

# Structuurherstellend vermogen van groenbemesters

Verslag van veldproeven in 2005-2006 te Lelystad en Kollumerwaard

W.C.A. van Geel & P.H.M. Dekker (PPO)

W.J.M. de Groot en J.J.H. van den Akker (Alterra)

m.m.v. H.W.G. Froot (SPNA)

© 2007 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit onderzoek is financieel mogelijk gemaakt door:

Hoofdproductschap Akkerbouw (HPA)  
Postbus 29739  
2502 LS 's-Gravenhage

PPO intern projectnummer: 510492

**Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.**

Business-unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroente

Adres : Edelhertweg 1  
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad  
Tel. : 0320 - 29 11 11  
Fax : 0320 - 23 04 79  
E-mail : [infoagv.ppo@wur.nl](mailto:infoagv.ppo@wur.nl)  
Internet : [www.ppo.wur.nl](http://www.ppo.wur.nl)

# Inhoudsopgave

pagina

|  |    |
|--|----|
| Samenvatting .....   | 5  |
| 1 Inleiding .....  | 7  |
| 2 Opzet en uitvoering van het onderzoek .....                    | 8  |
| 3 Resultaten groenbemesters en volgteelten.....                  | 10 |
| 3.1 Aanvangssituatie en ontwikkeling van de groenbemesters ..... | 10 |
| 3.2 Ontwikkeling, opbrengst en kwaliteit van de volgteelten..... | 14 |
| 3.2.1 Suikerbieten .....   | 14 |
| 3.2.2 Zomergerst.....  | 17 |
| 4 Resultaten bodemmetingen en -beoordeling .....                 | 23 |
| 4.1 Beschrijvingen structuur, beworteling en profiel .....       | 23 |
| 4.1.1 Beschrijvingen Lelystad .....                              | 23 |
| 4.1.2 Beschrijvingen Kollumerwaard.....                          | 27 |
| 4.2 Beworteling.....   | 29 |
| 4.2.1 Methode .....  | 29 |
| 4.2.2 Resultaten.....  | 29 |
| 4.3 Verzadigde doorlatendheid.....                               | 30 |
| 4.3.1 Methode .....  | 30 |
| 4.3.2 Resultaten.....  | 30 |
| 4.4 Luchtgehalte .....   | 31 |
| 4.4.1 Methode .....  | 31 |
| 4.4.2 Resultaten.....  | 31 |
| 4.5 Dichtheden .....   | 32 |
| 4.6 Infiltratiesnelheid.....                                     | 33 |
| 4.6.1 Methode .....  | 33 |
| 4.6.2 Resultaten.....  | 33 |
| 4.7 Dichtheid en vochtgehalte ringmonsters.....                  | 34 |
| 4.8 Indringingsweerstand Lelystad .....                          | 36 |
| 5 Discussie en conclusies.....                                   | 38 |
| Literatuur.....  | 41 |
| Bijlage 1. Proefveldschema en teeltuitvoering Lelystad .....     | 42 |
| Bijlage 2. Proefveldschema en teeltuitvoering Kollumerwaard..... | 44 |
| Bijlage 3. Bodemvruchtbaarheid van de proefvelden.....           | 46 |
| Bijlage 4. Samenstelling van de groencomposten.....              | 47 |
| Bijlage 5. Temperatuur en neerslag 2006 .....                    | 48 |

|  |    |
|--|----|
| Bijlage 6. Codes en benamingen bij een profielbeschrijving .....   | 49 |
| Bijlage 7. Textuur .....   | 52 |
| Bijlage 8. Worteltekeningen Lelystad suikerbieten zomer 2006 ..... | 53 |
| Bijlage 9. Worteltekeningen Lelystad gerst zomer 2006 .....        | 54 |
| Bijlage 10. Worteltekeningen Kollumerwaard zomer 2006 .....        | 55 |
| Bijlage 11. Luchtgehalten .....                                    | 56 |
| Bijlage 12. Verloop vochtgehalte en dichtheid in de bodem .....    | 57 |

# Samenvatting

Door zwaardere mechanisatie en de noodzaak om ook onder minder goede omstandigheden (oogst)werkzaamheden uit te voeren, wordt een steeds grotere aanslag op de bodemstructuur gepleegd, resulterend in verdichting van de bouwvoor en ondergrond. Verdichting leidt tot achteruitgang van de bodemkwaliteit en een afname van het productievermogen van de grond.

Verdichting van de bouwvoor of net onder de bouwvoor is gemakkelijk ongedaan te maken door een grondbewerking.

Verdichting dieper in de ondergrond is echter moeilijker op te heffen. Het effect van diepe grondbewerking valt vaak tegen.

Een alternatief zijn diep en intensief wortelende gewassen of goed geslaagde groenbemesters, die de bodemverdichting, of de nadelige effecten ervan, ook kunnen verminderen.

In opdracht van HPA zijn PPO en Alterra nagegaan in welke mate een goed geslaagde groenbemester bijdraagt aan de verbetering van de bodemstructuur dan wel aan het in stand houden van een goede bodemstructuur en wat daarvan het effect is op de opbrengst en kwaliteit van het volggewas. Het onderzoek is uitgevoerd op de PPO-proefboerderij te Lelystad (zware zavel) en op proefboerderij Kollumerwaard (lichte zavel).

In 2005 zijn te Lelystad eind juli twee groenbemesters gezaaid met een verschillend bewortelingspatroon: bladrammenas en Engels raaigras. Te Kollumerwaard is eind augustus alleen bladrammenas gezaaid. Verder zijn in elk van de twee veldproeven een onbehandeld object opgenomen (geen groenbemester) en een object met groencompost, die vlak vóór het ploegen werd uitgereden. Groencompost is opgenomen om het effect van toevoeging van organische stof aan de bodem te kunnen onderscheiden van doorworteling van de bodem plus vochtonttrekking door de groenbemester.

In november waren zowel de bladrammenas als het Engels raaigras te Lelystad zeer goed ontwikkeld en hadden tot 110 cm respectievelijk 70 cm diepte geworteld. De bladrammenas te Kollumerwaard was goed ontwikkeld en had tot 90 cm diepte geworteld.

Het volgend voorjaar zijn bij alle objecten zomergerst en suikerbieten gezaaid. Beide gewassen zijn vrij structuurgevoelig, maar verschillen in groeiduur en bewortelingspatroon. Bij beide gewassen zijn bij elk groenbemestingsobject twee stikstofgiften toegediend: de adviesgift voor het betreffende gewas en een 30-40 kg N/ha lagere gift. De gewassen zijn verder volgens praktijk geteeld.

Het groeiseizoen van 2006 kenmerkte zich door een warme, droge zomer en een zeer natte augustusmaand. Op beide locaties is niet berekend.

De opbrengst en kwaliteit van de bieten was op beide locaties over het geheel genomen goed. Daarentegen was de korrelopbrengst van de gerst op beide locaties aan de lage kant: rond de zes ton per ha. Te Lelystad voldeed de gerst niet aan de kwaliteitseisen voor brouwkwaliteit, mede omdat schot was opgetreden. Te Kollumerwaard was de kwaliteit wel goed.

De gewasgroei te Lelystad werd in de zomer van 2006 eerder beperkt door vochtgebrek dan door de stikstofvoorziening. De voorafgaande teelt van een groenbemester leidde tot minder vochtgebrek in de droge zomer en dat resulteerde in een 600 kg per ha hogere korrelopbrengst bij zomergerst door een betere korrelvulling. Bij bieten was enkel na bladrammenas de financiële opbrengst hoger (+€400/ha) door een hogere wortelopbrengst en iets betere kwaliteit. Na Engels raaigras was de financiële opbrengst per ha van de bieten niet duidelijk hoger dan zonder voorafgaande groenbemester.

Te Kollumerwaard had de teelt van bladrammenas geen duidelijk effect op de vochtvoorziening en had stikstof duidelijker effect. De voorafgaande teelt van bladrammenas leidde tot een 800 kg per ha hogere korrelopbrengst bij zomergerst door een hogere korrelzetting, waarschijnlijk als gevolg van een hogere stikstofmineralisatie in het voorjaar (nalevering uit de ondergewerkte bladrammenas). De teelt van bladrammenas leidde te Kollumerwaard niet tot een hogere bietenopbrengst of kwaliteit.

Naast de opbrengst en kwaliteit van de bieten en gerst zijn ook uitgebreide waarnemingen en metingen aan de bodem verricht:

- visuele verschillen in bodemgesteldheid (plasvorming, slempvorming) tussen de objecten;
- vochtgehalte en de dichtheid;
- indringingsweerstand;
- bodemstructuur en beworteling in profielkuilen;
- verzadigde waterdoorlatendheid en infiltratiesnelheid (geven aan hoe snel het water wegstroomt);
- luchtgehalte in de bodem.

Op de proefvelden van beide locaties was de bovenste ondergrond in zekere mate verdicht en had een slechte tot matige structuur. Daarbij was de indringweerstand geen echt beperkende factor voor de beworteling. Echter, bij beide proefvelden ligt het probleem vooral bij de luchtvoorziening en bij Kollumerwaard ook bij de waterdoorlatendheid. Op beide proefvelden zal zuurstoftekort optreden in natte omstandigheden. Daarnaast kan te Kollumerwaard de lage waterdoorlatendheid een probleem vormen, waardoor de grond te nat wordt en zelfs plasvorming kan optreden.

In een droog jaar zijn geen problemen met de luchtvoorziening en waterdoorlatendheid te verwachten en komt een structuurverbetering verder niet tot zijn recht. Omdat 2006 eerder kan worden gekenmerkt als een droog jaar dan een nat jaar, is de verwachting dat de gevolgen van verdichting in 2006 niet uitgesproken groot zullen zijn geweest en de beworteling maar weinig last zal hebben gehad van de verdichting.

Uit de waarnemingen en metingen kon niet worden opgemaakt dat de eenmalige teelt van een goed geslaagde groenbemester een duidelijke verbetering gaf van de bodemstructuur. Niettemin is het wel waarschijnlijk dat door de goede en diepe beworteling van de groenbemesters in 2005 de structuur is verbeterd.

Een sluitende verklaring voor de betere vochtvoorziening in de bodem te Lelystad na de teelt van een groenbemester is niet gevonden. De meest waarschijnlijke oorzaak is een betere beworteling van de volgteelten na een groenbemester. Te Kollumerwaard was er geen verschil in beworteling.

# 1 Inleiding

Door zwaardere mechanisatie en de noodzaak om ook onder minder goede omstandigheden (oogst)werkzaamheden uit te voeren, wordt een steeds grotere aanslag op de bodemstructuur gepleegd, resulterend in verdichting van de bouwvoor en ondergrond. Verdichting leidt tot een afname van het totale poriënvolume in de grond, alsook van de met lucht gevulde poriën en tot een afname van de waterdoorlaatbaarheid. Hierdoor gaan de productiviteit en biologische activiteit van de bodem omlaag en is er meer kans op plaspvorming, overstroming, bodemerosie en nutriëntenverliezen via afspoeling en denitrificatie (stikstof). Ook is een verdichte grond moeilijker bewortelbaar.

Verdichting in de bouwvoor wordt opgeheven door grondbewerking zoals ploegen. Een verdichting net onder de bouwvoor (een ploegzool) kan worden gebroken door te ploegen met woelers. Verdichting dieper in de ondergrond is echter moeilijker op te heffen. Mogelijkheden hiertoe zijn diepwoelen, diepploegen of diepspitten. Op langere termijn valt het resultaat hiervan echter tegen (Ministerie van Landbouw en Visserij, 1984; Van Wijk en Willet, 1992). In proeven was de verdichting na een aantal jaar zelfs groter dan voor de ingreep het geval was. Verder bleef de losgemaakte grond relatief veel langer nat door verstoring van de doorgaande macroporiën<sup>1</sup> en daarmee de natuurlijke drainage c.q. verslechtering van de waterdoorlatendheid. Uit onderzoek blijkt dat herverdichte ploegzolen en ondergronden een sterk verslechterde structuur hebben met veel micro- en mesoporiën ten koste van de hoeveelheid macroporiën (Kooistra et al., 1984). Hierdoor neemt de verzadigde doorlatendheid sterk af, blijft de grond lang nat en ontstaan problemen met de zuurstofvoorziening van wortels.

Diep en intensief wortelende gewassen, zoals granen en koolzaad, kunnen de bodemverdichting ook verminderen of de nadelige effecten ervan: de wortels van deze gewassen vormen macroporiën, die de natuurlijke drainage van de grond kunnen verbeteren. Ook goed geslaagde (vroeg gezaaide) groenbemesters mogen worden aangemerkt als diep en intensief wortelende gewassen. De vraag daarbij is in welke mate deze bijdragen aan de verbetering van de bodemstructuur dan wel aan het in stand houden van een goede bodemstructuur.

In opdracht van HPA is PPO door middel van veldonderzoek de invloed van groenbemesters op verbetering van de structuur van onder- en bovengrond nagegaan en het effect daarvan op de opbrengst en kwaliteit van het volggewas. Het onderzoek richtte zich op het vaststellen van het eerstejaars effect van de groenbemesters en is vergeleken met dat van groencompost en met een onbehandeld object. Alterra heeft in de veldproeven gedetailleerde metingen aan de bodem uitgevoerd. De opzet en uitvoering van de proef zijn beschreven in hoofdstuk 2 en de resultaten van de gewasgroei in hoofdstuk 3. De resultaten van de bodemmetingen zijn in hoofdstuk 4 beschreven. De rapportage van Alterra is opgenomen in de paragrafen 4.1 t/m 4.6. De resultaten worden in hoofdstuk 5 bediscussieerd.

---

<sup>1</sup> Macroporiën: >100 micrometer (=0,001 mm), zichtbaar met het blote oog  
Mesoporiën: >30 micrometer en <100 micrometer, zichtbaar met een loep  
Microporiën: <30 micrometer, zichtbaar met een microscoop.

Macroporiën zijn zeer belangrijk voor de luchtvoorziening en de waterdoorlatendheid. Macroporiën >200 micrometer zijn goed bewortelbaar. Mesoporiën zijn vooral belangrijk voor luchtvoorziening en in zekere mate voor de waterdoorlatendheid. Bij 100 micrometer hoort een vochtspanning van -30 cm H<sub>2</sub>O. Microporiën worden ook wel capillaire poriën genoemd. Ze houden het water vast en vormen de watervoorraad van de grond. Bij 30 micrometer hoort een vochtspanning van -100 cm H<sub>2</sub>O. Poriën <0,2 micrometer bevatten niet-beschikbaar water (vochtspanning < -16000 cm H<sub>2</sub>O).

## 2 Opzet en uitvoering van het onderzoek

Het onderzoek is uitgevoerd op twee locaties: Lelystad (zware zavel) en Kollumerwaard (lichte zavel). De bodemvruchtbaarheidgegevens van de beide locaties zijn vermeld in bijlage 3. In het onderzoek zijn de volgende objecten opgenomen:

- Geen groenbemester (onbehandeld)
- Bladrammenas
- Engels raaigras (alleen te Lelystad)
- Groencompost

De twee groenbemers verschillen van elkaar qua bewortelingspatroon. Bladrammenas vormt een diepgaande penwortel met een beperkte hoeveelheid zijwortels. Engels raaigras vormt een uitgebreid, intensief wortelstelsel. Het doorwortelt de grond intensiever dan bladrammenas, vormt veel meer wortelmassa, maar wortelt over het algemeen minder diep dan bladrammenas.

Door het onderwerken van de groenbemers wordt organische stof aan de bodem toegevoegd, wat ook een positief effect kan hebben op de bodemstructuur van de bouwvoor (het maakt bij klei de grond losser). Verder onttrekken de groenbemers vocht aan de bodem, waardoor deze droger wordt. Een drogere grond gaat in geval van zware zavel en klei eerder en dieper scheuren, waardoor de nadelige effecten van verdichting worden gereduceerd. Bij neerslag zakt het water sneller weg door de scheuren. Om het effect van organische stof en van doorworteling van de bodem plus vochtonttrekking van elkaar te kunnen scheiden, is een object met groencompost opgenomen (wel organische stof, geen doorworteling/vochtonttrekking).

De groenbemers zijn te Lelystad eind juli 2005 gezaaid na doperwtten. Te Kollumerwaard is de bladrammenas eind augustus gezaaid na zomergerst. Engels raaigras was hier niet mogelijk vanwege aaltjesproblemen. Begin november is op beide locaties de hoeveelheid geproduceerde bovengrondse biomassa van de groenbemers gemeten en de N-opname. Te Lelystad is tevens globaal de verhouding verse boven- en ondergrondse massa in de laag 0-30 cm bepaald (van 1 m<sup>2</sup> bij elke groenbemester) en de Nmin-voorraad in de laag 0-90 cm bij bladrammenas en braak.

De groenbemers zijn eind november te Lelystad en begin januari te Kollumerwaard ondergewerkt. Tevens is toen de groencompost aangebracht. De opzet was om met groencompost ongeveer eenzelfde hoeveelheid verse organische stof (o.s.) aan te voeren als met de groenbemers: ruim 7 ton o.s. per ha te Lelystad en bijna 4 ton o.s. per ha te Kollumerwaard. Echter, door een misverstand is te Kollumerwaard slechts een halve ton o.s. per ha toegediend. De samenstelling van de toegediende composten is weergegeven in bijlage 4.

Na de winter is bij elk object de Nmin-voorraad gemeten.

Het volgende voorjaar zijn bij alle objecten zomergerst en suikerbieten gezaaid. Beide gewassen zijn vrij structuurgevoelig, maar verschillen in groeiduur en bewortelingspatroon. Bij beide gewassen zijn bij elk groenbestedingsobject twee stikstofgiften toegediend:

- de adviesgift voor het betreffende gewas zonder rekening te houden met een stikstofnawerking uit de groenbemers;
- een verlaagde gift c.q. een aftrek op basis van een stikstofnawerking uit de groenbemers, met een minimum verschil van 30 kg N/ha.

De stikstofgift voor zomergerst is berekend als  $110 - N_{min}(0-60)$ . Dat is hoger dan de landelijke stikstofbestedingsrichtlijn voor brouwerst op klei à  $90 - N_{min}(0-60)$ . Er is uitgegaan van de Nmin na de winter op de braakvelden. De berekende gift bedroeg 57 kg N/ha te Lelystad en 76 kg N/ha te Kollumerwaard. Deze giften zijn afgerond op 60 respectievelijk 80 kg N/ha. Bij de verlaagde gift is 30 kg N/ha minder gegeven.

De stikstofgift voor suikerbieten is berekend als  $200 - 1,7 \times N_{min}(0-60)$  braak, overeenkomstig de landelijke richtlijn. De berekende gift bedroeg 110 kg N/ha te Lelystad en 142 kg N/ha te Kollumerwaard. De gift te Kollumerwaard is naar boven afgerond op 150 kg N/ha. Bij de verlaagde gift is 40 kg N/ha minder gegeven te Lelystad en 30 kg N/ha te Kollumerwaard. Het verschil tussen de hoge en lage gift is te Kollumerwaard kleiner gehouden dan te Lelystad omdat de groenbemester hier minder fors was ontwikkeld en minder stikstof had opgenomen.

De gewassen zijn voor het overige volgens praktijk geteeld. In bijlage 1 is het proefveldschema en de teelregistratie van Lelystad opgenomen en in bijlage 2 die van Kollumerwaard. De proef is op beide locaties aangelegd in drie herhalingen.

Tijdens het groeiseizoen is gelet op verschillen in gewasgroei en op visuele verschillen in bodemgesteldheid (plaspvorming, slemvorming). Begin november 2005 en eind juni 2006 is per groenbestedingsobject het vochtgehalte en de dichtheid van



de bodem gemeten tot 60 cm diepte met behulp van ringmonsters op één plaats per veldje. Te Lelystad is in augustus 2006 ook de indringingsweerstand van de bodem gemeten met een penetrometer op vijf plaatsen per veldje. Verder zijn in de herfst en de zomer profielkuilen gegraven om per groenbemestingsobject de bodemstructuur en beworteling te beoordelen (door Alterra). Tevens zijn de verzadigde waterdoorlatendheid, de infiltratiesnelheid en het luchtgehalte van de bodem gemeten (door Alterra).

Bij de oogst van de gewassen zijn de opbrengst en kwaliteit bepaald (tarra, suikergehalte, winbaarheid en wortelvertakking bij suikerbieten en duizendkorrelgewicht, volgerstgetal en eiwitgehalte bij gerst).

De resultaten zijn statistisch geanalyseerd met behulp van het softwarepakket Genstat. Voor alle variabelen is een variantie-analyse uitgevoerd en een tweezijdige t-toets. Daarbij zijn ook de contrasten bekeken tussen wel of geen groenbemester (gemiddelde van bladrammenas en Engels raaigras enerzijds versus braak en groencompost anderzijds) en tussen wel of geen aanvoer van verse organische stof (gemiddelde van bladrammenas, Engels raaigras en groencompost enerzijds versus braak anderzijds). Verder zijn sommige relaties getoetst met behulp van regressie-analyse, bijvoorbeeld tussen N-opname en opbrengst.

## 3 Resultaten groenbemesters en volgteelten

### 3.1 Aanvangssituatie en ontwikkeling van de groenbemesters

Te Lelystad is begin juli 2005 de voorvrucht doperwt onder natte omstandigheden geoogst. De erwtendorser gaf weinig insporing maar de kiepwagen die ernaast reed, gaf een insporing van ca. 7 cm. Na bewerking met een vaste-tandcultivator toonde het bodemoppervlak groffe kluiten en een ongelijke vlakligging (zie foto 1). Na een tweede bewerking met een vaste-tandcultivator, half juli, bleven grote, harde kluiten achter. Door de inmiddels ingetreden droogte was de grond niet goed te verkrumelen en kon geen goed zaaibed worden gemaakt.

Na een regenperiode eind juli was de grond minder kluitiger en zacht. De groenbemesters zijn toen gezaaid in goed vochtige grond. Zaaibedbereiding en zaaien vonden in één werkgang plaats. Na zaai was de grond nog enigszins kluitiger, maar lag wel goed vlak. In de eerste helft van augustus viel veel regen. De kluitigheid verdween daardoor en de grond werd als het ware vlakgespoeld. Daarbij trad ook oppervlakkige verslemping op, maar door het natte weer ontstond geen droge, harde korst.

De groenbemesters kwamen goed en regelmatig op. Daarna volgde een periode van warm en zonnig weer t/m oktober. Mede hierdoor ontwikkelden de groenbemesters zich goed, met name de bladrammenas (zie foto's 2 en 3). Rond 1 oktober stond de bladrammenas in bloei.

Begin november is de bovengrondse massa en N-inhoud van de groenbemesters gemeten. De resultaten staan in tabel 1. De bladrammenasplanten had toen een hoogte bereikt van gemiddeld 1,5 m en het gras was gemiddeld 55 cm hoog. De bladrammenas had tot 110 cm diepte geworteld, het Engels raaigras tot 70 cm diepte.



Foto 1. Kluitiger grond te Lelystad na de erwtenoogst



Foto 2. **Stand van de bladrammenas te Lelystad op 7 oktober 2005**



Foto 3. **Stand van het Engels raaigras te Lelystad op 27 september 2005**

Te Kollumerwaard is de gerst half augustus onder droge omstandigheden geoogst, waarna de bladrammenas is gezaaid. Er

waren geen bijzonderheden t.a.v. de bodemstructuur.

De bladrammenas ontwikkelde zich goed, maar produceerde door de latere zaai minder massa dan te Lelystad. De bovengrondse massa en N-inhoud van de groenbemesters begin november staan in tabel 1. De bladrammenas had tot 90 cm diepte geworteld.

Tabel 1. **Bovengrondse productie en N-opname van de groenbemesters**

|                          | Lelystad (8 nov 2005) |                 | Kollumerwaard (10 nov 2005) |
|--------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------------|
|                          | bladrammenas          | Engels raaigras |                             |
| Verse massa (ton/ha)     | 79                    | 26              | 46                          |
| Droge stof (ton/ha)      | 8,2                   | 4,2             | 3,7                         |
| Organische stof (ton/ha) | 7,0                   | 3,6             | 3,1                         |
| N-opname (kg N/ha)       | 114                   | 124             | 80                          |

Bij de bladrammenas te Lelystad bedroeg de ondergrondse massa in de laag 0-30 cm 15% van de bovengrondse massa op basis van versgewicht. Bij het Engels raaigras was dit ruim 60%.

In 2005 is te Lelystad (en op andere locaties) een andere proef uitgevoerd waarin de boven- en ondergrondse drogestofproductie van een aantal groenbemesters is onderzocht, waaronder bladrammenas en Italiaans raaigras, bij meerdere zaaitijdstippen (Hoek et al., 2006). Er werd 50 kg N/ha (als KAS) aan de groenbemesters gegeven één dag voor zaai. In deze proef had de 29 juli gezaaide bladrammenas op 14 november 7,1 ton droge stof (d.s.) per ha bovengronds gevormd en 0,9 ton d.s./ha ondergronds (13% van de bovengrondse d.s.). Voor het Italiaans raaigras was dat 4,6 ton d.s./ha respectievelijk 4,3 ton d.s./ha (93% van de bovengrondse d.s.). Bij zaai op 19 augustus daalde de totale d.s.-productie bij bladrammenas naar 4,4 ton per ha bovengronds en 0,8 ton/ha ondergronds (18% van de bovengrondse d.s.)

Aan de hand van bovenstaande gegevens is de totale hoeveelheid ingewerkte organische stof in de proef te Lelystad geschat op ruim acht ton/ha bij de bladrammenas en bijna zeven ton/ha bij het Engels raaigras. Voor de bladrammenas te Kollumerwaard is het geschat op ruim drieëneenhalve ton per ha.

De bladrammenas is op beide locaties voor het ploegen met behulp van een schijveneg versneden (zie foto 4). Ook is toen de groencompost aangebracht (zie foto 5). Het Engels raaigras te Lelystad is zonder voorafgaande bewerking ondergeploegd. Te Lelystad viel bij het ploegen op dat de grond bij het bladrammenasobject meer verkrumelde dan bij de andere objecten.

