jaren wordt in het voorjaar 500 kg CaO per ha toegepast en bij de zaai- en pootbedbereiding ingewerkt.



Foto 2. **Betacal Carbo.**

2.1.1.3 **Brandkalk**

Brandkalk (foto 3) is een goed in water oplosbare **calciummeststof** (60% CaO) en bevat daarnaast veel magnesium (tot 35% MgO). Verder bevat het geen andere mineralen. Met Brandkalk wordt de hoeveelheid vrij calcium en de magnesiumvoorziening in de bouwvoor verhoogd. Brandkalk werkt dan tijdelijk licht pH verhogend. Het is daarmee geen kalkmeststof. Door een verhoging van reageerbaar CaCO_3 wordt de bewerkbaarheid en de aggregaatstabiliteit van de bodem verbeterd. De plant kan daarnaast meer calcium opnemen en dat verbetert de kwaliteit van het product. Calcium is namelijk net als kalium belangrijk voor een goede celwandopbouw van het gewas. Brandkalk wordt jaarlijks in het voorjaar toegepast in een dosering van 500 kg CaO per ha. Bij de zaai- en pootbedbereiding wordt het ingewerkt.



Foto 3. **Brandkalk.**

2.1.1.4 **PRP-SOL**

PRP-SOL(bodem) (foto 4) is een **calcium** magnesiumcarbonaat. Door verhitting wordt een deel van de magnesium vervangen door minerale zouten en spoorelementen. De elementen die worden toegevoegd zijn specifiek bedoeld om micro-organismen te voeden. Het is daarmee geen kalkmeststof. In de bodem stimuleert PRP-SOL de microflora, met de bedoeling op deze wijze bodemvruchtbaarheid en bodemstructuur te verbeteren. Dit zal uiteindelijk de plantengroei ten goede komen.



Foto 4. **PRP-SOL.**

2.1.2 Op basis van micro-organismen

2.1.2.1 Condit 5% N

Condit (foto 5) combineert de eigenschappen van een plantenvoedingsmiddel met een bodemverbeteraar. Deze meststof stimuleert de ontwikkeling van goede bacteriën en schimmels in de grond. Het is tevens een bron van organische stof. Condit is een product dat bestaat uit o.a. gehydrolyseerde eiwitten en zeolieten. Condit bevat geen schadelijke stoffen en is vrij van onkruidzaden. Condit 5%N bevat 5% stikstof, 1% fosfaat en 2% kalium. Bij een toediening van 1 ton per ha moet rekening worden gehouden met een stikstofwerking van 50 kg per ha. De dosering van Condit is volgens de leverancier gebaseerd op de stikstofbehoefte van het gewas en de vruchtbaarheid van de bodem. Zo krijgen granen 1 ton per ha, aardappelen en suikerbieten 1,5 ton en koolgewassen 2 ton per ha. Condit wordt in het onderzoek in het voorjaar toegediend en bij de zaai- en pootbedbereiding ingewerkt.



Foto 5. **Condit 5%.**

2.1.2.2 Xurian Optimum

Xurian Optimum (foto 6) is een meststof met borium, zink en een Pseudomonasbacterie voor de omzetting van verse organische stof. Het product wordt toegepast met een veldspuit. Het eerste jaar is de dosering 1,35 kg per ha in het voorjaar (in plaats van in het najaar van 2009). De andere jaren wordt 0,9 kg per ha in zomer of najaar (te beginnen in 2010) gegeven. De beste werking wordt verkregen als Xurian gespoten wordt na de oogst van het gewas en voor de inzaai van groenbemester óf in het najaar kort voor het ploegen op een groenbemester.



Foto 6. **Xurian Optimum (spuitpoeder).**

2.1.3 Overige producten

2.1.3.1 Biochar

Biochar ontstaat door verhitting van biomassa onder zuurstofloze omstandigheden. Die biomassa is bijvoorbeeld bermgras of houtsnippers. Maar ook snoeiafval, energiegewassen en reststromen van verwerkende industrieën zijn geschikt als grondstof. Bij de verhitting ontstaat er een gas, die als biobrandstof gebruikt kan worden. Daarnaast blijft er verkoold materiaal achter die Biochar wordt genoemd. Deze Biochar bestaat voor het grootste deel uit koolstof. Omdat er verschillende bronnen van biomassa zijn, ontstaan er ook verschillende soorten Biochar. In het onderzoek zijn de Biochar hout en Biochar norit opgenomen. Van de Biochar hout verschilt de grofheid sterk. Zo zijn er partijen die de grofheid van foto 7 hebben, terwijl er ook partijen zijn die poederfijn zijn en bij de toepassing dan erg stuifgevoelig zijn. Foto 8 laat de Biochar norit zien.



Foto 7. **Grove Biochar hout.**



Foto 8. **Biochar norit.**

Het idee om met Biochar de bodemkwaliteit te verbeteren is afgeleid van Terra Preta, organische stofrijke (tot 16%) vruchtbare, zwarte gronden in het Amazone-bekken in Brazilië.

In het onderzoek is de Biochar toegediend zonder de toepassing van mest. Zo wordt het zuivere effect van de Biochar te meten.

Koolstof is in staat om allerlei stoffen aan zich te binden. Biochar doet in de bodem eigenlijk hetzelfde als norit. Door een groot specifiek oppervlak kan Biochar bijdragen aan een betere structuur en kan Biochar nutriënten vasthouden zodat ze beschikbaar blijven voor de plant. Bovendien houdt elke ton Biochar een ton vocht vast. De bodem wordt daardoor minder gevoelig voor droogte. Biochar kan vele honderden tot duizenden jaren in de bodem aanwezig blijven. Dat maakt het effect op de bodemvruchtbaarheid langdurig. Daarnaast is Biochar een alternatieve manier om CO₂ voor zeer lange tijd in de grond vast te leggen.

2.1.3.2 Steenmeel

Steenmeel (foto 9) is een gemalen steenachtig product van deeltjes kleiner dan 0,1 mm. Steenmeel wordt gemaakt van vulkanisch gesteenten met een laag silica gehalte en het levert Ca, Mg, K, Na en diverse spoorelementen. Op V althermond en Vredepeel is gekozen voor twee gesteenten afkomstig uit Zuid Duitsland en Noord Noorwegen. Hierbij wordt specifiek gekeken naar de kaliumlevering. In deze proef wordt steenmeel op de zandgrond toegepast maar biedt wellicht ook perspectieven op kleigrond. Steenmeel bevat geen stikstof en afhankelijk van de oorsprong varieert het fosfaatgehalte van 0,1 tot 2% fosfaat. Omdat steenmeel zeer langzaam wordt afgebroken is de beschikbaarheid van dit fosfaat en kalium zeer beperkt.



Foto 9. **Steenmeel.**

2.2 Onderzoek per locatie

Voor elke locatie geldt dat de objecten groencompost, varkens-/rundveedrijfmest en kunstmest de referentieobjecten zijn. Dit betekent dat de werking van de bodemverbeteraars wordt vergeleken met deze objecten.

In het onderzoek zijn bij de start diverse grondonderzoeken uitgevoerd. Daarmee is bodemkwaliteit bij aanvang van het onderzoek vastgelegd. De resultaten van dit bodemonderzoek staan beschreven in hoofdstuk 4.

In 2010 zijn na het bodemkundig onderzoek de bodemverbeteraars toegediend. Per proeflocatie verschillen de in het onderzoek opgenomen bodemverbeteraars. De leveranciers van de bodemverbeteraars hebben aangegeven op welke grondsoort hun producten een goede werking hebben. Omdat kalkmeststoffen normaal op de zand- en dalgrond worden toegediend voor het verhogen van de pH, zijn ze binnen dit onderzoek alleen op de kleilocaties toegediend.

Omdat de praktijk veel varkens-/rundveedrijfmest gebruikt, worden bijna alle bodemverbeteraars gecombineerd met een drijfmestgift. Per locatie is dit aangegeven. Alleen groencompost, kunstmest en Biochar krijgen geen mest. Groencompost, drijfmest (varkens- en rundveedrijfmest) en kunstmest zijn de referenties. Aan de Biochar wordt op Kollumerwaard en V althermond geen mest gegeven om zo de zuivere werking van dit product te kunnen meten. De Biochar in Lelystad krijgt wel mest om de werking in combinatie met mest te meten.

Door de giften van de bodemverbeteraars en de dierlijke mest verschilt de mineralaanvoer per object. Om het zuivere effect van de bodemverbeteraar te meten, wordt de mineralaanvoer van werkzame stikstof, fosfaat en kali voor alle objecten tot een zelfde niveau aangevuld met kunstmest.

Per proeflocatie staan in de tabel de bodemverbeteraars en hun giften beschreven. Sommige bodemverbeteraars krijgen in 2010 zowel een voorjaars- als een najaarsgift. Daar is voor gekozen om op zo kort mogelijke termijn binnen dit onderzoek de bodemverbeteraar goed gemengd in de bouwvoor te krijgen.

2.2.1 Kollumerwaard

De proeflocatie Kollumerwaard is een kleigrond met 27% lutum en 3,5% organische stof in het noorden van ons land op de grens van Friesland en Groningen. Het P-AL getal is 42 (berekend Pw-getal 47) en het K-getal is 22 (voorjaar 2010). In 2009 groeiden er suikerbieten op het perceel. In de proefperiode worden de volgende gewassen geteeld:

2010: zomertarwe

2011: pootaardappelen

2012: graan

2013: suikerbieten

2014: graan

2015: pootaardappelen

In tabel 2.1 zijn de hoeveelheden bodemverbeteraars in de objecten weergegeven. Groencompost, kunstmest en de bodemverbeteraars Biochar norit en Biochar hout krijgen geen varkensdrijfmest als er mest gebruikt wordt. In de andere objecten wordt dan, naast de bodemverbeteraar, wel mest gebruikt. Zo zijn de zuivere effecten van deze objecten beter te meten.

Tabel 2.1. **Toepassing bodemverbeteraars op Kollumerwaard in 2010 en of varkensdrijfmest en kunstmest is toegepast.**

Object	Hoeveelheid	Eenheid	Varkensdrijfmest Voorjaar 2010
Agrigyps	1730	kg/ha	X
Betacal Carbo	3570	kg/ha	X
Brandkalk	1670	kg/ha	X
PRP-SOL	300	kg/ha	X
Condit 5%N	1000	kg/ha	X
Xurian Optimum	1,35	kg/ha	X
Biochar norit	5	ton/ha	
Biochar hout	5	ton/ha	
Groencompost	9	ton/ha	
Varkensdrijfmest	20	m ³ /ha	X
Kunstmest			

2.2.2 Lelystad

In Lelystad is de proef aangelegd op een kleigrond met 18% lutum en 2 % organische stof. Het P-AL getal is 42 (berekend Pw getal 31) en het K-getal is 16. In 2009 groeiden er poot aardappelen op het proefperceel.

In de proefperiode worden de volgende gewassen geteeld:

2010: zomergerst

2011: suikerbieten

2012: zaaiuien

2013: winterpeen

2014: zomergraan

2015: consumptieaardappelen

In tabel 2.2 zijn de bodemverbeteraars beschreven die in Lelystad worden ingezet. In Lelystad krijgen de objecten Biochar hout 2,5 en 5 ton per ha wel mest als dat wordt toegediend. Alleen in Lelystad mag mest worden gegeven aan de Biochar om zo het effect van de combinatie met mest te meten.

Tabel 2.2. **Toepassing bodemverbeteraars op Lelystad in 2010 en of varkensdrijfmest en kunstmest is toegepast.**

Object	Hoeveelheid		Eenheid	Varkensdrijfmest Najaar 2010
	Voorjaar 2010	Najaar 2010		
Agrigyps	1730	0	kg/ha	X
Betacal Carbo	3570	1790	kg/ha	X
Brandkalk	1670	840	kg/ha	X
PRP-SOL	300	0	kg/ha	X
Condit 5%N	1000	0	kg/ha	X
Xurian Optimum	1,35	0,9	kg/ha	X
Biochar hout 2,5 ton	2,5	0	ton/ha	X
Biochar hout 5 ton	5	0	ton/ha	X
Groencompost	9	9	ton/ha	
Varkensdrijfmest	0	15	m ³ /ha	X
Kunstmest				

2.2.3 Westmaas

De proeflocatie Westmaas is een kleigrond met 20% lutum en 2,3% organische stof. Het P-AL getal is 49 (berekend Pw-getal 40) en het K-getal is 21. In 2009 groeiden er suikerbieten op het proefperceel. In de proefperiode worden de volgende gewassen geteeld:

2010: zomergerst

2011: aardappel

2012: suikerbiet

2013: wintertarwe

2014: zaaiuien

2015: aardappel

Tabel 2.3 laat de bodemverbeteraars zien die in Westmaas worden ingezet.

Tabel 2.3. **Toepassing bodemverbeteraars op Westmaas in 2010 en of varkensdrijfmest en kunstmest is toegepast.**

Object	Hoeveelheid		Eenheid	Varkensdrijfmest Voorjaar 2010
	Voorjaar 2010	Najaar 2010		
Agri-gyps	1730	0	kg/ha	X
Betacal Carbo	3570	1790	kg/ha	X
Brandkalk	1670	840	kg/ha	X
PRP-SOL	300	0	kg/ha	X
Condit 5%N	1000	0	kg/ha	X
Xurian Optimum	1,35	0,9	kg/ha	X
Groencompost	9	9	ton/ha	
Varkensdrijfmest	0	0	m ³ /ha	X
Kunstmest				

Groencompost en kunstmest krijgen geen varkensdrijfmest als er mest gebruikt wordt. In de andere objecten wordt dan, naast de bodemverbeteraar, wel mest gebruikt.

2.2.4 Valthermond

De proeflocatie Valthermond is een dalgrond met 11,6% organische stof. Het P-AL getal is 30 (berekend Pw-getal 30) en het K-getal is 8. In 2009 groeiden er zetmeelaardappelen op het proefperceel. In de proefperiode worden de volgende gewassen geteeld:

2010: suikerbieten

2011: zetmeelaardappelen

2012: zomergerst

2013: zetmeelaardappelen

2014: suikerbieten

2015: zetmeelaardappelen

In tabel 2.4 zijn de bodemverbeteraars beschreven die op Valthermond worden ingezet. Groencompost, de Biochar producten en kunstmest krijgen geen varkensdrijfmest. Het object Biochar Edinburgh wordt pas in 2011 aangelegd.

Tabel 2.4. **Toepassing bodemverbetersaars op Valthermond in 2010 en of varkensdrijfmest en kunstmest is toegepast.**

Object	Hoeveelheid		Eenheid	Varkensdrijfmest Voorjaar 2010
	Voorjaar 2010	Najaar 2010		
PRP-SOL	300	0	kg/ha	X
Condit 5%N	1500	0	kg/ha	X
Xurian Optimum	1,35	0,9	kg/ha	X
Biochar ECN	15	0	ton/ha	
Biochar norit	5	0	ton/ha	
Biochar Edinburgh (v.a 2011)	0	0	ton/ha	
Biochar hout	5	0	ton/ha	
Steenmeel	20	0	ton/ha	X
Groencompost	18	0	ton/ha	
Varkensdrijfmest	20	0	m ³ /ha	X
Kunstmest				

Groencompost, kunstmest en de Biochar bodemverbetersaars krijgen geen varkensdrijfmest als er mest gebruikt wordt. In de andere objecten wordt dan, naast de bodemverbeteraar, wel mest gebruikt.

2.2.5 Vredepeel

In Vredepeel ligt de proef op een zandgrond met 3,9% organische stof. Het P-AL getal is 49 (berekend Pw getal 71) en het K-getal is 26. In 2009 groeide er waspeen op het proefperceel. In de proefperiode worden de volgende gewassen geteeld:

2010: mais

2011: suikerbiet

2012: zomergerst

2013: mais

2014: erwt vroeg / stamslaboon nateelt

2015: aardappel

In tabel 2.5 staan de bodemverbetersaars beschreven die op Vredepeel worden ingezet. Groencompost en kunstmest krijgen geen rundveedrijfmest maar de andere objecten krijgen wel mest. Daar wordt de bodemverbeteraar gecombineerd met mest. Op Vredepeel wordt rundveedrijfmest gebruikt omdat dat voldoende beschikbaar is, maar zeugenmest kan ook gebruikt worden.

Tabel 2.5. **Toepassing bodemverbetersaars op Vredepeel in 2010 en of varkensdrijfmest en kunstmest is toegepast.**

Object	Hoeveelheid		Eenheid	Rundveedrijfmest Voorjaar 2010
	Voorjaar 2010	Najaar 2010		
PRP-SOL	300	0	kg/ha	X
Condit 5%N	1000	0	kg/ha	X
Xurian Optimum	1,35	0,9	kg/ha	X
Steenmeel	20	0	ton/ha	X
Groencompost	18	0	ton/ha	
Rundveedrijfmest	40	0	m ³ /ha	X
Kunstmest				

2.3 Waarnemingen

Op de vijf onderzoekslocaties zijn verschillende waarnemingen gedaan aan bodem en gewas en zijn grond- en gewasmonsters verzameld voor verdere analyse. In deze paragraaf wordt kort beschreven welke bodem- en gewasgerichte waarnemingen zijn uitgevoerd.