Op 11 november 2005 zat er bij de braakvelden te Lelystad een forse hoeveelheid stikstof in de bodem en bij de bladrammenas bijna niets meer (tabel 2). De bladrammenas fungeerde dus ook uitstekend als stikstofvanggewas. Op 15 maart 2006 was de Nmin-voorraad bij het braakobject fors afgenomen en bij de bladrammenas toegenomen. De Nmin in de laag 0-60 cm (die voor gerst en bieten relevant is voor de bepaling van de N-gift) was bij beide objecten gelijk. Bij het Engels raaigras was de Nmin-voorraad hoger dan bij de bladrammenas. Bij de groencompost was de Nmin-voorraad nagenoeg gelijk aan die van het braakobject.

Ook te Kollumerwaard was er na de winter, op 1 maart 2006, weinig verschil in Nmin-voorraad tussen braak, groencompost en bladrammenas.

Na de winter waren er geen opvallende verschillen tussen de objecten qua natheid van de grond. Ook zijn verder in het groeiseizoen geen verschillen geconstateerd qua plasvorming of verslemping.

Tabel 2. **Nmin-voorraad (kg N/ha) per bodemlaag (cm)**

|               | Lelystad        |       |      |                |       |       |      |      |               | Kollumerwaard |
|---------------|-----------------|-------|------|----------------|-------|-------|------|------|---------------|---------------|
|               | Nmin 11-11-2005 |       |      | Nmin 15-3-2006 |       |       |      |      | Nmin 1-3-2006 |               |
|               | 0-60            | 60-90 | 0-90 | 0-30           | 30-60 | 60-90 | 0-60 | 0-90 | 0-60          |               |
| Braak         | 137             | 43    | 179  | 14             | 38    | 57    | 53   | 110  | 34            |               |
| Bladrammenas  | 10              | 0     | 10   | 20             | 32    | 32    | 52   | 83   | 30            |               |
| Eng. raaigras | -               | -     | -    | 26             | 47    | 35    | 74   | 109  | -             |               |
| Groencompost  | -               | -     | -    | 17             | 38    | 49    | 55   | 104  | 29            |               |



Foto 4. **Bladrammenas te Lelystad na bewerking met de schijveneg**



Foto 5. **Aangebrachte groencompost te Lelystad**

## 3.2 Ontwikkeling, opbrengst en kwaliteit van de volgteelten

Het groeiseizoen van 2006 kenmerkte zich door een warme, droge zomer en een zeer natte augustusmaand. April was zacht en betrekkelijk droog. De 1<sup>e</sup> helft van mei was warm en droog. Daarentegen was de 2<sup>e</sup> helft van mei koel en nat. Juni en juli waren heet en zeer droog. Augustus was zeer nat en koel en september was warm en droog. Oktober was relatief warm en nat. De temperatuur- en neerslaggegevens van de beide proeflocaties zijn weergegeven in bijlage 5.

### 3.2.1 Suikerbieten

#### 3.2.1.1 Bieten te Lelystad

De bieten te Lelystad kwamen rond 1 mei op en zaten half mei in het vierbladstadium. De opkomst was hoog en regelmatig. Gemiddeld stonden er op 19 mei 108.000 planten per ha. Er was geen verschil in opkomst tussen de objecten. De bieten zijn niet gedund.

Er was half mei geen zichtbaar verschil tussen de objecten in plantontwikkeling of kleur van de bieten. In juni werden er wel verschillen zichtbaar. De bietenplanten waren het grootst bij het bladrammenasobject, gevolgd door het raaigrasobject. Tussen het groencompostobject en het braakobject was er geen duidelijk verschil in gewasstand. Verder was de stand bij de hoge N-gift iets beter dan bij de lage N-gift, behalve bij het groencompostobject. Daar was de stand bij de lage N-gift juist wat beter.

Door het droge, warme weer in juni en juli werd de bouwvoor zeer droog en de grond zeer hard. De ondergrond bleef wel vochtig. Met name op een diepte van een meter voelde de grond nog goed vochtig aan. In juli vertoonden de bieten bij het braakobject meer vochtgebrek dan gemiddeld op het proefveld (door slapper hangen van de bladeren) en bij het bladrammenasobject minder. Het verschil kwam in één herhaling duidelijk naar voren (zie foto 6), maar in de andere twee herhalingen niet zo duidelijk. Blijkbaar speelde ook perceelsvariatie een rol bij het optreden van vochttekort.

De bieten zijn half oktober gerooid. Er waren geen verschillen tussen de objecten wat betreft de wortelvertakking. Gemiddeld had 4-5% van de bieten vertakte wortels.



Foto 6. Slaphangende bieten te Lelystad bij het braakobject (midden); rechts het bladrammenasobject

De resultaten van de opbrengst en kwaliteit zijn weergegeven in tabel 3. De weergegeven bietenopbrengst betreft de netto-opbrengst (na aftrek van grond- en koptarra). De opbrengst was over het geheel genomen goed. Zowel het groenbemestingsobject als de hoogte van de N-gift hadden geen significant effect op de opbrengst. Evenmin was er een significant interactie-effect tussen beide. Gemiddeld over de twee N-giften leek de opbrengst het hoogst na bladrammenas.

Tussen de overige drie objecten waren de opbrengstverschillen gering. Bij het braakobject was er geen opbrengstverschil tussen de twee N-giften, bij het bladrammenas- en groencompostobject leek de opbrengst iets hoger bij de hoge N-gift. Bij het groencompostobject daarentegen was de opbrengst bij de hoge N-gift lager dan bij de hoge N-gift.

Tabel 3. **Opbrengst en kwaliteit van de suikerbieten te Lelystad**

| Object   | N-gift<br>(kg N/ha) | Wortel-<br>opbrengst<br>(ton/ha) | Suiker<br>(%) | Winbaar-<br>heids-<br>index | Kalium<br>(mmol<br>per kg) | Natrium<br>(mmol<br>per kg) | $\alpha$ -amino-N<br>(mmol<br>per kg) | Grond-<br>tarra<br>(%) |
|--|---------------------|----------------------------------|---------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| Braak  | 70                  | 75,4                             | 17,1          | 91,1                        | 38,4                       | 2,8                         | 12,2                                  | 4,8                    |
|  | 110                 | 75,3                             | 16,7          | 90,5                        | 38,6                       | 3,6                         | 14,2                                  | 5,5                    |
| Bladrammenas   | 70                  | 81,0                             | 17,6          | 91,3                        | 40,9                       | 2,5                         | 10,9                                  | 4,8                    |
|  | 110                 | 83,4                             | 17,5          | 90,9                        | 41,2                       | 2,7                         | 13,7                                  | 4,6                    |
| Eng. raaigras  | 70                  | 73,1                             | 17,2          | 91,4                        | 36,9                       | 2,6                         | 11,0                                  | 5,5                    |
|  | 110                 | 77,5                             | 17,2          | 90,9                        | 39,3                       | 2,6                         | 13,6                                  | 4,6                    |
| Groencompost   | 70                  | 83,8                             | 17,3          | 91,1                        | 38,2                       | 2,9                         | 12,6                                  | 5,5                    |
|  | 110                 | 69,4                             | 16,5          | 90,7                        | 36,8                       | 3,5                         | 13,4                                  | 5,9                    |
| <i>Lsd</i> <sup>2</sup>  |                     | <i>n.s.</i> <sup>3</sup>         | 0,5           | <i>n.s.</i>                 | <i>n.s.</i>                | <i>n.s.</i>                 | <i>n.s.</i>                           | <i>n.s.</i>            |
| <u>Per groenbemestingsobject, gemiddeld over de twee N-giften:</u> |                     |                                  |               |                             |                            |                             |                                       |                        |
| Braak  |                     | 75,4                             | 16,9          | 90,8                        | 38,5                       | 3,2                         | 13,2                                  | 5,2                    |
| Bladrammenas   |                     | 82,2                             | 17,5          | 91,1                        | 41,1                       | 2,6                         | 12,3                                  | 4,7                    |
| Eng. raaigras  |                     | 75,3                             | 17,2          | 91,2                        | 38,1                       | 2,6                         | 12,3                                  | 5,1                    |
| Groencompost   |                     | 76,6                             | 16,9          | 90,9                        | 37,5                       | 3,2                         | 13,0                                  | 5,7                    |
| <i>Lsd</i>   |                     | <i>n.s.</i>                      | 0,3           | <i>n.s.</i>                 | 3,0                        | 0,4                         | <i>n.s.</i>                           | 0,7                    |
| <u>Per N-gift, gemiddeld over alle groenbemestingsobjecten:</u>    |                     |                                  |               |                             |                            |                             |                                       |                        |
|  | 70                  | 78,3                             | 17,3          | 91,2                        | 38,6                       | 2,7                         | 11,7                                  | 5,2                    |
|  | 110                 | 76,4                             | 17,0          | 90,7                        | 39,0                       | 3,1                         | 13,8                                  | 5,2                    |
| <i>Lsd</i>   |                     | <i>n.s.</i>                      | 0,2           | 0,3                         | <i>n.s.</i>                | 0,3                         | 1,6                                   | <i>n.s.</i>            |

Het suikergehalte en de winbaarheid waren hoog tot zeer hoog. Het suikergehalte was het hoogst na bladrammenas, gevolgd door Engels raaigras. Bij deze twee objecten nam het suikergehalte iets af (*n.s.*) bij verhoging van de N-gift van 70 naar 110 kg N/ha. Bij het braak- en groencompostobject daarentegen nam het suikergehalte sterker af. Er was sprake van een significante interactie tussen de hoogte van de N-gift en het contrast van de twee groenbemesters gemiddeld enerzijds en het braak- en groencompostobject gemiddeld anderzijds. Na een groenbemester was er geen sprake van een significante verlaging van het suikergehalte en na braak/groencompost wel (van 17,2% naar 16,6%).

De winbaarheid werd niet significant beïnvloed door het groenbemestingsobject, maar werd enkel (significant) verlaagd door een hogere N-gift.

Het kaliumgehalte van de bieten was laag (c.q. goed tot zeer goed) en het natriumgehalte en  $\alpha$ -amino-N-gehalte waren beide zeer laag (c.q. zeer goed). Het K-gehalte was bij het bladrammenasobject iets hoger. De N-gift had geen significant effect op het K-gehalte en ook was er geen significante interactie tussen het groenbemestingsobject en de hoogte van de N-gift. Het Na-gehalte was gemiddeld over de N-giften na bladrammenas en raaigras significant lager dan na braak en groencompost. Gemiddeld over alle groenbemestingsobjecten was het Na-gehalte hoger bij de hogere N-gift, maar evenals bij het suikergehalte was er sprake van een significante interactie tussen de hoogte van de N-gift en het contrast van de twee groenbemesters gemiddeld enerzijds en het braak- en groencompostobject gemiddeld anderzijds. Na de groenbemesters was er geen significant verschil tussen de twee N-giften, terwijl na braak/groencompost het Na-gehalte significant hoger was bij de hogere N-gift (2,9 versus 3,6 mmol/kg).

Het gehalte  $\alpha$ -amino-N werd enkel significant door de N-gift beïnvloed en was hoger bij de hogere N-gift.

Het percentage grondtarra was bij het bladrammenasobject iets lager en bij het groencompostobject iets hoger. De hoogte van de N-gift had geen effect op de grondtarra en ook was er geen significante interactie. Het percentage koptarra werd door geen van objecten significant beïnvloed.

Er waren geen significante verschillen tussen de objecten voor wat betreft de financiële opbrengst per ha. Gemiddeld over

<sup>2</sup> Lsd = kleinste, betrouwbare verschil. Als het verschil tussen twee objecten groter is dan de Lsd-waarde, mag worden aangenomen dat het een gevolg is van de verschillende behandelingen c.q. een significant verschil is. Als het verschil tussen twee objecten kleiner is dan de Lsd-waarde is onvoldoende duidelijk of het verschil een gevolg is van de verschillende behandelingen of een gevolg van de veldvariatie in het proefveld.

<sup>3</sup> *n.s.* = niet significant

de twee N-giften verschilde de opbrengst tussen de objecten braak, groencompost en raaigras nauwelijks en bedroeg gemiddeld 3000 euro per ha. Die bij het bladrammenasobject bedroeg 3400 euro per ha. Het verschil t.o.v. de andere objecten was net niet significant.

### 3.2.1.2 Bieten te Kollumerwaard

De bieten te Kollumerwaard waren op 4 mei opgekomen. De opkomst was hoog en regelmatig. Op 16 mei stonden er gemiddeld 97.000 planten per ha bij zowel het braak- als groencompostobject. Bij het bladrammenasobject stonden er significant minder planten: 92.700. De bieten zijn niet gedund.

In het voorjaar traden tussen de groenbemestingsobjecten geen duidelijke verschillen op in plantontwikkeling van de bieten. In de zomer was het gewas bij het braakobject iets minder fors ontwikkeld dan bij het bladrammenasobject en het groencompostobject. Er was geen duidelijk standverschil tussen de hoge en lage N-gift. Evenals te Lelystad werd door het droge, warme weer in juni en juli de bouwvoor zeer droog, maar bleef de ondergrond vochtig.

De bieten zijn eind september onder droge omstandigheden geoogst. De bieten kwamen "schoon" uit de grond: er zat geen tot nauwelijks grond aan, bij geen van de objecten. Er zijn geen verschillen in wortelvertakking tussen de objecten geconstateerd.

De resultaten van de opbrengst en kwaliteit zijn weergegeven in tabel 4. De weergegeven bietenopbrengst betreft de netto-opbrengst (na aftrek van grond- en koptarra). De opbrengst was over het geheel genomen goed. Zowel het groenbemestingsobject als de hoogte van de N-gift hadden geen significant effect op de opbrengst. Evenmin was er een significant interactie-effect tussen beide, hoewel bij het braakobject en met name het groencompostobject de opbrengst leek af te nemen bij de hoge N-gift en bij het bladrammenasobject niet.

Het suikergehalte was hoog tot zeer hoog en de winbaarheid goed. Het suikergehalte en de winbaarheid waren na bladrammenas significant lager dan na braak en groencompost. Ook was het suikergehalte significant lager bij de hogere N-gift, maar de winbaarheid niet. Er was geen significante interactie tussen het groenbemestingsobject en de hoogte van de N-gift t.a.v. suikergehalte en winbaarheid.

Het kaliumgehalte van de bieten was matig tot goed, het natriumgehalte zeer goed (c.q. zeer laag) en het  $\alpha$ -amino-N-gehalte goed tot zeer goed (c.q. laag tot zeer laag). Geen van de objecten had significant effect op het K-gehalte. Het Na-gehalte en het  $\alpha$ -amino-N-gehalte waren na bladrammenas significant hoger dan na braak en groencompost. Ook waren ze significant hoger bij de hogere N-gift. Voor beide was er geen significante interactie tussen het groenbemestingsobject en de hoogte van de N-gift.

Het percentage grondtarra was laag. Het was bij het bladrammenasobject iets hoger (2,2%) dan na braak en groencompost (respectievelijk 1,9% en 1,8%). Dit was een bijna significant verschil. Geen van de objecten had significant effect op het percentage koptarra.

Er waren geen significante verschillen tussen de groenbemestingsobjecten qua financiële opbrengst per ha. Bij de hoge N-gift was de financiële opbrengst significant lager. Er was geen significante interactie tussen het groenbemestingsobject en de hoogte van de N-gift.

Tabel 4. Opbrengst en kwaliteit van de suikerbieten te Kollumerwaard

| Object   | N-gift<br>(kg N/ha) | Wortel-<br>opbrengst<br>(ton/ha) | Suiker<br>(%) | Winbaar-<br>heids-<br>index | Kalium<br>(mmol<br>per kg) | Natrium<br>(mmol<br>per kg) | $\alpha$ -amino-N<br>(mmol<br>per kg) | Financiële<br>opbrengst<br>(€/ha) |
|--|---------------------|----------------------------------|---------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| Braak  | 120                 | 76,2                             | 17,2          | 90,0                        | 46,5                       | 3,5                         | 14,2                                  | 3034                              |
|  | 150                 | 74,6                             | 16,8          | 89,8                        | 45,5                       | 3,5                         | 16,3                                  | 2879                              |
| Bladrammenas   | 120                 | 75,4                             | 16,6          | 89,3                        | 46,0                       | 3,8                         | 18,4                                  | 2849                              |
|  | 150                 | 76,8                             | 16,3          | 88,9                        | 46,3                       | 4,3                         | 19,6                                  | 2790                              |
| Groencompost   | 120                 | 76,1                             | 17,1          | 89,8                        | 47,5                       | 3,3                         | 14,2                                  | 3009                              |
|  | 150                 | 70,9                             | 16,9          | 89,9                        | 45,7                       | 3,8                         | 15,3                                  | 2760                              |
| <i>Lsd</i>   |                     | <i>n.s.</i>                      | <i>n.s.</i>   | <i>n.s.</i>                 | <i>n.s.</i>                | <i>n.s.</i>                 | <i>n.s.</i>                           | <i>n.s.</i>                       |
| <u>Per groenbemestingsobject, gemiddeld over de twee N-giften:</u> |                     |                                  |               |                             |                            |                             |                                       |                                   |
| Braak  |                     | 75,4                             | 17,0          | 89,9                        | 46,0                       | 3,5                         | 15,2                                  | 2956                              |
| Bladrammenas   |                     | 76,1                             | 16,5          | 89,1                        | 46,2                       | 4,0                         | 19,0                                  | 2820                              |
| Groencompost   |                     | 73,5                             | 17,0          | 89,8                        | 46,6                       | 3,6                         | 14,7                                  | 2884                              |
| <i>Lsd</i>   |                     | <i>n.s.</i>                      | 0,3           | 0,4                         | <i>n.s.</i>                | 0,3                         | 1,1                                   | <i>n.s.</i>                       |



Per N-gift, gemiddeld over alle groenbemestingsobjecten:

|            |     |             |      |             |             |     |      |      |
|------------|-----|-------------|------|-------------|-------------|-----|------|------|
|            | 120 | 75,9        | 17,0 | 89,7        | 46,7        | 3,5 | 15,6 | 2964 |
|            | 150 | 74,1        | 16,7 | 89,5        | 45,9        | 3,9 | 17,1 | 2810 |
| <i>Lsd</i> |     | <i>n.s.</i> | 0,2  | <i>n.s.</i> | <i>n.s.</i> | 0,3 | 0,9  | 143  |

De wortelopbrengst leek zowel te Lelystad als Kollumerwaard hoger te zijn na bladrammenas. Echter ook bij een analyse over de beide locaties gezamenlijk was de meeropbrengst niet significant. Wel waren bij het groencompostobject de wortel- en financiële opbrengst bij de hogere N-gift significant lager.

Ook was over de beide locaties gezamenlijk de financiële opbrengst bij de hoge N-gift significant lager dan bij de lage N-gift en was er hiervoor geen significante interactie tussen locatie en de hoogte van de N-gift. Verder was in deze analyse de financiële opbrengst bij het bladrammenasobject te Lelystad significant hoger dan die bij braak en groencompost.

## 3.2.2 Zomergerst

### 3.2.2.1 Gerst te Lelystad

De gerst was te Lelystad op 10 april opgekomen. Tot een maand na opkomst waren er geen zichtbare verschillen in gewasontwikkeling tussen de objecten. Ook was er geen zichtbaar verschil in plantdichtheid. Half mei begonnen zich wel verschillen af te tekenen: bij het raaigrasobject was de gerst iets hoger en iets donkerder van kleur, alsook op een enkel veldje bij het groencompostobject.

In juni waren de verschillen tussen de groenbemestingsobjecten kleiner geworden. Na bladrammenas- en Engels raaigras leek de gerst toen iets beter te staan dan na braak. De stand bij het groencompostobject zat hier tussenin. Verder was er effect van de N-gift zichtbaar: bij de hoge gift was het gewas over het algemeen forser ontwikkeld en meer uitgestoeld dan bij de lage N-gift. Het verschil kwam echter niet bij alle veldjes naar voren. Blijkbaar werd de gewasontwikkeling ook beïnvloed door veldvariatie. Er was geen interactie met de groenbemestingsobjecten.

In juli traden geen verandering meer op t.a.v. de in juni geconstateerde verschillen in gewasstand. Er trad geen legering op in de gerst tot de regenperiode die eind juli begon en de gehele maand augustus voortduurde. Door die regen legerde het gewas wel en kon ook niet tijdig worden geoogst.

De gerst is begin augustus onder slechte omstandigheden geoogst (tussen de buien door). Een deel van de planten lag plat op de grond en kon niet goed door de combine worden opgeraapt. Bij de oogst trad korrelverlies op. Er is na oogst geen duidelijk verschil tussen de objecten geconstateerd qua korreluitval c.q. gerstopslag.

De resultaten van de opbrengst en kwaliteit zijn weergegeven in tabel 5. De korrelopbrengst was over het geheel aan de lage kant. Gemiddeld over de twee N-giften was de opbrengst het hoogst bij het bladrammenasobject, gevolgd door het raaigrasobject. Het verschil tussen deze twee was niet significant. De opbrengst was het laagst bij het braak- en het groencompostobject. Tussen die twee onderling was er ook geen significant verschil. Het telen van een groenbemester voorafgaand aan de gerst gaf gemiddeld een (significante) meeropbrengst van 600 kg per ha ten opzichte van geen groenbemester.

Opmerkelijk was dat zonder groenbemester de korrelopbrengst bij de N-gift van 60 kg N/ha (gemiddeld over braak en groencompost) een ton per ha lager was dan bij de N-gift van 30 kg N/ha (6,5 versus 5,5 ton per ha; *lsd* = 0,6). Met een voorafgaande groenbemester was er geen verschil in korrelopbrengst tussen de twee N-giften bij de bladrammenas en een afname van 400 kg per ha bij het Engels raaigras (niet significant).

Tabel 5. Opbrengst en kwaliteit van de zomergerst te Lelystad (bij 15% vocht)

| Object   | N-gift<br>(kg N/ha) | Korrel-<br>opbrengst<br>(ton/ha) | Vocht-<br>gehalte<br>(%) | Duizend-<br>korrel-<br>gewicht (g) | Korrels<br>per m <sup>2</sup><br>(x 100) | Volgerst<br>(%) | Doorval<br>(%) | Eiwit-<br>gehalte<br>(%) | Stikstof<br>in korrels<br>(kg N/ha) |
|--|---------------------|----------------------------------|--------------------------|------------------------------------|--|-----------------|----------------|--------------------------|-------------------------------------|
| Braak  | 30                  | 6,4                              | 17,4                     | 43,0                               | 149                                      | 89,6            | 3,0            | 10,7                     | 110                                 |
|  | 60                  | 5,6                              | 17,2                     | 40,7                               | 139                                      | 85,5            | 4,4            | 10,8                     | 97                                  |
| Bladrammenas   | 30                  | 6,8                              | 16,6                     | 46,1                               | 147                                      | 95,4            | 1,4            | 8,9                      | 96                                  |
|  | 60                  | 6,8                              | 17,2                     | 43,0                               | 159                                      | 91,9            | 2,2            | 9,5                      | 104                                 |
| Eng. raaigras  | 30                  | 6,6                              | 16,9                     | 45,3                               | 147                                      | 94,4            | 1,6            | 9,1                      | 96                                  |
|  | 60                  | 6,2                              | 17,2                     | 42,6                               | 145                                      | 89,9            | 2,9            | 10,1                     | 100                                 |
| Groencompost   | 30                  | 6,7                              | 17,0                     | 42,3                               | 159                                      | 89,8            | 3,0            | 10,4                     | 111                                 |
|  | 60                  | 5,5                              | 17,7                     | 36,0                               | 152                                      | 83,1            | 5,4            | 11,2                     | 98                                  |
| <i>Lsd</i>   |                     | <i>n.s.</i>                      | <i>n.s.</i>              | <i>n.s.</i>                        | <i>n.s.</i>                              | <i>n.s.</i>     | <i>n.s.</i>    | –                        | –                                   |
| <u>Per groenbemestingsobject, gemiddeld over de twee N-giften:</u> |                     |                                  |                          |                                    |  |                 |                |                          |                                     |
| Braak  |                     | 6,0                              | 17,3                     | 41,9                               | 144                                      | 87,6            | 3,7            | 10,8                     | 104                                 |
| Bladrammenas   |                     | 6,8                              | 16,9                     | 44,5                               | 153                                      | 93,6            | 1,8            | 9,2                      | 100                                 |

|   |     |      |      |      |      |      |      |      |
|---|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| Eng. raaigras   | 6,4 | 17,1 | 44,0 | 146  | 92,1 | 2,2  | 9,6  | 98   |
| Groencompost  | 6,1 | 17,3 | 39,2 | 155  | 86,5 | 4,2  | 10,8 | 105  |
| Lsd   | 0,6 | 0,5  | 1,9  | n.s. | 2,5  | 1,2  | –    | –    |
| <u>Per N-gift, gemiddeld over alle groenbemestingsobjecten:</u>             |     |      |      |      |      |      |      |      |
|   | 30  | 6,6  | 17,0 | 44,2 | 150  | 92,3 | 2,2  | 9,8  |
|   | 60  | 6,0  | 17,3 | 40,6 | 149  | 87,6 | 3,7  | 10,4 |
| Lsd   |     | 0,4  | 0,3  | 1,3  | n.s. | 1,8  | 0,8  | –    |
| <u>Contrast wel of geen groenbemester, gemiddeld over de twee N-giften:</u> |     |      |      |      |      |      |      |      |
| Geen groenb.  |     | 6,0  | 17,3 | 40,5 | 150  | 87,0 | 4,0  | 10,8 |
| Wel groenb.   |     | 6,6  | 17,0 | 44,3 | 149  | 92,9 | 2,0  | 9,4  |
| Lsd   |     | 0,4  | 0,3  | 1,3  | n.s. | 1,8  | 0,8  | –    |

Het vochtgehalte van de korrels was bij de hoge N-gift iets hoger dan bij de lage N-gift. Verder was het met een voorafgaand groenbemester iets lager dan zonder voorafgaande groenbemester. Beide verschillen waren significant. Er was geen significante interactie tussen groenbemesting en hoogte van de N-gift.

Het duizendkorrelgewicht (dkg) van de gerst was het hoogst bij de groenbemestingsobjecten. Er was hierbij geen significant verschil tussen bladrammenas of Engels raaigras. Het dkg na braak was significant lager en het dkg na groencompost was nog lager (significant verschillend van braak).

Bij de hoge N-gift was het dkg significant lager dan bij de lage N-gift. Er was geen significante interactie tussen groenbemesting en hoogte van de N-gift.

Uit de korrelopbrengst gedeeld door het duizendkorrelgewicht is het aantal geoogste korrels per m<sup>2</sup> berekend. Het groenbemestingsobject noch de hoogte van de N-gift hadden significant effect op het korrelaantal. Ook was er geen significante interactie.

Het percentage volgerst (korrels groter dan 2,5 mm) was na een groenbemester significant hoger dan zonder groenbemester en het percentage doorval (korrels kleiner dan 2,2 mm) significant lager. Het percentage volgerst en doorval verschilde niet significant tussen bladrammenas en Engels raaigras en evenmin tussen braak en groencompost.

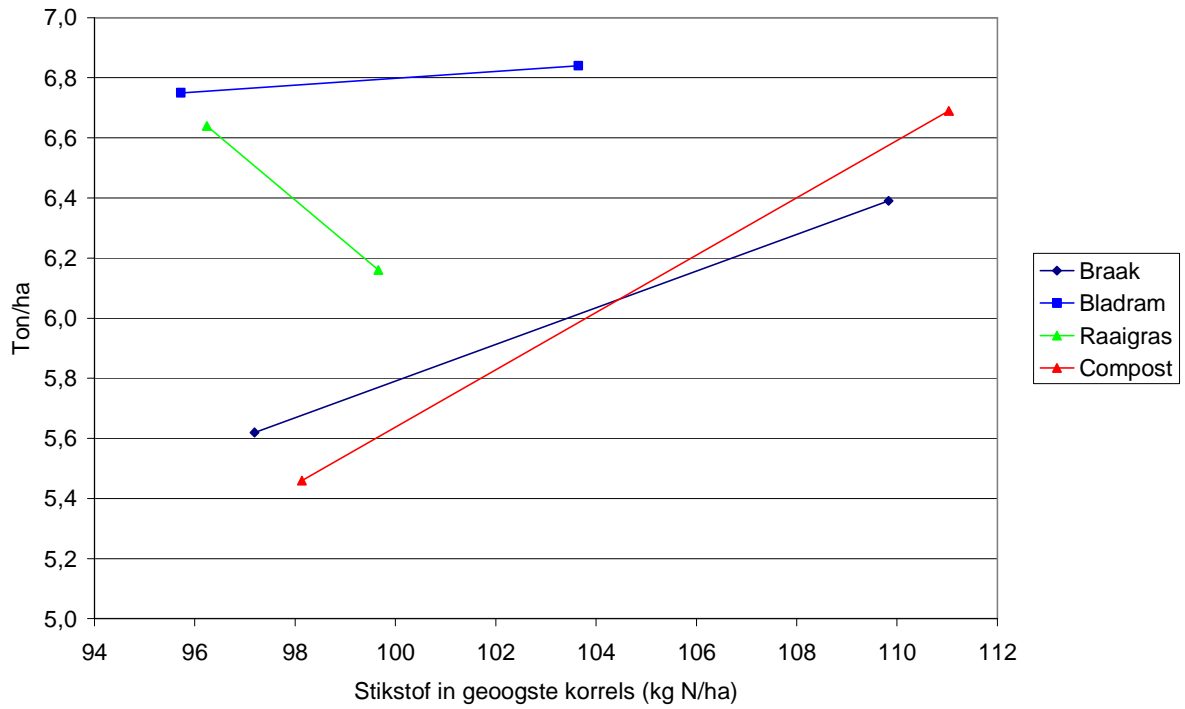
Bij de hoge N-gift was het volgerstpercentage significant lager en het doorvalpercentage significant hoger dan bij de lage N-gift. Er was geen significante interactie tussen groenbemesting en hoogte van de N-gift t.a.v. volgerst- en doorvalpercentage.

Het eiwitgehalte is in mengmonsters per object gemeten. Daardoor kan geen uitspraak worden gedaan over de statistische betrouwbaarheid van de verschillen. Het eiwitgehalte was bij de hoge N-gift hoger dan bij de lage N-gift. Na een groenbemester (zowel bladrammenas als Engels raaigras) was het lager dan na braak of groencompost.

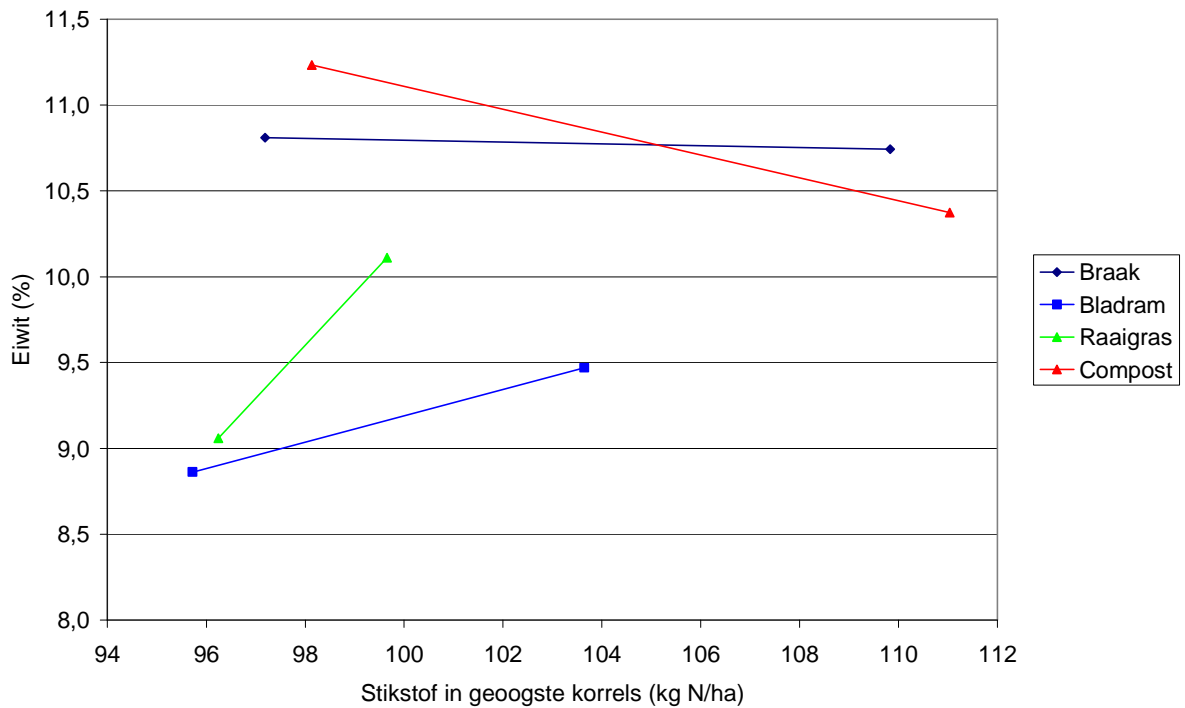
Uit het eiwitgehalte is het N-gehalte van de korrel berekend (eiwitgehalte gedeeld door 6,25) en door vermenigvuldiging van het N-gehalte met de korrelopbrengst de hoeveelheid stikstof in de geoogste korrels. Opmerkelijk is dat de stikstofhoeveelheid in de geoogste korrels bij het bladrammenas- en raaigrasobject niet hoger was dan bij het braak- en groencompostobject. Het grafisch uitzetten van de korrelopbrengst tegen de N-hoeveelheid in de geoogste korrels laat zien dat de korrelopbrengst bij het bladrammenas- en raaigrasobject hoger ligt dan bij het braak- en groencompostobject (grafiek 1). Dit wijst erop dat de hogere opbrengst bij het bladrammenas- en raaigrasobject is veroorzaakt door andere groeifactoren dan stikstof.

Het grafisch uitzetten van het eiwitgehalte tegen de N-hoeveelheid in de geoogste korrels laat zien dat er geen verband is tussen beide, maar dat het eiwitgehalte bij het bladrammenas- en raaigrasobject lager ligt dan bij het braak- en groencompostobject (grafiek 2). Dit wijst erop dat andere groeifactoren van invloed zijn geweest op het eiwitgehalte.

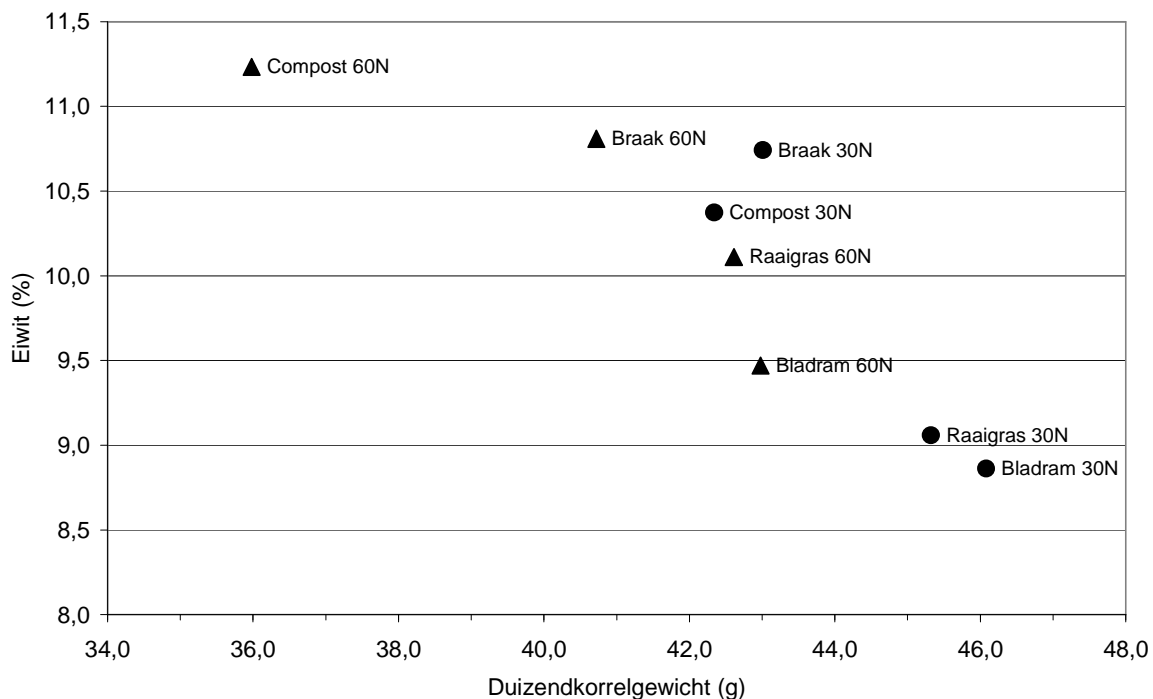
Een hoger eiwitgehalte ging samen met een slechtere korrelvulling. Het grafisch uitzetten van het eiwitgehalte tegen het duizendkorrelgewicht geeft het beeld dat het eiwitgehalte niet door de hoogte van de N-gift is beïnvloed (grafiek 3), maar dat het hogere eiwitgehalte bij de hoge N-gift waarschijnlijk komt door een slechtere vulling van de korrel met koolhydraten, die het gevolg kan zijn van een versnelde afrijping. Bij een korte afrijpingsperiode blijven de korrels kleiner en bevatten dan procentueel meer eiwit, terwijl ze bij een lange afrijpingsperiode beter met koolhydraten worden gevuld, daardoor een hoger korrelgewicht bereiken en procentueel minder eiwit bevatten.



Grafiek 1. Korrelopbrengst uitgezet tegen de stikstofhoeveelheid in de geogste korrels, gerst Lelystad



Grafiek 2. Eiwitgehalte uitgezet tegen de stikstofhoeveelheid in de geogste korrels, gerst Lelystad



Grafiek 3. Eiwitgehalte uitgezet tegen het duizendkorrelgewicht, gerst Lelystad

Tot slot was er in de gerst schot opgetreden en hierin bleken duidelijke verschillen te zijn tussen de objecten. Bij het groencompostobject vertoonden de korrels het meeste uitwendig schot, gevolgd door braak en vervolgens raaigras. Na bladrammenas was het minste uitwendig schot zichtbaar. Ook was er bij de hoge N-gift meer uitwendig schot dan bij de lage N-gift. Bij de objecten braak en bladrammenas vertoonde meer dan de helft van de korrels uitwendig schot bij de hoge N-gift en minder dan 20% van de korrels bij de lage N-gift. Bij het object Engels raaigras was dat een vierde à eenderde deel van de korrels bij de hoge N-gift en minder dan 20% van de korrels bij de lage N-gift. Bij het object bladrammenas was het minder dan 20% bij de hoge N-gift en nauwelijks korrels met uitwendig schot bij de lage N-gift. Meer schot ging samen met een slechtere korrelvulling.

Bij geen van de objecten voldeed de gerst aan de kwaliteitseisen voor brouwkwaliteit, namelijk vrij van schot, eiwitgehalte tussen de 9,5% en 11,5%, minimaal 90% volgerst en maximaal 2% doorval (Timmer, 1999). Wel was de kwaliteit van de gerst na bladrammenas en Engels raaigras beter dan na braak of groencompost, uitgezonderd voor wat betreft het eiwitgehalte.

### 3.2.2.2 Gerst te Kollumerwaard

De gerst te Kollumerwaard was evenals te Lelystad op 10 april opgekomen. Aanvankelijk tekenden zich in het voorjaar geen zichtbare verschillen af qua gewasontwikkeling tussen de verschillende objecten. In de zomer waren er wel verschillen zichtbaar. Bij het bladrammenasobject was de gerst forser ontwikkeld en meer uitgestoeld dan bij het braakobject. Ook bij het groencompostobject was de gerst iets beter ontwikkeld dan bij het braakobject, maar minder goed dan bij het bladrammenasobject. Verder was het gewas bij de hoge N-gift beter ontwikkeld dan bij de lage N-gift. Bij het braakobject was dit verschil het grootst, bij het groencompostobject iets minder groot en bij het bladrammenasobject was het verschil gering.

Er trad geen legering op. De gerst is eind juli onder droge, warme omstandigheden geoogst. Er viel te Kollumerwaard eind juli minder regen dan te Lelystad.

De resultaten van de opbrengst en kwaliteit zijn weergegeven in tabel 6. Bij alle in tabel 6 weergegeven variabelen was er geen significant verschil tussen het braakobject en het groencompostobject. Ook was er geen significante interactie bij deze objecten met de hoogte van de N-gift.

De korrelopbrengst was over het geheel aan de lage kant. De opbrengst was bij het bladrammenasobject gemiddeld over de twee N-giften 800 kg per ha hoger dan bij het braak- en groencompostobject. Dit was een significant verschil.

Tabel 6. Opbrengst en kwaliteit van de zomergerst te Kollumerwaard (bij 15% vocht)

| Object   | N-gift<br>(kg N/ha) | Korrel-<br>opbrengst<br>(ton/ha) | Vocht-<br>gehalte<br>(%) | Duizend-<br>korrel-<br>gewicht (g) | Korrels<br>per m <sup>2</sup><br>(x 100) | Volgerst<br>(%) | Doorval<br>(%) | Eiwit-<br>gehalte<br>(%) | Stikstof<br>in korrels<br>(kg N/ha) |
|--|---------------------|----------------------------------|--------------------------|------------------------------------|--|-----------------|----------------|--------------------------|-------------------------------------|
| Braak  | 50                  | 5,3                              | 15,1                     | 47,1                               | 113                                      | 96,2            | 0,7            | 9,4                      | 80                                  |
|  | 80                  | 6,2                              | 14,8                     | 47,2                               | 132                                      | 96,5            | 0,5            | 9,9                      | 99                                  |
| Bladrammenas   | 50                  | 6,4                              | 14,2                     | 45,5                               | 140                                      | 95,5            | 0,8            | 10,4                     | 106                                 |
|  | 80                  | 6,7                              | 14,4                     | 45,7                               | 146                                      | 94,3            | 0,9            | 10,9                     | 116                                 |
| Groencompost   | 50                  | 5,2                              | 15,0                     | 47,4                               | 110                                      | 96,5            | 0,7            | 9,3                      | 78                                  |
|  | 80                  | 6,1                              | 14,6                     | 47,1                               | 128                                      | 96,3            | 0,6            | 9,5                      | 92                                  |
| <i>Lsd</i>   |                     | 0,3                              | <i>n.s.</i>              | <i>n.s.</i>                        | 6  | <i>n.s.</i>     | <i>n.s.</i>    | <i>n.s.</i>              | <i>n.s.</i>                         |
| <u>Per groenbemestingsobject, gemiddeld over de twee N-giften:</u> |                     |                                  |                          |                                    |  |                 |                |                          |                                     |
| Braak  |                     | 5,8                              | 15,0                     | 47,2                               | 122                                      | 96,3            | 0,6            | 9,7                      | 90                                  |
| Bladrammenas   |                     | 6,5                              | 14,3                     | 45,6                               | 143                                      | 94,9            | 0,8            | 10,7                     | 111                                 |
| Groencompost   |                     | 5,6                              | 14,8                     | 47,3                               | 119                                      | 96,4            | 0,7            | 9,4                      | 85                                  |
| <i>Lsd</i>   |                     | 0,2                              | 0,4                      | 0,9                                | 5  | 1,1             | <i>n.s.</i>    | 0,4                      | 5                                   |
| <u>Per N-gift, gemiddeld over alle groenbemestingsobjecten:</u>    |                     |                                  |                          |                                    |  |                 |                |                          |                                     |
|  | 50                  | 5,6                              | 14,8                     | 46,7                               | 121                                      | 96,1            | 0,7            | 9,7                      | 88                                  |
|  | 80                  | 6,3                              | 14,6                     | 46,7                               | 135                                      | 95,7            | 0,7            | 10,1                     | 102                                 |
| <i>Lsd</i>   |                     | 0,2                              | <i>n.s.</i>              | <i>n.s.</i>                        | 4  | <i>n.s.</i>     | <i>n.s.</i>    | 0,3                      | 4                                   |

Bij alle objecten was de opbrengst bij de N-gift van 80 kg N/ha significant hoger dan bij 50 kg N/ha. Het opbrengstverschil tussen de twee N-giften was bij het bladrammenasobject kleiner dan bij de andere twee objecten. Dit interactie-effect tussen het groenbemestingsobject en de N-gift was significant.

Het vochtgehalte van de korrels was bij het bladrammenasobject iets lager dan bij de andere twee objecten. Dit was een significant verschil. De hoogte van de N-gift had geen significant effect op het vochtgehalte en ook was er geen significante interactie tussen groenbemesting en hoogte van de N-gift.

Het duizendkorrelgewicht (dkg) van de gerst was bij het bladrammenasobject significant lager dan bij de andere twee objecten. De hoogte van de N-gift had geen significant effect op het dkg en ook was er geen significante interactie tussen groenbemesting en hoogte van de N-gift.

Het aantal geoogste korrels per m<sup>2</sup> (berekend uit de korrelopbrengst gedeeld door het duizendkorrelgewicht) was bij het bladrammenasobject gemiddeld over de twee N-giften significant hoger dan bij de andere twee objecten. Ook was het hoger bij de hogere N-gift, maar er was een significante interactie tussen N-gift en groenbemesting: het verschil in korrelaantal tussen de twee N-giften was bij het bladrammenasobject kleiner dan bij de andere twee objecten.

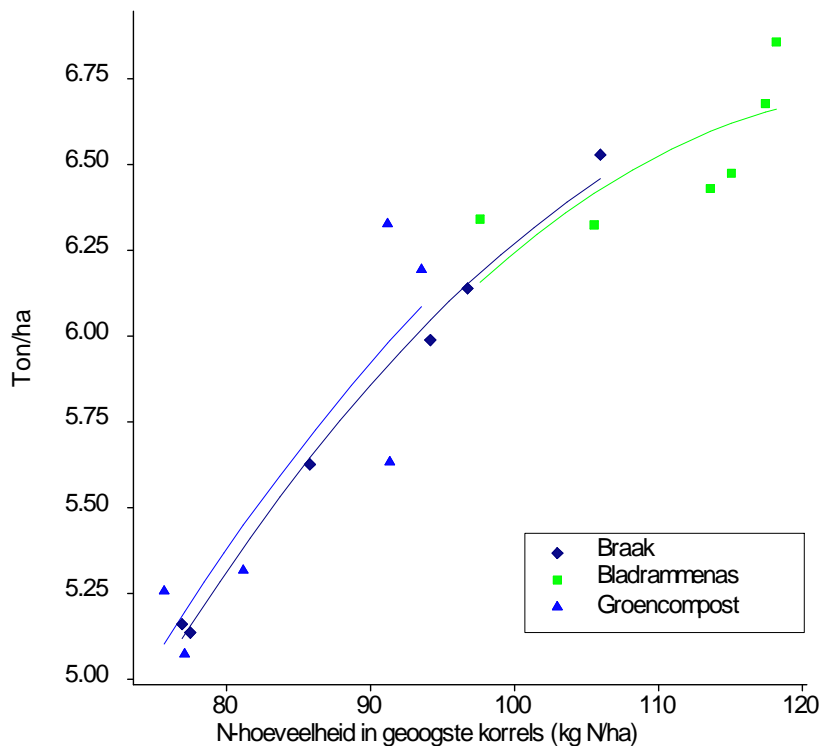
Het percentage volgerst (korrels groter dan 2,5 mm) was bij het bladrammenasobject iets lager (significant) dan bij de andere twee objecten en het percentage doorval (korrels kleiner dan 2,2 mm) iets hoger (niet significant). De hoogte van de N-gift had geen significant effect op het percentage volgerst of doorval en ook was er geen significante interactie tussen groenbemesting en hoogte van de N-gift.

Het eiwitgehalte en de N-opname in de korrel waren bij het bladrammenasobject significant hoger dan bij de andere twee objecten. Verder waren ze bij de hoge N-gift significant hoger dan bij de lage N-gift. Er was geen significante interactie tussen groenbemesting en de hoogte van de N-gift.

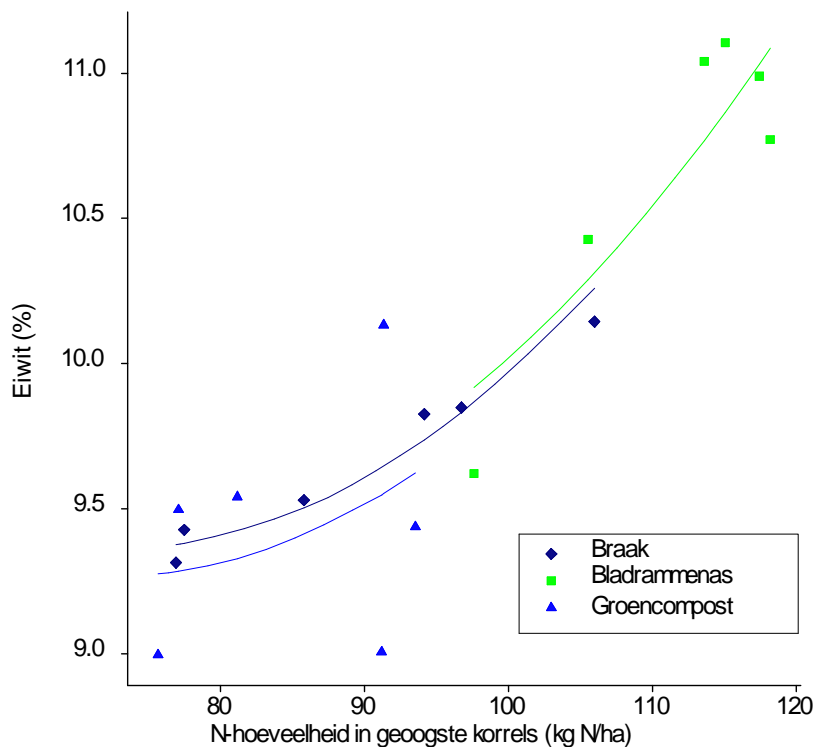
Er was in de gerst te Kollumerwaard geen (uiterlijk zichtbaar) schot opgetreden.

Bij het braak- en groencompostobject was het eiwitgehalte bij de lage N-gift net iets te laag voor brouwgerst. Dit moet tussen de 9,5% en 11,5% liggen. Echter ook bij de hoge N-gift was het eiwitgehalte nog aan de lage kant (<10%), terwijl deze gift 20 kg N/ha hoger was dan de landelijke stikstofrichtlijn voor brouwgerst op klei. De N-gift had dus nog wel wat hoger mogen zijn. Optimaal is een eiwitgehalte van 10-11% (Timmer, 1999). Alleen bij het bladrammenasobject werd hieraan voldaan. Voor het overige voldeed de gerst bij alle objecten aan de kwaliteitseisen voor brouwkwaliteit: meer dan 90% volgerst en minder dan 2% doorval.

De verschillen in korrelopbrengst en eiwitgehalte hingen sterk samen met de verschillen in N-opname (grafieken 4 en 5). Uit een regressie-analyse waarbij de korrelopbrengst respectievelijk het eiwitgehalte werden uitgezet tegen de N-opname in de korrel, bleek dat de N-opname significant effect had en het groenbemestingsobject niet. Met andere woorden: het effect van de bladrammenas op de korrelopbrengst en het eiwitgehalte lijkt een stikstofeffect te betreffen.



Grafiek 4. Korrelopbrengst uitgezet tegen de N-hoeveelheid in de geogste korrels, gerst Kollumerwaard



Grafiek 5. Eiwitgehalte uitgezet tegen de N-opname in de korrel, gerst Kollumerwaard

## 4 Resultaten bodemmetingen en -beoordeling

Dit hoofdstuk bevat de beschrijvingen van bodem, beworteling en structuur en de metingen van textuur, dichtheid, luchtgehalte en infiltratiesnelheid te Lelystad en Kollumerwaard. Voor uitleg over de codes en benamingen bij de profielbeschrijvingen wordt verwezen naar bijlage 6.