2.3.1 Bodem (NMI)

Er zijn een aantal metingen uitgevoerd om bodemfysische, -chemische en -biologische parameters vast te stellen. De bepalingen van 2010 dienen als uitgangssituatie om het effect van de bodem- en structuurverbeteraars op bodemeigenschappen te kunnen beoordelen.

Voor het bodemfysisch onderzoek zijn de volgende metingen uitgevoerd:

- Granulair onderzoek (textuur); de volgende fracties zijn bepaald: 2, 2-16, 16-50, 50-105, 150-210, 210-300, 300-420, 420-600, 600-2000 μm . Als maten voor de verdeling van de verschillende textuurfracties zijn het M50-getal en D60/D10 berekend. Het M50 getal wordt berekend over de zandfracties (50-2000 μm). Het verhoudingsgetal D60/D10 wordt berekend met gebruikmaking van alle textuurfracties. De monsters zijn uit de laag 0-25 cm genomen. De bepalingen zijn uitgevoerd door Blgg-Agroxpertus.
- Droge bulkdichtheid; van de lagen 2-7, 12-17 en 22-27 cm beneden maaiveld zijn 100 cm^3 ringmonsters genomen (diameter 5 cm, hoogte 5,1cm) en is door middel van droging en weging het volume vaste delen en porievolume berekend. Per locatie zijn 6 plekken bemonsterd. Droging van monsters is uitgevoerd op 105 °C.
- Indringingsweerstand; met behulp van een penetrometer (Eijkelkamp, type conus 1 cm^2 grondoppervlak tophoek 60°, indringingssnelheid 1 cm/sec). Voor het uitvoeren van de metingen is het protocol gevolgd zoals dat in de gebruiksaanwijzing van de penetrometer is opgenomen (Eijkelkamp, versie 5.08; 2010). Per locatie zijn van de referentiebehandeling per plot 6 metingen uitgevoerd. Metingen gingen door tot een diepte van 80 cm beneden maaiveld tenzij de indringingsweerstand te hoog werd.
- Visuele waarneming bodemstructuur ('spadeproef'); de actuele bodemstructuur is visueel beoordeeld. Er is gebruik gemaakt van het protocol zoals beschreven in de Testkit Bodemkwaliteit (Koopmans en Brands, 2003).

De bepaling van de droge bulkdichtheid is deels uitgevoerd in het laboratorium van Blgg-Agroxpertus en deels bij Wageningen-UR; de bepaling van de indringingsweerstand en de spadeproef zijn in het veld uitgevoerd.

In het bodemchemisch onderzoek zijn de volgende eigenschappen onderzocht:

- algemeen grondonderzoek; pH-CaCl₂, organische stof, calciumcarbonaat, kationenuitwisselcomplex CEC, totaal N, C/N verhouding van de organische stof, direct beschikbaar fosfaat P-PAE, P-AL, K en K-getal, Mg en Na;
- grootte en bezetting van CEC met de kationen Ca, Mg, K en Na;
- samenstelling bodemvocht; pH-KCl, geleidbaarheid (EC) en gehalte kationen Ca, Mg, K en Na;
- fractie hydrofoob organische stof;
- heet water extraheerbaar koolstof (HWC);
- de drie kleilocaties zijn na de oogst bemonsterd op minerale N.

Het bodemchemisch onderzoek is uitgevoerd door Blgg-Agroxpertus, met uitzondering van fracties

hydrofoob organische stof en heet water extraheerbaar koolstof. Die zijn uitgevoerd door het bodemlaboratorium van Wageningen-UR.

Bij de analyse van de fracties hydrofoob en hydrofiel organische stof wordt verse grond op een goed vochtgehalte gebracht. De grondmonsters zijn daarna twee dagen weggezet. Nadien zijn de gronden gecentrifugeerd. Aan de aldus verkregen oplossing is per 10 ml monster 1 ml HgCl_2 (0.4 g HgCl_2 /l) toegevoegd. Vervolgens is in dit extract het totaal C bepaald via SFA (Segmented Flow Analysis). Daarna is de oplossing aangezuurd tot beneden pH 1. De humus slaat dan neer. Het supernatant is gebruikt om de som van fulvoren en hydrofobe organische stof (fractie Hyon) te bepalen. Door aansluitend een hars te gebruiken kan de fractie hydrofobe organische stof worden bepaald.

Voor de vijf locaties zijn de volgende bodembioologische metingen uitgevoerd:

- hoeveelheid en soorten nematoden;
- schimmel- en bacteriehoeveelheid (BFI).

Deze bepalingen zijn uitgevoerd door Blgg-Agroxpertus.

Met uitzondering van de droge bulkdichtheid zijn per locatie twee onafhankelijke mengmonsters genomen.

2.3.2 Teelt (PPO)

Per proeflocatie is de opbrengst van het gewas bepaald. Daarnaast is, afhankelijk van het gewas, ook de kwaliteit bepaald. In granen is het stikstof-, fosfaat- en kaligehalte bepaald in de korrel en in het stro. In zomergerst is ook het volgerstpercentage bepaald.

Van suikerbieten is naast de opbrengst de kwaliteit bepaald, waaronder het suikergehalte en de winbaarheid.

In het groeiseizoen is de gewasgroei gevolgd. De gewasontwikkeling, legering, ziektes, kleurverschillen en natuurlijk ook de opbrengst en kwaliteit kunnen zijn beïnvloed door de bodemverbeteraar. Dat wordt vastgelegd.

3 Uitvoering en resultaten 2010

Per proeflocatie zijn de waarnemingen en resultaten beschreven van 2010. De beschrijving van de objecten is beschreven in hoofdstuk 2.

3.1 Kollumerwaard

3.1.1 Uitvoering

Op 25 maart was de bodemvoorraad stikstof 30 kg N per ha in de laag 0-60 cm. In 2009 stonden er suikerbieten.

De bodemverbeteraars zijn op 7 april 2010 handmatig over de ploegsnede toegediend. Alleen de Xurian Optimum is toegediend met de veldspuit. Tegelijk zijn ook de kunstmestgiften (stikstof, fosfaat en kali) per veldje toegediend. Bij stikstof ging het nu om de eerste stikstofgift. Bij de toediening van Biochar hout viel op dat het erg stuifgevoelig was. Foto 10 laat zien in welke mate Biochar kan stuiven terwijl er nagenoeg geen wind was. Dit probleem is op te lossen door het product vochtig te maken voor het verspreid wordt.



Foto 10. **Toepassing van Biochar hout.**

Na de toepassingen is het zaaien in één werkgang uitgevoerd. De bodemverbeteraars zijn met een rotorkoepel ingewerkt. Het uitgezaaide ras is Tybalt en er is 174 kg zaad gezaaid.

Op 1 juni is er 20 m³ varkensdrijfmest uitgereden in de objecten A t/m F en H. De mest bevatte 7,8 kg N, 4 kg fosfaat en 6,1 kg kali per ton. In dit stadium was de eerste knoop voelbaar. Bij de mesttoepassing is gewerkt met een sleepslangstelsel met een werkbreedte van 12 meter (foto 10). Door middenover twee aansluitende veldjes te rijden, hoefde er niet in de netto veldjes gereden te worden.



Foto 11. Mesttoepassing na opkomst van de zomertarwe met het sleepslangstelsel.

3.1.2 Bemesting

Het uitgangspunt bij de bemesting is om de mineralenvoorziening (werkzaam) op alle objecten gelijk te houden. Dan worden opbrengst- en/of kwaliteitsverschillen niet of beperkt beïnvloed door de bemesting. De stikstof, fosfaat en kali in de bodemverbeteraars, de dierlijke mest en de groencompost zijn daarom verrekenend in de kunstmestgift. In tabel 3.1 zijn de giften werkzame stikstof, fosfaat en kali vermeld. Per object (dierlijk mest + bodemverbeteraar + kunstmest) is de totale aanvoer van stikstof verschillend. Hoe groot die verschillen zijn, laat kolom N-totaal zien.

Uit de tabel komt naar voren dat de totale aanvoer van fosfaat en kali iets verschilt per object. Bij het opstellen van het bemestingsplan was de samenstelling van de mest nog niet bekend. Er is toen gerekend met een andere analyse van dezelfde mestsoort.

Uit de tabel komt ook naar voren dat bij aanvoer van dierlijke mest de totaal aangevoerde stikstof circa 100 kg per ha hoger ligt dan wanneer geen mest wordt toegediend.

Er is gerekend met verschillende N-werkingscoëfficiënten van de gebruikte bodemverbeteraars:

- Condit 5%N : 100%
- Groencompost : 10%
- Varkensdrijfmest : 40%
- Betacal Carbo : 0%

De fosfaat en kali in de bodemverbeteraars zijn voor 100% meegerekend.

Tabel 3.1. Bemesting met stikstof, fosfaat en kali per object, Kollumerwaard 2010.

Bodemverbeteraar	Werkzaam Bodemverbeteraars			Werking mest			Werking kunstmest				Totaalgift stikstof, fosfaat en kali			
	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha	1e N-gift kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha	2e N-gift kg/ha	N-totaal kg/ha	N-werkz. kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha
Agripyps	0	0	0	63	81	122	48	40	0	29	234	140	121	122
Betacal Carbo	0	41	4	63	81	122	48	0	0	29	246	140	122	126
Brandkalk	0	0	0	63	81	234	48	40	0	29	234	140	121	122
PRP-SOL	0	0	0	63	81	122	48	40	0	29	234	140	121	122
Condit 5%N	50	10	20	63	81	122	0	40	0	27	234	140	131	142
Xurian Optimum	0	0	0	63	81	122	48	40	0	29	234	140	121	122
Biochar norit	0	0	0	0	0	0	80	130	144	60	140	140	130	144
Biochar hout	0	0	0	0	0	0	80	130	144	60	140	140	130	144
Groencompost	8	33	58	0	0	0	80	100	90	52	209	140	133	148
Varkensdrijfmest	0	0	0	63	81	122	48	40	0	29	234	140	121	122
Kunstmest	0	0	0	0	0	0	80	130	144	60	140	140	130	144

3.1.3 Waarnemingen

In het groeiseizoen zijn diverse waarnemingen aan grond en gewas uitgevoerd om te beoordelen of de bodemverbeteraar invloed heeft gehad op de bodemstructuur en/of de groei van het gewas. Na het zaaien en na de mesttoepassing zijn er geen bijzonderheden waargenomen aan de bodem ten gevolge van de neerslag. Er trad geen korstvorming op zodat het gewas ongestoord kon groeien.

Op 1 juni is de mest toegediend met de sleepslangenmachine en op 11 juni is de bijbemesting met stikstof gegeven. De eerste knoop was toen voelbaar. Door de verschillen in mestgift per object verschilde ook de hoogte van deze N-gift per object.

In tabel 3.2 zijn de waarnemingen aan het gewas beschreven. De stand is beter bij een hoger cijfer. Begin juni waren er duidelijke standverschillen zichtbaar. Condit5% had een betrouwbaar mindere stand dan varkensdrijfmest, kunstmest en Biochar hout. Op 9 juli waren deze verschillen geheel verdwenen. Bij de gewas lengte gaf Condit5%N het kortste gewas en brandkalk het langste. Veel verschillen waren betrouwbaar. Xurian Optimum, Biochar norit en kunstmest gaven de snelste afrijping. Ten opzichte van Agrygips waren ze betrouwbaar eerder rijp. Bij de legering gaf groencompost betrouwbare verschillen met bijna alle objecten, behalve met Biochar norit en kunstmest.

Tabel 3.2. **Waarnemingen zomertarwe Kollumerwaard groeiseizoen 2010.**

Bodemverbeteraar	Waarnemingen gewas					
	stand 1 juni	Stand 9 juni	stand 9 juli	lengte (cm)	afrijping 10 aug	%legering 10 aug
Agrygips	6,8	7,0	7,0	90	4,7	0
Betacal Carbo	6,3	7,0	7,0	87	4,3	3
Brandkalk	6,8	7,0	7,0	93	4,3	0
PRP-SOL	7,0	7,0	7,0	88	3,3	0
Condit 5%N	6,2	6,3	7,0	85	3,5	0
Xurian Optimum	6,7	7,0	7,0	90	2,7	0
Biochar norit 5 ton	6,5	7,0	7,0	90	2,7	3
Biochar hout 5 ton	7,2	7,0	7,0	92	3,7	7
Groencompost	6,8	6,8	7,0	92	2,8	10
Varkensdrijfmest	7,2	7,0	7,0	88	3,7	3
Kunstmest	7,2	7,3	7,0	92	2,7	7
Lsd ²⁾	1,0 ³⁾	0,4	n.s. ³⁾	1,8	1,8	6,5

¹⁾ 1 = vroeg; 10 = laat

²⁾ Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de Lsd zijn de verschillen betrouwbaar

³⁾ niet significant (niet betrouwbaar)

3.1.4 Opbrengst en kwaliteit

Door het slechte weer is de zomertarwe pas op 4 september geoogst. Ondanks dit late oogsttijdstip en de neerslag die gevallen is, was de legering beperkt. Bij de oogst is alleen de opbrengst en het vochtgehalte bepaald. Na de oogst is van de korrel en het stro het stikstof- en fosfaatgehalte bepaald. Op basis van deze analyse is de afvoer van stikstof en fosfaat bepaald. De opbrengstresultaten en de analyse- en afvoergegevens staan in tabel 3.3.

Opbrengst

Groencompost gaf de laagste opbrengst. De stand liet begin juli geen verschillen zien met de andere objecten. Het is de vraag in hoeverre de stikstofvoorziening een rol heeft gespeeld. Misschien is er stikstof gebruikt voor de vertering van het organisch materiaal. Er blijft dan minder stikstof over voor een optimale gewasgroei. Uit de analyse van de korrel blijkt namelijk dat het stikstofgehalte bij groencompost het laagst was. In enkele gevallen betrouwbaar lager dan andere objecten.

Vergeleken met kunstmest gaven alle producten, behalve Betacal Carbo en Biochar hout betrouwbaar hogere opbrengsten.

Tabel 3.3. **Relatieve opbrengsten en afvoer van stikstof en fosfaat van zomertarwe Kollumerwaard 2010.**

Bodemverbeteraar	Opbrengst relatief 100 = 8 ton/ha	Afvoer mineralen (kg/ha)					
		N-korrel	P ₂ O ₅ korrel	N- stro	P ₂ O ₅ stro	N- totaal	P ₂ O ₅ totaal
Agrigyps	108	149	63	12	4	162	67
Betacal Carbo	104	146	66	12	4	157	70
Brandkalk	107	149	65	12	4	161	69
PRP-SOL	108	155	61	12	4	167	65
Condit 5%N	107	156	62	11	4	167	66
Xurian Optimum	106	151	62	12	4	163	66
Biochar norit 5 ton	105	144	60	13	4	157	64
Biochar hout 5 ton	102	148	58	13	4	161	63
Groencompost	98	135	57	13	4	148	61
Varkensdrijfmest	108	152	63	14	5	166	68
Kunstmest	100	145	60	13	5	158	65
Lsd ¹⁾	4.8	14	4.4	3.9²⁾	1.3 ²⁾	14.1²⁾	4.7

¹⁾ Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de Lsd zijn de verschillen betrouwbaar

²⁾ niet significant (niet betrouwbaar)

Gewasanalyse

Het stikstofgehalte in de korrel gaf ten opzichte van kunstmest geen betrouwbare verschillen. Ten opzichte van groencompost hadden Brandkalk, PRP-SOL, Xurian Optimum, Agrigyps, Condit5%N en varkensdrijfmest een betrouwbaar hoger gehalte. Tussen de andere objecten waren er geen betrouwbare verschillen. Bij het stikstofgehalte in het stro waren er geen betrouwbare verschillen.

Bij de totale N-afvoer waren er geen betrouwbare verschillen met kunstmest. Ten opzichte van groencompost hadden PRP-SOL, Xurian Optimum, Condit5%N en varkensdrijfmest een betrouwbaar hogere stikstofafvoer.

Het fosfaatgehalte in de korrel was bij brandkalk en Betacal Carbo betrouwbaar hoger in vergelijking met kunstmest. Ten opzichte van groencompost gaven Brandkalk, Xurian Optimum, Agrigyps, Condit5%N, Betacal Carbo en varkensdrijfmest een betrouwbaar hoger gehalte. Bij het gehalte in het stro waren er geen betrouwbare verschillen. Bij de totale fosfaatafvoer gaf alleen Betacal Carbo een betrouwbaar hogere afvoer dan kunstmest. Ten opzichte van groencompost gaven Brandkalk, PRP-SOL, Xurian Optimum, Agrigyps, Condit5%N, Betacal Carbo, varkensdrijfmest en kunstmest een betrouwbaar hogere fosfaatafvoer.