### 4.1 Beschrijvingen structuur, beworteling en profiel

#### 4.1.1 Beschrijvingen Lelystad

Aan de buitenrand van de veldjes 10, 11 en 12 (zie bijlage 1) zijn profielkuilen beschreven van respectievelijk gras, braak en bladrammenas. De beschrijvingen betreffen de structuur, beworteling en bodem. In de tabellen 8, 9 en 10 staat de structuur en beworteling per behandeling. In bijlage 7 staan labanalyses van de textuur van de laag 25-35 cm waarin ringen voor de verzadigde doorlatendheid zijn genomen.

Het bodemprofiel van Lelystad is beschreven in tabel 7. Er is uitgegaan van de beschrijving bij het veldje met bladrammenas. De overige plekken wijken in grote lijnen alleen af wat betreft de toplaag van 5 cm, die bij gras ook, maar bij braak niet aanwezig is. Foto 7 geeft een beeld van het profiel, waarbij de beworteling is geaccentueerd.

Er zijn geen grote verschillen in de structuur zichtbaar tussen de verschillende behandelingen. De bouwvoor bestaat veelal uit matig gestructureerde, afgerond blokkige kluiten. De ondergrond bestaat uit sedimentaire gelaagdheid<sup>4</sup> die door de aanwezigheid van wortels verstoord is. Deze verstoring wordt versterkt door nieuw gevormde wortelgangen. Vooral bij bladrammenas was dit goed zichtbaar. Deze initiële structuurontwikkeling geldt niet voor de zandige tussenlaag van 35-45 cm. Vooral zandige fragmenten zijn daar niet doorworteld en kleiige gedeelten vormen de brug naar de beter bewortelde ondergrond. De ondergrond is losgepakt vooral in de lutumrijke bandjes, waardoor de mechanische weerstand voor beworteling beperkt is.

Tabel 7. Profielbeschrijving te Lelystad op 2-11-05

| Profiel                 | Lelystad     |                 |                |         |           |         |                     |                |
|-------------------------|--------------|-----------------|----------------|---------|-----------|---------|---------------------|----------------|
| Datum                   | 2-11-2005    | Grondwater-trap | Bodem-gebruik  | GHG     | GLG       | meting  |                     |                |
| Bodemtype               | Mn15A        | VI              | Bladrammenas   | cm -mv  | cm -mv    | cm -mv  | Bewortelbare diepte |                |
| matig lichte zavelgrond |              |                 |                | 60      | 140       | 115     | 110 cm              |                |
| Laagnr                  | Horizontcode | Horizont-diepte | Grens horizont |         | Org. stof | Textuur | Kalk-klasse         | Rijping-klasse |
|                         |              | cm              | scherpte       | vorm    | %         | % lutum |                     |                |
| 1                       | 1Ap1         | 0-5             | duidelijk      | vlak    | 2         | 14      | 3                   | 5              |
| 2                       | 1Ap2         | 5-35            | scherp         | vlak    | 2         | 14      | 3                   | 5              |
| 3                       | 1Cg1         | 35-45           | duidelijk      | golvend | 2         | 14      | 3                   | 5              |
| 4                       | 1Cg2         | 45-70           | geleidelijk    | vlak    |           | 9       | 3                   | 5              |
| 5                       | 1Cg3         | 70-110          | geleidelijk    | vlak    |           | 16      | 3                   | 5              |
| 6                       | 1Cr          | 110-160         | geleidelijk    |         | 3         | 16      | 3                   | 4              |
| 7                       | 2Cr          | 160-200         |                |         | 30        |         |                     |                |

<sup>4</sup> afzetting van laagjes grond onder water door bezinking

**diepte  
(cm –mv.)**

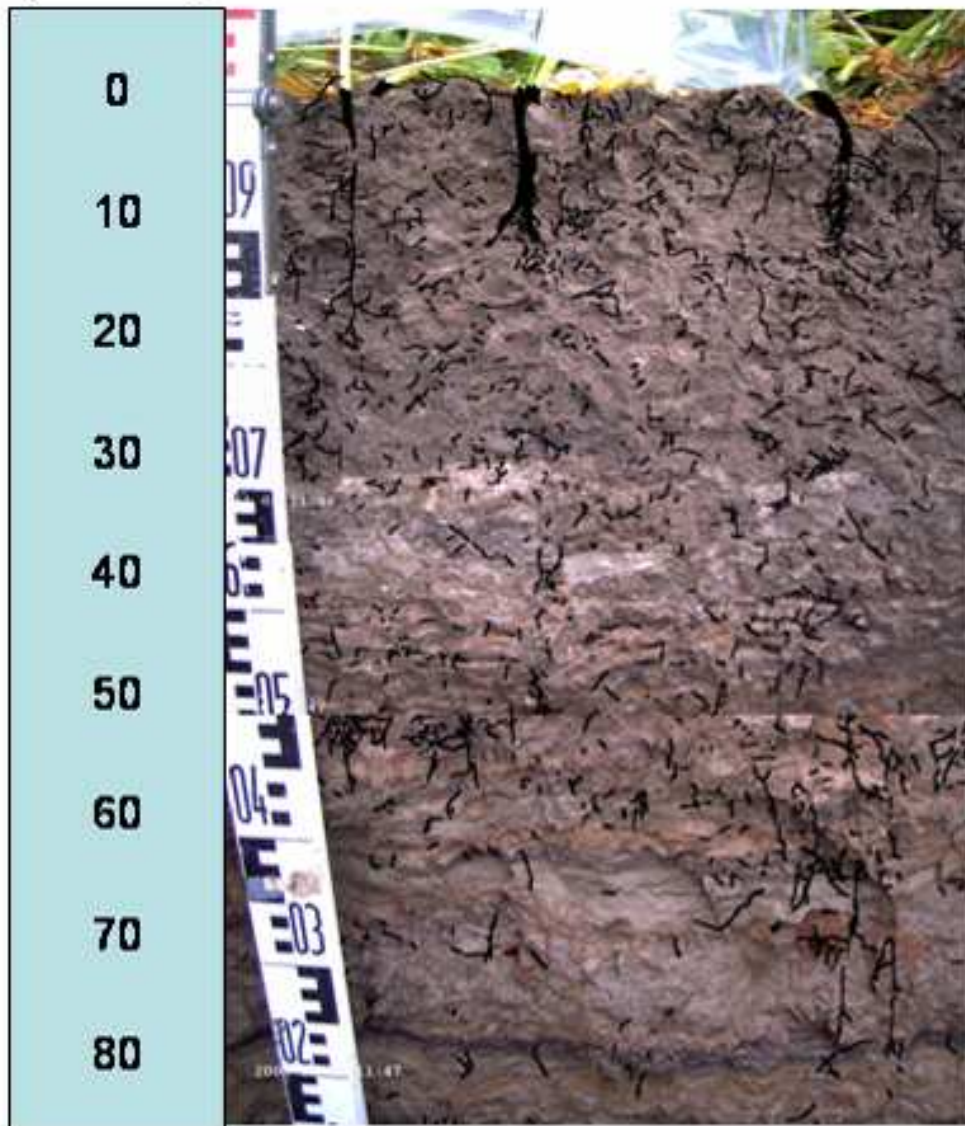


Foto 7. Bodemprofiel in Lelystad 2-11-05 bij bladrammenas (met zwart gemarkeerd de beworteling)



Tabel 8. Beschrijving structuur en beworteling te Lelystad op 2-11-05 bij het braakobject

| Diepte     | Structuurbeschrijving  | Structuurgraad                | Poriën (> 100 µm)  | Worteldichtheid (diepte meting) | Wortel beschrijving               |
|------------|--|-------------------------------|--|---------------------------------|-----------------------------------|
| 0-5/15 cm  | Kleine granulaire structuren (gr) 0-5 cm groot(1) (door wormactiviteit) en blokken (stukken van grote kluiten)   | 30-70% (matig)                | 1-2%   |                                 | Beperkt wortels; onkruid gespoten |
| 5/15-30 cm | 30% granulaire structuren en afgeronde kluitjes (blokken)en 70% grote afgeronde kluiten >20 mm (dichter dan erboven)   | 40% matig; 60% geen structuur | In granulaire materiaal 2-5%: Poriën in afgeronde kluiten 1% |                                 |                                   |
| 30-45 cm   | Sedimentaire gelaagdheid (biogeen, maar niet fysische verstoord); geen structurelementen   |                               | Zandige laag, weinig poriën, kleiige delen meer              |                                 |                                   |
| 45-70 cm   | Weinig gestoorde sedimentaire gelaagdheid: biogene verstoring: wortels en wortelgangen vormen zichtbare poriën; initiële macrostructuur: verticale scheurvorming a.g.v. ontwatering; zichtbaar door vlakken met roestcoating |                               |  |                                 |                                   |
| 70-90 cm   | Initiële macrostructuur; weinig gestoorde sedimentaire gelaagdheid   |                               |  |                                 |                                   |
| >90cm      | Geen initiële macrostructuur; weinig gestoorde sedimentaire gelaagdheid  |                               |  |                                 |                                   |

Tabel 9. Beschrijving structuur en beworteling te Lelystad op 2-11-05 bij bladrammenas

| Diepte <sup>9</sup> | Structuurbeschrijving   | Structuurgraad                                   | Poriën (> 100 µm)  | Worteldichtheid (gemeten diepte)  | Wortel beschrijving   |
|---------------------|---|--|--|---|---|
| 0-5 cm              | Granulaire structuur (gr) 0-5 cm groot(1)/ Agrond blokkig (klein (1))   | 30-70% (matig)                                   |  | 40,28,42 wortels per dm <sup>2</sup> (telling foto 0-10 cm -mv)                           | Penwortel, vertakt 0-18 cm, beperkt zich tot bouwvoor; kluiten zijn beperkt beworteld   |
| 5-35 cm             | 40% granulaire structuren (2), 60% afgerond blokkige kluiten >20 mm (3), geen natuurlijke breukvlakken  | 40% granulaire zwak/ 60% kluiten: geen structuur | In granulaire materiaal 2-5%; Poriën in afgeronde kluiten 1% | 14, 17, 26 wortels per dm <sup>2</sup>  |   |
| 35-45 cm            | Sedimentaire gelaagdheid (af en toe (<10% fysisch gestoord) doorbroken); geen structuurelementen  |  | Zandige laag, weinig poriën (1), kleiige delen meer (2).     | 17, 13, 14 wortels per dm <sup>2</sup>  | Zandige plekken bevatten minder kleiige plekken bevatten meer beworteling   |
| 45-70 cm            | Weinig gestoorde sedimentaire gelaagdheid: biogene versterking: wortels en wortelgangen vormen zichtbare poriën; initiële macrostructuur: verticale scheurvorming a.g.v. ontwatering; zichtbaar door vlakken met roestcoating |  |  | 19, 20, 25 wortels per dm <sup>2</sup> (telling foto 50-60 cm -mv)                        | Verticale scheuren vormen wortelwandjes; homogeen beworteld, maar preferent langs oude porositeit : langs fossiele wortelgangen (riet) en scheurwanden (roestig), maar ook nieuwe wortelgangen makend |
| 70-110 cm           | Geen initiële macrostructuur; weinig gestoorde sedimentaire gelaagdheid   |  |  | 3,12,11 wortels per dm <sup>2</sup> (telling foto 70-80 cm -mv) max. tot 110 cm beworteld | Geleidelijk verloop naar minder beworteling; 2-5/dm <sup>2</sup> ; alleen door bestaande poriën   |

Tabel 10. Beschrijving structuur en beworteling te Lelystad op 2-11-05 bij het Engels raaigras

| Diepte    | Structuurbeschrijving   | Structuurgraad                | Poriën (> 100 µm)  | Worteldichtheid (diepte meting)  | Wortel beschrijving  |
|-----------|---|-------------------------------|--|--|--|
| 0-5 cm    | Granulaire structuur (gr) 0-5 cm groot(1) = zaaibed gras  | 30-70% (matig)                | 5-10%  | Meer dan 30 per dm <sup>2</sup> (hoofdmassa)   | kluiten zijn beperkt beworteld   |
| 5-35 cm   | 40% granulaire structuren, 60% afgeronde kluiten >20 mm, geen natuurlijke breukvlakken  | 40% matig; 60% geen structuur | In granulaire materiaal 2-5%; Poriën in afgeronde kluiten 1% | Resp. 14/17 en 24/26 wortels per dm <sup>2</sup> in kluiten en granulaire structuren |  |
| 35-45 cm  | Sedimentaire gelaagdheid (af en toe (<10% fysisch gestoord) doorbroken); geen structurelementen   |                               | Zandige laag, weinig poriën, kleiige delen meer (1%)         | 6/10/9 wortels per dm <sup>2</sup>   | Zandige plekken bevatten minder kleiige plekken bevatten meer beworteling  |
| 45-70 cm  | Weinig gestoorde sedimentaire gelaagdheid: biogene verstoringswortels en wortelgangen vormen zichtbare poriën; initiële macrostructuur: verticale scheurvorming a.g.v. ontwatering; zichtbaar door vlakken met roestcoating |                               | 2%   | 18/17/16 wortels per dm <sup>2</sup> tot max. 70 cm.                                 | Verticale scheuren vormen wortelwandjes; homogeen beworteld, maar preferent langs oude poreusiteit : langs fossiele wortelgangen (riet) en scheurwanden (roestig), maar ook nieuwe wortelgangen makend |
| 70-110 cm | Geen initiële macrostructuur; weinig gestoorde sedimentaire gelaagdheid   |                               | 1%   | Geen wortels   |  |

#### 4.1.2 Beschrijvingen Kollumerwaard

Aan de buitenrand van veld 20 en 22 (zie bijlage 2) van het proefveld zijn profielkuilen beschreven van respectievelijk braak (gerstopslag) en bladrammenas. De beschrijvingen betreffen structuur, beworteling en bodem. In tabel 11 staat een beschrijving van het bodemprofiel en in de tabellen 12 en 13 van de structuur en beworteling. In bijlage 7 staan labanalyses van de textuur van de laag 25-35 cm, waarin ringen voor de verzadigde doorlatendheid zijn genomen.

Bij de profielbeschrijving van de bodem is uitgegaan van de beschrijving bij het veld 22 met bladrammenas. Bij veld 20 (braak) ontbreekt de voor het zaaibed bereide toplaag van 5 cm. Verder is de profielbeschrijving gelijk.

De structuur van de bovengrond in Kollumerwaard is matig ontwikkeld. We treffen er afgeronde, maar vaak ook scherpblokkige kluiten aan. De ondergrond bestaat uit sedimentaire gelaagdheid, die door duidelijk herkenbare "fossiele" wortelgangen zijn verstoord. Bladrammenas heeft deze wortelgangen weer gebruikt voor zijn eigen beworteling en zeer beperkt ook als vertrekpunt voor de ontwikkeling van nieuwe wortelgangen.

De ondergrond is zandig, maar wel los gepakt, waardoor de mechanische weerstand voor beworteling beperkt is.

Tabel 11. Profielbeschrijving Kollumerwaard 9-11-05

| Profiel                 | Kollumerwaard |                 |                |        |           |         |                            |                |
|-------------------------|---------------|-----------------|----------------|--------|-----------|---------|----------------------------|----------------|
| Datum                   | 9-11-2005     | Grondwatertrap  | Bodem-gebruik  | GHG    | GLG       | meting  |                            |                |
| <b>Bodentype</b> Mn25A  |               | VI              | Bladrammenas   | cm -mv | cm -mv    | cm -mv  | <b>Bewortelbare diepte</b> |                |
| matig lichte zavelgrond |               |                 |                | 60     | 140       | 115     | 130cm                      |                |
| Laagnr                  | Horizontcode  | Horizont-diepte | Grens horizont |        | Org. stof | Textuur | Kalk-klasse                | Rijping-klasse |
|                         |               | cm              | scherpte       | vorm   | %         | % lutum |                            |                |
| 1                       | 1Ap1          | 0-5             | onduidelijk    | vlak   | 2         | 14      | 3                          | 5              |
| 2                       | 1Ap2          | 5-30            | onduidelijk    | vlak   | 2         | 14      | 3                          | 5              |
| 3                       | 1Ap3          | 30-35           | scherp         | vlak   | 2         | 14      | 3                          | 5              |
| 4                       | 1Cg1          | 35-70           | geleidelijk    | vlak   |           | 9       | 3                          | 5              |
| 5                       | 1Cg2          | 70-130          | geleidelijk    | vlak   |           | 16      | 3                          | 5              |
| 6                       | 1Cr           | 130-180         |                |        |           | 3       | 3                          | 4              |

Tabel 12. Beschrijving structuur en beworteling te Kollumerwaard op 9-11-05 bij het braakobject

| Diepte    | Structuurbeschrijving  | Structuurgraad                         | Poriën (> 100 µm) | Worteldichtheid                           | Wortel beschrijving  |
|-----------|--|--|-------------------|---|--|
| 0-3 cm    | Granulaire structuur (gr) 0-2 cm groot(1)  | 30-70% (matig)                         |                   | 6, 8 en 7 wortels per dm <sup>2</sup>     | Homogeen verdeeld  |
| 3-30 cm   | 100% afgeronde en scherpblokkige kluiten   | <30% ; weinig structuur                | 1-2%              | 6, 8 en 7 wortels per dm <sup>2</sup>     | Zwak heterogeen verdeeld   |
| 30-35 cm  | 10% granulaire/ 90% afgeronde en scherpblokkige kluiten  | Granulaire: 30-70%; Kluiten: matig:40% | 1-2%              | 2-5 wortels per dm <sup>2</sup>           | Geleidelijk verloop naar minder beworteling; door oude wortelgangen (van riet) |
| 35-70 cm  | Weinig gestoorde sedimentaire gelaagdheid: biogene verstoring wortelgangen vormen zichtbare poriën |  | 1%                | 1-3 wortels per dm <sup>2</sup> tot 45 cm | Geleidelijk verloop naar minder beworteling; door oude wortelgangen (riet)     |
| 70-130 cm | Weinig gestoorde sedimentaire gelaagdheid: biogene verstoring wortelgangen vormen zichtbare poriën |  | 1-2%              |   |  |

Tabel 13. Beschrijving structuur en beworteling te Kollumerwaard op 9-11-05 bij bladrammenas

| Diepte    | Structuurbeschrijving   | Structuurgraad                          | Poriën (> 100 µm) | Worteldichtheid (diepte meting)                                       | Wortel beschrijving  |
|-----------|---|---|-------------------|---|--|
| 0-5 cm    | Kleine granulaire structuren 0-2 cm   | 30-70% (matig)                          | 2-5%              |   |  |
| 5-30 cm   | 100% afgeronde en scherpblokkige kluiten  | <30%; weinig structuur                  | 2%                | 32, 45 en 40 wortels per dm <sup>2</sup> (15-25 cm - mv)              | Homogeen verdeeld  |
| 30-35 cm  | 10% granulaire/ 90% afgeronde en scherpblokkige kluiten   | Granulaire: 30-70%; Kluiten: matig: 40% | 1%                | 28, 20 en 26 wortels per dm <sup>2</sup> ; (30-35 cm - mv)            | Geleidelijk verloop naar minder beworteling; door oude wortelgangen (riet) |
| 35-70 cm  | Weinig gestoorde sedimentaire gelaagdheid: biogene verstoring: wortelgangen vormen zichtbare poriën |   | 1-2%              | 3,4 en 2 wortels per dm <sup>2</sup> ; (60-70 cm - mv)                | Geleidelijk verloop naar minder beworteling; door oude wortelgangen (riet) |
| 70-130 cm | Weinig gestoorde sedimentaire gelaagdheid: biogene verstoring wortelgangen vormen zichtbare poriën  |   | 1%                | 3, 3, en 0 wortels per dm <sup>2</sup> tot 90 cm max. (80-90 cm - mv) |  |

## 4.2 Beworteling

### 4.2.1 Methode

Tijdens het onderzoek is ook de beworteling in de profielkuilen onderzocht. Er zijn verschillende methoden om beter inzicht in de beworteling te verkrijgen. Er is gebruikt gemaakt van tellingen van een raam van 1dm<sup>2</sup> in het veld, maar ook van tellingen van foto- en tekenmateriaal. Er zijn vrijwel steeds foto's gemaakt van profielkuilen van de verschillende behandelingen, vaak ook van meerdere diepten. Daartoe zijn van de profielwanden de wortels zichtbaar gemaakt. In de zomer 2006 zijn ook wortelbeelden getekend. Daarbij zijn van beide herhalingen (suikerbieten en gerst) op doorzichtig plastic tekeningen gemaakt.

### 4.2.2 Resultaten

In tabel 14 zijn de effectieve bewortelingsdiepten en de maximale bewortelingsdiepten weergegeven die gemeten zijn met worteltellingen (in kuil, van foto's en worteltekeningen). De effectieve bewortelingsdiepte is berekend als de diepte tot waar 90% van de zichtbare wortels zich bevinden.

Tabel 14. Weergave effectieve bewortelingsdiepten en de maximale bewortelingsdiepten, die gemeten zijn met worteltellingen (in kuil, van foto's en worteltekeningen)

| Methode                  | kuil/foto-telling                      | kuiltelling   | kuiltelling     |               |  | wortel-tekening |            |  |
|--------------------------|--|---------------|-----------------|---------------|--|-----------------|------------|--|
|                          | Bewortelingsdiepte (90% wortels) in cm |               |                 |               | Bewortelingsdiepte (90% wortels) in cm |                 |            |  |
|                          | Lelystad                               |               |                 |               | Kollumerwaard                          |                 |            |  |
|                          | Groen-bemester                         | Suiker-bieten | Gerst           | Suiker-bieten | Groen-bemester                         | Suiker-bieten   | Gerst      |  |
|                          | najaar 2005                            | zomer 2006    | zomer 2006      | herfst 2006   | najaar 2005                            | zomer 2006      | zomer 2006 |  |
| <b>behandeling</b>       |  |               |                 |               |  |                 |            |  |
| <b>braak</b>             | -                                      | 22            | 38              | 64            |  | 45              | 50         |  |
| <b>bladrammenas</b>      | 85/97                                  | 27            | 52              | 86            |  | 45              | 50         |  |
| <b>grasgroenbemester</b> | /63                                    | 58            | 63              | 79            |  |                 |            |  |
| <b>groencompost</b>      | -                                      | 21            | 77              | 82            |  |                 |            |  |
| Methode                  |  | fototelling   | wortel-tekening |               |  | wortel-tekening |            |  |
|                          | Maximale bewortelingsdiepte in cm      |               |                 |               | Maximale bewortelingsdiepte in cm      |                 |            |  |
|                          | Lelystad                               |               |                 |               | Kollumerwaard                          |                 |            |  |
|                          | Groen-bemester                         | Suiker-bieten | Gerst           | Suiker-bieten | Groen-bemester                         | Suiker-bieten   | Gerst      |  |
|                          | najaar 2005                            | zomer 2006    | zomer 2006      | herfst 2006   | najaar 2005                            | zomer 2006      | zomer 2006 |  |
| <b>behandeling</b>       |  |               |                 |               |  |                 |            |  |
| <b>braak</b>             |  | 30            | 70              | 100           |  | 55              | 105        |  |
| <b>bladrammenas</b>      |  | 32            | min. 65         | 95            |  | 100             | 90         |  |
| <b>grasgroenbemester</b> |  | 60            | min. 62         | 90            |  |                 |            |  |
| <b>groencompost</b>      |  | 25            | min. 65         | 105           |  |                 |            |  |

Over het algemeen zijn de bewortelingsdiepten groot en trekken de plantenwortels zich weinig aan van eventuele barrières. De verschillen die gevonden zijn, hebben ook deels te maken met enige heterogeniteit van de ondergrond. Opvallend is dat in de zomer in Lelystad de suikerbieten vooral in de behandeling gras als groenbemesting al diep geworteld zijn vergeleken met de andere behandelingen. In de herfst zijn die verschillen weer verdwenen en is alleen de beworteling van de behandeling zonder groenbemester (braak) wat achtergebleven.

In Kollumerwaard zijn er in de zomer weinig verschillen. Er zijn bij de behandeling met de groenbemester bladrammenas al enkele wortels gevonden tot 100 cm, maar het vermoeden is dat het hierbij nog om wortels van bladrammenas ging.

Verschillen in effectieve beworteling van zowel gerst als suikerbieten zijn er dan niet.

In bijlage 8, 9 en 10 zijn worteltekeningen van de beworteling tijdens de zomer van 2006 opgenomen.

## 4.3 Verzadigde doorlatendheid

De verzadigde doorlatendheid (Ksat) is een maat voor de structuur. Het geeft aan hoe snel het water door de grond kan stromen. Bij een slechte doorlatendheid treedt sneller plaspvorming op bij regen.

### 4.3.1 Methode

Op de onderzochte locaties zijn ook grondmonsters in PVC ringen van 20 cm doorsnede en 10 cm hoog van de verwachte ploegzool genomen. De ringen zijn verticaal aangebracht. De diepte van de geploegde laag (bouwvoor) vormde de bovengrens. Per locatie zijn twee à drie ringen genomen. Aan deze monsters is de verzadigde doorlatendheid bepaald. Vóór de bepaling van de verzadigde doorlatendheid worden de monsters enige tijd verzadigd. Eventuele krimpscheuren kunnen dan weer dichtzwellen. Niettemin zal een eventuele scheurvorming de structuur en daarmee de doorlatendheid hebben verbeterd.

### 4.3.2 Resultaten

In tabel 15 zijn de gemeten verzadigde doorlatendheden weergegeven. In november was de grond natter, waardoor het eenvoudiger was om ringmonsters te nemen. Van de monsters van juni 2006 zijn een aantal ringen afgekeurd voor meting van de Ksat. Ook kwamen er nogal vaak schelpen voor, waardoor de spreiding in metingen groot kan zijn.

Tabel 15. Verzadigde doorlatendheid van de laag (10cm dikte) net beneden de ploegdiepte (25-35 cm –mv)

| Ksat (cm.dag <sup>-1</sup> ) | Lelystad         | Lelystad           | Kollumerwaard    | Kollumerwaard           |
|------------------------------|------------------|--------------------|------------------|-------------------------|
|                              | najaar 2005      | zomer 2006         | najaar 2005      | zomer 2006              |
| <b>behandeling</b>           |                  |                    |                  |                         |
| <b>braak</b>                 | 204,5            | 169,9 (61,3-278,4) | 39,5 (4,8-99,4)  | Geen bruikbare metingen |
| <b>bladrammenas</b>          | 21,6 (13,3-29,9) | 158,3              | 30,6 (30,4-30,8) | 28,5 (27,1-29,9)        |
| <b>grasgroenbemester</b>     | 85,4 (75,3-95,5) | 234,8 (63,5-406,1) |                  |                         |

De doorlatendheid van de bodem kan als volgt worden geclassificeerd (Cultuurtechnische Vademecum, 1988):

| Ksat (cm.dag <sup>-1</sup> ) | Klasse      |
|------------------------------|-------------|
| < 1                          | zeer slecht |
| 1 - 10                       | slecht      |
| 10 - 50                      | matig       |
| 50 - 100                     | vrij goed   |
| 100 - 1000                   | goed        |
| > 1000                       | zeer goed   |

Uit de meetresultaten blijkt dat in Lelystad de Ksat bij aanvang van de proef (2005) duidelijk verschilt. De verzadigde doorlatendheid varieert van matig tot goed. Het proefveld waar geen groenbemers zijn ingezaaid, heeft de hoogste Ksat. Blijkbaar is er nogal heterogeniteit in het proefveld. De verschillen zijn in de volgende zomer in 2006 weer nagenoeg verdwenen. De doorlatendheid varieert dan van vrij goed tot goed en is gemiddeld gezien goed. Bij de braakliggende grond was de doorlatendheid al goed en deze is niet verder verbeterd. De doorlatendheid van de velden met groenbemester zijn beide flink verbeterd. De velden waren op het moment van bemonstering in 2006 goed uitgedroogd. Het is moeilijk te zeggen in hoeverre de structuur en daarmee de doorlatendheid van de ploegzool is verbeterd door het uitdrogen of door de groenbemester.

In Kollumerwaard was de Ksat in het najaar 2005 matig en varieerde van slecht tot vrij goed. De groenbemester (bladrammenas) en/of het uitdrogen hebben daar in 2006 niet de verbetering gebracht zoals in Lelystad. Bedacht moet worden dat niet te grote conclusies kunnen worden getrokken uit deze waarnemingen. De heterogeniteit tussen de gemeten ringen is soms groter dan tussen de behandelingen. De natuurlijke heterogeniteit van het onderzochte bodemmateriaal is groot. Er komen soms veel schelpen voor en het is een gelaagd profiel met afwisselend dikke en dunne zandbanen. Dit betekent dat het bodemprofiel vaak langs preferente banen kan ontwateren en dat beworteling zich ook preferent ontwikkelt. Verder draagt structuurvorming hier ook aan bij via wormgangen en breukvlakken. Wel is duidelijk dat de matige doorlatendheid van de grond in Kollumerwaard door de groenbemester en/of uitdroging niet is verbeterd.

## 4.4 Luchtgehalte

Het luchtgehalte van de laag vlak onder de ploegdiepte kan een maat zijn voor de mogelijkheden van beworteling. Beworteling wordt beperkt bij een luchtgehalte beneden 10%.

### 4.4.1 Methode

Op gelijke diepte als de grote ringen van 20 cm doorsnede zijn verticale ringmonsters van 8 cm doorsnede en 5 cm hoogte genomen. Per locatie zijn op deze diepte drie ringen gestoken. Daarnaast zijn ter vergelijking drie ringmonsters genomen van onder de bouwvoor (onder de regelmatig geploegde diepte). Aan deze ringmonsters zijn over het traject van 0 tot 100 cm drukhoogte luchtgehalten gemeten. De ringen zijn daartoe tegelijk op een zgn. pF-bak geplaatst en bij 0, 5, 30, 50, 60 en 100 cm drukhoogte zijn de ringen gewogen. Het verschil in massa bij een bepaalde drukhoogte met de massa bij verzadiging (0 cm drukhoogte) geeft dan het volume (bij een dichtheid van water van 1 g/cm<sup>3</sup>) luchtgevulde poriën dat in de ring is toegenomen.

### 4.4.2 Resultaten

In bijlage 11 zijn grafieken weergegeven van de toename van het luchtgehalte vanaf verzadiging op het proefveld in Lelystad. Zowel in als net onder de bouwvoor blijven de luchtgehalten over het traject van 0-100 cm drukhoogte vaak laag. Dit geldt zowel voor de monsters die genomen zijn in juni 2006 als die in september 2006. Het luchtgehalte-traject onder de bouwvoor van het braakveld in september en die van bladrammenas in juni vormen een uitzondering. Hier wordt bij een drukhoogte van 60 cm al 10% lucht gemeten. Na de zeer droge maand juli en een zeer natte augustusmaand is er eind september weinig verbeterd.

In de tabellen 16 en 17 is een overzicht gegeven van de luchtgehalten bij een vochtspanning van respectievelijk 50 en 100 cm H<sub>2</sub>O onderdruk van de verschillende behandelingen op twee gemeten diepten (aan de onderkant van de bouwvoor en onder de bouwvoor). Hieruit wordt opnieuw duidelijk dat de luchtgehalten vaak laag zijn ook na toepassing van groenbemesters.

In bijlage 11 zijn ook grafieken weergegeven van de toename van het luchtgehalte vanaf verzadiging op het proefveld in Kollumerwaard. Zowel in als net onder de bouwvoor nemen de gemeten luchtgehalten over het traject van 0-100 cm drukhoogte toe tot waarden hoger dan 12%. Uitzondering vormt het luchtgehalte in de bouwvoor van de behandeling met bladrammenas. Het luchtgehalte blijft daar beneden 8%.

Tabel 16. Luchtgehalten bij 50 cm drukhoogte van de verschillende behandelingen op twee gemeten diepten

| luchtgehalte (%)<br>onder bouwvoor | Lelystad    |            |             | Kollumerwaard |            |
|------------------------------------|-------------|------------|-------------|---------------|------------|
|                                    | diepte (cm) | zomer 2006 | herfst 2006 | diepte (cm)   | zomer 2006 |
| behandeling                        |             |            |             |               |            |
| groencompost                       | 31-36       |            | 5,45        |               |            |
| braak                              | 35-40       | -          | 8,59        | 35-40         | 6,60       |
| bladrammenas                       | 33-38       | 5,05       | 4,45        | 35-40         | 6,61       |
| grasgroenbemester                  | 31-35       | 5,89       | 5,25        |               |            |

| luchtgehalte (%)<br>onderste deel<br>bouwvoor | Lelystad    |            |             | Kollumerwaard |            |
|---|-------------|------------|-------------|---------------|------------|
|   | diepte (cm) | zomer 2006 | herfst 2006 | diepte (cm)   | zomer 2006 |
| behandeling                                   |             |            |             |               |            |
| groencompost                                  | 25-30       |            | 7,40        |               |            |
| braak   | 19-28       | 5,38       | 6,28        | 28-33         | 9,57       |
| bladrammenas                                  | 28-33       | 9,26       | 5,38        | 28-33         | 6,06       |
| grasgroenbemester                             | 25-30       | 5,46       | 4,13        |               |            |

Tabel 17. Luchtgehalten bij 100 cm drukhoogte van de verschillende behandelingen op twee gemeten diepten

| luchtgehalte (%)<br>onder bouwvoor | Lelystad    |            |             | Kollumerwaard |            |
|------------------------------------|-------------|------------|-------------|---------------|------------|
|                                    | diepte (cm) | zomer 2006 | herfst 2006 | diepte (cm)   | zomer 2006 |
| behandeling                        |             |            |             |               |            |
| groencompost                       | 31-36       |            | 7,27        |               |            |
| braak                              | 35-40       | -          | 13,27       | 35-40         | 15,30      |
| bladrammenas                       | 33-38       | 9,04       | 6,48        | 35-40         | 16,97      |
| grasgroenbemester                  | 31-35       | 11,10      | 8,98        |               |            |

| luchtgehalte (%)<br>onderste deel<br>bouwvoor | Lelystad    |            |             | Kollumerwaard |            |
|---|-------------|------------|-------------|---------------|------------|
|   | diepte (cm) | zomer 2006 | herfst 2006 | diepte (cm)   | zomer 2006 |
| behandeling                                   |             |            |             |               |            |
| groencompost                                  | 25-30       |            | 9,04        |               |            |
| braak   | 19-28       | 8,16       | 9,82        | 28-33         | 12,55      |
| bladrammenas                                  | 28-33       | 10,93      | 6,48        | 28-33         | 7,67       |
| grasgroenbemester                             | 25-30       | 6,59       | 5,31        |               |            |

## 4.5 Dichtheden

Van de 8 cm ringmonsters zijn aan het eind van de analyse ook dichtheden bepaald. De dichtheden variëren globaal van 1,4 tot 1,6 g.cm<sup>-3</sup>. In tabel 18 zijn de gemeten dichtheden opgesomd.

De laagste dichtheden zijn gemeten in Lelystad in de zomer (juni 2006). In de herfst (september) zijn de dichtheden vaak toegenomen. De dichtheid aan de onderkant van de bouwvoor en dieper is toegenomen tot dichtheden van soms meer dan 1,6 g.cm<sup>-3</sup>. Bij dichtheden groter dan 1,6 g.cm<sup>-3</sup> wordt de beworteling beperkt (Hidding en van den Berg, 1961, van der Valk en de Haan, 1971, 1974).



De laag net onder de bouwvoor bestaat vaak uit zandig materiaal dat losgepakt is en over het algemeen nog weinig beïnvloed is door verdichting met machines. Hier vinden we de laagste dichtheid. Vergelijken we dit gegeven met de gemeten luchtgehalten dan valt op dat daar weinig verband mee is. De luchtgehalten zijn vaak laag ondanks een lage dichtheid. Dit duidt op een slechte structuur.

De hoge gemiddelde dichtheid van  $1,55 \text{ g.cm}^{-3}$  in Kollumerwaard bij behandeling bladrammenas stemt overeen met het daarin gemeten lage luchtgehaltetraject.

Tabel 18. Dichtheden aan ringmonsters van onderkant bouwvoor en net onder de bouwvoor

| dichtheid ( $\text{g.cm}^{-3}$ )<br>onder bouwvoor | Lelystad    |            |             | Kollumerwaard |            |
|--|-------------|------------|-------------|---------------|------------|
|  | Diepte (cm) | zomer 2006 | herfst 2006 | Diepte (cm)   | zomer 2006 |
| behandeling  |             |            |             |               |            |
| groencompost                                       | 32-37       | -          | 1,45        |               |            |
| braak  |             |            |             | 35-40         | 1,50       |
| bladrammenas                                       | 33-38       | 1,44       | 1,51        | 35-40         | 1,43       |
| grasgroenbemester                                  | 31-35       | 1,41       | 1,57        |               |            |

| dichtheid ( $\text{g.cm}^{-3}$ )<br>onderste deel bouwvoor | Lelystad    |            |             | Kollumerwaard |            |
|--|-------------|------------|-------------|---------------|------------|
|  | Diepte (cm) | zomer 2006 | herfst 2006 | Diepte (cm)   | zomer 2006 |
| behandeling  |             |            |             |               |            |
| groencompost   | 25-30       | -          | 1,57        |               |            |
| braak  | 19-28       | 1,42       | 1,36        | 28-33         | 1,40       |
| bladrammenas   | 28-33       | 1,35       | 1,61        | 28-33         | 1,55       |
| grasgroenbemester  | 25-30       | 1,55       | 1,61        |               |            |

De gevonden dichtheden zijn hoger dan die in een andere serie metingen, weergegeven in paragraaf 4.7 en bijlage 12. Voor het verschil is geen goede verklaring gevonden.

## 4.6 Infiltratiesnelheid

De infiltratiesnelheid van de bovengrond zou ook een maat voor een losse structuur kunnen zijn. Daarom zijn op een aantal proefveldjes in juni 2006 metingen gedaan.

### 4.6.1 Methode

In de binnen- en buitenring van een metalen infiltrometer is steeds een redelijk constant waterpeil aangebracht door met een jerrycan steeds water toe te voegen. Hierdoor wordt een constante waterdruk op de bovenkant van het bodemprofiel gezet. De buitenring zorgt er daarbij voor dat er in de binnenring voornamelijk verticaal en geen zijwaarts transport optreedt. De ringen zijn enkele cm's in de grond geslagen om een goed contact met de bovengrond mogelijk te maken. Met behulp van een meetlat op een vlotter kan de daling van de waterstand als gevolg van infiltratie worden gemeten. Er is per behandeling steeds een meting van de infiltratiesnelheid gedaan.

### 4.6.2 Resultaten

In tabel 19 zijn de gemeten infiltratiesnelheden in meter per dag weergegeven. In het algemeen kan gesteld worden dat de infiltratiesnelheden groot zijn. In Lelystad lijkt er een positief effect van het gebruik van groenbemers op de infiltratiesnelheid te zijn. De hoogst gemeten waarde is echter die op het proefveldje zonder groenbemers (braak) in Kollumerwaard en daar is de infiltratiesnelheid van de behandeling met groenbemester juist lager. Er is zodoende geen eenduidig effect op de infiltratiesnelheid gevonden.

Tabel 19. Infiltratiesnelheid van de toplaag van diverse behandelingen

| Infiltratiesnelheid (m/dag) | Lelystad   | Kollumerwaard |
|-----------------------------|------------|---------------|
| tijdstip                    | zomer 2006 | zomer 2006    |
| behandeling                 |            |               |
| braak                       | 1,8        | 8,4           |
| bladrammenas                | 5,5        | 2,6           |
| grasgroenbemester           | 2,6        |               |



Foto 9. Infiltratiemeter tijdens meting in Lelystad

## 4.7 Dichtheid en vochtgehalte ringmonsters

Naast de in paragraaf 4.4 en 4.5. beschreven ringmonsters zijn in de herfst en het begin van de zomer (in de bieten) op een andere plaats in de veldjes verticale ringmonsters genomen per 5 cm bodemlaag tot een diepte van 60 cm. Het betroffen ringen van 100 cc (5 cm doorsnede en 5 cm hoogte). Van de grond in de ringen is het vochtgehalte bepaald en de dichtheid. Het groencompostobject is in de herfst niet bemonsterd, omdat dit tot dan toe gelijk was behandeld als braak. In de zomer is te Kollumerwaard tot 50 cm diepte gestoken. Het lukte toen niet om van 50-55 en 55-60 cm betrouwbare monsters te verkrijgen, omdat het zand niet goed in de ringen bleef zitten c.q. er gedeeltelijk uitviel tijdens de monstername. In de tabellen 20 t/m 23 zijn de resultaten zijn gemiddeld over de bouwvoor (0-25 cm) en de ondergrond (25-60 cm) weergegeven. In bijlage 12 zijn de resultaten weergegeven in grafieken.

In november 2005 was het gemiddeld vochtgehalte in de ondergrond te Lelystad bij het raaigrasobject significant hoger dan bij het bladrammanasobject (tabel 20). Bij het braakobject zat het ertussenin.

Te Kollumerwaard was het vochtgehalte in de ondergrond bij bladrammenas significant lager dan bij braak. In de bovengrond was er geen duidelijk verschil.

De bodemdichtheid was te Lelystad gemiddeld in de gehele laag 0-60 cm bij bladrammenas significant lager dan bij braak en raaigras (tabel 21). In de ondergrond leek het verschil groter dan in de bovengrond, maar er was geen sprake van een significante interactie tussen het groenbemestingsobject en de bodemlaag. Er was geen significant verschil in

bodemdichtheid tussen raaigras en braak.

Opmerkelijk is te Lelystad dat de dichtheid in de bovengrond hoger was dan in de ondergrond. Dit was een significant verschil. Waarschijnlijk is de bovengrond verdicht bij de oogst van de voorvrucht erwten, die onder natte omstandigheden zijn geoogst.

Te Kollumerwaard was de bodemdichtheid in de ondergrond bij bladrammenas significant hoger dan bij braak. Er was geen significant verschil in de bovengrond. Er was gemiddeld over de objecten geen significant verschil in dichtheid tussen de twee lagen.

Tabel 20. **Vochtgehalte (volumeprocenten) per bodemlaag te Lelystad en Kollumerwaard op 8 resp. 10 november 2005**

| Object       | Lelystad |          |         | Kollumerwaard |          |         |
|--------------|----------|----------|---------|---------------|----------|---------|
|              | 0-25 cm  | 25-60 cm | 0-60 cm | 0-25 cm       | 25-60 cm | 0-60 cm |
| Braak        | 32,4     | 37,1     | 35,1    | 31,7          | 32,7     | 32,3    |
| Bladrammenas | 30,2     | 36,3     | 33,7    | 31,2          | 30,7     | 30,9    |
| Raaigras     | 31,9     | 40,5     | 36,9    | -             | -        | -       |
| Lsd          | n.s.     | 2,7      | 2,1     | n.s.          | 2,0      | n.s.    |

Tabel 21. **Dichtheid van droge grond (kg/dm<sup>3</sup>) per bodemlaag te Lelystad en Kollumerwaard op 8 resp. 10 november 2005**

| Object       | Lelystad |          |         | Kollumerwaard |          |         |
|--------------|----------|----------|---------|---------------|----------|---------|
|              | 0-25 cm  | 25-60 cm | 0-60 cm | 0-25 cm       | 25-60 cm | 0-60 cm |
| Braak        | 1,37     | 1,24     | 1,29    | 1,34          | 1,32     | 1,33    |
| Bladrammenas | 1,33     | 1,18     | 1,24    | 1,31          | 1,36     | 1,34    |
| Raaigras     | 1,37     | 1,21     | 1,28    | -             | -        | -       |
| Lsd          | 0,06     | 0,05     | 0,04    | n.s.          | 0,04     | n.s.    |

Eind juni 2006 was het vochtgehalte van de bodem te Lelystad gemiddeld in de laag 0-60 cm na braak en bladrammenas significant lager dan na Engels raaigras en groencompost (tabel 22). Te Kollumerwaard waren er geen significante verschillen in vochtgehalte tussen de objecten.

De dichtheid in de laag 0-60 cm was eind juni 2006 te Lelystad bij het groencompostobject significant hoger dan bij de andere drie objecten (tabel 23). In de laag 25-35 cm was de dichtheid na bladrammenas en Engels raaigras lager dan na braak en groencompost (zie bijlage 12). Op basis van het contrast van de twee groenbemesters gemiddeld enerzijds en braak- en groencompost gemiddeld anderzijds was dit een significant verschil. In de laag 35-60 cm alsook gemiddeld over 25-60 cm was er geen duidelijk verschil tussen de vier objecten. Gemiddeld over alle objecten was de dichtheid in de bovengrond significant hoger dan in de ondergrond.

Te Kollumerwaard was er geen significant verschil in dichtheid tussen de objecten. Gemiddeld over de objecten was de dichtheid in de bovengrond significant hoger dan in de ondergrond. Het verschil was bijna significant.

De gevonden dichtheden zijn lager dan die in een andere serie metingen, weergegeven in paragraaf 4.5. Voor het verschil is geen goede verklaring gevonden.

Tabel 22. **Vochtgehalte (volumeprocenten) per bodemlaag te Lelystad en Kollumerwaard op 26 resp. 29 juni 2006**

| Object       | Lelystad |          |         | Kollumerwaard |          |         |
|--------------|----------|----------|---------|---------------|----------|---------|
|              | 0-25 cm  | 25-60 cm | 0-60 cm | 0-25 cm       | 25-50 cm | 0-50 cm |
| Braak        | 21,5     | 28,0     | 25,3    | 30,7          | 24,4     | 27,6    |
| Bladrammenas | 21,7     | 28,3     | 25,6    | 31,1          | 23,3     | 27,2    |
| Raaigras     | 23,5     | 31,2     | 28,0    | -             | -        | -       |
| Groencompost | 25,5     | 30,8     | 28,6    | 30,4          | 25,0     | 27,7    |
| Lsd          | 3,1      | 2,6      | 2,0     | n.s.          | n.s.     | n.s.    |

Tabel 23. **Dichtheid van droge grond (kg/dm<sup>3</sup>) per bodemlaag te Lelystad en Kollumerwaard op 26 resp. 29 juni 2006**

| Object       | Lelystad |          |         | Kollumerwaard |          |         |
|--------------|----------|----------|---------|---------------|----------|---------|
|              | 0-25 cm  | 25-60 cm | 0-60 cm | 0-25 cm       | 25-50 cm | 0-50 cm |
| Braak        | 1,23     | 1,17     | 1,20    | 1,38          | 1,33     | 1,35    |
| Bladrammenas | 1,24     | 1,20     | 1,22    | 1,38          | 1,34     | 1,36    |
| Raaigras     | 1,29     | 1,17     | 1,22    | -             | -        | -       |
| Groencompost | 1,33     | 1,21     | 1,26    | 1,36          | 1,32     | 1,34    |
| Lsd          | 0,07     | 0,06     | 0,04    | n.s.          | n.s.     | n.s.    |

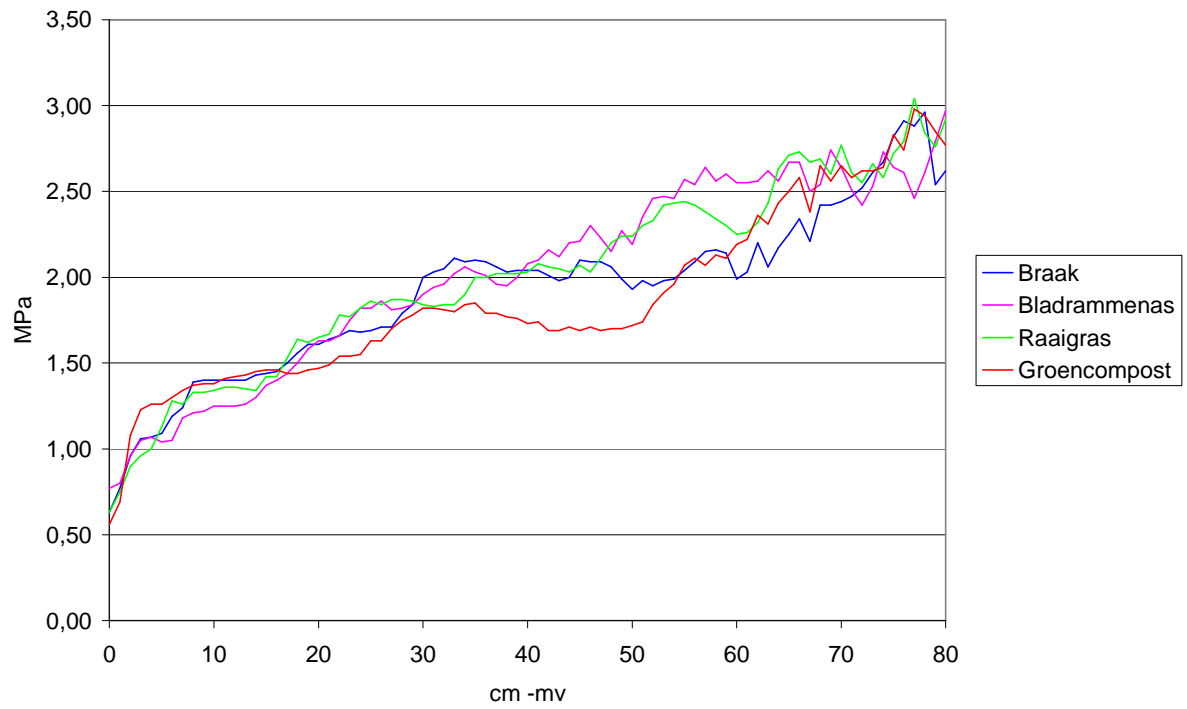
## 4.8 Indringingsweerstand Lelystad

Op 20 augustus is te Lelystad de indringingsweerstand van de bodem gemeten in de bieten met een penetrometer op vijf plaatsen per veldje. Door de regen in augustus was de grond weer zacht geworden en was er geen sprake van een moeilijke indringing als gevolg van harde, droge grond. Het resultaat is weergegeven in grafiek 6. Bij de beoordeling van de indringingsweerstand moet worden bedacht dat een goed gestructureerde grond door de betere doorlatendheid droger (en daardoor sterker) kan zijn dan een slecht gestructureerde grond. Daarnaast zijn structuurelementen van een gestructureerde grond vaak sterker dan slecht- of ongestructureerde grond. Wel kan het zo zijn dat uiteindelijk de goed gestructureerde grond door bio-turbatie<sup>5</sup> lossier wordt en de indringingsweerstand lager wordt. De kritische grens voor beworteling ligt bij een indringingsweerstand van 2,5 à 3,0 MPa (ten Cate et al., 1995). Als er een stelsel van voldoende grote poriën aanwezig is, verschuift de kritische grens naar 3-5 MPa voor zandgronden (ten Cate et al., 1995). Deze grenzen gelden voor indringingsweerstand die bij een vochtige grond (bijvoorbeeld in het vroeg voorjaar) zijn gemeten. Alleen dieper dan 50 à 60 cm diepte zijn de indringingsweerstand hoger dan 2,5 MPa. De grond zal op die diepte echter wat droger dan normaal zijn door de droge maanden juni en juli voorafgaande aan de metingen.

In de bouwvoor (0-25 cm) was er geen significant verschil tussen de groenbestedingsobjecten qua indringingsweerstand van de grond. In de laag 25-55 cm was de indringingsweerstand bij het groencompost significant lager dan bij de andere drie objecten. Bij de andere was de indringingsweerstand bij braak significant lager dan bij bladrammenas. In de laag 55-80 cm was de indringingsweerstand bij braak significant lager dan bij de andere drie objecten en bij groencompost significant lager dan bij bladrammenas.

Bij het maken van een contrast tussen wel een voorafgaande groenbemester enerzijds en geen voorafgaande groenbemester anderzijds, was de indringingsweerstand in de gehele ondergrond bij geen groenbemester significant lager dan bij wel een groenbemester. Dit zou er op kunnen duiden dat de grond zonder groenbemester natter is en daardoor een lagere indringingsweerstand heeft.