3.1.5 Na de oogst

Na de oogst is door het slechte weer het stro pas op 6 september geperst. Omdat er pas half september een groenbemester kon worden gezaaid, is dat achterwege gebleven omdat de groeiperiode te kort was. Wel zijn er kort na de oogst en kort voor het ploegen N-min metingen uitgevoerd om een beeld te krijgen van de achtergebleven stikstof. Deze resultaten worden in de rapportage van 2011 beschreven.

3.2 Lelystad

3.2.1 Uitvoering

In 2009 stonden er op het proefperceel pootaardappelen met een kruisbloemige als groenbemester. De bodemvoorraad stikstof was half maart 26 kg N per ha in de laag 0-60 cm. Op 8 april zijn de bodemverbeteraars handmatig gestrooid over de ploegsnede. Aanvullend hierop zijn de bemestingen met stikstof, fosfaat en kali uitgevoerd zodat de mineralenvoorziening per object gelijk is. Op 9 april is de zomergerst gezaaid. Er is gezaaid met een 6 meter brede kopeg + zaaimachine in één werkgang. De rijafstand was 12,5 cm.

De trekker reed op 65 cm brede voor- en achterbanden. Zowel de voor- als achterbanden waren dubbellucht, zodat de totale bandbreedte 260 cm was. De voorbanden hadden een bandenspanning van 0,4 bar, de achterbanden 0,8 bar. Het uitgezaaide ras was Tipple en er is 140 kg zaad per ha gezaaid. Op 23 april kwam de zomergerst gelijkmatig boven. Na opkomst zijn er lange tijd geen verschillen waargenomen tussen de objecten.

3.2.2 Bemesting

In Lelystad is voor het zaaien en na de opkomst geen dierlijke mest toegepast. De mest is na de oogst toegediend. In tabel 3.4 is de bemesting van de zomergerst per object weergegeven.

Omdat de analyse van de groencompost op het moment van de bemesting nog niet bekend was, heeft dit object een iets hogere kalivoorziening gehad.

Per object (bodemverbeteraar + kunstmest) is de totale aanvoer van stikstof verschillend. Hoe groot die verschillen zijn, laat de kolom N-totaal zien.

Er is gerekend met verschillende N-werkingscoëfficiënten van de gebruikte bodemverbeteraars:

- Condit 5%N : 100%
- Groencompost : 10%
- Betacal Carbo : 0%

De fosfaat en kali in de bodemverbeteraars zijn voor 100% meegerekend.

Tabel 3.4 . Bemesting met stikstof, fosfaat en kali per object, Lelystad 2010.

Bodemverbeteraar	Werkzaam Bodemverbeteraars			Werking mest			Werking kunstmest			Totaalgift stikstof, fosfaat en kali			
	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha	N-totaal kg/ha	N-werkz. kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha
Agripyps	0	0	0	0	0	0	90	40	0	90	90	40	0
Betacal Carbo	0	41	4	0	0	0	90	0	0	102	90	41	4
Brandkalk	0	0	0	0	0	0	90	40	0	90	90	40	0
PRP-SOL	0	0	0	0	0	0	90	40	0	90	90	40	0
Condit 5%N	50	10	20	0	0	0	40	30	0	90	90	40	20
Xurian Optimum	0	0	0	0	0	0	90	40	0	90	90	40	0
Biochar hout 2,5 ton	0	0	0	0	0	0	90	40	0	90	90	40	0
Biochar hout 5 ton	0	0	0	0	0	0	90	40	0	90	90	40	0
Groencompost	6	28	60	0	0	0	84	10	0	144	90	38	60
Varkensdrijfmest	0	0	0	0	0	0	90	40	0	90	90	40	0
Kunstmest	0	0	0	0	0	0	90	40	0	90	90	40	0

3.2.3 Waarnemingen

Half juni en begin juli is de stand waargenomen. Op beide momenten waren er geen stand verschillen zichtbaar. Ook was er geen verschil in gewaskleur. Wel zijn er sporen van het zaaien teruggevonden (foto 12). In de sporen waren de planten 5-10 cm korter en kwamen later in de aar.

Deze sporen waren over het gehele proefperceel terug te vinden. De bodemverbeteraars hebben hierop geen invloed gehad.

Na regenbuien is beoordeeld of er sprake was van structuurverval binnen een object. Structuurverval door verslamping en/of korstvorming is in 2010 niet waargenomen. De kleurverschillen tussen de objecten waren minimaal en er waren ook geen verschillen in ziekteaantasting. Binnen dit onderzoek is ziektebestrijding uitgevoerd op basis van weersverwachting en aantastingsgraad. Hierdoor is min of meer preventief gespoten tegen schimmelziekten. Of de bodemverbeteraars invloed hebben op de mate van ziekteaantasting is dan niet goed te beoordelen.



Foto 12. Sporen in de zomergerst.

Regen is er de oorzaak van geweest dat er legering is opgetreden in het proefveld. Tabel 3.5 laat de legering zien zoals die is waargenomen op 5 augustus.

De verschillen tussen de objecten zijn niet groot. De verschillen hebben ook niet toe problemen geleid bij de oogst. Zoals bekend richt zomergerst bij legering de stengel weer omhoog vanuit een knoop (foto 13). De aren liggen dan niet plat op de grond.



Foto 13. Legering zomergerst op 5 augustus.

Tabel 3.5. Waarnemingen zomergerst Lelystad 2010.

Bodemverbeteraar	%legering 5 aug.
Agrigyps	27
Betacal Carbo	32
Brandkalk	13
PRP-SOL	22
Condit 5%N	15
Xurian Optimum	27
Biochar hout 2,5 ton	27
Biochar hout 5 ton	13
Groencompost	13
Varkensdrijfmest	27
Kunstmest	27
Lsd *)	29.6

*) Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd zijn de verschillen betrouwbaar

3.2.4 Opbrengst en kwaliteit

De opbrengsten lagen in Lelystad op een hoog niveau (tabel 3.6). Tussen de objecten waren er geen betrouwbare verschillen in opbrengst. Bij de stikstof- en fosfaatafvoer waren er ook geen betrouwbare verschillen.

Na de oogst is van de gerst de sortering bepaald. Van brouwgerst moet minimaal 90% van de korrels groter zijn dan 2,5 mm. Daarnaast mag niet meer dan 2% van de korrels kleiner zijn dan 2,2 mm (doorval). Tabel 3.7 laat zien dat de doorval in alle objecten veel kleiner was dan 2%. Ook het volgerstpercentage voldoet in alle objecten aan de eisen van brouwgerst. Er waren geen betrouwbare verschillen tussen de objecten.

De bodemverbeteraars hebben in 2010 geen bijzonderheden laten zien ten aanzien van zowel de bodem als het gewas.

Tabel 3.6. Relatieve opbrengsten en afvoer van stikstof en fosfaat van zomergerst Lelystad 2010.

Bodemverbeteraar	Opbrengst relatief 100 = 9,2 ton/ha	Afvoer mineralen (kg/ha)					
		N- korrel	P ₂ O ₅ korrel	N- stro	P ₂ O ₅ stro	N- totaal	P ₂ O ₅ totaal
Agrigyps	101	125	63	11	3	136	66
Betacal Carbo	103	127	64	11	3	138	67
Brandkalk	97	119	60	11	3	130	63
PRP-SOL	98	118	59	11	3	129	62
Condit 5%N	101	121	62	11	3	132	65
Xurian Optimum	97	119	60	11	3	130	63
Biochar hout 2,5 ton	98	122	61	11	3	133	64
Biochar hout 5 ton	99	124	61	11	3	135	64
Groencompost	98	115	61	11	3	126	64
Varkensdrijfmest	101	122	59	11	3	133	62
Kunstmest	100	126	63	11	3	137	66
Lsd ¹⁾	7.1	12.1	6.7 ²⁾	n.s. ²⁾	n.s. ²⁾	12.1	6.7 ²⁾

¹⁾ Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd zijn de verschillen betrouwbaar

²⁾ niet significant (niet betrouwbaar)

Tabel 3.7. Volgerstpercentage zomergerst Lelystad 2010.

Bodemverbeteraar	%doorval<2.2	%2.2-2.5	%2.5-2.8	%>2.5
Agrigyps	0.4	1.9	8.9	97.7
Betacal Carbo	0.6	1.5	8.7	97.9
Brandkalk	0.4	1.2	6.8	98.4
PRP-SOL	0.5	1.6	9.6	97.9
Condit 5%N	0.3	0.7	6.8	99.0
Xurian Optimum	0.5	1.4	6.7	98.1
Biochar hout 2,5 ton	0.5	1.3	8.4	98.2
Biochar hout 5 ton	0.3	0.8	6.3	98.9
Groencompost	0.5	1.2	7.0	98.3
Varkensdrijfmest	0.6	1.8	9.1	97.6
Kunstmest	0.5	1.5	7.6	98.0
Lsd ¹⁾	0.3	1.4 ²⁾	4.5 ²⁾	1.6 ²⁾

¹⁾ Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd zijn de verschillen betrouwbaar

²⁾ niet significant (niet betrouwbaar)

3.2.5 Na de oogst

Na de oogst kon het stro pas begin september worden afgevoerd. Na de toepassing van mest kon op 13 september gele mosterd als groenbemester worden ingezaaid. Kort na de oogst en kort voor het ploegen zijn N-min metingen uitgevoerd om een beeld te krijgen van de achtergebleven stikstof. De resultaten hiervan worden in de rapportage van 2011 besproken.

3.3 Westmaas

3.3.1 Uitvoering

Op 18 maart is over de ploegsnede 15 m³ varkensdrijfmest per ha toegediend. Dit is uitgevoerd met een sleepslangstelsel van 12 meter breed. Door middenover twee aansluitende veldjes te rijden, hoefde er niet in de netto veldjes gereden te worden.

Na de mesttoepassing is op 31 maart de stikstofvoorraad bepaald. Dit is uitgevoerd in objecten waar geen mest is toegediend.

Op 7 april zijn de bodemverbeteraars handmatig toegediend en op 12 april is de zomergerst gezaaid. Van het ras Tipple is 135 kg zaad per ha gezaaid. Er is gezaaid in één werkgang met een kopeg + zaaimachine (drie meter breed). De bandenspanning van de zowel de voor- als achterbanden was 0,8 bar. De bemestingen met stikstof, fosfaat en kali zijn na het zaaien uitgevoerd.

3.3.2 Bemesting

Dit voorjaar was de bodemvoorraad stikstof 26 kg per ha in de laag 0-60 cm. De voorvrucht was zomergerst. De toegediende varkensdrijfmest bevatte 5 kg stikstof, 3,2 kg fosfaat en 5 kg kali per ton mest. Omdat de analyse pas bekend was na het strooien van de stikstof, fosfaat en kali, zitten er geringe verschillen in de gift werkzame stikstof en de totaalgift fosfaat en kali tussen de objecten. De objecten met mest hebben circa 20 kg werkzame stikstof per ha meer gehad dan de andere objecten. In tabel 3.8 zijn de giften werkzame stikstof, fosfaat en kali vermeld.

Per object (dierlijke mest + bodemverbeteraar + kunstmest) is de totale aanvoer van stikstof verschillend. Hoe groot die verschillen zijn, laat de kolom N-totaal zien.

Bij toepassing van mest is de totaal aangevoerde hoeveelheid stikstof 38 kg per ha hoger dan wanneer geen mest is toegediend. Groencompost geeft echter een nog hogere aanvoer van stikstof. De dosering van 9 ton per ha draagt hier sterk aan bij: 69 kg/ha meer dan kunstmest.

Er is gerekend met verschillende N-werkingscoëfficiënten van de gebruikte bodemverbeteraars:

- Condit 5%N : 100%
- Groencompost : 10%
- Varkensdrijfmest : 50%
- Betacal Carbo : 0%

De fosfaat en kali in de bodemverbeteraars zijn voor 100% meegerekend.

Tabel 3.8. Bemesting met stikstof, fosfaat en kali per object, Westmaas 2010.

Bodemverbeteraar	Werkzaam Bodemverbeteraars			Werking mest			Werking kunstmest			Totaalgift stikstof, fosfaat en kali			
	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha	N-totaal kg/ha	N-werkz. kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha
Agripyps	0	0	0	38	48	75	53	40	35	128	90	88	110
Betacal Carbo	0	41	4	38	48	75	53	0	30	139	90	89	109
Brandkalk	0	0	0	38	48	75	53	40	35	128	90	88	110
PRP-SOL	0	0	0	38	48	75	53	40	35	128	90	88	110
Condit 5%N	50	10	20	38	48	75	3	30	15	128	90	88	110
Xurian Optimum	0	0	0	38	48	75	53	40	35	128	90	88	110
Groencompost	8	33	58	0	0	0	82	60	50	159	90	93	108
Varkensdrijfmest	0	0	0	38	48	75	53	40	0	128	90	88	75
Kunstmest	0	0	0	0	0	0	90	90	110	90	90	90	110

3.3.3 Waarnemingen

Na het zaaien is er gekeken naar de grofheid van het zaaibed en de mate van korstvorming. Slechts 2-3 veldjes hadden een iets grover zaaibed, maar het is niet duidelijk of dit een effect is van de bodemverbeteraar. Korstvorming is niet opgetreden. In de tweede helft van juni werden verschillen in standdichtheid, regelmaat en legering waargenomen. De resultaten hiervan staan in tabel 3.9. Een hoger cijfer betekent een betere stand en/of een betere regelmaat.

Tabel 3.9. **Waarnemingen zomergerst Westmaas groeiseizoen 2010.**

Bodemverbeteraar	Stand 23 juni	Regelmaat 23 juni	% Legering 20 juli
Agrigyps	7.3	6.7	25
Betacal Carbo	7.3	6.7	1
Brandkalk	8.0	6.0	5
PRP-SOL	8.0	6.0	40
Condit 5%N	8.0	6.7	8
Xurian Optimum	7.3	6.7	2
Groencompost	6.3	8.0	0
Varkensdrijfmest	8.0	6.7	5
Kunstmest	6.0	8.0	0
Lsd ¹⁾	1.2	1.4 ²⁾	32

¹⁾ Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd zijn de verschillen betrouwbaar

²⁾ niet significant (niet betrouwbaar)

Ten gevolge van neerslag trad er legering op. Op 20 juli is de legering opgenomen en de resultaten hiervan staan ook in tabel 3.9. T.a.v. legering viel op dat er erg grote verschillen zaten tussen de veldjes binnen één object en de objecten. Een duidelijke verklaring hiervoor is niet te geven.

3.3.4 Opbrengst en kwaliteit

De proef is op 10 augustus geoogst. Bij de oogst is naast de opbrengst ook het vochtgehalte bepaald. Van het stro en de korrel is een gewasanalyse op stikstof en fosfaat uitgevoerd om verschillen in mineralenafvoer te meten. De opbrengst en de mineralengegevens staan vermeld in tabel 3.10. Van de partij is ook de sortering bepaald (< 2,2 mm, 2,2-2,5, 2,5-2,8 en > 2,8 mm) voor de bepaling van het volgerstpercentage. Deze gegevens staan in tabel 3.11.

Tabel 3.10. **Relatieve opbrengsten en afvoer van stikstof en fosfaat van zomergerst Westmaas 2010.**

Bodemverbeteraar	Opbrengst relatief 100 = 6,6 ton/ha	Afvoer mineralen (kg/ha)					
		N- korrel	P ₂ O ₅ korrel	N- stro	P ₂ O ₅ stro	N- totaal	P ₂ O ₅ totaal
Agrigyps	119	77	52	20	11	97	63
Betacal Carbo	110	77	51	20	11	97	62
Brandkalk	114	76	51	20	11	96	62
PRP-SOL	121	79	51	20	11	99	62
Condit 5%N	112	76	50	20	11	96	61
Xurian Optimum	116	83	55	20	11	103	66
Groencompost	99	73	54	20	11	94	65
Varkensdrijfmest	108	86	57	20	11	106	68
Kunstmest	100	76	53	20	11	96	64
Lsd (relatief) ¹⁾	15.2	13 ²⁾	7.5	²⁾	²⁾	13 ²⁾	7.5 ²⁾

- ¹⁾ Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd zijn de verschillen betrouwbaar
²⁾ niet significant (niet betrouwbaar)

Bij de opbrengst gaven PRP-SOL, Xurian Optimum, Agrigyps een betrouwbaar hogere opbrengst dan kunstmest. Tussen de bodemverbeteraars onderling zaten geen betrouwbare verschillen.

Bij de afvoer van stikstof en fosfaat zaten ook geen betrouwbare verschillen.

Bij het volgerstpercentage (% > 2,5 mm) gaven Brandkalk, PRP-SOL en Xurian Optimum een betrouwbaar hoger percentage dan kunstmest en groencompost. Tussen de bodemverbeteraars onderling zaten geen betrouwbare verschillen.