<sup>5</sup> het losmaken en mengen van de grond door het bodemleven, bijvoorbeeld wormen



Grafiek 6. Indringingsweerstand op 20 aug 2006 te Lelystad bij de bieten

## 5 Discussie en conclusies

### Bodem

Uit de bodemfysische metingen blijkt dat de ondergrond bovenin tot op zekere hoogte is verdicht. Dit geldt voor een ongeveer 5 cm dik laagje verstoorde grond die de overgang vormt van de bovengrond naar de ondergrond en de direct daaronder bevindende laag met ongestoorde ondergrond. Dit blijkt zowel bij de proefvelden bij Lelystad als Kollumerwaard met name uit de lage luchtgehalten bij zuigspanningen van 50 en 100 cm waterkolom (zie tabellen 16 en 17). Bij Kollumerwaard werden daarnaast enkele lage waarden voor de verzadigde waterdoorlatendheid ( $K_{sat} < 10$  cm/dag) gevonden (tabel 15). Bij Lelystad werden enkele hoge waarden voor de droge volumedichtheid gemeten in het najaar van 2006 (tabel 18). De hoge dichtheden leiden bij Lelystad echter niet tot hoge waarden voor indringweerstand. Deze bleven op beschouwde diepte van 25 tot 35 cm duidelijk onder de grenswaarden van 2,5-3 MPa (zie grafiek 6). De hoge dichtheden en de lage luchtgehalten bij lage zuigspanningen zijn een logisch gevolg van elkaar. De droge volumedichtheden in de laag 28-40 cm in Kollumerwaard zijn niet bijzonder hoog (tabel 18 en 19), zodat de verwachting is dat de indringweerstand niet beperkend voor de beworteling zijn. De lage luchtgehalten bij lage zuigspanningen en de lage waterdoorlatendheden wijzen wel op een slechte structuur van deze laag. Van deze lichte zavel is bekend dat ze verdichtingsgevoelig zijn en slechts weinig natuurlijk herstel kennen (Boels, 1982).

De conclusie is dat bij beide locaties de bovenste ondergrond in zekere mate verdicht is en een slechte tot matige structuur heeft. Daarbij is de indringweerstand geen echt beperkende factor voor de beworteling. Bij beide locaties ontstaat wel een probleem met de zuurstofvoorziening in natte omstandigheden. Daarnaast kan te Kollumerwaard de lage waterdoorlatendheid een probleem vormen waardoor de grond te nat wordt en zelfs plasvorming kan optreden. Omdat 2006 eerder kan worden gekenmerkt als een droog jaar dan een nat jaar, is de verwachting dat de gevolgen van verdichting in 2006 niet uitgesproken groot zullen zijn en de beworteling maar weinig last zal hebben gehad van de verdichting.

### Gewasgroei

De bieten te Lelystad waren in juni bij de hoge N-gift over het algemeen beter ontwikkeld dan bij de lage N-gift (uitgezonderd bij het groencompostobject). Ook was de ontwikkeling na een groenbemester beter dan na braak en groencompost. Dit duidt op een hogere beschikbaarheid van stikstof na een groenbemester.

Voor zover de hogere beschikbaarheid van stikstof een gevolg is geweest van extra stikstofmineralisatie uit de ondergewerkte groenbesters, zal het gewas hier hoofdzakelijk in het voorjaar van hebben geprofiteerd. In juli zal de mineralisatie laag zijn geweest door de droogte in de bouwvoor. In augustus zal er weer wel mineralisatie hebben plaatsgevonden, maar de gerst heeft daarvan niet meer geprofiteerd.

In de bieten te Kollumerwaard traden in het voorjaar geen duidelijke verschillen op in plantontwikkeling van de bieten tussen de groenbemestingsobjecten en was enkel in de zomer het gewas bij het braakobject iets minder fors ontwikkeld dan bij het bladrammenasobject en het groencompostobject. Echter, aangezien er geen duidelijk standverschil was tussen de hoge en lage N-gift, lijkt dit een andere oorzaak te hebben dan stikstof.

De wortelopbrengst van de bieten leek, met name te Lelystad, bij de hogere N-gift toe te nemen na een groenbemester, terwijl deze na braak niet toenam. Mogelijk werd de gewasgroei na braak eerder beperkt door vochttekort dan door N-tekort. De verschillen te Lelystad in slap hangen van de bieten in zomer duiden op verschillen in vochtvoorziening tussen de objecten: na bladrammenas meer vocht beschikbaar dan na braak. De effectieve beworteling van de bieten ging te Lelystad na braak minder dieper dan na bladrammenas en raai gras. Te Kollumerwaard was er geen verschil in effectieve beworteling tussen de objecten braak en bladrammenas.

Bij het groencompostobject nam de wortelopbrengst op beide locaties af bij de hogere N-gift. Blijkbaar reageerde het gewas negatief op de combinatie van groencompost met een hoge N-gift, maar een goede verklaring hiervoor ontbreekt. Het is onwaarschijnlijk dat het een gevolg is van een te hoog N-aanbod, aangezien er uit groencompost weinig stikstof mineraliseert en dit anders ten opzichte van het braakobject ook tot uiting had moeten komen in een lager suikergehalte, een lagere winbaarheid en een hoger gehalte  $\alpha$ -amino-N en dat was niet het geval. De effectieve beworteling bij het groencompostobject bleef eind juni achter bij die van de groenbemesterobjecten, maar in september niet meer.

In de bieten te Lelystad gaf de hogere N-gift een daling van het suikergehalte van de bieten zonder voorafgaande groenbemester maar geen daling met een voorafgaande groenbemester. Het suikergehalte kan o.a. worden verlaagd door een te hoog N-aanbod of door hergroei na een periode van stress, zoals droogte of wateroverlast (IRS, 2005: Betatip). Ook dit resultaat wijst erop dat de bieten na braak en groencompost in de zomer waarschijnlijk meer last hadden van de droogte dan na een groenbemester. Verder was de infiltratiesnelheid bij het braakobject lager dan bij de groenbemestingsobjecten. Dit geeft aan dat het water bij overvloedige regenval minder snel wegzakt, waardoor het gewas in augustus mogelijk meer last heeft gehad van de natheid.

Als er in de zomer verschillen zijn ontstaan in de vitaliteit van het gewas, kan dit in de herfst doorwerken. Het suikergehalte in de bieten blijft in de herfst nog doorstijgen. Het vermogen van de bieten om nog suiker te vormen in die periode is sterk afhankelijk van de kwaliteit van het gewas en de conditie van de bodem (IRS, 2001: Betatip). Bij een slechtere bodemstructuur heeft het gewas minder potentie om nog suiker te produceren in het naseizoen.

Naast de vitaliteit van het gewas zouden verschillen in bodemstructuur dus ook nog een rol kunnen hebben gespeeld in de herfst. Hoewel uit de resultaten van de bodemmetingen en -waarnemingen niet duidelijk kan worden opgemaakt dat de structuur na een groenbemester beter was. Enkel suggereert de wat diepere effectieve beworteling dat de bodemstructuur misschien beter was.

Verder leidde de hogere N-gift in de bieten te Lelystad tot een hoger gehalte  $\alpha$ -amino-N en een lagere winbaarheid (bij alle objecten). Daarentegen leidde de teelt van een voorafgaande groenbemester niet tot een hoger gehalte  $\alpha$ -amino-N en een lagere winbaarheid, terwijl er in het voorjaar op basis van de gewasgroei een aanwijzing was dat er na een groenbemester meer stikstof beschikbaar was (zie hierboven). Waarschijnlijk heeft ook hierbij een verschil in vochtvoorziening een rol gespeeld. Het gehalte  $\alpha$ -amino-N kan o.a. worden verhoogd door een te hoog N-aanbod of droogteschade, gevolgd door hergroei (IRS, 2005: Betatip).

In de bieten te Kollumerwaard leken er geen of geen beduidende verschillen in beschikbaarheid van vocht te zijn geweest. Wel wijzen het lagere suikergehalte en het hogere  $\alpha$ -amino-N-gehalte na bladrammenas op een hogere beschikbaarheid van stikstof dan na braak en groencompost. Bij de hogere N-gift was het suikergehalte ook lager en het  $\alpha$ -amino-N-gehalte hoger.

Het lagere plantgetal na bladrammenas dan na braak en groencompost heeft waarschijnlijk geen rol van betekenis gespeeld. Het plantgetal was in de gehele proef hoger dan optimaal. Een wat lager plantgetal kan dan leiden tot een iets hogere wortelopbrengst, een iets lager suikergehalte en een iets lagere winbaarheid (IRS, 2006: Betatip). Tussen de 84.000 en 105.000 planten per ha is het effect van plantdichtheid echter gering: geen verschil in wortelopbrengst, ca. 0,11% absoluut verschil in suikergehalte en ca. 0,2 punten in winbaarheid. De in deze proef gevonden verschillen waren groter (0,7 ton/ha wortelopbrengst (n.s.), 0,5% suiker en 0,8 punt winbaarheid) en kunnen niet worden toegeschreven aan het verschil tussen 92.700 of 97.000 planten per ha.

Het effect van de groenbesters op de verlaging van het percentage grondtarra was te Lelystad beperkt en te Kollumerwaard afwezig.

T.a.v. de financiële opbrengst gaf enkel de teelt van bladrammenas te Lelystad een beter resultaat door de hogere wortelopbrengst en de iets betere kwaliteit.

In de gerst leidde de hogere stikstofgift op beide locaties tot een betere gewasontwikkeling en uitstoeling. Te Kollumerwaard leidde het ook tot een hogere korrelzetting. Na bladrammenas was de gewasstand hier ook beter en de korrelzetting hoger, wat erop duidt dat er in het voorjaar meer stikstof beschikbaar was dan na braak- en groencompost.

Te Lelystad waren de verschillen in gewasstand tussen de groenbestedingsobjecten niet duidelijk aanwezig en waren er geen duidelijke verschillen in aantal geoogste korrels. De stikstofwerking uit de groenbesters leek lager dan de Kollumerwaard. Ook was het aantal geoogste korrels niet hoger bij de hogere N-gift (in tegenstelling tot Kollumerwaard). Dit duidt erop dat er misschien meer oogstverlies is opgetreden bij de hoge N-gift en/of er korrels zijn verschrompeld door de droogte in de zomer.

Het is niet waarschijnlijk dat droogte al een rol heeft gespeeld bij de korrelzetting, aangezien er bij het tevoorschijn komen van de aren (begin juni) nog geen sprake was van vochtgebrek. Na de natte periode in de tweede helft van mei was de grond goed vochtig.

Naast een betere aarvorming en korrelzetting kan een hogere N-gift ook leiden tot een betere korrelvulling. Niettemin was de korrelvulling te Lelystad slechter bij de hogere N-gift, gelet op het lagere duizendkorrelgewicht en de kleinere korrels (minder volgerst en meer doorval). Dit duidt op vochtgebrek. Door hoge temperaturen en vochttekort kan de korrelvulling snel afnemen en voortijdig worden beëindigd. Het gevolg is meestal een lager duizendkorrelgewicht en een minder goede kwaliteit (Timmer, 1999). Mogelijk heeft het forser ontwikkelde gewas meer vocht verdampt, waardoor het in de zomer eerder last kreeg van vochtgebrek.

Na een groenbemester was de korrelvulling beter en heeft het gewas blijkbaar minder last gehad van de droogte in de zomer. Dit betekent dat de vochtvoorziening na een groenbemester beter moet zijn geweest, waardoor de korrelvulling langer doorging, de opbrengst hoger was en het eiwitgehalte lager (door verdunning). Een betere vochtvoorziening verklaart ook dat de korrelopbrengst uitgezet tegen de N-hoeveelheid in de geoogste korrels bij het bladrammenas- en raaigrasobject hoger was dan bij het braak- en groencompostobject.

Bij het groencompostobject is er waarschijnlijk wat meer stikstof beschikbaar geweest door mineralisatie dan bij het braakobject, maar was de vochtaanvoer niet beter dan bij het braakobject, waardoor het gewas zich iets forser ontwikkelde in het voorjaar maar in de zomer nog meer last had van de droogte en de korrelvulling nog wat lager was dan bij het braakobject.

Verder zijn de verschillen in schot tussen de objecten opmerkelijk. Schot wordt geïnduceerd door hoge temperaturen en lijkt in de gerstproef te Lelystad te zijn versterkt door vochtgebrek.

De verschillen in effectieve beworteling, eind juni, geven geen sluitende verklaring voor de verschillen in vochtvoorziening. Weliswaar ging de effectieve beworteling na braak minder diep dan na een groenbemester, maar na groencompost ging deze dieper. Ook de andere bodemmetingen en -waarnemingen geven geen verklaring.

Te Kollumerwaard lijken er geen verschillen in beschikbaarheid van vocht te zijn geweest dan wel geen rol van betekenis te hebben gespeeld. Er was ook geen verschil in effectieve beworteling na braak of bladrammenas. Bij het uitzetten van de korrelopbrengst tegen de N-hoeveelheid in de geogste korrels was er geen niveauverschil tussen het bladrammenasobject en de overige objecten. De hogere korrelopbrengst na bladrammenas hing samen met een hogere N-opname en duidt wederom op meer beschikbare stikstof.

De hoogte van de N-gift had te Kollumerwaard geen effect op de korrelvulling. De hogere korrelopbrengst bij de hogere N-gift was toe te schrijven aan de hogere korrelzetting.

De korrelvulling was bij het bladrammenasobject minder goed en het eiwitgehalte hoger. Vermoedelijk komt dit omdat de assimilaten over meer korrels moesten worden verdeeld en de afrijping uiteindelijk door vochttekort en/of de hoge temperaturen in de zomer is bekort c.q. de korrelvulling vroegtijdig werd beëindigd. Het gewas was vroeg oogstrijp.

Dat de bladrammenas te Kollumerwaard meer stikstof leek na te leveren dan te Lelystad, komt misschien door het latere tijdstip van onderwerken (begin januari) dan te Lelystad (eind november).

Op beide locaties had de teelt van een groenbemester positief effect op de korrelopbrengst: te Lelystad gemiddeld 600 kg per ha opbrengstverhoging en te Kollumerwaard gemiddeld 800 kg per ha. De opbrengstverhoging te Lelystad leek een gevolg van een betere vochtbeschikbaarheid na een groenbemester, resulterend in een betere korrelvulling. Te Kollumerwaard leek het een gevolg van een hogere stikstofbeschikbaarheid in het voorjaar, resulterend in een hogere korrelzetting.

## Conclusies

De teelt van een groenbemester leidde te Lelystad tot minder vochtgebrek bij gerst en bieten in de navolgende, droge zomer. Dit resulteerde in een 600 kg per ha hogere korrelopbrengst bij zomergerst door een betere korrelvulling. Bij bieten was enkel na bladrammenas de financiële opbrengst hoger (+€400/ha) door een hogere wortelopbrengst en iets betere kwaliteit. Na Engels raagrass was de financiële opbrengst per ha niet duidelijk hoger dan zonder voorafgaande groenbemester.

Te Kollumerwaard had de teelt van een groenbemester (bladrammenas) geen duidelijk effect op de vochtvoorziening van het gewas en trad een duidelijker effect van stikstof op. De teelt van bladrammenas leidde tot een 800 kg per ha hogere korrelopbrengst bij zomergerst door een hogere korrelzetting, waarschijnlijk als gevolg van een hogere stikstofmineralisatie in het voorjaar (nalevering uit de ondergewerkte bladrammenas). De teelt van bladrammenas leidde te Kollumerwaard niet tot een hogere bietenopbrengst of betere kwaliteit.

Uit de metingen en waarnemingen aan de bodem kon niet worden opgemaakt dat de eenmalige teelt van een goed geslaagde groenbemester een duidelijke verbetering gaf van de bodemstructuur. Een sluitende verklaring voor de betere vochtvoorziening in de bodem te Lelystad na de teelt van een groenbemester is niet gevonden. De meest waarschijnlijke oorzaak is een betere beworteling van de volgteelten na een groenbemester. Te Kollumerwaard was er geen verschil in beworteling.



# Literatuur

Boels, D. (1982). Physical soil degradation in the Netherlands. In: Boels, D., Davies, D.B., Johnston, A.E. (Eds.). Soil degradation: proceedings of the land use seminar on soil degradation, Wageningen, 13-15 October 1980, Balkema., Rotterdam, The Netherlands, pp. 47-65.

Cate, J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp (1995). Handleiding bodemgeografisch onderzoek. Richtlijnen en voorschriften. Deel D. Interpretatie van bodemkundige gegevens voor diverse vormen van bodemgebruik. Technisch Document 19D. DLO-Staring Centrum, Wageningen, 135 p.

Cultuurtechnische Vereniging, Werkgroep Herziening Cultuurtechnisch Vademecum (1988). Cultuurtechnisch vademecum. Cultuurtechnische Vereniging, Utrecht.

Hidding, A.P., C. van den Berg (1961). The relation between pore volume and the formation of root systems in soils with sandy layers. ICW technical bulletin 24, Wageningen.

IRS (2006). Betatip. Internet-publicatie: <http://www.irs.nl/overzicht.asp?sOnderdeel=betatip>, onderdeel "Zaaiafstand en zaaidichtheid", versie mei 2006.

IRS (2005). Betatip. Internet-publicatie: <http://www.irs.nl/overzicht.asp?sOnderdeel=betatip>, onderdeel "Kwaliteit", versie juli 2005.

IRS (2001) Betatip. Internet-publicatie: <http://www.irs.nl/overzicht.asp?sOnderdeel=betatip>, onderdeel "Groeï en ontwikkeling van de suikerbiet", versie mei 2001.

Hoek, J., R.D. Timmer & G.W. Korthals (2006). Actualisatie kengetallen groenbemesters. PPO nr. 32520106, PPO, Lelystad, 36 p.

Kooistra, M.J., J. Bouma, O.H. Boersma and A. Jager (1984). Physical and morphological characterization of undisturbed and disturbed ploughpans in a sandy loam soil. Soil & Tillage Research, 4: 405-417.

Ministerie van Landbouw en Visserij, Directie Akker- en Tuinbouw (1984). Diepe grondbewerkingen en hun effecten. Actualiteiten 32, 35 p.

Timmer, R. (1999). Zomergerst. Teelthandleiding nr. 87. PAV, Lelystad, 75 p.

Valk, G.G.M. van der & F.A.M. de Haan (1971). Invloed van de dichtheid van de grond en van de grondbewerkingdiepte op de productie van enkele bloembollengewassen. Nota 589, Instituut voor Cultuurtechniek en waterhuishouding, Wageningen.

Valk, G.G.M. van der & F.A.M. de Haan (1974). Invloed van bodemverdichting op de productie van bloembollen op duinzandgronden. Rapport 21, LBO Lisse.

Wijk, A.L.M. van & J.R. Willet (1992). Bodemtechniek. In: Locher, W.P.M. & H. de Bakker. Bodemkunde van Nederland. Deel 1: Algemene Bodemkunde, 2<sup>e</sup> druk, 3<sup>e</sup> oplage, p. 321-359.

# Bijlage 1. Proefveldschema en teeltuitvoering Lelystad

## Factoren

| Proeffactor                | Code             | Omschrijving                  |
|----------------------------|------------------|-------------------------------|
| Groenbemester/groencompost | G0               | geen groenbemester of compost |
|                            | G1               | bladrammenas                  |
|                            | G2               | Engels raaigras               |
|                            | G3               | groencompost                  |
| Stikstofgift zomergerst    | N1 = 60 kg N/ha  | N2 = 30 kg N/ha               |
| Stikstofgift suikerbiet    | N1 = 110 kg N/ha | N2 = 70 kg N/ha               |

## Schema van het proefveld

|  |                 |       |    |  |                 |       |    |
|--|-----------------|-------|----|--|-----------------|-------|----|
|  | randveldje (G1) |       |    |  | randveldje (G1) |       |    |
|  | G3 N2           | 25    |    |  | G3 N2           | 1     |    |
|  | G0 N1           | 26    |    |  | G0 N1           | 2     |    |
|  | G1 N1           | 27    |    |  | G1 N1           | 3     |    |
|  | G2 N2           | 28    |    |  | G2 N2           | 4     | I  |
|  | G1 N2           | 29    |    |  | G1 N2           | 5     |    |
|  | G3 N1           | 30    |    |  | G3 N1           | 6     |    |
|  | G0 N2           | 31    |    |  | G0 N2           | 7     |    |
|  | G2 N1           | 32    |    |  | G2 N1           | 8     |    |
|  | G3 N1           | 33    |    |  | G3 N1           | 9     |    |
|  | G2 N2           | 34    |    |  | G2 N2           | 10    |    |
|  | ZOMERGERST      | G0 N1 | 35 |  | SUIKERBIET      | G0 N1 | 11 |
|  |                 | G1 N2 | 36 |  |                 | G1 N2 | 12 |
|  |                 | G1 N1 | 37 |  |                 | G1 N1 | 13 |
|  |                 | G0 N2 | 38 |  |                 | G0 N2 | 14 |
|  |                 | G2 N1 | 39 |  |                 | G2 N1 | 15 |
|  |                 | G3 N2 | 40 |  |                 | G3 N2 | 16 |
|  |                 | G3 N2 | 41 |  |                 | G3 N2 | 17 |
|  |                 | G2 N1 | 42 |  |                 | G2 N1 | 18 |
|  |                 | G3 N1 | 43 |  |                 | G3 N1 | 19 |
|  |                 | G0 N1 | 44 |  |                 | G0 N1 | 20 |
|  |                 | G1 N1 | 45 |  |                 | G1 N1 | 21 |
|  |                 | G0 N2 | 46 |  |                 | G0 N2 | 22 |
|  |                 | G1 N2 | 47 |  |                 | G1 N2 | 23 |
|  |                 | G2 N2 | 48 |  |                 | G2 N2 | 24 |
|  | randveldje (G2) |       |    |  | randveldje (G2) |       |    |

III

6 m

4 m    15 m    5 m    5 m    15 m    4 m

## Teeltuitvoering

Voorvrucht 2005: doperwt  
 Gewasverzorging gerst en biet: volgens praktijk  
 Berekening: geen  
 Veldjesgrootte: bruto: 24 m x 6 m = 144 m<sup>2</sup>  
 netto gerst: 12 m x 1,5 m = 18 m<sup>2</sup>  
 netto bieten: 15 m x 3 m = 45 m<sup>2</sup>

| <b>Datum</b>  | <b>Activiteit</b>   |
|---------------|---|
| 06 jul 2005   | erwtenoogst   |
| 07 en 15 juli | grondbewerking met een vaste-tandcultivator   |
| 28 jul 2005   | zaaien bladrammenas (ras: Ramses) en Engels raaigras (tetraploid ras: Aviara) zaaibedbereiding met rotorkopeg en zaaien in één werkgang   |
| 29 jul 2005   | 40 kg N/ha strooien (als KAS) om de groei van de groenbemesters te stimuleren   |
| 02 nov 2005   | profielkuilen graven bij braak, bladrammenas en Eng. raaigras (veldjes 10, 11 en 12)  |
| 08 nov 2005   | ringmonsters steken   |
| 11 nov 2005   | opbrengstbepaling groenbemesters à 1 m <sup>2</sup> per veldje<br>Nmin-monsters 0-60 en 60-90 steken bij bladrammenas en braak, bij de bladrammenas in de geoogste veldjes; mengmonsters per object |
| 28 nov 2005   | 200 kg/ha kalizout 60 strooien (120 kg/ha K <sub>2</sub> O)<br>bladrammenas met schijveneg bewerken<br>groencompost uitrijden   |
| 29 nov 2005   | ploegen tot 25 cm diepte  |
| 15 mrt 2006   | grondmonsters 0-30, 30-60 en 60-90 cm steken voor Nmin-bepaling<br>mengmonsters per object  |
| 24 mrt 2006   | gerst zaaien (ras: Class)   |
| 1 apr 2006    | 200 kg/ha tripelsuperfosfaat strooien (90 kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )   |
| 10 apr 2006   | stikstofbemesting gerst met KAS, objecten N1 en N2 volgens schema   |
| 19 apr 2006   | bieten zaaien op 18 cm (ras: Shakira)   |
| 20 apr 2006   | stikstofbemesting bieten met KAS, objecten N1 en N2 volgens schema  |
| 18 mei 2006   | bieten tellen   |
| 21 jun 2006   | profielkuilen graven bij alle groenbemestingsobjecten (veldjes 9, 10, 11 en 12 bij biet en 33, 34, 35 en 36 bij gerst)  |
| 26 jun 2006   | ringmonsters steken in de bieten  |
| 04 aug 2006   | meten indringingsweerstand bodem met een penetrometer   |
| 08 aug 2006   | gerst maaidorsen  |
| 09 aug 2006   | vochtgehalte gerst bepalen  |
| 28 sep 2006   | profielkuilen graven bij alle groenbemestingsobjecten in biet (veldjes 9, 10, 11 en 12)   |
| 11 okt 2006   | bieten rooien door loonwerker op zwad   |
| 12 okt 2006   | waarnemen vertakking van de bieten  |
| 13 okt 2006   | bieten opladen, wegen en monsters uitnemen voor kwaliteitbepaling door het IRS  |

## Bijlage 2. Proefveldschema en teeltuitvoering Kollumerwaard

### Factoren

| Factor                     |            | Code | Omschrijving                  |
|----------------------------|------------|------|-------------------------------|
| Groenbemester/groencompost |            | G0   | geen groenbemester of compost |
|                            |            | G1   | bladrammenas                  |
|                            |            | G2   | groencompost                  |
| Stikstofgift               | zomergerst | N1   | 80 kg N/ha                    |
|                            |            | N2   | 50 kg N/ha                    |
| Stikstofgift               | suikerbiet | N1   | 150 kg N/ha                   |
|                            |            | N2   | 120 kg N/ha                   |

### Schema van het proefveld:

|       |            |       |       |            |       |            |
|-------|------------|-------|-------|------------|-------|------------|
|       | randveldje |       |       | randveldje |       |            |
|       | G1 N2      | 36    |       | G1 N2      | 18    |            |
|       | G2 N2      | 35    |       | G2 N2      | 17    |            |
|       | G1 N1      | 34    |       | G1 N1      | 16    | III        |
|       | G0 N1      | 33    |       | G0 N1      | 15    |            |
|       | G0 N2      | 32    |       | G0 N2      | 14    |            |
|       | G2 N1      | 31    |       | G2 N1      | 13    |            |
|       | G2 N1      | 30    |       | G2 N1      | 12    |            |
|       | ZOMERGERST | G1 N1 | 29    | SUIKERBIET | G1 N1 | 11         |
|       | G1 N2      | 28    |       | G1 N2      | 10    | II         |
|       | G0 N2      | 27    |       | G0 N2      | 9     |            |
|       | G2 N2      | 26    |       | G2 N2      | 8     |            |
|       | G0 N1      | 25    |       | G0 N1      | 7     |            |
|       | G0 N2      | 24    |       | G0 N2      | 6     |            |
|       | G2 N1      | 23    |       | G2 N1      | 5     |            |
|       | G1 N2      | 22    |       | G1 N2      | 4     |            |
|       | G0 N1      | 21    |       | G0 N1      | 3     | I          |
|       | G2 N2      | 20    |       | G2 N2      | 2     |            |
|       | G1 N1      | 19    |       | G1 N1      | 1     |            |
|       | randveldje |       |       | randveldje |       | ↑ 9 m<br>↓ |
| ← 4 m | ← 15 m     | ← 5 m | ← 5 m | ← 15 m     | ← 4 m | ↔          |

## Teeltuitvoering

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Voorvrucht 2005:               | zomergerst  |
| Gewasverzorging gerst en biet: | volgens praktijk  |
| Berekening:                    | geen  |
| Veldjesgrootte:                | bruto: 24 m x 9 m = 216 m <sup>2</sup><br>netto gerst: 18 m x 3,6 m = 64,8 m <sup>2</sup><br>netto bieten: 18 m x 3 m = 54 m <sup>2</sup> |

| <b>Datum</b> | <b>Activiteit</b>  |
|--------------|--|
| 13 aug 2005  | gerstoogst   |
| 17 aug 2005  | cultivatoren en schijvenploegen  |
| 19 aug 2005  | zaaien bladrammenas (ras: Adios)<br>zaaibedbereiding met rotorkoepel en zaaien in één werkgang   |
| 09 nov 2005  | profielkuilen gegraven bij braak en bladrammenas (veldjes 20 en 22)  |
| 10 nov 2005  | ringmonsters steken<br>opbrengstbepaling bladrammenas à 1 m <sup>2</sup> per veldje  |
| 05 jan 2006  | groencompost uitrijden<br>bewerken met schijveneg (alle objecten)  |
| 06 jan 2006  | ploegen  |
| 1 mrt 2006   | grondmonsters 0-60 steken voor Nmin-bepaling<br>mengmonsters per object  |
| 21 mrt 2006  | gerst zaaien (ras: Barke)  |
| 20 apr 2006  | stikstofbemesting gerst met KAS, objecten N1 en N2 volgens schema  |
| 14 apr 2006  | bieten zaaien op 19 cm (ras: Leandra)  |
| 22 mrt 2006  | stikstofbemesting bieten met KAS, objecten N1 en N2 volgens schema   |
| 16 mei 2006  | bieten tellen  |
| 26 jun 2006  | profielkuilen graven bij alle groenbemestingsobjecten in gerst (veldjes 20, 21 en 22) en bij braak en bladrammenas in bieten (veldjes 3 en 4)                  |
| 29 jun 2006  | ringmonsters steken in de bieten   |
| 27 juli 2006 | gerst maaidorsen en vochtgehalte bepalen   |
| 25 sep 2006  | bieten rooien door loonwerker op het zwad<br>waarnemen vertakking van de bieten<br>bieten opladen, wegen en monsters nemen voor kwaliteitbepaling door het IRS |

In verband met bouwplanbemesting is aan de bieten en gerst geen fosfaat en kali gegeven.

## Bijlage 3. Bodemvruchtbaarheid van de proefvelden

| Parameter                  | Eenheid                                 | Lelystad    | Kollumerwaard |
|----------------------------|---|-------------|---------------|
| Datum bemonstering         | -                                       | 29 sep 2005 | 14 nov 2002   |
| Laag                       | cm                                      | 0-25        | 0-25          |
| Lutum                      | %                                       | 19          | 14            |
| Slib                       | %                                       | 26-32       | 20            |
| Organische stof            | %                                       | 3,2         | 2,1           |
| pH-KCl                     | -                                       | 7,5         | 7,4           |
| CaCO <sub>3</sub>          | %                                       | 7,3         | 5,5           |
| Fosfor (PAE <sup>1</sup> ) | mg P/kg                                 | 1,90        | niet bekend   |
| P-Al                       | mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 g | 48          | niet bekend   |
| Pw                         | mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /l     | 41          | 27            |
| Kalium (PAE)               | mg K/kg                                 | 107         | niet bekend   |
| K-getal                    | -                                       | 25          | 17            |
| Magnesium (PAE)            | mg Mg/kg                                | 46          | niet bekend   |

1 PAE = Plant Available Elements, een analysemethode van Blgg te Oosterbeek

## Bijlage 4. Samenstelling van de groencomposten

| Parameter                     | Eenheid               | Lelystad | Kollumerwaard |
|-------------------------------|-----------------------|----------|---------------|
| Droge stof                    | %                     | 50,5     | 58,9          |
| Organische stof               | % in de d.s           | 35,4     | 12,9          |
| Lutum                         | % in de d.s.          | 2,4      | 2,2           |
| N-totaal                      | g/kg d.s.             | 7,6      | 4,7           |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | g/kg d.s.             | 2,8      | 1,9           |
| K <sub>2</sub> O              | g/kg d.s.             | 4,6      | niet bekend   |
| MgO                           | g/kg d.s.             | 1,8      | niet bekend   |
| S                             | g/kg d.s.             | 1,1      | niet bekend   |
| Cl                            | g/kg d.s.             | 0,7      | niet bekend   |
| pH-H <sub>2</sub> O           | -log[H <sup>+</sup> ] | 7,3      | niet bekend   |
| EC                            | mS/cm (25 °C)         | 1,2      | niet bekend   |

## Bijlage 5. Temperatuur en neerslag 2006

| Maand | Decade | Gemiddelde dagtemperatuur (°C) |                     |                         | Neerslag (mm)    |                  |            |
|-------|--------|--------------------------------|---------------------|-------------------------|------------------|------------------|------------|
|       |        | Lelystad                       | Kollumerw.          | Normaal NL <sup>6</sup> | Lelystad         | Kollumerw.       | Normaal NL |
| maart | I      | 1,1                            | 1,0                 | 4,7                     | 37               | 16               |            |
|       | II     | 0,4                            | 0,2                 | 5,6                     | 1                | 0                |            |
|       | III    | <u>7,9</u><br>3,3              | <u>6,7</u><br>2,8   | <u>6,4</u><br>5,6       | <u>41</u><br>78  | <u>30</u><br>46  | 65         |
| april | I      | 7,3                            | 6,5                 | 7,1                     | 19               | 17               |            |
|       | II     | 9,0                            | 8,4                 | 7,8                     | 16               | 16               |            |
|       | III    | <u>10,3</u><br>8,9             | <u>10,0</u><br>8,3  | <u>9,4</u><br>8,0       | <u>1</u><br>36   | <u>5</u><br>38   | 44         |
| mei   | I      | 17,2                           | 15,9                | 11,0                    | 11               | 2                |            |
|       | II     | 14,8                           | 13,9                | 12,7                    | 13               | 24               |            |
|       | III    | <u>11,6</u><br>14,5            | <u>11,7</u><br>13,8 | <u>13,2</u><br>12,3     | <u>50</u><br>74  | <u>24</u><br>51  | 57         |
| juni  | I      | 13,9                           | 14,3                | 14,5                    | 0                | 0                |            |
|       | II     | 18,6                           | 18,5                | 14,7                    | 6                | 11               |            |
|       | III    | <u>16,5</u><br>16,3            | <u>15,7</u><br>16,1 | <u>15,6</u><br>14,9     | <u>13</u><br>19  | <u>28</u><br>39  | 72         |
| juli  | I      | 22,0                           | 21,1                | 17,0                    | 7                | 2                |            |
|       | II     | 21,1                           | 19,6                | 16,9                    | 8                | 11               |            |
|       | III    | <u>22,3</u><br>21,8            | <u>21,0</u><br>20,6 | <u>17,5</u><br>17,1     | <u>69</u><br>83  | <u>25</u><br>38  | 70         |
| aug   | I      | 17,3                           | 17,0                | 17,9                    | 77               | 37               |            |
|       | II     | 16,6                           | 16,6                | 17,5                    | 55               | 60               |            |
|       | III    | <u>16,0</u><br>16,6            | <u>15,3</u><br>16,2 | <u>16,3</u><br>17,2     | <u>68</u><br>200 | <u>97</u><br>194 | 62         |
| sep   | I      | 17,4                           | 16,6                | 15,4                    | 6                | 6                |            |
|       | II     | 18,8                           | 18,1                | 14,3                    | 1                | 0                |            |
|       | III    | <u>17,7</u><br>18,0            | <u>17,0</u><br>17,2 | <u>13,5</u><br>14,4     | <u>1</u><br>8    | <u>4</u><br>10   | 75         |
| okt   | I      | 14,1                           |                     | 12,2                    | 53               |                  |            |
|       | II     | 13,1                           |                     | 10,4                    | 1                |                  |            |
|       | III    | <u>13,7</u><br>13,7            |                     | <u>9,3</u><br>10,6      | <u>36</u><br>91  |                  | 77         |

<sup>6</sup> De normale temperatuur en neerslag, gemiddeld in Nederland (1971-2000) volgens het KNMI.



## Bijlage 6. Codes en benamingen bij een profielbeschrijving

### Legenda voor macrostructuren

| Structuurtype  |                   | Grootte  |      | Structuurgraad     |      |
|--|-------------------|--|------|--------------------|------|
| naam   | code              | naam   | code | naam               | code |
| <i>Structuurtypen met structuurelementen</i>   |                   |  |      |                    |      |
| granulair  | gr                | klein: < 2 mm  | 1    | zwak               | z    |
|  |                   | vrij klein: 2- 5 mm                                      | 2    | matig sterk        | m s  |
| afgerond blokkig   | ab                | klein: <10 mm  | 1    | zwak               | z    |
| scherp blokkig   | sb                | vrij groot: 10-20 mm                                     | 2    | matig              | m    |
|  |                   | groot: >20 mm  | 3    | sterk              | s    |
| ruw prisma samengesteld uit:<br>— afgeronde blokken<br>— scherpe blokken<br>— prisma's                         | rpa<br>rps<br>rpp | klein <sup>1</sup> : <20 mm                              | 1    | zwak               | z    |
|  |                   | vrij groot <sup>1</sup> : 20-50 mm                       | 2    | matig              | m    |
|  |                   | groot <sup>1</sup> : >50 mm                              | 3    | sterk              | s    |
| ruw prisma, enkelvoudig, niet gelaagd  | rpe               | klein <sup>1</sup> : <20 mm                              | 1    | zwak               | z    |
|  |                   | vrij groot <sup>1</sup> : 20-50 mm                       | 2    | matig              | m    |
| ruw prisma, enkelvoudig, gelaagd   | rpg               | groot <sup>1</sup> : >50 mm                              | 3    | sterk              | s    |
| glad prisma samengesteld uit:<br>— afgeronde blokken<br>— scherpe blokken<br>— prisma's                        | gpa<br>gps<br>gpp | klein <sup>1</sup> : <20 mm                              | 1    | zwak               | z    |
|  |                   | vrij groot <sup>1</sup> : 20-50 mm                       | 2    | matig              | m    |
|  |                   | groot <sup>1</sup> : >50 mm                              | 3    | sterk              | s    |
| glad prisma, enkelvoudig, niet gelaagd   | gpe               | klein <sup>1</sup> : <20 mm                              | 1    | zwak               | z    |
|  |                   | vrij groot <sup>1</sup> : 20-50 mm                       | 2    | matig              | m    |
| glad prisma, enkelvoudig, gelaagd  | gpg               | groot <sup>1</sup> : >50 mm                              | 3    | sterk              | s    |
| plaat  | pl                | dun: < 5 mm  | 1    | zwak               | z    |
|  |                   | vrij dik: 5-10 mm  | 2    | matig              | m    |
|  |                   | dik: >10 mm  | 3    | sterk              | s    |
| <i>Structuurtypen zonder structuurelementen</i>  |                   |  |      |                    |      |
| sedimentair gelaagd (inclusief dunne zavel- of kleilagen, afgewisseld door zandlagen met enkelkorrelstructuur) | sg                | MATE VAN VERSTORING                                      | 1    | geen indeling      | o    |
|  |                   | — weinig verstoord: <10% van de grondmassa is verstoord  | 2    |                    |      |
|  |                   | — matig verstoord: 10-70% van de grondmassa is verstoord | 3    |                    |      |
|  |                   | — sterk verstoord: >70% van de grondmassa is verstoord   |      |                    |      |
| sponsstructuur   | sp                | geen indeling  | 0    | geen indeling      | o    |
| gangenstructuur  | ga                | geen indeling  | 0    | geen indeling      | o    |
| massief  | mas               | geen indeling  | 0    | PAKKING            |      |
|  |                   |  |      | — dicht gepakt     | d    |
| — half open gepakt   | h                 |  |      |                    |      |
| enkel-korrelstructuur, gelaagd<br>enkel-korrelstructuur, weinig of niet gelaagd                                | ekg<br>ekn        | geen indeling  | 0    | PAKKING            |      |
|  |                   |  |      | — dicht gepakt     | d    |
| — half open gepakt   | h                 |  |      |                    |      |
| micro-agregaatstructuur  | mag               | geen indeling  | 0    | PAKKING            |      |
|  |                   |  |      | — dicht gepakt     | d    |
|  |                   |  |      | — half open gepakt |      |

<sup>1</sup>Grootte van de samenstellende delen of van de enkelvoudige prisma's.

### *Structuurgraad*

De *structuurgraad* is een maat voor de ontwikkeling van de structuurelementen, uitgedrukt in drie klassen:

- zwak ontwikkeld: de grondmassa bestaat voor <30% uit structuurelementen, die zich slechts bij openbreken laten isoleren;
- matig ontwikkeld: de grondmassa bestaat voor 30-70% uit structuurelementen, die zich gedeeltelijk bij lossteken en verder bij openbreken laten isoleren;
- sterk ontwikkeld: de grondmassa bestaat voor >70% uit structuurelementen, die zich meestal bij lossteken laten isoleren.

### *Kalkklasse*

- 1 = kalkloos; geen opbruising
- 2 = kalkarm; hoorbare opbruising
- 3 = kalkrijk; zichtbare opbruising

### *Rijpingsklasse*

Geldt alleen voor niet-moerig materiaal met meer dan 8% lutum, dat bovendien niet-geoxideerd is.

- 1 = geheel ongerijpt: loopt tussen de vingers door
- 2 = bijna ongerijpt: loopt bij knijpen zeer gemakkelijk tussen de vingers door
- 3 = half gerijpt: loopt bij knijpen nog goed tussen de vingers door
- 4 = bijna gerijpt: kan met stevig knijpen nog juist tussen de vingers door worden geperst
- 5 = gerijpt: niet tussen de vingers door te persen

### *Zichtbare poriën*

Zichtbare poriën zijn poriën > 100 µm. Er worden 3 klassen onderscheiden. De klassewaarde wordt bepaald aan de hand van zichtbare poriën op een horizontaal vlak van doorgebroken structuurelementen:

- 1 = weinig: <0,5%
- 2 = matig: 0,5-5%
- 3 = veel: >5%

*Grondwatertrappenindeling aangevuld met kwantitatieve en kwalitatieve toevoegingen*

| Grondwatertrap |           |           | GHG (gemiddelde wintergrondwaterstand)<br>(cm - mv.) | GLG (gemiddelde zomergrondwaterstand)<br>(cm - mv.) | Kwalitatieve toevoegingen sedert 1988 |
|----------------|-----------|-----------|--|---|---------------------------------------|
| code 1966      | code 1977 | code 1988 |  |   |                                       |
| I              | I         | I         | -(0-20) <sup>1</sup>                                 | <50   | w                                     |
| II             | II        | II        | -(0-30) <sup>1</sup>                                 | 50- 80  | b, w                                  |
|                | II*       | IIb       | 25-40  | 50- 80  |                                       |
|                |           | IIc       | >40  | 50- 80  |                                       |
| III            | III       | III       | <40  | 80-120  | b, w                                  |
|                | III*      | IIIb      | 25-40  | 80-120  |                                       |
| IV             | IV        | IV        | 40-80  | 80-120  | b                                     |
|                |           | IVc       | >80  | 80-120  |                                       |
| V              | V         | V         | <40  | >120  | b, s, w                               |
|                | V*        | Vb        | 25-40  | >120  | s                                     |
| VI             | VI        | VI        | 40-80  | >120  | b, s                                  |
| VII            | VII       | VII       | 80-140   | >120  | b, s                                  |
|                | VII*      | VIII      | >140   | >120 (<160)   |                                       |

<sup>1</sup> (...) meest voorkomende waarden binnen een groter GHG- of GLG-traject.

*Verklaring*

Kwantitatieve toevoegingen:

...b =GHG tussen 25 en 40 cm - mv.

...c =GHG en GLG komen nagenoeg op gelijke diepte voor

Kwalitatieve toevoegingen:

b... =buiten de hoofdwatkering gelegen gronden; periodiek overstroomd

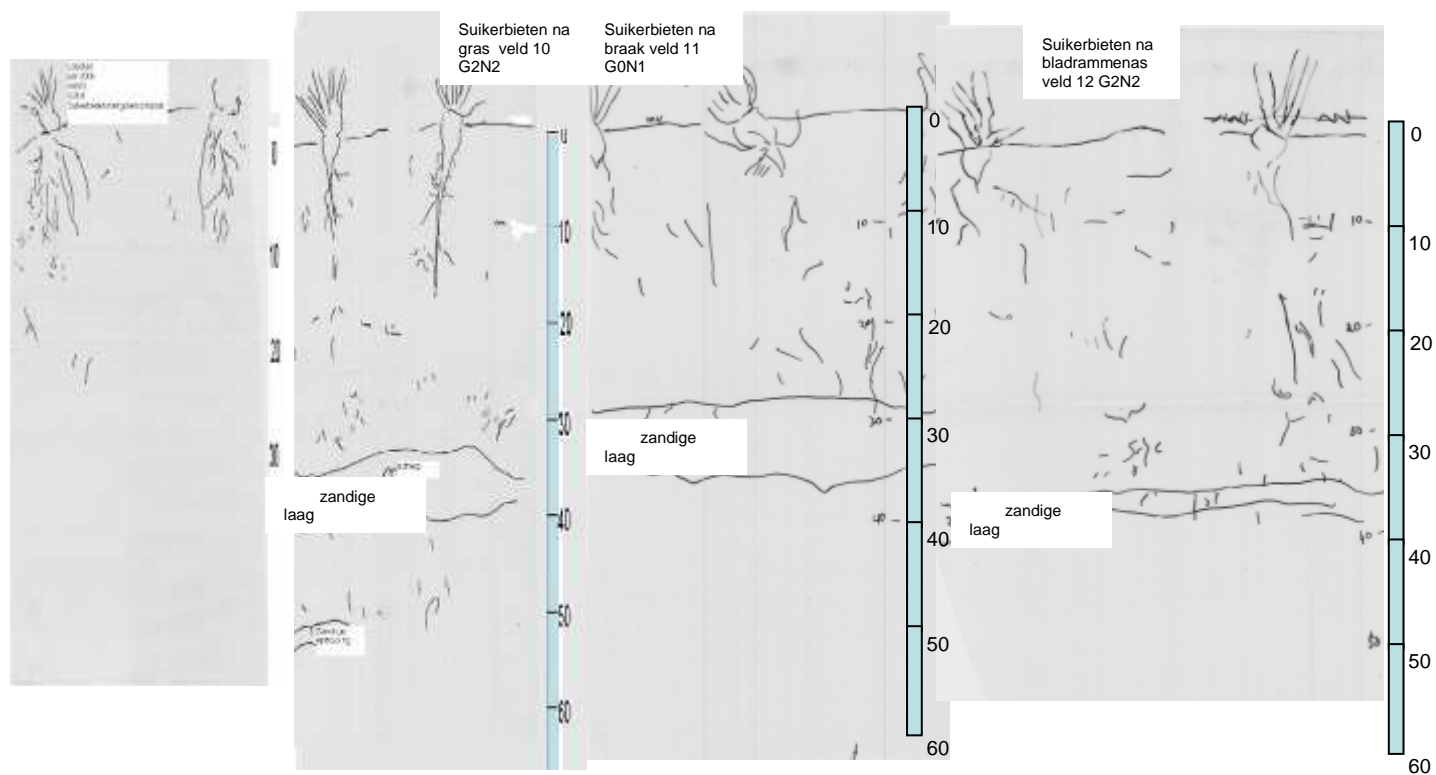
s... =schijnspiegels; bij gronden met een fluctuatie (GLG-GHG) van meer dan 120 cm

w... =water boven maaiveld; aaneengesloten, langer dan 1 maand, 's winters; binnen hoofdwatkering

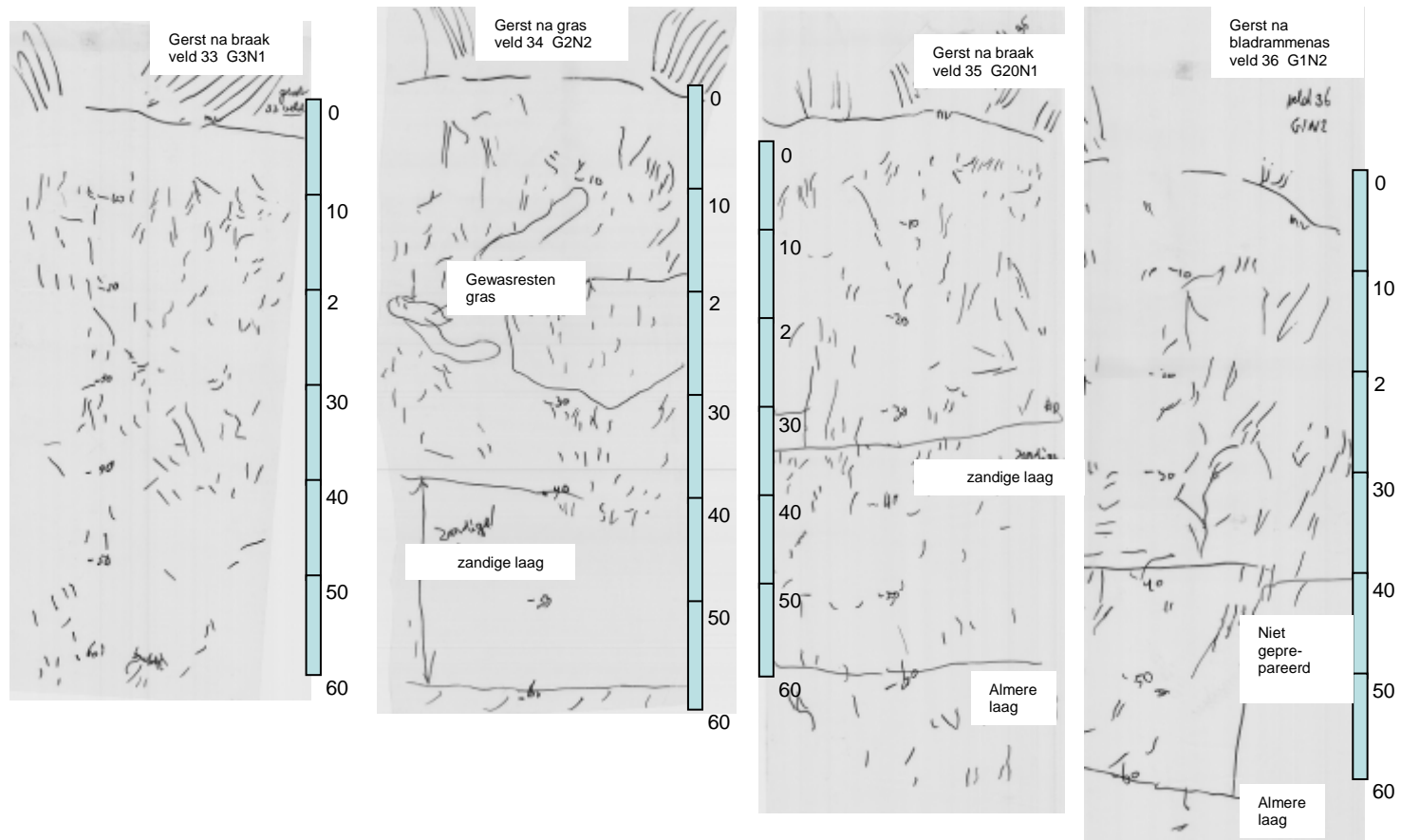
## Bijlage 7. Textuur

| <b>Proeflocatie</b> | <b>veld</b> | <b>behandeling</b> | <b>Diepte</b> | <b>OS</b> | <b>CaCO3</b> | <b>Lutum</b>    | <b>Silt</b>     | <b>Zand</b>     | <b>Afslib-<br/>baar</b> | <b>Leem</b>     | <b>M50</b> |
|---------------------|-------------|--------------------|---------------|-----------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-----------------|------------|
|                     |             |                    | (cm)          | % grond   | % grond      | % min.<br>delen | % min.<br>delen | % min.<br>delen | % min.<br>delen         | % min.<br>delen | zand       |
| Lelystad            | 10          | gras               | 25 -35        | 1,99      | 4,52         | 13,11           | 18,76           | 68,14           | 19,51                   | 31,86           | 96,37      |
| Lelystad            | 11          | braak              | 25 -35        | 1,55      | 8,09         | 9,35            | 18,18           | 72,47           | 13,95                   | 27,53           | 95,74      |
| Lelystad            | 12          | bladrammenas       | 25 -35        | 2,33      | 5,82         | 10,71           | 19,70           | 69,59           | 16,24                   | 30,41           | 95,87      |
| Kollummerwaard      | 20          | braak              | 25 -35        | 0,82      | 6,39         | 4,11            | 6,61            | 89,29           | 5,58                    | 10,71           | 109,28     |
| Kollummerwaard      | 22          | bladrammenas       | 25 -35        | 2,00      | 5,64         | 9,10            | 11,88           | 79,02           | 12,79                   | 20,98           | 110,20     |