Tabel 3.11. **Volgerstpercentage zomergerst Westmaas 2010.**

Bodemverbeteraar	%doorval<2.2	%2.2-2.5	%2.5-2.8	%>2.5
Agrigyps	0.3	1.0	6.3	92
Betacal Carbo	0.3	0.7	6.7	92
Brandkalk	0.3	1.0	5.7	93
PRP-SOL	0.0	1.0	6.0	93
Condit 5%	0.3	1.3	6.0	92
Xurian Optimum	0.0	1.0	5.3	94
Groencompost	0.3	1.0	8.7	90
Varkensdrijfmest	0.3	1.0	6.3	92
Kunstmest	0.7	0.7	8.3	90
Lsd ¹⁾	0.9 ²⁾	0.6 ²⁾	2.1	2.6

- ¹⁾ Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd zijn de verschillen betrouwbaar

- ²⁾ niet significant (niet betrouwbaar)

3.3.5 Na de oogst

Na het afvoeren van het stro is op 6 september gele mosterd (ras Emergo) als groenbemester ingezaaid. Kort na de oogst en kort voor het ploegen zijn N-min metingen uitgevoerd om een beeld te krijgen van de achtergebleven stikstof.

3.4 Valthermond

3.4.1 Uitvoering

Na de oogst van de zetmeelaardappelen in 2009 zijn er geen grondbewerkingen meer uitgevoerd. Omstreeks half april is er 20 m³ varkensdrijfmest per ha toegediend met een mestinjecteur. Vervolgens zijn de bemestingen en de bodemverbeteraars toegediend. Op 22 april is het gehele proefperceel tot een diepte van 25 cm gespit (roterende spitmachine). De bodemverbeteraars en de mest zijn zo goed gemengd door de gehele bouwvoor. Na opkomst van de bieten kwam naar voren dat de bieten erg onregelmatig stonden ten gevolge van een zaaimachinefout. Toen is besloten de proef dood te spuiten en op 14 mei over te zaaien. Bij de opkomst van deze tweede zaai is er een ernstige mate van stuifschade opgetreden (foto 14). Voor betrouwbaar onderzoek was de schade te groot zodat er op 26 mei opnieuw moest worden overgezaaid. Vóór het zaaien is het proefperceel voor een tweede keer gespit. Het uitgezaaide ras is Coyote. Omdat Xurian Optimum niet gecombineerd kan worden met dierlijke mest, is deze bodemverbeteraar op 21 mei toegediend. Dit product is gespoten. De oogst is uiteindelijk op 16 november uitgevoerd.



Foto 14. **Zaaibed na de zandstorm.**

3.4.2 Bemesting

In het voorjaar was de bodemvoorraad stikstof 19 kg per ha in de laag 0-30 cm.

De toegediende varkensdrijfmest bevatte per ton mest 6,4 kg stikstof, 3,1 kg fosfaat en 5,4 kg kali. Omdat de analyse pas bekend was na het strooien van de stikstof, fosfaat en kali, zitten er geringe verschillen in de totaalgift per mineraal tussen de objecten. De objecten met mest hebben circa 10 kg werkzame stikstof per ha minder gehad dan de andere objecten. In tabel 3.12 zijn de giften werkzame stikstof, fosfaat en kali vermeld.

Per object (dierlijke mest + bodemverbeteraar + kunstmest) is de totale aanvoer van stikstof verschillend. Hoe groot die verschillen zijn, laat de kolom N-totaal zien. Bij de toepassing van mest is de totaal aangevoerde hoeveelheid stikstof circa 27 kg per ha hoger dan wanneer geen mest is toegediend.

De toepassing van 18 ton groencompost gaf echter een veel hogere aanvoer van N-totaal: 138 kg N per ha meer dan kunstmest.

Er is gerekend met verschillende N-werkingscoëfficiënten van de gebruikte bodemverbeteraars:

- Condit 5%N : 100%
- Groencompost : 10%
- Varkensdrijfmest : 70%

De fosfaat en kali in de bodemverbeteraars is voor 100% meegerekend.

Tabel 3.12. Bemesting met stikstof, fosfaat en kali per object, Valthermond 2010.

Bodemverbeteraar	Werkzaam Bodemverbeteraars			Werking mest			Werking kunstmest			Totaalgift stikstof, fosfaat en kali			
	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha	N-totaal kg/ha	N-werkz. kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha
PRP-SOL	0	0	0	90	62	108	48	0	26	176	138	62	134
Condit 5%N	75	15	0	90	62	108	0	0	26	203	165	77	134
Xurian Optimum	0	0	0	90	62	108	48	0	26	176	138	62	134
Biochar ECN	0	0	0	0	0	0	149	85	170	149	149	85	170
Biochar norit	0	0	0	0	0	0	149	85	170	149	149	85	170
Biochar hout	0	0	0	0	0	0	149	85	170	149	149	85	170
Steenmeel	0	0	0	90	62	108	48	0	0	176	138	62	108
Groencompost	15	67	115	0	0	0	134	20	55	287	149	87	170
Varkensdrijfmest	0	0	0	90	62	108	48	0	26	176	138	62	134
Kunstmest	0	0	0	0	0	0	149	85	170	149	149	85	170

3.4.3 Waarnemingen

Na de opkomst van de derde zaai suikerbieten zijn er geen bijzonderheden aan de stand waargenomen (tabel 3.13). De verschillen tussen de objecten waren klein en niet betrouwbaar. Er stonden ruim voldoende planten en omdat er geen plaatsen met een slechte opkomst waren, zijn er geen planttellingen uitgevoerd.

Tabel 3.13. **Waarnemingen suikerbieten Valthermond 2010.**

Bodemverbeteraar	Stand 4 aug.	Stand 21 sept.	Stand 16 nov.
PRP-SOL	8.4	9.0	8.0
Condit 5%N	7.8	8.9	8.0
Xurian Optimum	8.2	8.8	8.4
Biochar ECN	7.6	8.4	7.8
Biochar norit	8.2	8.3	7.8
Biochar hout	7.7	8.1	7.9
Steenmeel	7.9	9.1	8.7
Groencompost	7.2	8.6	8.1
Varkensdrijfmest	8.3	8.3	8.2
Kunstmest	8.2	8.8	8.2
Statistiek	n.s. ¹⁾	n.s. ¹⁾	n.s. ¹⁾

1) niet significant (niet betrouwbaar)

3.4.4 Opbrengst en kwaliteit

Naast de opbrengst is ook de kwaliteit van de biet bepaald. In tabel 3.14 zijn deze resultaten weergegeven.

Tabel 3.14. **Opbrengst en kwaliteit van de suikerbieten op Valthermond 2010 (bron IRS).**

Bodemverbeteraar	Wortel ton/ha	Suiker %	Suiker ton/ha	Grond tarra %	Kop tarra %	K	Na	K+Na	AmN	WIN	FinO
						mmol/kg					€/ha
PRP-SOL	57.9	18.5	10.7	5.3	9.5	29.5	5.2	34.8	11.9	92.2	2601
Condit 5%N	60.4	18.9	11.4	6.8	10.4	29.8	4.2	34.1	11.2	92.5	2790
Xurian Optimum	60.5	18.1	10.9	5.3	8.1	28.9	6.4	35.3	13.0	91.9	2637
Biochar ECN	61.4	18.5	11.4	5.3	9.0	31.9	5.0	36.9	12.3	92.0	2755
Biochar norit	58.6	18.3	10.7	5.2	8.9	32.0	5.7	37.7	12.1	91.9	2576
Biochar hout 5 ton	59.5	18.8	11.2	5.3	8.2	31.2	4.1	35.3	12.1	92.3	2736
Steenmeel	60.7	18.6	11.3	5.7	8.6	30.5	7.5	38.0	12.4	92.0	2739
Groencompost	60.5	19.0	11.5	5.0	9.4	29.9	3.7	33.6	10.2	92.7	2847
varkensdrijfmest	58.9	18.7	11.0	5.5	8.8	30.0	4.8	34.8	11.9	92.3	2692
Kunstmest	61.7	18.3	11.3	5.5	8.2	30.3	5.3	35.6	13.2	92.0	2734
Lsd ¹⁾	4.2 ²⁾	0.45	0.8 ²⁾	1.2	1.3	2.6	1.8	3.9	1.9	0.6	202

¹⁾ Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de Lsd zijn de verschillen betrouwbaar

²⁾ niet significant (niet betrouwbaar)

Op Valthermond waren er geen betrouwbare verschillen in de wortel- en suikeropbrengst. Wel waren er betrouwbare verschillen bij het suikergehalte, grond- en koptarra en de factoren van de winbaarheidsindex. Uiteindelijk leverde dit betrouwbare verschillen op bij de financiële opbrengst. Groencompost had een betrouwbaar hogere financiële opbrengst dan PRP-SOL, Xurian Optimum en Biochar norit. Groencompost had in vergelijking met de andere objecten het hoogste suikergehalte en de hoogste winbaarheidsindex. Dat levert een hogere uitbetalingsprijs per ton suiker op. Het is niet duidelijk in hoeverre de resultaten zijn beïnvloed door de extra grondbewerkingen en het late zaaitijdstip. Door het late zaaitijdstip werd het groeiseizoen wel veel korter.

3.5 Vredepeel

3.5.1 Uitvoering

In 2009 groeide er waspeen op dit perceel. Na de oogst zijn er geen bewerkingen meer uitgevoerd. Op verschillende data in april 2010 zijn er producten van bodemverbeteraars toegediend, is er mest uitgereden en zijn er bemestingen toegediend. Op 12 april is er 40 m³ rundveedrijfmest per ha toegediend in de objecten waar de mest is toegestaan. De mest is met een bouwlandinjecteur toegediend. Op 28 april is het perceel geploegd met woelers en een vorenpakker. Op 3 mei is de proef gezaaid. Het uitgezaaide maïsras is Torres en er zijn 99.500 zaden per ha gezaaid. Direct na het zaaien is de stikstofbemesting gegeven en op 10 mei is de Xurian Optimum gespoten. Omdat het in juni erg droog werd, is de maïs drie keer beregend: op 19 juni, 28 juni en 11 juli is er elke keer 25-30 mm water gegeven. Op 18 oktober is de proef geoogst.

3.5.2 Bemesting

In het voorjaar van 2010 was de bodemvoorraad stikstof 30 kg per ha in de laag 0-30 cm. De toegediende rundveedrijfmest bevatte 4,5 kg stikstof, 1,6 kg fosfaat en 4,3 kg kali per ton mest. Omdat de analyse pas bekend was na het strooien van de stikstof, fosfaat en kali, zitten er geringe verschillen in de gift werkzame stikstof en de totaalgift fosfaat en kali tussen de objecten. De objecten met mest hebben circa 20 kg werkzame stikstof per ha meer gehad dan de andere objecten. In tabel zijn de giften werkzame stikstof, fosfaat en kali vermeld.

Per object (dierlijke mest + bodemverbeteraar + kunstmest) is de totale aanvoer van stikstof verschillend (tabel 3.15). Hoe groot die verschillen zijn, laat de kolom N-totaal zien.

Bij toepassing van mest is de totaal aangevoerde hoeveelheid stikstof circa 94 kg per ha hoger dan wanneer geen mest is toegediend. Groencompost geeft echter een nog veel hogere aanvoer van stikstof. De dosering van 18 ton per ha draagt hier sterk aan bij: 141 kg per ha meer dan kunstmest.

Er is gerekend met verschillende N-werkingscoëfficiënten van de gebruikte bodemverbeteraars:

- Condit 5N : 100%
- Groencompost : 10%
- Rundveedrijfmest : 60%

De fosfaat en kali in de bodemverbeteraars is voor 100% meegerekend.

Tabel 3.15. Bemesting met stikstof, fosfaat en kali per object, Vredepeel 2010.

Bodemverbeteraar	Werkzaam Bodemverbeteraars			Werking mest			Werking kunstmest			Totaalgift stikstof, fosfaat en kali			
	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha	N-totaal kg/ha	N-werkz. kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha
PRP-SOL	0	0	0	108	64	172	33	0	0	213	141	64	172
Condit 5%N	50	10	0	108	64	172	0	0	0	230	158	74	172
Xurian Optimum	0	0	0	108	64	172	33	0	0	213	141	64	172
Steenmeel	0	0	0	108	64	172	33	0	0	213	141	64	172
Groencompost	15	67	115	0	0	0	107	0	60	260	122	67	175
Rundveedrijfmest	0	0	0	108	64	172	33	0	0	213	141	64	172
Kunstmest	0	0	0	0	0	0	119	64	170	119	119	64	170

3.5.3 Waarnemingen

In 2010 zijn er verschillende waarnemingen uitgevoerd. De resultaten hiervan staan in tabel 3.16. Een hoger cijfer is een betere waardering van de eigenschap. Bij de waarnemingen zijn er geen betrouwbare verschillen waargenomen tussen de bodemverbeteraars. Er was geen verschil in grofheid van het zaaibed en de mate van korstvorming. Bij de grofheid van het zaaibed is het verschil tussen groencompost en andere bodemverbeteraars niet betrouwbaar.

Bij de stand van het gewas, het percentage bodembedekking en de lengte van de stengels waren er ook geen betrouwbare verschillen.

Tabel 3.16. **Waarnemingen snijmaïs Vredepeel 2010.**

Bodemverbeteraar	Grofheid zaaibed 21 mei	Korstvorming 21 mei	Stand 28 mei	Stand 25 juni	%bodem bedekking 25 juni	Lengte rij1 in cm 20 juli	Lengte rij 2 in cm 20 juli
PRP-SOL	5.0	8.3	6.0	8.0	43	101	105
Condit 5%N	5.3	8.3	6.0	7.3	42	106	106
Xurian Optimum	5.3	8.0	6.0	7.7	42	107	105
Steenmeel	5.0	7.7	6.3	8.0	45	111	109
Groencompost	5.7	8.3	6.0	7.3	40	97	100
Rundveedrijfmest	5.3	8.3	5.7	7.3	42	102	106
Kunstmest	5.0	8.0	6.3	8.0	45	98	107
Lsd ¹⁾	0.7 ²⁾	0.8 ²⁾	0.6 ²⁾	0.8 ²⁾	5.4 ²⁾	11.5 ²⁾	11.1 ²⁾

¹⁾ Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd zijn de verschillen betrouwbaar

²⁾ niet significant (niet betrouwbaar)

3.5.4 Opbrengst en kwaliteit

Bij de oogst is de droge stof opbrengst bepaald. Naast de verse opbrengst is daartoe ook het percentage droge stof bepaald. De resultaten hiervan staan in tabel 3.17.

Groencompost heeft een betrouwbaar hoger droge stof percentage dan Xurian Optimum, Condit 5%N en rundveedrijfmest.

Bij de droge stofopbrengst gaf kunstmest een betrouwbaar hogere opbrengst dan Xurian Optimum, Condit 5%N en rundveedrijfmest. Tussen de bodemverbeteraars zaten geen betrouwbare verschillen in de droge stofopbrengst.

Tabel 3.17. **Opbrengstresultaten en droge stofpercentage van snijmaïs Vredepeel 2010.**

Bodemverbeteraar	% droge stof bij oogst	Droge stof opbrengst ton/ha
PRP-SOL	28.8	18.0
Condit 5%N	27.7	17.0
Xurian Optimum	27.3	17.1
Steenmeel	28.7	18.9
Groencompost	31.6	18.6
Rundveedrijfmest	28.0	16.8
Kunstmest	33.9	20.2
Lsd ¹⁾	3.4	2.7

¹⁾ Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd zijn de verschillen betrouwbaar

3.5.5 Na de oogst

Na de oogst van de maïs was de bodem te nat om een groenbemester in te zaaien. Ook later is deze niet meer gezaaid.

4 Resultaten over alle locaties

Bij aanvang van het onderzoek zijn een aantal bodem- en grondonderzoeken uitgevoerd om de uitgangssituatie vast te leggen. Bodem- en grondonderzoek in een later stadium geven dan een beter inzicht in de effecten van de bodemverbeteraars op de bodemkwaliteit.

4.1 Bodem

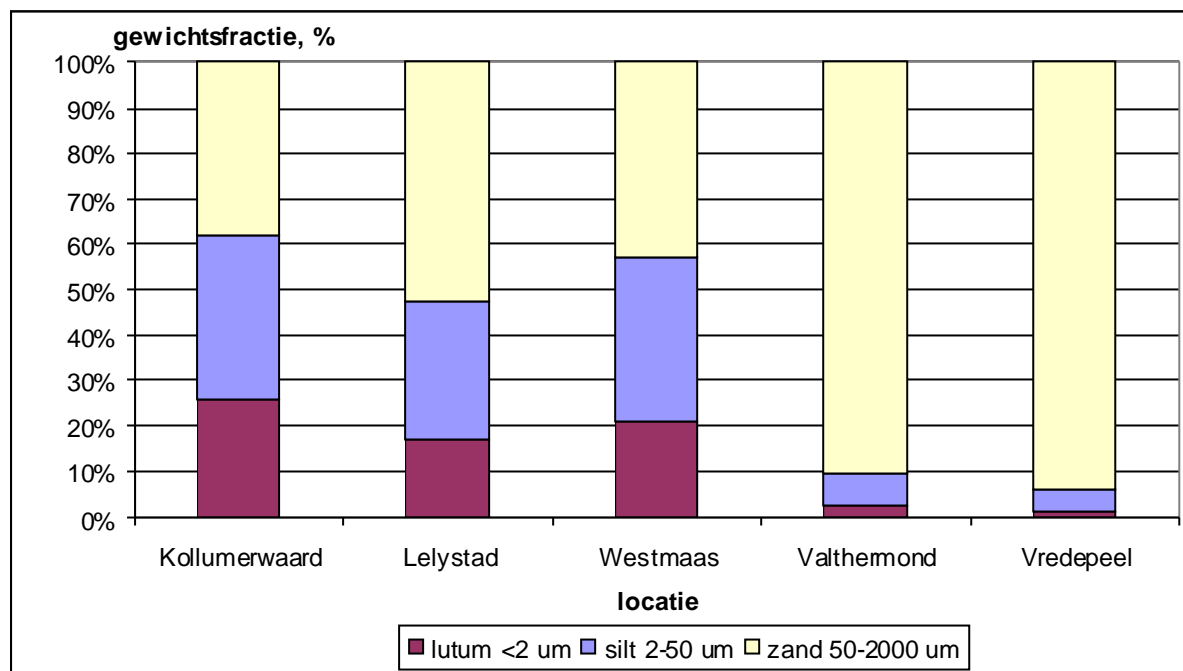
Op elke onderzoekslocatie zijn per bodemeigenschap twee onafhankelijke mengmonsters genomen. Uitzondering daarop was de bepaling van de droge bulkdichtheid. Daarvan zijn op elke locatie van drie laagdieptes monsters genomen. Per laagdiepte zes monsters.

De analysesresultaten van de locatie Lelystad lieten een grote spreiding zien. Op basis van expertkennis is besloten om één van de mengmonsters niet in de verdere analyse op te nemen. De gepresenteerde resultaten van Lelystad zijn gebaseerd op één mengmonster, van de andere locaties zijn de gepresenteerde resultaten gebaseerd op twee mengmonsters. Voor droge bulkdichtheid zijn wel alle zes onafhankelijke monsterresultaten gebruikt.

4.2 Bodemfysische metingen

4.2.1 Granulaironderzoek

In onderstaande Figuur 4.1 en Tabel 4.1 zijn de resultaten van het granulaironderzoek weergegeven.



Figuur 4.1. Resultaten granulaironderzoek per proeflocatie.

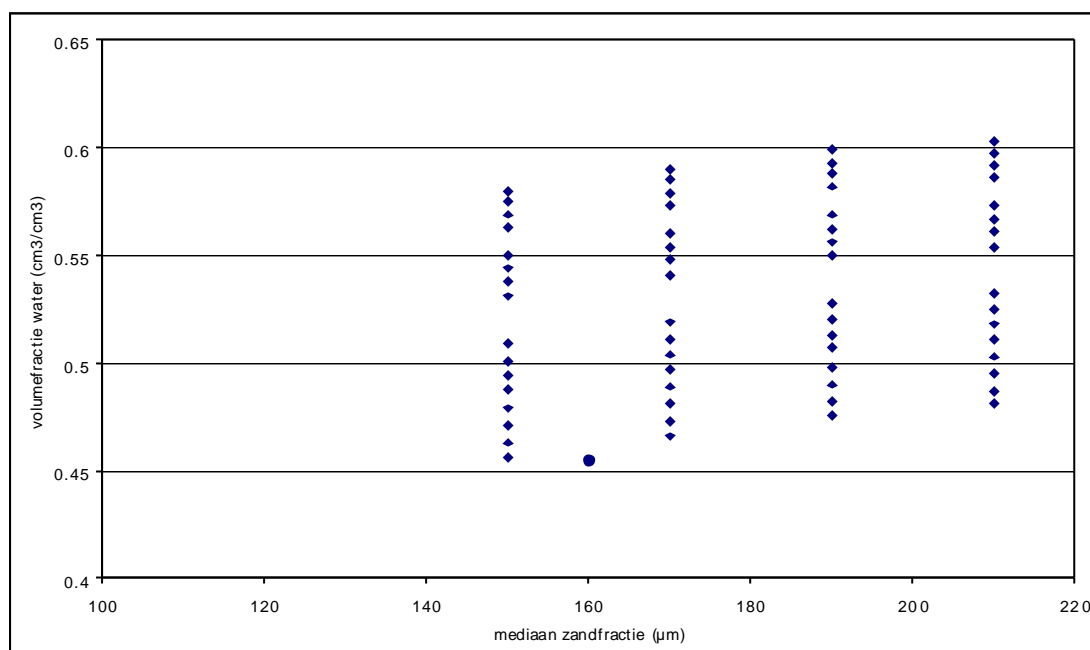
Van de drie kleilocaties heeft Lelystad het hoogste aandeel zand, gevolgd door Westmaas en Kollumerwaard. Duidelijk is te zien dat de monsters van de twee zandlocaties, Valthermond en Vredepeel, bijna geen lutum bevatten. Valthermond heeft iets meer silt in het monster dan Vredepeel.

Tabel 4.1 Resultaten granulaironderzoek per proeflocatie.

Locatie	Textuur aanduiding	M50 μm	zandfractie aanduiding	D60/D10 -	CaCO3 %	organische stof %
Kollumerwaard	licht e klei	79	uiterst fijn zand		8,6	6,0
Lely stad	matig lichte zavel	80	uiterst fijn zand		6,9	2,0
Westmaas	Zandige zware zavel	82	uiterst fijn zand		8,4	4,7
Valthermond	kleiarm zand	116	zeer fijn zand	2,6	0,1	12,0
Vredepeel	kleiarm zand	171	matig fijn zand	2,8	0,1	4,3

4.2.1.1 M50

Van alle locaties is van de zandfractie het M50-getal berekend. M50 is het getal van de korrelgrootte waar boven en waar beneden de helft van de massa van de zandfractie ligt. Het is een maat voor de grofheid van het zand. Het M50-getal is één van de parameters die mede de infiltratiecapaciteit en porositeit bepaald. Zie Figuur 4.2. Naarmate de zandfractie grover is (een hoger M50-getal) mag een grotere porositeit en infiltratiecapaciteit worden verwacht. Het M50-getal is vooral van belang bij zandgronden (Wösten et al., 2001).



Figuur 4.2. Berekende invloed van M50-getal op de porositeit bij verzadiging (volumefractie water) (Staringreeks).

4.2.1.2 D60/D10 verhouding

Voor de zandgronden is aanvullend ook de D60/D10 verhouding berekend. Het D60/D10 getal geeft de verhouding weer van de verschillende textuurfracties, de zogenaamde 'eentoppigheid'. Het D60/D10 getal wordt onder andere bij bomenzand en dresszand gebruikt als een maat voor de verdichtingsgevoeligheid. D60/D10 getallen hoger dan de grenswaarden houden in dat de verschillende textuurfracties makkelijker in elkaar schuiven wat leidt tot verdichting. Voor alle monsters is het gehalte calciumcarbonaat (CaCO_3) en organische stof bepaald. In Tabel 4.1 zijn de resultaten opgenomen.

De grofheid van de zandfracties in de drie kleilocaties is ongeveer gelijk: uiterst fijn zandig. Bij het monster van Valthermond is voor de zandfractie sprake van zeer fijn zand. De zandfractie van Vredepeel is matig fijn.

Tussen de twee zandlocaties is qua D60/D10 verhouding weinig verschil. Voor landbouwgronden met zand als dominante textuurfractie kan in de praktijk een uitgangswaarde van 3,5 worden gebruikt als eerste benadering voor een verdichtingsgevoeligheid (persoonlijke mededeling Th. Van Mierlo, 2010). Is de D60/D10 voor deze zandgronden groter dan 3,5 dan worden de gronden gevoelig voor verdichting. Beide D60/D10 verhoudingsgetallen liggen voldoende ver van 3,5 zodat niet gevreesd hoeft te worden voor verdichting van de bodem door het in elkaar schuiven van verschillende textuurfracties.

4.2.1.3 Koolzure kalk en organische stofgehalte

Duidelijk is te zien dat de kleilocaties kalkrijke zeeafzettingen zijn. De beide zandlocaties hebben nauwelijks koolzure kalk in het profiel. Het organische stofgehalte is, naar verwacht mocht worden, op Valthermond het hoogst omdat dit een dalgrond is.

4.2.2 Bulkdichtheid & porievolume

Tabel 4.2 geeft de resultaten van de ringbemonstering voor de bepaling van de bulk dichtheid en het berekende porievolume van de vaste fase en de lucht- en waterfase. Per locatie zijn er per bemonsterde laag 6 monsters van het proefveld genomen.

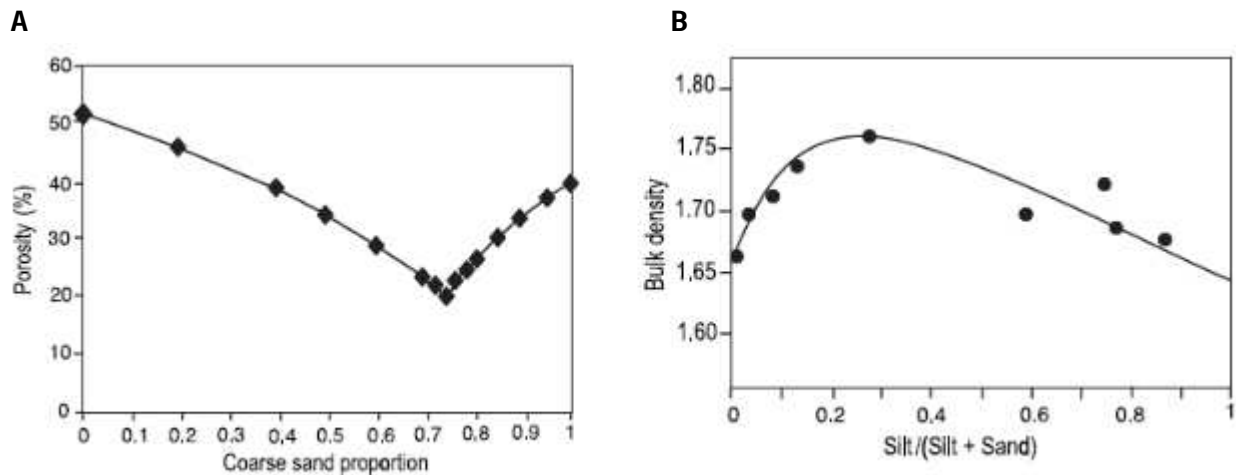
Tabel 4.2. Gemiddelde droge bulkdichtheid (g /cm³) en berekend porievolume.

Locatie	bemonsterde diepte, cm – mv	droge bulkdichtheid. g /cm ³	berekend volume vaste fase	berekend porievolume
Kollumerwaard*	2-7	1,32	0,49	0,51
	12-17	1,36	0,51	0,49
	22-27	1,37	0,52	0,48
Lely stad	2-7	1,37	0,55	0,45
	12-17	1,40	0,55	0,45
	22-27	**	**	**
Westmaas	2-7	1,37	0,54	0,46
	12-17	1,34	0,54	0,46
	22-27	1,36	0,52	0,48
Valthermond	2-7	1,07	0,47	0,53
	12-17	1,05	0,45	0,55
	22-27	1,11	0,52	0,48
Vredepeel	2-7	1,49	0,56	0,44
	12-17	1,50	0,57	0,43
	22-27	1,47	0,56	0,44

* in het najaar gemeten.

** geen resultaat in verband met ondergewerkte groenbemester

De textuur bestaat naast klei (<2 µm) en silt (2-50 µm) uit zandfracties (50-2000 µm). De menging van deze textuurfracties kan nadelige gevolgen hebben voor de dichtheid en porositeit zoals figuur 4.3 laat zien. Bij een ongunstige verhouding van de verschillende textuurdelen kan een dichte pakking ontstaan (Bruand et al., 2005). Figuur 4.3A laat zien dat naarmate het aandeel grof zand (2000 µm) toeneemt de porositeit daalt totdat de textuur zo (grof) zandig wordt dat de porositeit weer toeneemt. Als de textuurfracties 16-50 µm en 600-2000 µm van de locaties Valthermond en Vredepeel worden toegepast op de berekeningswijze van Figuur 4.3A, liggen de berekende waarden tussen de 0,1 en 0,2. Een aanwijzing dat de textuur op zich niet bijdraagt aan een dichte structuur. In relatie tot Figuur 4.3B hebben de zandgronden van Valthermond en Vredepeel beide een aandeel silt dat ten opzichte van silt + zand uitkomt tussen de 0,03 en 0,1. Ook dat betekent dat de textuur van beide locaties niet per sé bijdraagt aan een hoge dichtheid.



Figuur 4.3. A Porositeit van een mengsel silt (20-50 μm) en grof zand (2 mm) in relatie tot het aandeel grof zand; en B bulkdichtheid in relatie tot aandeel silt (20-50 μm) in verhouding tot aandeel silt+zand (Bruand et al., 2005).

Zowel de macro- als de microporiën van zandgronden worden door grondbewerking gemakkelijk beïnvloed omdat er normaal gesproken maar een beperkte bindingskracht is tussen de textuurdelen. Als er een verdichting onder natte omstandigheden heeft plaatsgevonden, kan onder invloed van druk en kneden, door hervordeling van de verschillende textuurdelen, een dichtere en daarmee een grond met een hogere indringingsweerstand ontstaan.

Van de Akker en De Groot (2008) gebruiken voor de effecten van bovenstaande grafieken de termen Packing Density met als drempelwaarde 1,75 g/cm³ en porievolume waarbij de drempelwaarde voor beworteling >40% is. Bij een porievolume van <40% is de indringingsweerstand te hoog en komt de zuurstofvoorziening in de bodem in de knel. De auteurs leiden met beide termen af dat voor organische stof arme gronden het droog volumegewicht niet hoger dan 1,6 g/cm³ mag bedragen.

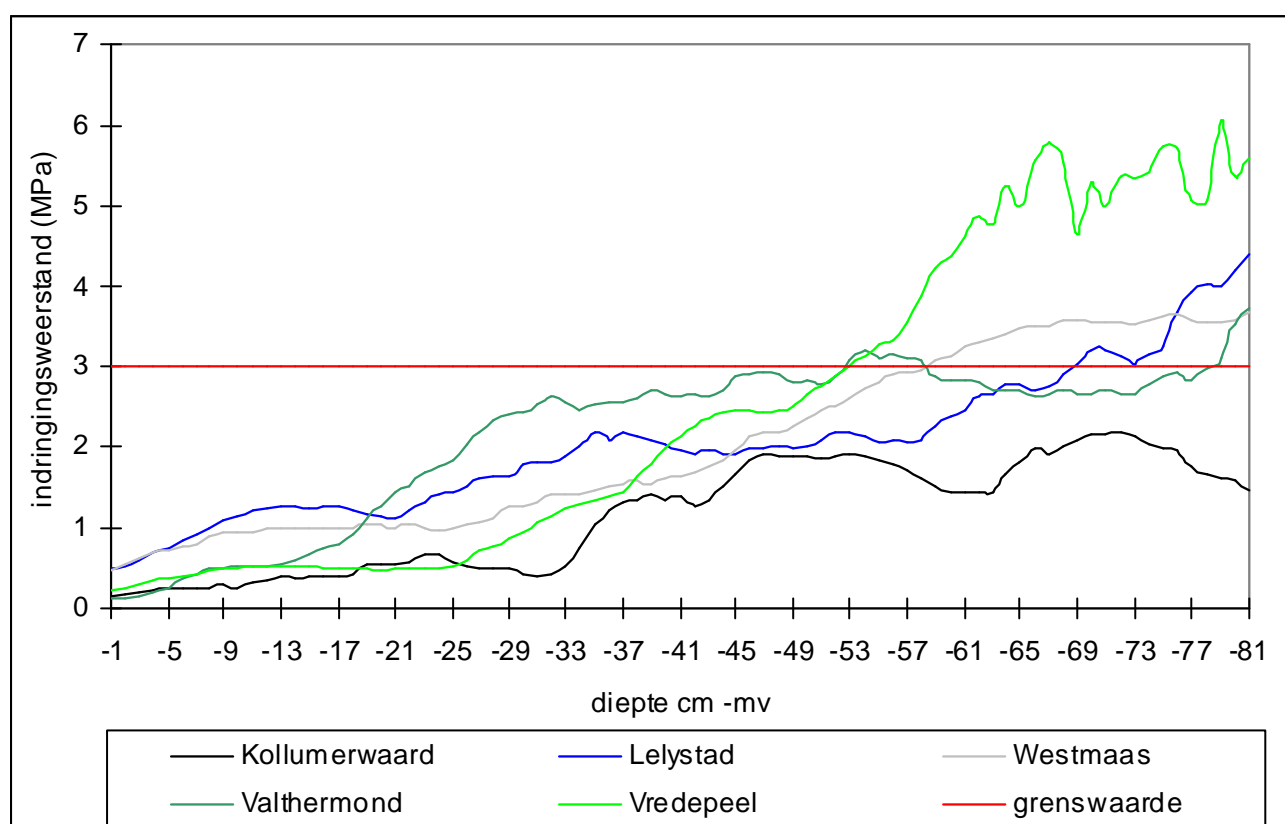
Tabel 4.2 laat zien dat de droge bulkdichtheid in het voorjaar (Lelystad, Westmaas, Valthermond, Vredepeel) en najaar (Kollumerwaard) onder de 1,6 - 1,75 g/cm³ blijft. De berekende porositeit is hoger dan de genoemde grenswaarde van 40%. Dat betekent dat de wortelgroei in beginsel geen hinder heeft ondervonden van de bodemstructuur. Ook in de proef zijn er géén aanwijzingen gevonden dat de beworteling stagneerde in het groeiseizoen.