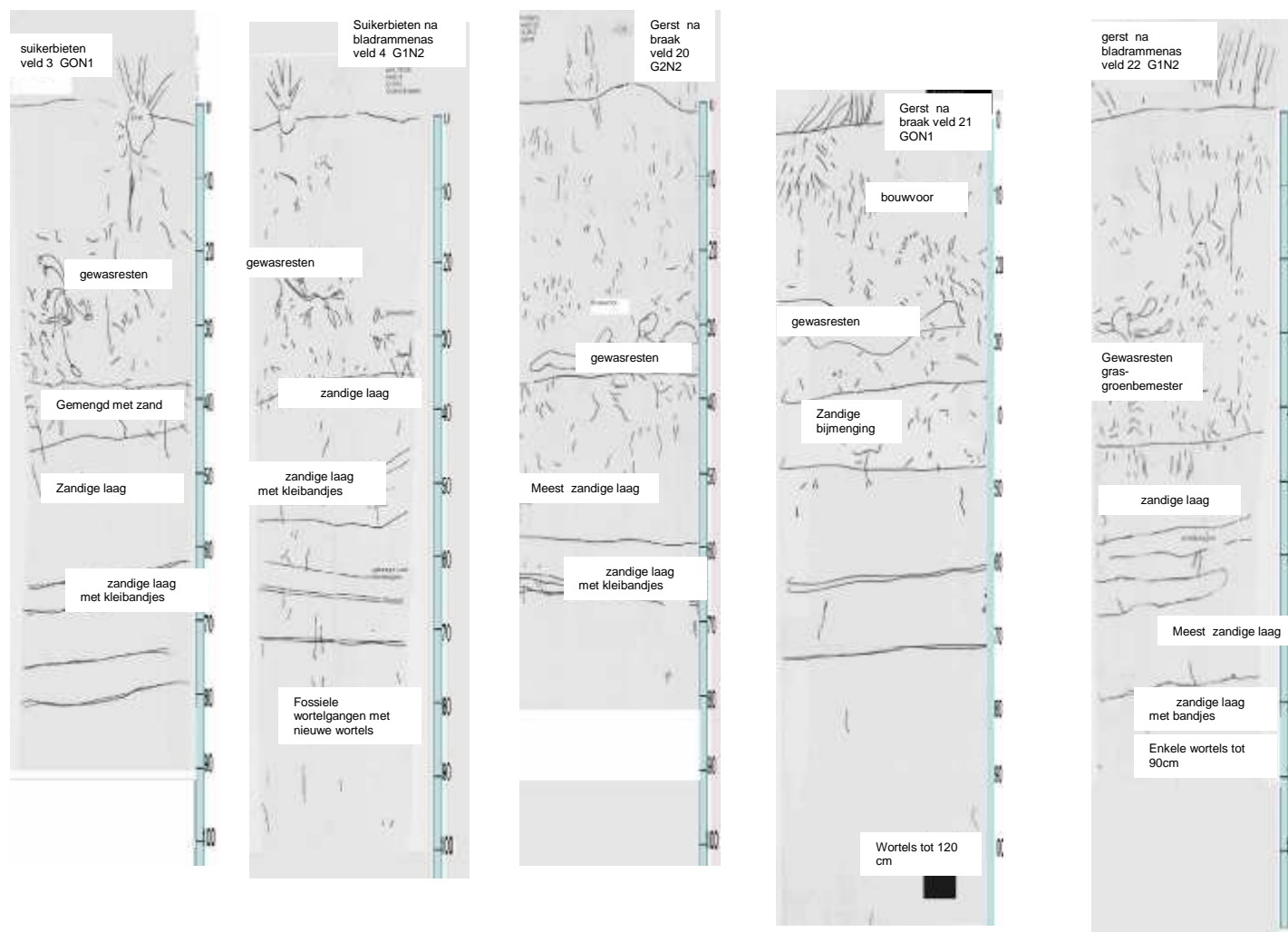
## Bijlage 8. Worteltekeningen Lelystad suikerbieten zomer 2006



## Bijlage 9. Worteltekeningen Lelystad gerst zomer 2006

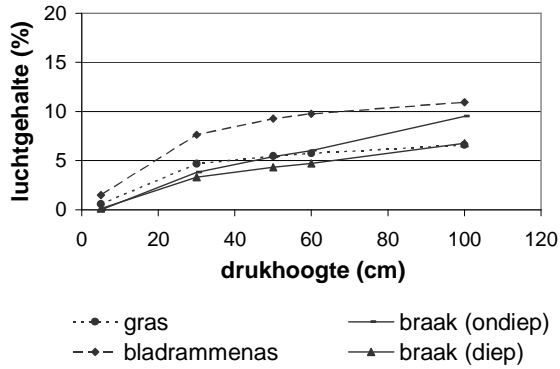


## Bijlage 10. Worteltekeningen Kollumerwaard zomer 2006

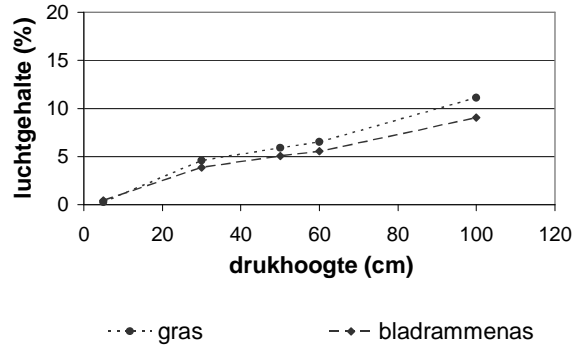


# Bijlage 11. Luchtgehalten

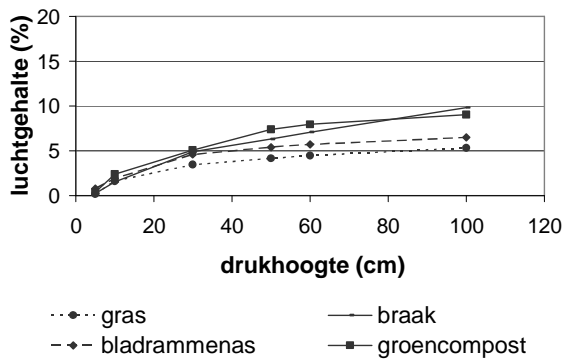
**Lelystad bouwvoor (juni)**



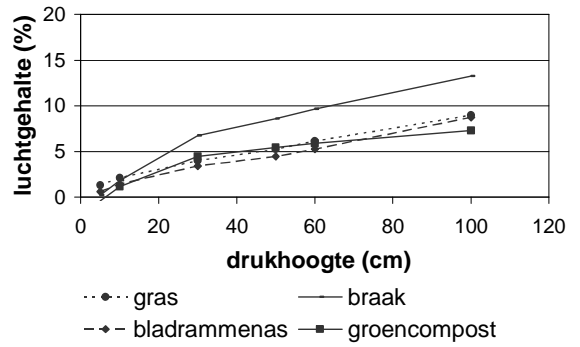
**Lelystad onder bouwvoor (juni)**



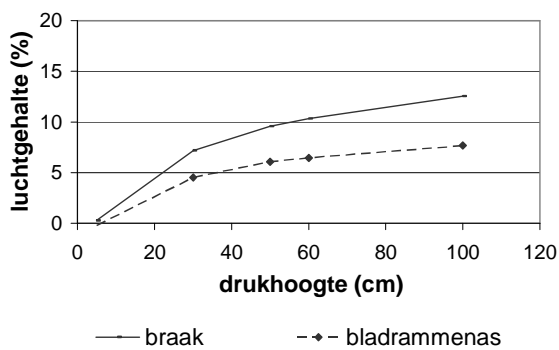
**Lelystad bouwvoor (sept 2006)**



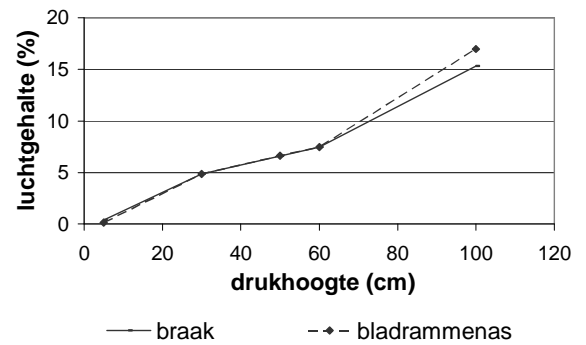
**Lelystad onder bouwvoor (sept 2006)**



**Kollum bouwvoor (juni)**



**Kollum onder bouwvoor (juni)**

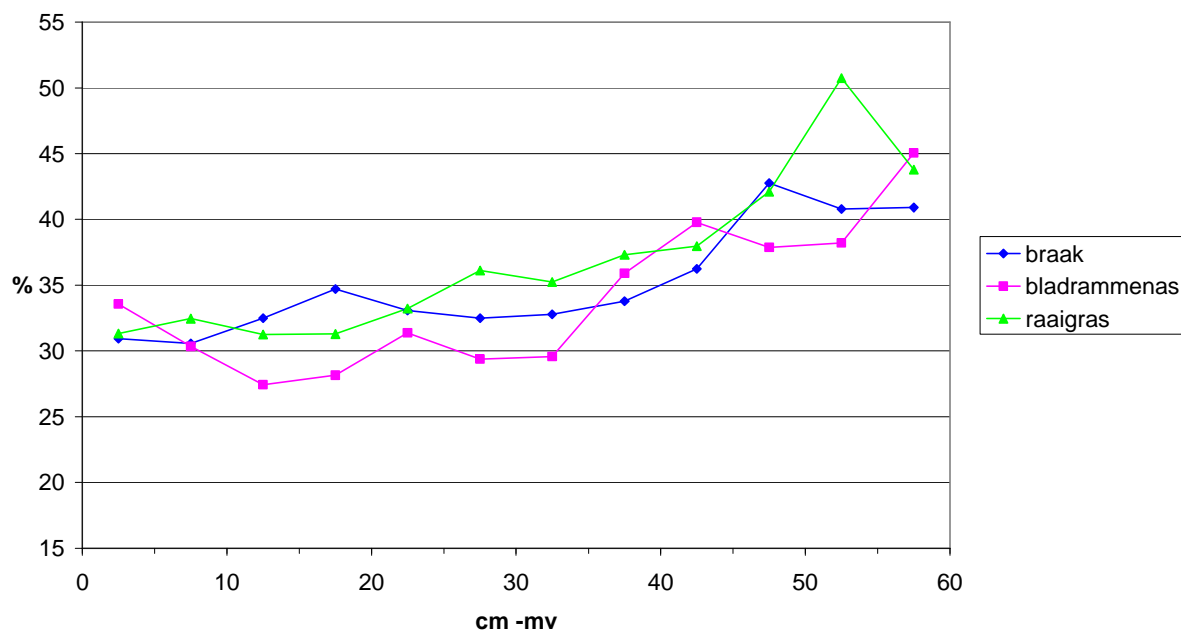




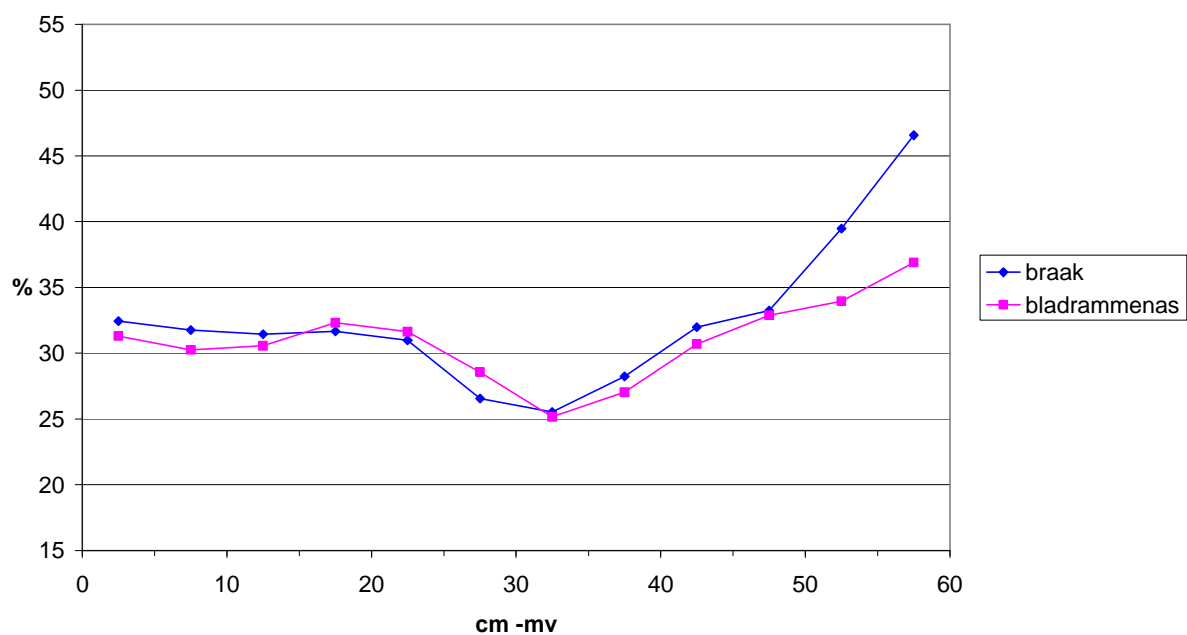
## Bijlage 12. Verloop vochtgehalte en dichtheid in de bodem

Hieronder is het verloop van het vochtgehalte (volumepercenten) en de dichtheid (kg/dm<sup>3</sup>) per 5 cm bodemlaag weergegeven, zoals beschreven in paragraaf 4.7.

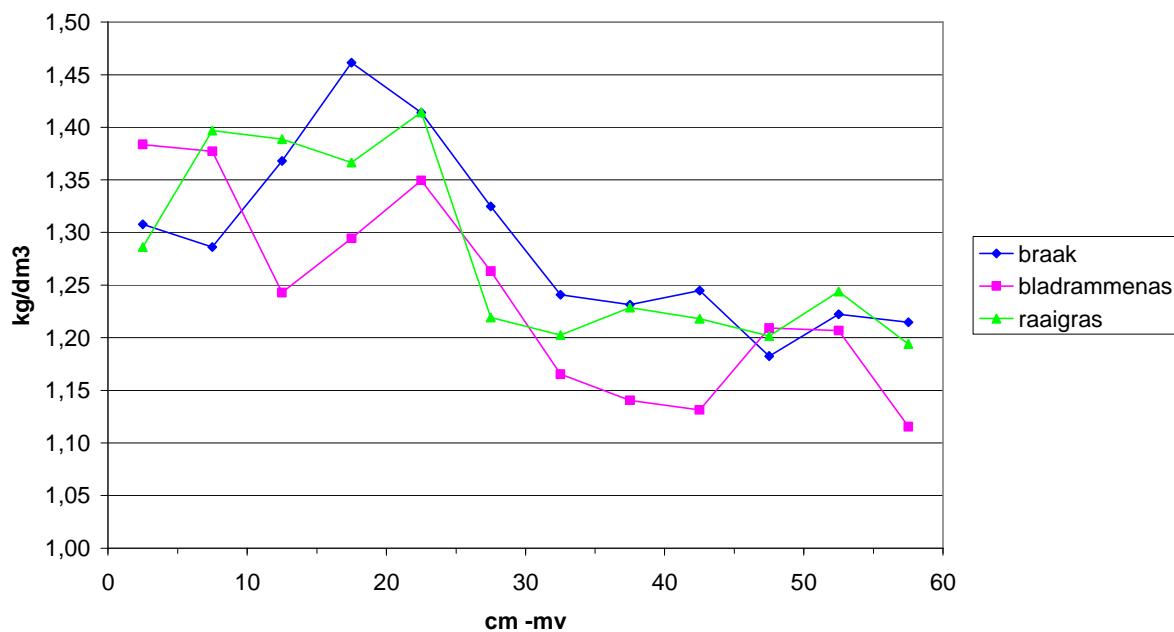
**Vochtgehalte Lelystad, 8 nov 2005**



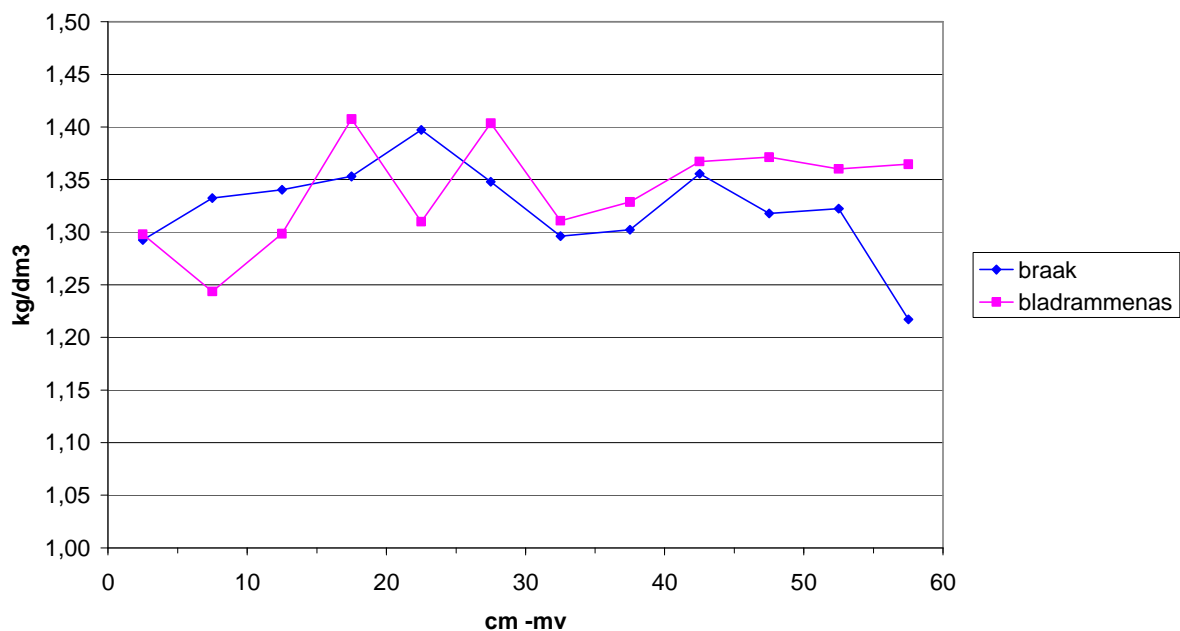
**Vochtgehalte Kollumerwaard, 10 nov 2005**



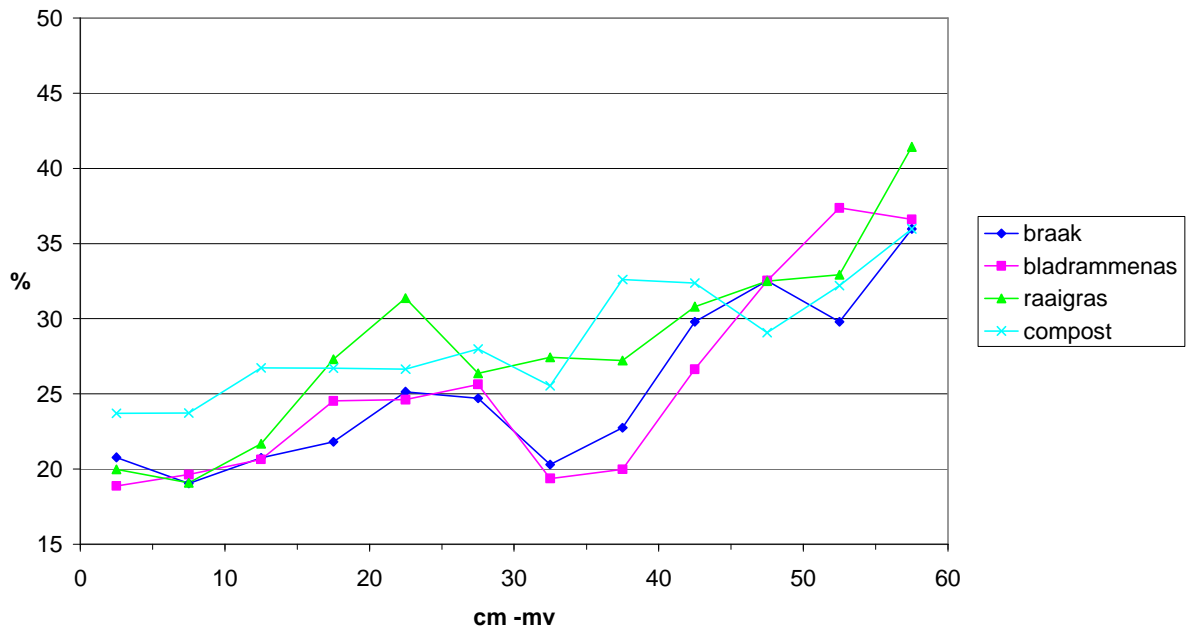
### Dichtheid Lelystad, 8 nov 2005



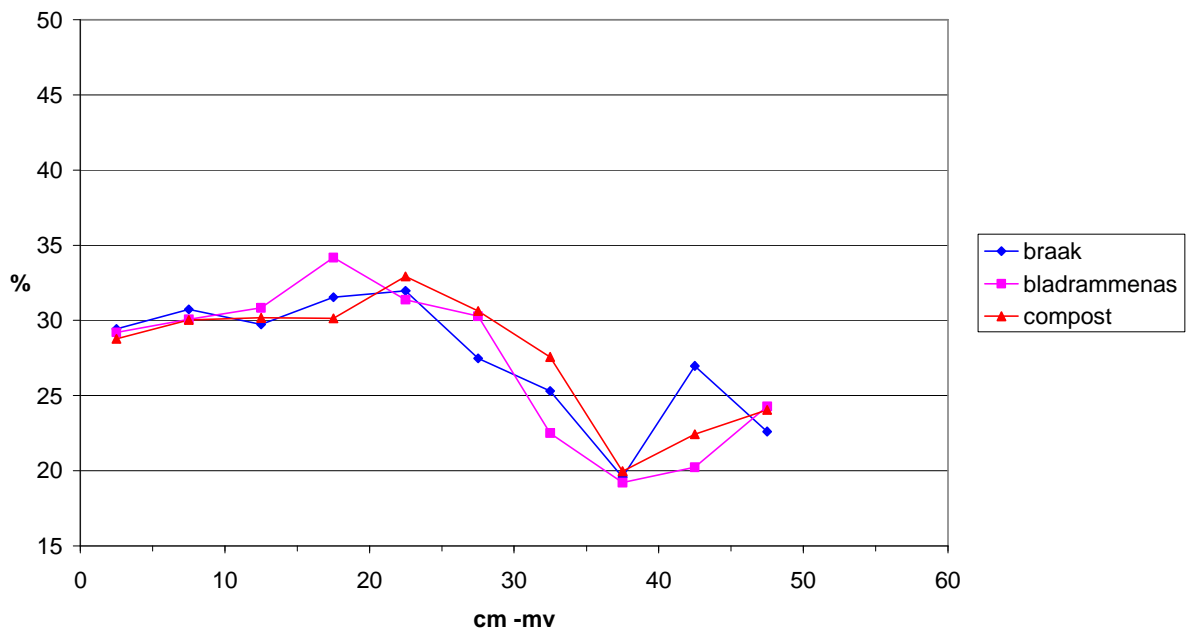
### Dichtheid Kollumerwaard, 10 nov 2005



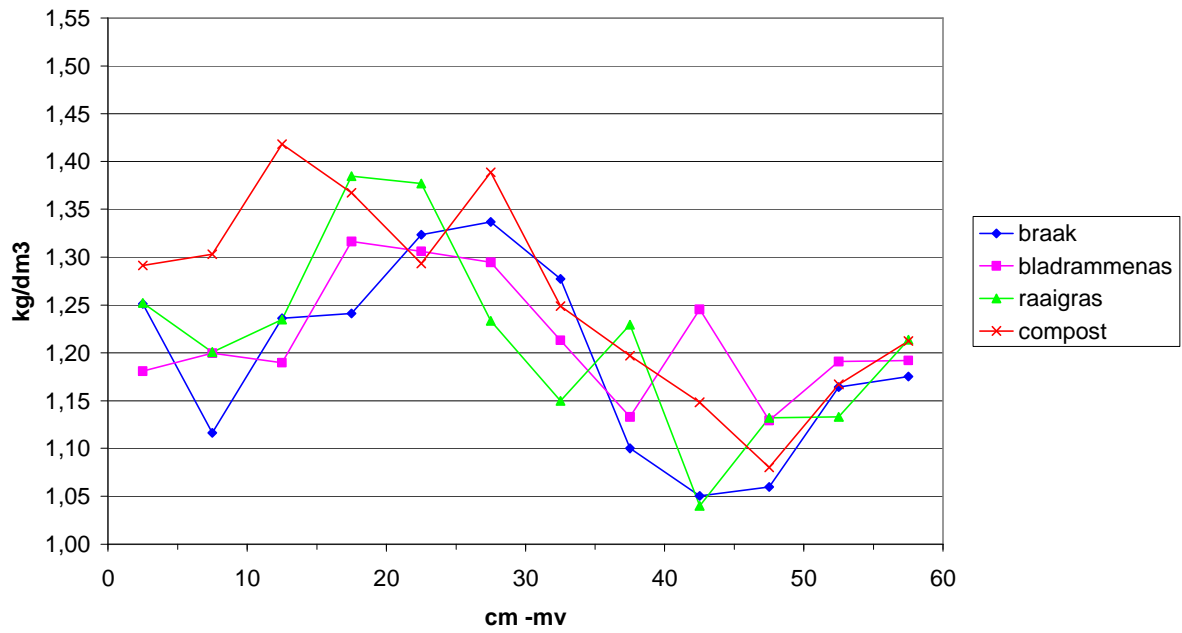
### Vochtgehalte Lelystad, 26 juni 2006



### Vochtgehalte Kollumerwaard, 29 juni 2006



### Dichtheid Lelystad, 26 juni 2006



### Dichtheid Kollumerwaard, 29 juni 2006