4.2.3 Indringingsweerstand

Per locatie zijn in het najaar metingen uitgevoerd naar de indringingsweerstand van het bodemprofiel. De indringingsweerstand is met behulp van een penetrologger gemeten en vastgelegd. In tabel 4.3 staan de resultaten van de gemeten weerstanden op verschillende diepten. Figuur 4.4 geeft een gemiddeld profiel van de indringingsweerstand. In bijlage 3 zijn per locatie de gemiddelde indringingsweerstand numeriek weergegeven.

Tabel 4.3. Gemiddelde indringingsweerstand (MPa) op diepte in cm beneden maaiveld; diepte waarbij de indringingsweerstand 3 MPa (cm) bedraagt en vochtgehalte (w/w) op moment van meten, in %.

Locatie	vochtgehalte 0-60	diepte						diepte 3 MPa
		10	20	30	40	50	60	
Kollumerwaard	31,3	0,27	0,55	0,42	1,34	1,89	1,42	> 80
Lelystad		1,15	1,13	1,77	2,03	2,00	2,38	69
Westmaas	24,7	0,95	1,04	1,26	1,61	2,36	3,13	59
Valthermond	29,1	0,52	1,25	2,43	2,67	2,83	2,85	53
Vredepeel	15,0	0,49	0,46	0,96	1,97	2,68	4,36	53
Valthe_spoor	29,1	0,45	1,04	2,64	2,95	2,84	3,32	41



Figuur 4.4. Indringingsweerstand (0-80 cm – maaiveld) per locatie, MPa.

Bij de twee zandlocaties ligt de indringingsgrens van 3 MPa dicht onder het maaiveld dan op de kleilocaties, respectievelijk 50 cm en 60-70 cm -mv. Dat komt waarschijnlijk niet alleen door de mechanisatie maar ook door de profielopbouw.

In Valthermond is, vanwege de vele rijbewegingen tijdens de suikerbieten oogst, één serie metingen van 6 indringingsmetingen uitgevoerd in een bandenspoor. Tabel 4.3 laat zien dat in het spoor, op 30-40 cm diepte, de indringingsweerstand veel hoger is ten opzichte van de andere locaties. Een diepte van 30-40 cm ligt echter wel net beneden het bereik van een normale grondbewerking zodat er een grote kans bestaat dat de ondergrondverdichting voor langere tijd aanwezig blijft.

Bij een indringingsweerstand van maximaal 1,5 MPa wordt gewasgroei niet of nauwelijks beïnvloed. Bij een indringingsweerstand boven de 3 MPa is wortelgroei bijna onmogelijk (Boone en Veen, 1994, geciteerd

door Perdok et al, 2002). Van de Vreken et al (2009) merken op dat de begrenzing van de bewortelbaarheid op 3 MPa gewasafhankelijk is. Daarbij is het waarschijnlijk niet alleen afhankelijk van het gewas op zich (zoals de dikte van wortelstelsel) maar ook afhankelijk van de omstandigheden waarin het gewas groeit. Bij gestructureerde gronden kunnen wortels via scheuren en grote poriën hun weg door verdichte lagen vinden. In dergelijke omstandigheden kan wel een indringingsweerstand van 5 MPa worden aangehouden. Bij zand- en lichte zavelgronden kan men in het algemeen niet spreken van gestructureerde gronden (Van den Akker & De Groot, 2008).

4.2.4 Spademethode: visuele waarneming

De bodemstructuur van de bouwvoor (0-25 /30 cm) is visueel beoordeeld. Bij de beoordeling is met name gekeken naar de aanwezigheid van structurelementen als kruimels, afgerond blokkige en scherpblokkige elementen. Het protocol van de "Testkit Bodemkwaliteit" is gevolgd (zie bijlage 4). In deze bijlage is een omschrijving opgenomen van drie structurelementen. De beoordeling is uitgevoerd in de referentiebehandelingen. De referentiebehandeling is regioafhankelijk en wordt beschouwd als gangbaar voor de regio van het proefstation. De keuze van de referentiebehandeling is in overleg met het proefstation gemaakt. In Lelystad en Westmaas is behandeling 'kunstmest' als referentie genomen, in Vredepeel behandeling 'rundveedrijfmest'.

Door lokale omstandigheden zijn er geen visuele beoordelingen gedaan in Kollumerwaard en Valthermond. In Kollumerwaard was het proefveld nog te nat voor een zinvolle beoordeling. In Valthermond was het proefveld ook te nat. Daarenboven was het proefveld door het intensief berijden tijdens de oogst van de suikerbieten buiten de netto veldjes aangereden. Omdat de structuurbeoordeling buiten de netto veldjes plaats vindt was een visuele beoordeling niet zinvol. Tabel 4.4 geeft de resultaten van de spademethode weer.

Tabel 4.4. Resultaten van visuele beoordeling profiel bouwvoor bodemstructuur volgens de spademethode, geschat % structuurelementen.

Locatie	Plot	diepte	Structuurelementen kruimels	afgerond blokkig	scherp blokkig
Lely stad	1-1	0-25	10	90	
		Opmerkingen	Geen duidelijke lagen zichtbaar.		
	1-2	0-25	10	50	40
		Opmerkingen	Grot ere compactere elementen. Wort els over hele profiel		
	2-1	0-30	10	20	70
	2-2	0-5	100		
		5-30	30	20	50
	3-1	Opmerkingen	kluiten lijken verslemp t te zijn		
		0-15	20	50	30
	3-2	15-30	5	35	60
		Opmerkingen	Geen lagen zichtbaar regenwormen aanwezig		
		0-5	30	70	
5-30		5	25	70	
Westmaas	1-1	0-20	10	10	80
		2-30			100
		Opmerkingen	Kluiten breken in scherpe breukvlakken; Breukvlak is kruimeliger; onderin vlakke breukvlakken; Hele profiel is bew orteld; veel regenwormen		
	1-2	0-20	70	30	
		20-30	30	70	
	2-1	Opmerkingen	Geleidelijke overgang; veel regenwormen		
		0-10	30	70	
	2-2	10-30	10		90
		0-7	15	30	55
		7-30	10		90
	3-1	Opmerkingen	Scherp breukvlak		
		0-25	5		95
3-2	0-5	10	95		
	5-25			100	
	Opmerkingen	Grond aangereden? veel regenwormen			

Locatie	Plot	diepte	Struicturelementen krumels	afgerond blokkig	scherp blokkig
Vredepeel	1-1	0-25	55	40	5
	1-2		opmerkingen	sporen van loodzand	
		0-25	30	20	50
	2-1		opmerkingen	In een wielspoor van oogstmachine	
		70	10	20	
	2-2		Opmerkingen	Aggregaatoppervlak enkele grote kluiten midden in een kluit ook scherpe kluiten, restant?	
		10	5	85	
	3-1		Opmerkingen	In een wielspoor van oogstmachine	
		80	15	5	
3-2		Opmerkingen	Enige sporen van geel zand in kluit.		
	20	5	75		
		Opmerkingen	In een wielspoor van oogstmachine		

Illustratief fotomateriaal van de verschillende profielen van de locaties Lelystad, Westmaas en Vredepeel staat in bijlage 5.

Zandgronden met een zwakkere structuur zijn direct na een grondbewerking goed doorwortelbaar (Koopmans en Brands, 2003). Scherpblokkige elementen blijven goed doorwortelbaar zolang de verdichting niet te groot is. Koopmans en Brands (2003) presenteren een beoordelingskader voor een ideale bodemstructuur van bouwland, zie Tabel 4.5.

Tabel 4.5. **Beoordelingskader voor bodemstructuur bouwland per laag, % structuurelementen. Een 'ideale' bodemstructuur voldoet tenminste aan de verdeling krumels en afgerond blokkig (Koopmans en Brands (2003)).**

Diepte, cm -mv	structuurelement		
	krumels	afgerond blokkig	scherp blokkig
0-25	> 25	≤ 75	0
25-50	--- tezamen > 25 ---		< 75

Toepassing van het beoordelingskader van Koopmans en Brands op de waarnemingen uit Tabel 4.4 betekent dat de meeste onderzochte profielen geen optimale bodemstructuur hebben. Dat is in dit geval niet opmerkelijk en geen probleem omdat de waarnemingen na de oogst zijn uitgevoerd. Een corrigerende grondbewerking in na- en/of voorjaar is nog goed mogelijk. Daarbij ligt de onderzochte diepte nog binnen het bereik van een grondbewerking. De waarnemingen laten zien dat de drie locaties wel gevoelig zijn voor verdichting.

4.3 Bodemchemische metingen

4.3.1 Algemeen grondonderzoek

Bij de aanvang van het onderzoek is van de vijf locaties een algemeen grondonderzoek uitgevoerd. Enkele parameters uit dit onderzoek, die mede van belang zijn bij de structuurvorming, zijn in Tabel 4.6 opgenomen. De volledige uitslagen van het algemeen grondonderzoek zijn terug te vinden in

bijlage 1.

Tabel 4.6. Resultaten algemeen grondonderzoek uitgevoerd in voorjaar 2010.

Parameter	eenheid	Locatie				
		Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel
pH	-	7,0	6,8	7,0	5,2	5,6
organische stof	%	3,5	2,0	2,3	11,6	3,9
CaCO ₃	%	9,5	6,9	8,4		
CEC	mmol+ /kg	169	139	157	158	47
Ntotaal	mg N/kg	1420	970	1005	2875	1080
C/N	-	12	10	11,5	23,5	21
P-PAE	mg P/kg	1,25	0,8	0,6	5,7	7,65
P-AL	mg P205 /100g	42	42	49	30	62
K	mg K/kg	89	57	81	52	128
K-getal	-	22	16	21	8	27
Mg	mg Mg/kg	81	44	70	127	109
Na	mg Na/kg	18	15	10	13	9

Omdat er onafhankelijk van elkaar grondmonsters zijn onderzocht, wijken de resultaten van het organische stof- en kalkonderzoek uit

Tabel 4.6 iets af van de resultaten van Tabel 4.1. De pH van Kollumerwaard, Lelystad, Westmaas en Vredepeel is goed, van Valthermond is de pH vrij laag. De fosfaattoestand van de vijf locaties loopt uiteen. In Kollumerwaard is de waardering direct beschikbare fosfaat (P-PAE) goed terwijl er ook sprake is van een goede P-AL-toestand. Dat wil zeggen dat de P-PAE-toestand enige tijd op peil gehouden kan worden. In Lelystad wordt de P-AL-toestand gewaardeerd als 'vrij laag' en de P-PAE-toestand is 'goed'. In Westmaas is sprake van een P-AL-toestand 'vrij hoog' terwijl de direct beschikbare fosfaat toestand als 'vrij laag' wordt gewaardeerd. Dat betekent dat er wel een grote voorraad fosfaat aanwezig is maar dat de voorraad maar langzaam beschikbaar komt voor de plant en dat waarschijnlijk bij snelle opname het fosfaatgehalte in het bodemvocht zal zakken. Op de zandlocaties op Valthermond en Vredepeel is sprake van een 'vrij hoge' tot 'hoge' P-PAE-toestand en een 'goede' respectievelijk 'hoge' P-AL-toestand. De K-toestand van Valthermond is laag, op de andere locaties is de toestand 'goed'. In een NMI-onderzoek zijn aanwijzingen gevonden dat op kleigronden, waar het gehalte koolzure kalk (CaCO₃) lager is dan 4%, de calciumlevering onvoldoende is voor het handhaven van een goede bodemstructuur (Bussink et al., 2008). Dat zou betekenen dat op alle kleilocaties de calciumvoorziening voldoende is.

4.3.2 CEC-bezetting

Naast de granulaire samenstelling is de grootte van het kationenuitwisselcomplex CEC en de bezetting van de CEC met de kationen Ca, Mg, K en Na bepaald. De resultaten zijn opgenomen in Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Gemiddelde grootte kationenuitwisselcomplex. CEC. en aandeel bezetting met kationen.

Locatie	CEC		bezetting (%)			
	Mmol+ /kg	totaal	Ca	Mg	K	Na
Kollumerwaard	204	100	92	4,8	2,6	0,5
Lelystad	166	92	87	3,5	1,8	0,4
Westmaas	187	100	92	5,0	2,8	0,3
Valthermond	178	94	86	7,2	1,1	0,3
Vredepeel	68	96	76	14,5	5,9	0,6

Omdat er onafhankelijk van elkaar grondmonsters zijn onderzocht, wijken de resultaten van het CEC en de kationen in Tabel 4.7 af van de resultaten van

Tabel 4.6. De som van Ca, Mg, K en Na is soms kleiner dan de CEC. Dit is vooral het gevolg van meet onnauwkeurigheden.

De grootte van CEC wordt bepaald door het gehalte aan lutum en organische stof. De kleilocaties Kollumerwaard, Lelystad en Westmaas en de zandlocatie Valthermond (met een hoog organische stoffengehalte) hebben een duidelijk hogere CEC dan Vredepeel.

Klei

De calciumbezetting van het kationencomplex is op kleigronden één van de parameters die de bodemstructuur bepalen. Een calciumbezetting hoger dan 82-88% verhoogt de kans op een goede bodemstructuur (Bussink et al., 2008). De calciumbezetting van de kleilocaties (Kollumerwaard, Lelystad en Westmaas) is in alle gevallen hoger dan 82% en lijkt daarmee voldoende te zijn. In Lelystad wordt een relatief lage calciumbezetting gecombineerd met een laag gehalte CaCO₃. Dit wordt normaliter ook verwacht. Echt er omdat het hier slechts een enkele waarneming betreft, kan dit ook toeval zijn. Na, Mg en K kunnen in meer of mindere mate zorgen voor een dispersie van kleideeltjes. Hoewel Mg tweewaardig is, blijkt uit onderzoek van Dontsova et al. (2002) de gevoeligheid voor dispersie toe te nemen naarmate het aandeel Mg aan het complex toeneemt. Door een hogere gevoeligheid voor dispersie is er een grotere kans op verslemping en daarmee op structuurverlies.

Zand

Op zandgrondlocaties (Valthermond en Vredepeel) is de structuurvorming meer afhankelijk van het gehalte aan organische stof omdat er vrijwel geen klei aanwezig is. De hoogte van de CEC is hier vooral van belang uit oogpunt van nutriëntenbuffering.

4.3.3 Calcium in bodemvocht

Tabel 4.8. Gemiddelde gehalten kationen Ca, Mg, K en Na in 1:2 volume extract (mmol /l), elektrische geleidbaarheid (mS /cm) en pH (-) van het bodemvocht in de vijf proeflocaties.

Locatie	parameter					
	EC	pH-KCl	Ca	Mg	K	Na
	mS/cm	-	mmol/l			
Kollumerwaard	0,2	6,8	0,8	0,1	0,2	0,3
Lelystad	0,2	6,9	0,8	0,0	0,4	0,4
Westmaas	0,2	6,8	0,7	0,1	0,2	0,2
Valthermond	0,2	4,9	0,5	0,1	0,3	0,3
Vredepeel	0,2	5,4	0,1	0,0	0,7	0,4

Er lijkt een relatie te bestaan tussen het calciumgehalte van het bodemvocht en de calciumbezetting van het kationencomplex. Een toenemende bezetting van het kationencomplex met calcium leidt tot een hoger

gehalte calcium in het bodemvocht. Een laag gehalte Mg, K en Na in het bodemvocht is vanuit bodemstructuur gunstig omdat er dan een lagere gevoeligheid voor dispersie is. Hiervoor zijn een paar redenen te geven. Na en K zijn eenwaardig geladen ionen terwijl Ca een tweewaardig geladen ion is. De binding tussen bodemdelen waarbij Ca een brugfunctie heeft is door vervanging van Ca door Na, K of Mg zwakker of afwezig. Ook hebben Na, K en Mg-ionen een grotere diameter in vergelijking met Ca. Daardoor komen de bodemdelen waaraan de ionen zijn geadsorbeerd verder van elkaar af te liggen. De geleidbaarheid (EC (electric conductivity) of zoutgehalte) van de locaties is laag.

4.3.4 Hydrofobe organische stof in het bodemvocht

De monsters van Kollumerwaard en Valthermond zijn eerst op 30% vocht gebracht. Grondmonsters van de andere drie locaties (Lelystad, Westmaas en Vredepeel) zijn op 25% vocht gebracht. Reden voor deze verschillen zijn van analytische aard: er moet voldoende extract zijn om verdere bepalingen in te doen én de bodemtoestand moet zo goed mogelijk worden benaderd. In Tabel 4.9 zijn de resultaten van de analyses weergegeven.

Tabel 4.9. **Gehalte aan organische stof en hydrofobe (humuszuur en fulvozuur) en hydrofyle (hyon)organische stof fracties in het bodemvocht van verse grond: de grond van Valthermond en Kollumerwaard zijn op 30% vocht gebracht, die van de andere 3 locaties op 25% vocht.**

Locatie	totaal C*	humuszuur	Hyon	fulvozuur	humus +	recover
	mg C/kg ds	mg C /kg ds	mg C /kg ds	(FA) + hyon mg C /kg ds	FA+ Hyon mg C /kg ds	
Kollumerwaard	9,39	1,09	3,0	7,85	8,94	95
Lelystad	12,87	3,22	7,2	9,40	12,61	98
Westmaas	2,61	0,40	1,0	1,97	2,37	91
Valthermond	21,77	1,20	4,3	20,30	20,30	99
Vredepeel	19,86	0,99	6,9	18,12	19,11	96

Er zijn tussen de locaties duidelijke verschillen in de hoeveelheid C in het bodemvocht. De hoeveelheden zijn ongeveer een factor 22-116 lager dan de HWC waarden in Tabel 4.10. De waarde van deze parameters wordt vooral duidelijk in jaar 3 van deze proef wanneer de metingen opnieuw worden uitgevoerd en dan op alle behandelingen. Aan de hand van deze bepalingen kunnen we te zijner tijd meer zeggen over de bijdrage van de toegepaste bodemverbeteraars aan de verschillende soorten van organische stof op de proeflocaties.

4.3.5 HWC

Aanvullend op het organische stof onderzoek is ook de HWC (Hot Water extractable Carbon) bepaald. HWC is een indicator die vaak in verband wordt gebracht met bodemkwaliteit. HWC is verbonden met bodembioologische factoren. In Tabel 4.10 staan de uitkomsten van dit onderzoek.

Tabel 4.10. **Hot water extractable C (HWC) van de vijf proeflocaties, µg C /g grond.**

Locatie	Hot Water extractable C, µg C /g grond
Kollumerwaard	450,19
Lelystad	286,78
Westmaas	304,24
Valthermond	1980,06
Vredepeel	1006,62

De HWC-gehalten in kleigronden zijn 3-5 keer zo laag als die in zandgronden. De variatie in HWC-waarden in de drie kleigronden is beperkt in vergelijking met die in de zandgronden. Deze verschillen kunnen niet worden toegeschreven aan het OS-gehalte (Totaal C-gehalte in Tabel 4.9).

De HWC-waarden in Valthermond zijn bijna tweemaal zo hoog als die in Vredepeel. Deze spreiding is vergelijkbaar met de spreiding die in eerder NMI-onderzoek op akkerbouwpercelen op zandgrond werd gevonden.

4.3.6 Nmineraal najaar 2010

Na afloop van de oogst in augustus/september en in november zijn op de drie kleilocaties grondmonsters genomen voor bepaling van minerale stikstof in de lagen 0-30 en 30-60 cm. De overige Nmineraalbepalingen van de verschillende lokaties komen in de rapportage van 2011. Een samenvattend overzicht wordt gepresenteerd in

Tabel 4.11.

Tabel 4.11. Resultaten Nmineraal onderzoek op de drie kleilocaties na de oogst en in november, kg /ha.

Locatie	gewas	na oogst		november	
		0-30	30-60	0-30	30-60
Kollumerwaard	zomertarwe	*	*	6	11
Lelystad	zomergerst	10	9	8	10
Westmaas	zomergerst	10	7	4	5

* Nietotaal in plaats van Nmineraal bepaald

Zowel na de oogst als in november is het Nmineraal gehalte in de grond laag. Dat is vaak het geval na de graanteelt. Opvallend is het lage Nmineraal gehalte in november in Lelystad omdat er in de periode tussen de oogst en november nog 15 m³ /ha dunne varkensmest is toegediend. Dat heeft blijkbaar niet geleid tot hogere Nmineraal gehalten. Mogelijke redenen daarvoor zijn de grote neerslag met als gevolg een uitspoeling van de minerale stikstof in combinatie met een lage mineralisatie door een lage bodemtemperatuur. De lage Nmineraal gehalten duiden er op dat de uitspoeling van stikstof vanaf het moment van meten beperkt is.

4.4 Bodembioologische metingen

4.4.1 Aaltjeshoeveelheid

Van twee monsters per locatie is het aantal nematoden (per gram grond) onderzocht. De gesommeerde resultaten zijn opgenomen in Tabel 4.12. In bijlage 2 zijn ook de soorten terug te vinden.

Tabel 4.12. **Type en aantal nematoden per monster, aantal /gram vers monster.**

Locatie	Type nemathode					totaal
	bacterie- eters	schimmel- eter	schimmel / worteleter	nematode- eter	worteleter	
Kollumerwaard A	2,87	0	1,15	0,14	1,58	5,74
Kollumerwaard B	3,98	0	0,46	0,77	0	5,21
Lelystad A	4,30	0	0,58	0,12	0	5,00
Lelystad B	2,67	0	1,33	0,48	0	4,48
Westmaas A	3,87	0	4,10	0,69	0,23	8,89
Westmaas B	3,48	0	2,37	0,37	1,10	7,32
Valthermond A	6,21	0	3,26	1,31	2,61	13,39
Valthermond B	6,42	0	5,07	0,34	1,69	13,52
Vredepeel A	5,27	0	2,02	0,23	1,60	9,12
Vredepeel B	3,07	0	0,48	0	1,41	4,96

De aantallen aaltjes zijn op de zandgronden fors hoger dan op de kleigronden. Dit past bij het beeld dat de aaltjesdruk op zandgronden hoger is dan op kleigronden. Het relatief grote aantal worletekende aaltjes op Kollumerwaard in vergelijking met de andere twee kleilocaties verdient nadere aandacht in verband met mogelijke infectie.

4.4.2 Schimmel- en bacteriehoeveelheid (BFI)

Tabel 4.13 geeft een overzicht van de bodemvoedselwebanalyses van de 5 locaties. Per locatie zijn er 2 monsters geanalyseerd.

Tabel 4.13. **Gemiddelde uitslagen bodemvoedselwebanalyses.**

Locatie	Totale biomassa		Bacterie/schimmel verhouding	Diameter hyfen μm
	Bacteriën $\mu\text{g /g grond}$	Schimmels		
Kollumerwaard	354	100	0,29	2,6
Lelystad	112	96	0,81	2,4
Westmaas	384	139	0,37	2,4
Valthermond	546	179	0,33	2,5
Vredepeel	330	156	0,47	2,5

Wat opvalt is de grote spreiding in bacteriële biomassa tussen Lelystad en Valthermond. Uitgaande van een referentietraject van 100 – 300 is de waarde in Valthermond erg hoog. De schimmel/bacterie verhouding laat echter een normaal beeld zien.

Concluderend kan het volgende over de bodembioologische metingen worden opgemerkt. Binnen de kleigronden valt Lelystad op door de hoge hydrofobe C-gehalten en lage HWC-gehalten; binnen de zandgronden valt Valthermond op met hoge HWC-gehalten en hoge aantallen aaltjes, bacteriën en schimmels. Dit is een bevestiging van de theorie dat bacteriën verantwoordelijk zijn voor de productie van HWC bij de vorming van kitstoffen die bijdragen aan de aggregaatsstabiliteit. Omdat Valthermond de hoogste massa aan bacteriën heeft zoals uit tabel 4.13 is af te leiden

Aannemende dat de kleigronden over een goede bodemstructuur beschikken, lijkt de combinatie

bodemleven/HWC daar niet voor verantwoordelijk. Wellicht speelt bij de bodemstructuur in kleigronden juist hydrofobe organische stof een rol. Dat zal de komende jaren moeten blijken.

4.5 Gewas

In tabel 4.14 staan de relatieve opbrengsten per bodemverbeteraar per proeflocatie. Voor suikerbieten is ook de financiële opbrengst weergegeven. Deze tabel is een verzameltabel van de opbrengsten per locatie uit hoofdstuk 3.

Tabel 4.14. **Relatieve opbrengsten per proeflocatie in 2010.**

Bodemverbeteraar	Kollumerw. z.tarwe	Lelystad z.gerst	Westmaas z.gerst	Valthermond suikerbieten		Vredepeel snijmaïs
				ton/ha	€/ha	ton ds/ha
Agrigyps	108	101	119			
Betacalcarbo	104	103	110			
Brandkalk	107	97	114			
PRP-SOL	108	98	121	94	95	89
Condit 5%N	107	101	112	98	102	84
Xurian Optimum	106	97	116	98	96	85
Biochar ECN				99	101	
Biochar norit	105			95	94	
Biochar hout 2,5 ton		98				
Biochar hout 5 ton	102	99		97	100	
Steenmeel				98	100	94
Groencompost	98	98	99	98	104	92
Varkens- /rundveedrijfmest	108	101	108	95	98	83
Kunstmest	100	100	100	100	100	100
Lsd (relatief)	4,8	7,1	15,2	4,2	202	13
100 = ... ton of €/ha	8	9,2	6,6	61,7	2734	20,2

Om een snelle indruk te krijgen van de effecten van bodemverbeteraars op de opbrengst van het gewas is tabel 4.15 in deze rapportage opgenomen.

Tabel 4.15. **Vergelijking van de opbrengst bij toepassing van een bodemverbeteraar met alleen kunstmest2010.**

	<i>Lelystad zomergerst</i>	<i>Westmaas zomergerst</i>	<i>Koll. waard zomertarwe</i>	<i>Valthermond suikerbieten</i>	<i>Vredepeel snijmaïs</i>
Opbrengst alleen kunstmest	9.2	6.6	8	€ 2735	20.2
Bodemverbeteraars					
Condit5%N					
Xurian Optimum					
PRP-SOL					
Brandkalk					
Betacal Carbo					
Agrigyps					
Biochar hout					
Biochar hout					
Biochar norit					
Biochar ECN					
Steenmeel					
Referenties					
Drijfmest					
Groencompost					

Boven in de tabel staat de opbrengst met alleen kunstmest. Geel geeft aan geen betrouwbaar verschil in opbrengst van de bodemverbeteraar met alleen kunstmest. Rood betekent een lagere opbrengst en groen een hogere opbrengst van de bodemverbeteraar. Wit betekent niet getest.

5 Discussie en conclusies na eerste jaar

Tijdens het eerste jaar van onderzoek zijn verschillende ervaringen naar voren gekomen. Deze ervaringen zijn in dit hoofdstuk kort samengevat.

5.1 Resultaten teelt

Bij de gewaswaarnemingen en bij de oogst zijn van de verschillende proeflocaties de volgende ervaringen naar voren gekomen:

1. de poedervormige Biochar is moeilijk te verstrooien: het verstuift erg snel. Door het vochtig te maken, is dit probleem opgelost.
2. structuurverval na het zaaien is alleen opgetreden op Valthermond. Door harde wind is er stuifschade opgetreden over alle objecten. In de andere proeven zijn er geen problemen geweest met verslemping, verstuiving en/of korstvorming.
3. op Valthermond zijn de suikerbieten door een zaaimachinefout en het verstuiven twee keer overgezaaid. Het groeiseizoen is daardoor veel korter geworden. In welke mate dit het resultaat heeft beïnvloed, is niet duidelijk.
4. de stikstofwerking van Condit 5%N heeft op alle locaties een goede gewasgroei laten zien. De stikstofwerking heeft in 2010 voldaan aan de verwachtingen.
5. bij groencompost was de stikstofvoorziening iets schraler ten opzichte van de andere objecten. Dit uitte zich in een iets lagere opbrengst en de lagere stikstofafvoer van de graangewassen. Bij suikerbieten gaf het een iets hoger suikergehalte en hogere winbaarheidsindex. De financiële opbrengst per ha suikerbieten was daardoor het hoogst bij groencompost.
6. met mest en groencompost wordt elk jaar meer N-totaal aangevoerd ten opzichte van alleen kunstmest. Deze stikstof is opgeslagen in de organische stof. Deze objecten kunnen dan meer stikstof naleveren in het groeiseizoen. Het inschatten van die extra nalevering is moeilijk omdat het weer (neerslag en temperatuur) er veel invloed op heeft.

5.2 Resultaten bodem

Het project wordt uitgevoerd op 3 kleilocaties, Kollumerwaard, Lelystad en Westmaas en 2 zandlocaties (Valthermond en Vredepeel). Van de verschillende bodem fysische, -chemische en -biologische onderzoeken kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

7. van de drie kleilocaties heeft Lelystad de meest zandige textuursamenstelling. Van de twee zandlocaties heeft Valthermond iets meer silt dan Vredepeel.
8. het M-50getal verschilt tussen de kleilocaties enerzijds en de zandlocaties anderzijds volgens: kleilocaties <Valthermond <Lelystad.
9. het D60/D10getal van beide zandlocaties is lager dan de grenswaarde van 3,5, een aanwijzing dat de granulaire samenstelling niet bijdraagt aan verdichting.
10. de gemeten bulk dichtheid blijft onder de grenswaarde van 1,6-1,75 g/cm³ en de berekende porositeit ligt boven de 40%, een aanwijzing dat de structuur voldoende was voor een goede wortelontwikkeling.
11. op de zandlocaties ligt de 3 MPa grenswaarde voor de indringingsweerstand dichter bij het maaiveld dan op de kleilocaties. Dat komt waarschijnlijk niet alleen door de mechanisatie maar ook door de profielopbouw.
12. op Valthermond lijkt door transportbewegingen bij de oogst sprake te zijn van verdichting beneden de bouwvoor.
13. de visuele beoordeling van de structuur laat zien dat de drie onderzochte locaties geen optimale bodemstructuur hebben en lijken gevoelig voor verdichting te zijn.
14. op de zandgronden is de fosfaattoestand (P-PAE en P-AL) goed terwijl op de kleilocaties de fosfaattoestand wisselend is, van 'vrij laag' tot 'vrij hoog'.

15. de kalitoestand is goed, met uitzondering van Valthermond waar de kalitoestand laag is.
16. het kationencomplex is voor Vredepeel duidelijk lager dan van de andere locaties. Dat komt enerzijds door de aanwezigheid van klei of anderzijds door organische stof.
17. de calciumbezetting van het adsorptiecomplex (CEC) is voor alle kleilocaties hoger dan de grenswaarde van 82% wat de kans op een goede structuur verhoogt. Op zandgronden is de CEC vooral van belang voor de nutriëntenlevering.
18. de hoeveelheid en de verschillende typen aaltjes is op zandgronden hoger dan op klei.

5.3 Resultaten opbrengsten 2010

In tabel 4.14 staan alle resultaten van groeiseizoen 2010. In deze tabel is aangegeven in hoeverre de opbrengst van een object verschilt ten opzichte van kunstmest.

- Lelystad gaf geen betrouwbare verschillen in opbrengst tussen de bodemverbeteraars en kunstmest.
- Op Westmaas gaven Xurian-Optimum, PRP-SOL en Agrigyps een betrouwbaar hogere opbrengst dan kunstmest.
- Op Kollumerwaard gaven Condit5%N, Xurian Optimum, PRP-SOL, Brandkalk, Agrigyps en varkensdrijfmest een betrouwbare hogere opbrengst dan kunstmest.
- Op Valthermond waren er geen betrouwbare verschillen in financiële opbrengst tussen de bodemverbeteraars en kunstmest.
- Vredepeel gaf bij Condit5%N, Xurian Optimum en rundveedrijfmest een betrouwbare lagere opbrengst ten opzichte van kunstmest.

5.4 Doorkijk 2011 en verder

In 2011 wordt het onderzoek op een vergelijkbare wijze als in 2010 voortgezet. De volgende gewassen worden geteeld:

- Lelystad : suikerbieten
- Westmaas : consumptieaardappelen
- Kollumerwaard : poot aardappelen
- Valthernmond : zetmeelaardappelen
- Vredepeel : suikerbieten

De leverancier van Condit5%N heeft aangegeven om vanaf 2011 Condit 7%N te gebruiken. Ze willen met dit product graag de markt benaderen. Condit 7%N heeft een hoger stikstofgehalte en de stikstofbron is ammonium. Bij de 5%N is de stikstofbron soja. De stikstofwerking van beide stikstofbronnen is vergelijkbaar. In de proefuitvoering wordt rekening gehouden met dit hogere N gehalte en zal de N aanvoer per ha gelijk zijn als in 2010.

Bijzondere situaties en mogelijke productaanpassingen daargelaten worden onderstaande giften voor de komende jaren uniform gehanteerd over alle locaties om zo de resultaten goed te kunnen interpreteren.

Tabel 5.1. Giften bodemverbeters in project, kg /ha.

Bodemverbeteraar	2010	2011	2012	2013	2014	2015
PRP-SOL ²⁾	300	450	200	200	200	200
Xurian Optimum	2.25	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Condit7%N ³⁾	1000/1500	1000/1500	1000/1500	1000/1500	1000/1500	1000/1500
Brandkalk	1670	840	840	840	840	840
Agrigyps	1730	1730	1730	1730	1730	1730
Betacal Carbo	3570	1790	1790	1790	1790	1790
Biochar hout 2,5 ton	2500	2500	2500	2500	2500	2500
Biochar hout 5 ton	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Biochar norit	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Biochar ECN	15000	0	0	0	0	0
Biochar Edinburgh	0	20000	0	0	0	0
Groencompost	18000	9000	9000	9000	9000	9000
Varkensdrijfmest	¹⁾	¹⁾	¹⁾	¹⁾	¹⁾	¹⁾
Rundveedrijfmest	¹⁾	¹⁾	¹⁾	¹⁾	¹⁾	¹⁾
Steenmeel	20000	15000	10000	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾

¹⁾ Mestgift is afhankelijk van de locatie en het gewas.

²⁾ PRP-SOL krijgt op de kleilocaties in 2011 ook een najaarsgift van 200 kg/ha. De jaren erna alleen een najaarsgift.

³⁾ Afhankelijk van het gewas is het 1000 of 1500 kg per ha.

⁴⁾ Gift is afhankelijk van de resultaten van het onderzoek: opbrengst en bodemonderzoek.

De bouwplannen voor de onderzoeksjaren 2010-2015 zijn beschreven bij de vijf onderzoekslocaties vermeld in hoofdstuk 2.

6 Communicatie

Naar aanleiding van de start van de proef in 2010 en het uitdragen van de eerste resultaten is er diverse manieren aandacht gegeven aan het project bodem- en structuurverbetersaars.

Tabel 6.1 **Overzicht communicatie activiteiten 2010**

Datum	Activiteit	Opmerking
5 juli 2010	Veldexcursie van Tarwestudieclub Flevoland	15 bezoekers
9 december 2010	Posterpresentatie op Biokennisdag	70 bezoekers
In 2010 ingezette communicatieactiviteiten		
2 februari 2011	Lezing voor bemestingspecialisten DLV Plant	10 bezoekers
18 februari 2011	Lezing Tarwestudieclub Flevoland	15 bezoekers
19 februari 2011	Artikel Nieuwe Oogst	
17 maart 2011	Nieuw sbrief voor Flevoland	Verzonden door LTO noord aan 800 akkerbouwers in Flevoland

7 Literatuur

- Bruand A, Hartmann C & Lesturgez G (2005) Physical properties of tropical sandy soils: a large range of behaviours. In Management of tropical sandy soils for sustainable agriculture. 27th November – 2nd December 2005 Khon Kaen Thailand. Proceedings pp148-158.
- Bussink DW, Van Schöll L, Van der Draai H & Van Riemsdijk WH (2008) Beter waterbeheer en – kwaliteitsmanagement begint op de akker. NMI-rapport 1150. pp 53.
- Dontsova KM & Norton, LD (2002). Clay dispersion, Infiltration and erosion as influenced by exchangeable Ca and Mg. Soil Science: 167 pp 184-193.
- Koopmans CJ & Brands L eds. (2003) Testkit bodemkwaliteit. Ondersteuning van duurzaam bodembeheer. Pp 76.
- Perdok UD, Kroesbergen B & Hoogmoed WB (2002) Possibilities for modelling the effect of compression on mechanical and physical properties of various Dutch soils. Soil and Tillage Research, 65, p 61-75.
- Van de Vreken P, Van Holm L, Diels J & Van Orshoven (2009) Bodemverdichting in Vlaanderen en afbakening van risicogebieden voor bodemverdichting: Eindrapport van een verkennende studie. Pp 98.
- Van den Akker JJH & De Groot WJM (2008) Een inventariserend onderzoek naar de ondergrondsveldichting van zandgronden en lichte zavelen. Alterrapport 1450. pp 47.
- Wösten JHM, Veerman GJ, De Groot WJM & Stolte J (2001) Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks. Alterrapport 153. pp 46.

Bijlage 1

Uitslagen algemeen grondonderzoek 2010.

Parameter	Locatie	Kollumerwaard			Lelystad			Westmaas			Valthermond			Vredepeel					
		monste			monste			monste			monste			monste					
		r	A	B	Gemiddeld	r	A	B*	Gemiddeld	r	A	B	Gemiddeld	r	A	B	G		
Ntotaal	mg N /kg	14	10	14	30	14	20	970	4650	970	1030	980	1005	2400	3350	2875	1020	1140	10
CN	-	13	11	12	10	10	10	10	10	10	11	12	11,5	24	23	23,5	22	20	20
N-Levering	kg N / ha /jr	64	72	68	59	211	59	52	49	50,5	52	49	50,5	36	53	44,5	25	34	2
P-PAE	mg P /kg	1,2	1,3	1,25	0,8	3,6	0,8	0,5	0,7	0,6	0,5	0,7	0,6	5,7	5,7	5,7	6,7	8,6	7
P-AL	mg P2O5 /kg	42	41	41,5	42	27	42	48	49	48,5	48	49	48,5	29	31	30	84	39	6
K	mg K /kg	89	89	89	57	67	57	78	84	81	78	84	81	51	52	51,5	116	139	12
K-getal	-	22	22	22	16	20	16	20	21	20,5	20	21	20,5	8	7	7,5	24	29	2
S-totaal	mg S /kg	1010	950	980	740	780	740	170	230	200	170	230	200	480	730	605	200	190	2
SLV	kg S /ha /jr	45	45	45	45	34	45	8	12	10	8	12	10	7	15	11	4	4	2
S-aanvoer	kg S /ha /jr	70	70	70	70	59	70	33	37	35	33	37	35	12	20	16	9	9	2
Mg	mg Mg /kg	77	84	80,5	44	321	44	70	70	70	70	70	70	119	134	126,5	108	110	2
Na	mg Na /kg	17	18	17,5	15	42	15	10	10	10	10	10	10	11	14	12,5	8	10	2
pH	-	7	6,9	6,95	6,8	5,3	6,8	6,9	7,1	7	6,9	7,1	7	5,1	5,2	5,15	5,6	5,5	5
koolzure kalk	% CaCO3	10,1	8,8	9,45	6,9	0,2	6,9	8,6	8,2	8,4	8,6	8,2	8,4						
organische stof	%	3,7	3,3	3,5	2	8,9	2	2,2	2,3	2,25	2,2	2,3	2,25	10,1	13,1	11,6	3,9	3,9	
lutum	%	28	21	24,5	18	10	18	21	19	20	21	19	20						
CEC	mmol+ /kg	169	169	169	139	158	139	158	155	156,5	158	155	156,5	137	179	158	45	49	
pH	-	7	6,9	6,95	6,8	5,3	6,8	6,9	7,1	7	6,9	7,1	7	5,1	5,2	5,15	5,6	5,5	5

*: afwijkend monster, niet meegenomen in gemiddelde

Bijlage 2

Type en aantal nematoden per monster, aantal/gram monster.

Monsternummer	Locatie									
	Kollumerwaard		Lelystad		Westmaas		Valthermond		Vredepeel	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
	2650	2651	2618	2619	2644	2645	2648	2649	2646	2647
Bacterie-eters:										
Acrobeles							0,33	0,34	0,69	0,24
Acrobeloides	0,14		0,12		0,68			0,34	0,23	0,71
Alaimus						0,18				
Anaplectus			0,12							
Eucphalobus			0,12		2,05	2,01	2,28	2,7	1,15	0,24
Eumonhystera			0,36							
Panagrolaimus							0,34		1,37	1,41
Plectus	0,43	0,61	0,69	0,12	0,46	0,37	0,33	0,34		
Rhabditidae	2,3	3,37	2,89	2,55	0,68	0,92	2,93	2,7	1,83	0,47
Schimmel-eters:										
Tylencholaimus	geen	geen	geen	Geen	geen	geen		geen	geen	geen
Schimmel/wortel-eters:										
Anguinidae								0,34		
Aphelenchoides				0,12	0,68	0,18			0,69	0,24
Aphelenchus				0,24	0,23	0,18			0,23	
Tylenchidae	1,01	0,46	0,58	0,97	3,19	2,01	0,33		0,46	
Tylenchorynchus	0,14						2,93	4,73	0,64	0,24
Nematoden-eters:										
										geen

Anatonchidae				0,23	0,37				
Aporcelaimellus		0,31				0,98		0,23	
Clarkus			0,12			0,33			
Mylonchulus		0,15							
Mononchidae	0,14			0,23			0,34		
Qudsianematidae			0,12	0,36	0,23				
Thornianematidae		0,31							
<hr/>									
Wortel-etters:			geen	geen					
Helicotylenchus					0,18				
Meloidogyne					0,37				
Paratrichodorus								0,23	
Paratylenchus	0,43								
Pratylenchus	1,15			0,23	0,55	2,61	1,69	1,37	1,41
Diversiteit:			redelijk	voldoende					

Bijlage 3

Gemiddelde indringingsweerstand op diepte (cm) beneden maaiveld, MPa (aantal waarnemingen: 18 per locatie).

Diepte cm – m.v.	Locatie				
	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel
1	0,13	0,48	0,47	0,10	0,23
2	0,17	0,51	0,54	0,11	0,25
3	0,20	0,59	0,63	0,15	0,29
4	0,24	0,68	0,68	0,19	0,34
5	0,25	0,74	0,73	0,27	0,37
6	0,26	0,82	0,76	0,36	0,40
7	0,27	0,91	0,79	0,43	0,42
8	0,26	1,00	0,89	0,48	0,46
9	0,28	1,09	0,95	0,50	0,48
10	0,27	1,15	0,95	0,52	0,49
11	0,31	1,20	0,95	0,50	0,52
12	0,33	1,24	1,00	0,52	0,51
13	0,39	1,25	1,01	0,54	0,51
14	0,39	1,26	1,02	0,59	0,50
15	0,41	1,23	1,01	0,65	0,50
16	0,40	1,27	1,00	0,73	0,50
17	0,41	1,25	1,02	0,82	0,50
18	0,44	1,20	1,01	0,92	0,48
19	0,53	1,17	1,03	1,13	0,48
20	0,55	1,13	1,04	1,25	0,46
21	0,55	1,13	0,99	1,44	0,49
22	0,58	1,19	1,02	1,53	0,50

Diepte cm – m.v.	Locatie				
	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel
23	0,65	1,31	1,00	1,69	0,49
24	0,65	1,41	0,98	1,74	0,50
25	0,56	1,42	1,02	1,83	0,52
26	0,52	1,52	1,04	2,02	0,61
27	0,49	1,61	1,05	2,17	0,73
28	0,50	1,63	1,11	2,31	0,78
29	0,47	1,64	1,25	2,40	0,86
30	0,42	1,77	1,26	2,43	0,96
31	0,41	1,80	1,33	2,54	1,07
32	0,44	1,81	1,41	2,64	1,16
33	0,51	1,91	1,40	2,57	1,23
34	0,74	2,00	1,41	2,47	1,28
35	1,03	2,17	1,45	2,52	1,36
36	1,21	2,10	1,52	2,56	1,39
37	1,32	2,17	1,54	2,55	1,43
38	1,36	2,13	1,58	2,61	1,65
39	1,40	2,09	1,56	2,70	1,78
40	1,34	2,03	1,61	2,67	1,97
41	1,37	1,96	1,64	2,64	2,14
42	1,27	1,91	1,70	2,67	2,26
43	1,35	1,96	1,76	2,65	2,35
44	1,51	1,93	1,84	2,71	2,43
45	1,66	1,93	1,96	2,86	2,47
46	1,85	1,99	2,12	2,91	2,47
47	1,93	1,98	2,19	2,93	2,43
48	1,90	2,00	2,19	2,91	2,46
49	1,89	1,98	2,26	2,81	2,49
50	1,89	2,00	2,36	2,83	2,68

Diepte cm – m.v.	Locatie				
	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel
51	1,86	2,09	2,45	2,79	2,74
52	1,90	2,19	2,50	2,88	2,86
53	1,93	2,19	2,62	3,07	3,01
54	1,89	2,14	2,73	3,21	3,14
55	1,82	2,07	2,80	3,09	3,27
56	1,77	2,09	2,88	3,14	3,33
57	1,71	2,08	2,92	3,11	3,57
58	1,60	2,10	2,96	3,06	3,87
59	1,53	2,26	3,08	2,87	4,22
60	1,42	2,38	3,13	2,85	4,36
61	1,45	2,47	3,24	2,85	4,61
62	1,44	2,65	3,30	2,82	4,88
63	1,44	2,66	3,36	2,69	4,77
64	1,66	2,78	3,42	2,70	5,24
65	1,80	2,78	3,46	2,69	4,98
66	1,97	2,70	3,50	2,65	5,55
67	1,92	2,77	3,51	2,67	5,81
68	2,00	2,91	3,57	2,70	5,53
69	2,10	3,03	3,58	2,68	4,64
70	2,15	3,21	3,55	2,65	5,29
71	2,15	3,21	3,56	2,69	5,00
72	2,18	3,14	3,57	2,67	5,37
73	2,12	3,03	3,54	2,68	5,35
74	2,03	3,16	3,58	2,78	5,43
75	1,97	3,24	3,62	2,87	5,73
76	1,96	3,68	3,64	2,91	5,70
77	1,75	3,92	3,59	2,85	5,09
78	1,66	4,02	3,57	2,97	5,08

Diepte cm – m.v.	Locatie				
	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel
79	1,61	3,98	3,55	3,09	6,06
80	1,57	4,18	3,60	3,52	5,36
81	1,46	4,38	3,67	3,73	5,59

Bijlage 4

Instructiekaart Spadetest

Spade test

Doel: Het beoordelen van de bodemstructuur.

Duur: ca 15 minuten

Benodigde materialen:



- spade
- meetlint
- eventueel een mesje
- eventueel een loepje

Methode:

1. Kies een plek uit in een perceel;
2. Steek met een spade een ongestoorde kluit van de laag 0-30:
 - graaf eerst een kleine kuil
 - maak een kluit van ca 10 cm dikte aan alle kanten vrij door het steken van de spade
 - haal de kluit goed ondersteund naar boven
 - leg de kluit op de grond of op een kratje.
3. Beoordeel de kluit op de aanwezige structurelementen door van onderaf de kluit voorzichtig uit elkaar te halen, een mesje en een loepje kunnen hierbij helpen;
4. Bepaal of er verschillende lagen te onderscheiden zijn;
5. Bepaal voor elke laag in de kluit het volume percentage van de verschillende soorten structurelementen (zie achterzijde);
6. Vul de gevonden waarden in op het invulformulier;
7. Herhaal dit voor de laag 30-60;
8. Voor verdere informatie en teeltmaatregelen ter verbetering zie Hoofdstuk 4.



Instructiekaart 10 Spadetest

Toelichting structurelementen

Belangrijke structurelementen in de grond zijn:



zand



zavel/klei

1. Kruidels

Dit zijn losse kruidels van 0,3 tot 1 cm groot. Wortels kunnen gemakkelijk in deze kruidels en tussen de kruidels door groeien.

2. Afgerond blokkig

Dit zijn blokjes grond van wisselende grootte, van 1 tot 10 cm groot. De zij-kanten zijn niet vlak, de hoeken zijn rond. Bij doorbreken heeft het breukvlak vaak een andere glans of kleur dan de buitenkant. Bij een enigszins ruwe behandeling kunnen ze gemakkelijk in kruidels overgaan. Let er goed op of dit in de grond ook zo was of dat het werkelijk grotere elementen zijn.

3. Scherpblokkig

Deze zijn hoekig en compact. De wanden zijn glad.

Het is mogelijk de grootte of samenstelling van de verschillende soorten structurelementen in te schatten. Hierbij wordt gewaarschuwd dat het mogelijk is dat de afmetingen van de structurelementen in de praktijk anders zijn dan in de afbeelding.

Instructiekaart 10 Spadetest

Bijlage 5

Illustraties van enkele profielen zoals gemaakt tijdens de spadetest; locatie Lelystad
Illustraties van enkele profielen zoals gemaakt tijdens de spadetest; locatie Westmaas





Illustraties van enkele profielen zoals gemaakt tijdens de spadetest; locatie Vredepeel



Bijlage 6

Communicatie

